

PLANO MUNICIPAL DE



MACRODRENAGEM

POUSO ALEGRE - MG

PRODUTO 5

Ações Estruturais e Estruturantes

Versão Oficial

Itajubá, dezembro de 2024

REFERÊNCIAS CADASTRAIS

Cliente	Prefeitura Municipal de Pouso Alegre
Localização	Pouso Alegre, Minas Gerais
Título	Produto 5: Ações Estruturais e Estruturantes
Contato	Thais Oliveira Ribeiro
E-mail	thais.o.ribeiro@gmail.com
Líder do projeto	Rafael Barbosa Carreira
Coordenador	Aloísio Caetano Ferreira
Projeto/centro de custo	167/2021
Data do documento	20/12/2024

Isenção de Responsabilidade:

Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.

Este documento foi preparado pela Dac Engenharia com observância das normas técnicas de Itajubá e em estrita obediência aos termos do pedido e contrato firmado com o cliente. Em razão disto, a Dac Engenharia isenta-se de qualquer responsabilidade civil e criminal perante o cliente ou terceiros pela utilização deste documento, ainda que parcialmente, fora do escopo para o qual foi preparado.

Coordenação

Aloísio Caetano Ferreira	Engenheiro Hídrico e Civil
Nº CREA: MG-97132/D	

Responsável Técnico

Denis de Souza Silva	Engenheiro Hídrico
Nº CREA: MG-127216/D	

Elaboração

Rebecca Cacciacarro Ambrósio Glauser
Felipe Guimarães Alexandre
Pedro Henrique Justiniano
William Baradel Lari
Rafael Barbosa Carreira
Bárbara de Almeida Teixeira
Daniel Oliveira Pessoa
Marcela das Chagas Rossato
Patrícia Martins dos Reis
Priscilla Mota Costa
Frederico de Souza Nascimento
Isabelle Alcântara da Costa
Luana Castellani Carvalho Francisco
Luana Brandão da Silva

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
1. PLANO DE AÇÕES.....	2
1.1. PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PMDPA.	3
1.2. PROGRAMA DE REVISÃO DO PMDPA.....	9
1.2.1. Proposta para a revisão do Plano.....	9
1.2.2. Integrantes da Revisão do Plano.....	13
1.3. PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	14
1.3.1. Propostas de Ações Educativas	15
1.4. PROGRAMA PARA O CONTROLE DA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E GESTÃO DE MATERIAIS SÓLIDOS	20
1.5. DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS PARA A MANUTENÇÃO DAS REDES DE MACRODRENAGEM	25
1.6. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE CHEIAS (SISTEMA DE ALERTA) ...	32
1.6.1. Levantamento dos Mecanismos Existentes.....	32
1.7. APPS URBANAS.....	41
1.8. LEVANTAMENTO DAS POSSÍVEIS FONTES DE RECURSO E FINANCIAMENTO.....	42
2. PROPOSTAS DE CUNHO IMEDIATO.....	49
2.1. SUGESTÕES DE INTERVENÇÕES OPERACIONAIS E DE MANUTENÇÃO NOS DISPOSITIVOS DE MACRODRENAGEM JÁ ESTABELECIDOS	49
2.2. ZONEAMENTO DAS PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO PARA EMBASAR AS DECISÕES DO PODER PÚBLICO	59
2.3. MEDIDAS PARA A UTILIZAÇÃO E A MANUTENÇÃO DAS ÁREAS DE VÁRZEA	65
2.4. ANÁLISE DAS OBRAS E PROJETOS EXISTENTES NO CONTEXTO DO PLANO DE MACRODRENAGEM.....	70
2.4.1. Bacia Hidrográfica do Córrego da Remonta	70

2.4.2.	Bacia Hidrográfica do Córrego São Judas Tadeu.....	71
2.4.3.	Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Mortes	74
2.4.4.	Bacia Hidrográfica do Rio Mandu	80
2.4.5.	Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí-Mirim	86
2.5.	Proposição de Obras Para Retenção de Cheias	89
2.5.1.	<i>Critérios para escolhas das obras</i>	89
2.5.2.	Definição das obras	103
3.	PROPOSTAS DE CUNHO PRIORITÁRIO.....	113
3.1.	PROPOSIÇÃO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS	113
3.2.	PROGRAMA PARA MELHORIA DA INFILTRAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS EM ÁREAS DEGRADADAS	120
3.3.	PROGRAMA DE DESIMPERMEABILIZAÇÃO.....	127
4.3.1	Expansão de Áreas Verdes	127
3.3.2.	Programa de Arborização	130
3.4.	PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DA OCUPAÇÃO EM LOCAIS DE RISCO HIDROLÓGICO E GEOLÓGICO	136
3.5.	DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS IMPACTANTES NOS SISTEMAS DE MACRODRENAGEM.....	142
3.6.	PROGRAMA DE FISCALIZAÇÃO.....	144
3.6.2.	Período de Realização	145
3.6.3.	Legislação Aplicável	145
3.6.4.	Procedimentos.....	146
3.6.5.	Fiscalização das Atividades.....	147
4.	PROPOSTAS COMPLEMENTARES	154
4.1.	PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA	154
4.2.	OUVIDORIA EXCLUSIVA PARA OS SERVIÇOS DE MACRODRENAGEM ...	159
4.3.	COMPLEMENTAÇÃO DO CADASTRO DA REDE DE DRENAGEM	161
4.4.	PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS EROSIVAS.....	164
4.4.1.	Identificação de Focos de Erosão e Deslizamento	166

4.4.2. Técnicas para Recuperação das Áreas	176
5. HIERARQUIZAÇÃO	181
5.1. HIERARQUIZAÇÃO DAS AÇÕES ESTRUTURANTES	182
5.2. HIERARQUIZAÇÃO DAS AÇÕES ESTRUTURAIS	186
5.3. HIERARQUIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	188
REFERÊNCIAS	193

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do plano de ação.....	3
Figura 2 - Modelo de gestão de implementação para o plano	7
Figura 3 - Modelo de gestão de implementação para o plano (continuação)	8
Figura 4 – Etapas para elaboração do plano Fonte: Guia para elaboração e revisão de planos diretores, 2021	9
Figura 5 – Conteúdo mínimo sugerido em planos setoriais	10
Figura 6 – Dados a serem reavaliados no processo de revisão	11
Figura 7 - Propostas para a implementação do plano de educação ambiental	17
Figura 8 - Propostas para a implementação do plano de educação ambiental (continuação)	18
Figura 9 - Propostas para a implementação do plano de educação ambiental (continuação)	19
Figura 10 - Ordem de prioridade na geração de resíduos e modelo de gestão.....	21
Figura 11 - Propostas de implementação do plano de controle de poluição de águas superficiais.....	22
Figura 12 - Propostas de implementação do plano de controle de poluição de águas superficiais (continuação)	23
Figura 13 - Propostas de implementação do plano de controle de poluição de águas superficiais (continuação)	24
Figura 14 - Política de controle do ciclo da água.....	26
Figura 15 - Propostas de implementação do plano de critérios para a manutenção das redes de macrodrenagem.....	28
Figura 16 - Propostas de implementação do plano de critérios para a manutenção das redes de macrodrenagem (continuação)	29
Figura 17 - Propostas de implementação do plano de critérios para a manutenção das redes de macrodrenagem (continuação)	30
Figura 18 - Propostas de implementação do plano de critérios para a manutenção das redes de macrodrenagem (continuação)	31
Figura 19 - Estações de monitoramento na área de interesse	33
Figura 20 - Funcionamento de estações Fluviométricas	35
Figura 21 - Propostas de novas estações de monitoramento.....	36
Figura 22 – Propostas do plano de monitoramento das cheias.....	40
Figura 23 – Diferenciação dos recursos onerosos e não onerosos.....	44
Figura 24 - Programas pertinentes a macrodrenagem do PPA 2024-2027	46
Figura 25 - Programas Federais possíveis para o setor de saneamento: manejo de águas pluviais.....	47
Figura 26 - Programas Estaduais possíveis para o setor de saneamento: manejo de águas pluviais.....	48
Figura 27 - Componentes do sistema de microdrenagem	50
Figura 28 – Componentes de microdrenagem	51
Figura 29 - Estrutura de macrodrenagem.....	52

Figura 30 – Afluente da Mina João Paulo – trecho antes da canalização	53
Figura 31 – Córrego São Judas Tadeu.....	54
Figura 32 - Procedimento de inspeção para as estruturas de macrodrenagem	57
Figura 33 - Procedimento de limpeza para as estruturas de macrodrenagem	58
Figura 34 - Proposição de manutenção do sistema de macrodrenagem para Pouso Alegre	59
Figura 35 – Zoneamento de Planície de Inundação de Pouso Alegre.....	61
Figura 36 – Zoneamento de Planície de Inundação de Pouso Alegre (continuação)	62
Figura 37 - Uso recomendado para as zonas da planície de inundação	64
Figura 38 - Ações propostas para a ocupação das áreas de várzeas	68
Figura 39 - Ações propostas para ocupação das áreas de várzeas	69
Figura 40 – Galerias pluviais do bairro São João e manchas do córrego da Remonta	71
Figura 41 – Seção canalizada do córrego São Judas Tadeu e mancha de inundação para um TR de 100 anos	72
Figura 42 – Localização do reservatório SB8 e mancha de inundação do córrego São Judas Tadeu para um TR de 100 anos	74
Figura 43 – Av. Faisqueira e mancha de inundação do ribeirão das Mortes	75
Figura 44 – Bueiro da rua Antônio Scodeler e mancha de inundação do ribeirão das Mortes	76
Figura 45 – Bacia de retenção Andorinhas e mancha de inundação do ribeirão das Mortes	77
Figura 46 – Bacia de retenção Parque da Cidade e mancha de inundação do ribeirão das Mortes.....	78
Figura 47 – Bacia de retenção João Maria e mancha de inundação do ribeirão das Mortes	79
Figura 48 – Canalização por gabião e mancha do ribeirão das Mortes.....	80
Figura 49 – Localização do Dique 2 e mancha de inundação do Rio Mandu	81
Figura 50 – Local da Diquinha e mancha de inundação do Rio Mandu	82
Figura 51 – Localização da Av. Antônio Mariosa e mancha de inundação do Rio Mandu ..	83
Figura 52 – Localização das obras de drenagem do bairro Primavera	84
Figura 53 – Local do dique 1 e mancha de inundação do Sapucaí-Mirim	86
Figura 54 – Rede de drenagem do São Geraldo e locais de alagamento do Rio Sapucaí-Mirim	87
Figura 55 – Acúmulo hidráulico na localidade da lagoa da Banana	88
Figura 56 – Fases do desenvolvimento das águas urbanas.....	89
Figura 57 – Sistemas de drenagem.....	90
Figura 58 – Segmentações das MCs	91
Figura 59 – Critérios e suas condicionantes para implementação das MCs – Parte 1.....	93
Figura 60 – Critérios e suas condicionantes para implementação das MCs – Parte 2.....	94
Figura 61 – Áreas contribuintes adequadas para as MCs	95
Figura 62 – Restrições de capacidade de infiltração no solo para as MCs	96
Figura 63 – Condições solo-aquífero para implementação das MCs	97
Figura 64 – Condições de localização para implementação das MCs	99
Figura 65 – Condições sanitárias e sedimentológicas.....	101

Figura 66 – Restrições estruturais e de desenho	102
Figura 67 – Localização das intervenções prospectadas	104
Figura 68 – Localização da bacia de retenção córrego São Judas Tadeu	105
Figura 69 – Extensão da revitalização da calha do rio Mandu	106
Figura 70 – Extensão da revitalização da calha do Sapucaí-Mirim	107
Figura 71 – Sistema de bombeamento no Córrego da Remonta	108
Figura 72 – Extensão do Dique 1	109
Figura 73 – Localização da lagoa da Banana.....	110
Figura 74 – Localização da bacia João Maria	111
Figura 75 – Trecho de limpeza do ribeirão das Mortes.....	112
Figura 76 - Propostas de Gerenciamento de águas pluviais	118
Figura 77 - Propostas de Gerenciamento de águas pluviais (continuação).....	119
Figura 78 - Parques Lineares propostos.....	123
Figura 79 - Parques Lineares propostos (continuação)	123
Figura 80 - Parques Lineares propostos (continuação)	124
Figura 81 - Parques Lineares propostos (continuação)	124
Figura 82 - Propostas de implementação do plano de melhoria da infiltração	126
Figura 83 - Função das áreas permeáveis	127
Figura 84 - Espécies indicadas para arborização	131
Figura 85 - Espécies indicadas para arborização (continuação)	132
Figura 86 – Propostas para implementação do plano de desimpermeabilização	133
Figura 87 - Propostas para implementação do plano de desimpermeabilização (continuação)	134
Figura 88 – Propostas para implementação do plano de desimpermeabilização (continuação)	135
Figura 89 – Definição de riscos naturais.....	136
Figura 90 - Localização dos pontos com risco geológico	137
Figura 91 – Procedimentos de ação em cenários de risco geológico e de inundação	138
Figura 92 – Denominação da seção transversal do curso hídrico	139
Figura 93 - Sugestões para corrigir, melhorar ou otimizar as questões identificadas e as medidas propostas.....	140
Figura 94 - Sugestões para corrigir, melhorar ou otimizar as questões identificadas e as medidas propostas (continuação).....	141
Figura 95 - Orientações para a avaliação de empreendimentos que afetam a macro drenagem por parte das entidades públicas	144
Figura 96 – Plano de efetivação das ações de fiscalização	149
Figura 97 – Plano de efetivação das ações de fiscalização (continuação).....	150
Figura 98 - Plano de efetivação das ações de fiscalização (continuação).....	151
Figura 99 - Plano de efetivação das ações de fiscalização (continuação).....	152
Figura 100 - Plano de efetivação das ações de fiscalização (continuação).....	153
Figura 101 – Propostas de implementação do plano de capacitações.....	156
Figura 102- Propostas de implementação do plano de capacitações (continuação)	157
Figura 103- Propostas de implementação do plano de capacitações (continuação)	158
Figura 104 - Proposta de implementação do plano de ouvidoria.....	160

Figura 105- Propostas de implementação do cadastro da rede de drenagem	163
Figura 106 - Mapa de uso e ocupação do solo do município de Pouso Alegre	164
Figura 107 - Área em processo erosivo na Av. Ver. Hebert Campos em 2011	166
Figura 108 - Área em processo erosivo na Av. Ver. Hebert Campos em 2014	167
Figura 109 - Área em processo erosivo na Av. Ver. Hebert Campos em 2023	167
Figura 110 - Área em processo erosivo na Rua Antonio Scodeller em 2011	168
Figura 111 - Área em processo erosivo na Rua Antonio Scodeller em 2014	169
Figura 112 - Área em processo erosivo na Rua Antonio Scodeller em 2023	169
Figura 113 - Área em processo de deslizamento na BR-459 em 2022	170
Figura 114 - Área em processo de deslizamento na BR-459 em 2023	171
Figura 115 - Áreas de risco na Comunidade São Judas Tadeu	172
Figura 116 - Áreas de risco na Rua Professor Geraldo Camargo	173
Figura 117 - Áreas de risco na Rua Wellis José Euclides	174
Figura 118 - Áreas de risco no Vale das Andorinhas	175
Figura 119 - Deslizamento da área do no Vale das Andorinhas.....	176
Figura 120 - Propostas para a recuperação das áreas erosivas	179
Figura 121 - Propostas para a recuperação das áreas erosivas (continuação).....	180
Figura 122 – Níveis de pontuação de cada um dos critérios considerados.....	189
Figura 123 - Níveis de pontuação de cada um dos critérios considerados (continuação).....	190

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos contextos espaciais.....	25
Tabela 2 - Medidas para implementação de estações fluviométricas	37
Tabela 3 - Medidas para implementação de estações pluviométricas	38
Tabela 4 – Medias de controle (MC) básicas	91
Tabela 5 - Atribuições para a regularização do gerenciamento das águas pluviais	116
Tabela 6 - Atribuições para a fiscalização do gerenciamento das águas pluviais	116
Tabela 7 - Preocupações para a recuperação de áreas degradadas.....	120
Tabela 8 - Classes de uso do solo presentes na APP dos rios Mandu e Sapucaí-Mirim ..	121
Tabela 9 - Limitações dos Parques Lineares.....	122
Tabela 10 - Porcentagens de impermeabilização.....	128
Tabela 11 - Diretrizes para ACA.....	129
Tabela 12 - Princípios da Arborização.....	130
Tabela 13 - Uso e ocupação do solo de Pouso Alegre.....	165
Tabela 14 – Critérios considerados e a priorização das ações e suas pontuações	181
Tabela 15 – Pesos atribuídos por critério	182
Tabela 16 – Ponderação das pontuações das ações estruturantes	183
Tabela 17 – Hierarquização das ações estruturantes	184
Tabela 18 – Ponderação das pontuações das ações estruturais	186
Tabela 19 – Hierarquização das ações estruturais.....	187
Tabela 20 – Ponderação das pontuações para cada bacia.....	191
Tabela 21 – Hierarquização das bacias hidrográficas	191

APRESENTAÇÃO

Este texto aborda a elaboração do Produto 5 – Ações Estruturais e Estruturantes para construção do Plano de Macrodrenagem do Município de Pouso Alegre (PMDPA), em conformidade com a ordem de serviço nº 197 emitida pela Prefeitura Municipal de Pouso Alegre e a empresa DAC Engenharia Ltda.

A legislação nacional, representada pela Lei Federal nº 11.445/2007 e Lei nº 14.026/2020, abrange a drenagem urbana e manejo de águas pluviais como serviços públicos. No âmbito municipal, a Lei Ordinária nº 5.887/2017 regula a universalização dos serviços de saneamento básico, englobando a drenagem urbana e o manejo de águas pluviais. Essa legislação destaca a necessidade de programas específicos, projetos, ações e instrumentos para regulamentação, fiscalização, monitoramento e gestão dos serviços.

O presente documento corresponde ao Produto 5 – Ações Estruturais e Estruturantes, no qual são apresentadas as ações voltadas para resolução ou mitigação das necessidades delineadas durante os produtos anteriores, dentro do âmbito de macrodrenagem do município. Nele também são apresentadas as diretrizes estratégicas para o sistema de drenagem e suas intervenções, que objetivam reduzir os problemas recorrentes com inundação, os quais devem ser projetados levando em consideração os cenários futuros construídos no produto anterior.

Os cenários futuros construídos desempenham um papel fundamental em um plano de macrodrenagem, oferecendo uma abordagem analítica e preditiva para o gerenciamento eficiente de águas pluviais no decorrer da expansão das áreas urbanas do município. Ressalta-se que as ações se dão de maneira a serem aplicáveis em diferentes horizontes temporais, abrangendo desde medidas imediatas até aquelas destinadas a médio e longo prazo. Essa abordagem multifacetada e escalonada visa garantir a viabilidade e a eficácia das ações propostas, ao mesmo tempo em que oferece flexibilidade para adaptar-se às mudanças nas condições ambientais, sociais e econômicas ao longo do tempo.

1. PLANO DE AÇÕES

O Marco Legal do Saneamento Básico, estabelecido pela Lei Federal nº 11.445/2007 e modificado pela Lei Federal nº 14.026/2020, orienta a formulação de planos para a prestação de serviços públicos de saneamento básico. Esses planos devem conter, no mínimo, cinco elementos principais. Primeiramente, é necessário realizar um diagnóstico da situação atual e de seus impactos nas condições de vida, utilizando indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos, e identificando as causas das deficiências detectadas. Em seguida, devem ser estabelecidos objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, permitindo soluções graduais e progressivas, em conformidade com outros planos setoriais. Além disso, é essencial elaborar programas, projetos e ações necessários para atingir os objetivos e metas estabelecidos, de forma compatível com os planos plurianuais e outras iniciativas governamentais relacionadas, identificando possíveis fontes de financiamento. Também é importante definir ações para situações de emergência e contingências. Devendo ser implementados mecanismos e procedimentos para avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.

Dado isso, este produto trás o plano de ações composto pelas ações estruturais e estruturantes, apresentadas em uma estrutura que facilite a sua implementação pelo órgão responsável. Os capítulos são detalhados de modo que responda as perguntas estruturadas no esquema apresentado na Figura 1.



Figura 1 – Estrutura do plano de ação

As ações estruturantes determinadas no decorrer do produto serão melhor detalhadas no Produto 7, denominado como Anteprojetos. Além disso, como apêndice desse produto segue-se o Manual de Drenagem, que tem por objetivo fornecer amparo técnico no quesito de macrodrenagem, apresentando o subsídio necessário para que as ações sejam executadas de maneira correta. Por fim, tem-se também a minuta técnica de lei, elaborada para que o PMDPA possa ser devidamente aplicado ao longo de seu horizonte de projeto, ou seja, nos próximos 20 anos.

1.1. PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PMDPA

A efetivação do plano dependerá principalmente da habilidade e do empenho da administração local. No entanto, também será influenciada pela capacidade de articulação e atuação dos diversos setores da sociedade. Quanto mais o plano estiver alinhado com a reforma urbana e com os princípios da gestão democrática, mais profundas serão as modificações necessárias nos procedimentos internos, na superação de fragilidades administrativas, na priorização de despesas e na integração das ações setoriais.

Logo, todas as informações articuladas no decorrer do plano solidificam o ponto de partida para que as decisões técnicas sejam tomadas. As ações estruturais e estruturantes a serem propostas serão expostas no decorrer deste produto, as quais levam em consideração o crescimento do município e as alterações previstas nessa expansão urbana. Entretanto, o êxito dessas ações depende em sua maior parte da administração pública, a qual é responsável pela articulação e efetivação do plano. Têm-se como início das proposições o cenário atual construído, sendo analisadas soluções que se adequem a estrutura encontrada atualmente e solucionem os problemas identificados no decorrer das simulações e análises efetivadas. A fim de que, findado este plano, se possua um município com melhores condições de vida para seus moradores, ao mesmo tempo que se estabelece um meio ambiente equilibrado e sustentável.

É pertinente observar que embora o plano seja elaborado por uma equipe técnica, sua execução será conduzida por um grupo que podem não compartilhar do mesmo nível técnico, mas sim uma perspectiva política. Consequentemente, é imprescindível que o plano seja assimilado como uma iniciativa governamental e seja sujeito a um monitoramento contínuo pela sociedade. Nesse contexto, sugere-se a adoção de um modelo de gestão, conforme proposto por Pinheiro (2023), que estabelece uma estrutura organizacional e distribui as responsabilidades de maneira lógica, conforme é apresentado:

- **Definição do órgão e equipe de coordenação**

Antes de qualquer processo ser definido é essencial estabelecer os responsáveis políticos e técnicos, a designação de uma equipe encarregada de operacionalizar o Plano dentro da estrutura da Prefeitura. Além da equipe responsável pela parte de operação do plano é preciso estipular uma equipe encarregada de avaliar a implementação na comunidade são etapas essenciais.

- **Articulação das ações no território**

Na construção do plano foram mapeadas as áreas vulneráveis a inundação e os pontos urbanos que são afetados pelo espalhamento das águas pluviais, apesar de não ser parte componente deste plano. Em sequência se estabeleceu um zoneamento para as áreas de risco, caracterizando as bacias inseridas no município com base em seus parâmetros de cheia, com o objetivo de definir o uso e ocupação do solo em áreas sujeitas a inundação. Importante ressaltar que através da participação social foram fornecidos subsídios sobre os locais que sofrem com a ineficiência dos serviços de drenagem, o que fornece elementos

essenciais para como e por onde começar a implementação nas áreas que mais carecem de infraestrutura.

- **Montagem ou atualização do sistema de informações**

É fundamental proceder com uma sistematização abrangente, ou uma atualização dos dados contidos nos registros cadastrais das estruturas de drenagem urbanas existentes na cidade. De modo a garantir que os projetistas tenham acesso simplificado às informações necessárias, ao passo que os responsáveis pela manutenção possam desempenhar suas funções de forma eficaz. Além disso, é altamente recomendável o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de dados online. Esse sistema proporcionará uma organização adequada dos procedimentos de criação, armazenamento, acesso, compartilhamento e aplicação dos dados gerados durante o processo de planejamento, incluindo mapas, gráficos, tabelas e outros recursos relevantes.

- **Articulação com o orçamento municipal**

A viabilidade das iniciativas está intrinsecamente ligada à sua inclusão no orçamento municipal, garantindo um equilíbrio adequado entre receitas e despesas. Tanto a elaboração quanto a execução do plano devem refletir as diretrizes delineadas para as despesas orçamentárias, sendo este último crucial para planejar e implementar as ações propostas. É imperativo também avaliar se os recursos requeridos pelo plano são proporcionais à capacidade financeira do município.

É importante ressaltar que o sistema de informação a ser implementado é essencial para que as etapas de articulação e monitoramento ocorram de maneira eficiente, de modo que a estruturação desses possibilite uma análise regional e constante das informações, sendo utilizada como subsídio para tomada de decisão. Nesse aspecto, é importante ressaltar que os dados de valoração dos anos, cálculo efetuado no Produto 4.2, é um importante indicador para se mensurar o impacto financeiro ocasionado por uma cheia.

O processo participativo é uma etapa importante para que o orçamento seja transparente para a população, além de informar a fonte desses recursos, sendo eles financiamentos ou emendas parlamentares. É importante considerar esses repasses durante o orçamento municipal, garantindo que sejam aplicados devidamente e que esteja em consonância com o Plano de Macrodrenagem, de modo que o modelo de gestão sugerido seja efetivo. Garantindo que as novas infraestruturas de drenagem se aproximem

de um sistema sustentável, se adequando a um modelo de cidade que desconsidere os padrões antigos de saneamento. A metodologia sugerida é simplificada na Figura 2 e Figura 3.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Implementação ou atualização do sistema de informações	Apresentar as informações e dados atualizados pelo plano nas questões hidrológicas, climáticas e socioeconômicas. Afim de que essas informações permitam um gerenciamento das ações de macrodrenagem, de modo a garantir a sustentabilidade ambiental e social do município.	Prefeitura Municipal	Devem ser adotadas as seguintes medidas: a) Estabelecer indicadores que serão utilizados no monitoramento hidrológico, climático, geológico e socioeconômico do município; b) Estipular as fontes de dados adequadas para manter o sistema de informação atualizado. Sendo essas fontes responsáveis pela coleta e armazenamento das informações essenciais, incluindo informações pluviométricas, topográficas e geológicas.	2025 (atual) - Sua ocorrência deve se dar antes da implementação das medidas.	Tem-se por meta que a sua implementação ocorra antes das medidas serem iniciadas. Sendo atualizado ao longo do horizonte de projeto, sempre que preciso.
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Articulação com orçamento municipal	Garantir que o orçamento municipal possua direcionamento financeiro para que as ações previstas sejam devidamente executadas, cumprindo seu objetivo de mitigar os riscos de inundação e outros eventos relacionados aos eventos pluviométricos.	Prefeitura Municipal	O orçamento municipal deve ser articulado pelas etapas que se constituem em: a) Para implementar as ações delineadas no plano, é essencial identificar os recursos financeiros requeridos. Esse processo envolve realizar um diagnóstico abrangente das necessidades e custos associados a cada ação; b) É crucial a incorporação do programa de gestão do plano ao planejamento orçamentário municipal. Isso implica na inclusão das ações delineadas no plano dentro do Plano Plurianual (PPA), na Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e na Lei Orçamentária Anual (LOA), em consonância com as prioridades e diretrizes estipuladas; c) Identificar quais as possíveis fontes de recurso para efetivação das ações previstas.	2025 (atual) - Sua ocorrência deve se dar antes da implementação das medidas.	Dado que a meta é a garantia de efetivação das ações estipuladas. Logo, esta deve ser realizada anterior ao início do plano (2025).

Figura 2 - Modelo de gestão de implementação para o plano

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Definição do órgão e equipe de coordenação	Garantir que as ações previstas para o plano sejam implementadas, através de monitoramento e verificação da efetividade. Articulação da equipe das diferentes áreas que garantem a implementação integrada	Prefeitura Municipal	A coordenação deve ocorrer considerando as seguintes etapas: a) identificar as áreas responsáveis pela gestão de macrodrenagem; b) a partir dessa identificação, defini-se o órgão responsável pela integração das etapas e pela participação social; c) constituir uma equipe de coordenação que contenha profissionais com capacidade técnica de diversas áreas. Essa equipe terá a responsabilidade de implementar as ações propostas no plano e monitorar a sua efetividade no decorrer da observação dos resultados	2025 (atual) - Sua ocorrência deve se dar antes da implementação das medidas	Possuir o órgão e a equipe responsável pela implementação e acompanhamento do plano, antes que o mesmo seja executado
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Articulação das ações no território	Garantir a gestão integrada dos recursos hídricos e a sustentabilidade ambiental, social e econômica do município. Visando assegurar que as iniciativas delineadas no plano sejam executadas de maneira coordenada e integrada, envolvendo os diversos setores responsáveis pela administração dos recursos hídricos.	Prefeitura Municipal	As seguintes etapas devem ser consideradas: a) Planejamento integrado que garanta a sustentabilidade ambiental, social e econômica, considerando a gestão hídrica e urbana como elementos distintos; b) Definição de instrumentos e diretrizes que prevejam e orientem a gestão do plano; c) Canais de comunicação efetivos entre os atores envolvidos no processo de gestão dos recursos hídricos, de modo a promover o processo participativo durante o gerenciamento	2025 (atual) - Sua ocorrência deve se dar antes da implementação das medidas	Possuir o planejamento de efetivação do plano antes que o processo de implementação seja iniciado

Figura 3 - Modelo de gestão de implementação para o plano (continuação)

1.2. PROGRAMA DE REVISÃO DO PMDPA

Antes de se iniciar o processo de revisão do planejamento de macrodrenagem do município, o PMDPA, é essencial que a instituição responsável pela administração conduza uma análise para diagnosticar o cenário atual nesse âmbito. Logo, o processo de revisão deve ser estipulado pelo grupo que ficará responsável pelo monitoramento dessas atividades, uma vez que em acompanhamento sólido permite um planejamento efetivo a longo prazo. Todo esse processo de revisão deve ser realizado de maneira participativa, sendo que essas informações devem ser observadas e avaliadas de maneira pública e transparente.

Nesse sentido, é importante considerar que o Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001, institui que os planos setoriais devem ser revistos em um prazo máximo de 10 anos, podendo ser revisto em prazos inferiores. Dado o setor de abrangência de conhecimento do Plano de Macrodrenagem e sua relação com o uso e ocupação do solo, recomenda-se que o mesmo prazo de revisão seja adotado para o presente plano.

1.2.1. Proposta para a revisão do Plano

O Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) estabelece, através do Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores de 2021, uma estrutura composta por temáticas que contém a metodologia pela qual se sugere a elaboração dos planos, a qual guiará a estruturação da revisão do Plano de Macrodrenagem, conforme é apresentado na Figura 4.



Figura 4 – Etapas para elaboração do plano

Fonte: Guia para elaboração e revisão de planos diretores, 2021

As fases que estruturam o plano devem contar com um conteúdo mínimo, o qual foi considerado e implementado na construção deste plano. As etapas mínimas esperadas nessa elaboração são apresentadas na Figura 5. Após essas considerações serem atendidas, são recomendados dois processos possíveis para a revisão do plano, podendo ser através de uma retomada das problemáticas definidas ainda presentes no cenário

municipal ou até mesmo através de um novo diagnóstico para atualizar e retificar os problemas existentes. Nesse contexto, é possível também abordar a efetividade do Plano de Macrodrenagem em vigor, analisando o sucesso das propostas sugeridas por meio de indicadores e relatórios que avaliem o progresso dessas estratégias, permitindo uma avaliação legítima dos resultados.

FASES DE ELABORAÇÃO DE UM PLANO SETORIAL

Estruturam-se temas relacionados ao desenvolvimento urbano local, no que tange as políticas dos recursos hídricos e do seu gerenciamento no perímetro municipal

O diagnóstico abrange as problemáticas, com a coleta das informações que competem ao plano e apresentam a situação atual da estrutura de macrodrenagem do município, a partir das quais são propostas as melhores estratégias para solucionar os cenários

A elaboração das estratégias objetiva determinar as ações estruturais e estruturantes, estipulando as ferramentas e instrumentos a serem utilizados de modo a garantir sua concretização

O plano de macrodrenagem propõe os instrumentos que devem compor os procedimentos institucionais para regulamentar, controlar e direcionar a gestão dos recursos hídricos e seus impactos

A estipulação de ferramentas complementares tem como finalidade contribuir para implementação, através de textos, diretrizes e definições que auxiliem na efetivação do plano, não sendo parte efetiva do mesmo

Figura 5 – Conteúdo mínimo sugerido em planos setoriais

1.2.1.1. Reavaliação dos Dados para os Cenários Projetados

O cenário construído no decorrer do plano é relativo ao ano zero do horizonte de projeto, que corresponde ao ano de 2025. As fases de diagnóstico e prognóstico estabeleceram as informações necessárias para se estipular um plano de ações efetivo para o horizonte de projeto de 20 anos ao qual o projeto deve atender. Os dados obtidos nessa análise moldam de maneira precisa a situação atual de macrodrenagem em Pouso Alegre e como os habitantes do município são afetados pelo cenário vigente. Com base nisso, foram projetados cenários futuros, considerando metodologias estatísticas e matemáticas. Sendo

que esses modelos levam em conta variáveis que derivam de fatores populacionais, hidráulicos e hidrológicos que podem ser alterados no decorrer dos anos.

Esses fatores validam a necessidade de reavaliação dos projetos e propostas do plano, visto que as variáveis utilizadas derivam de aspectos dinâmicos e que podem apresentar alterações fora do esperado. Considerando isso, a reavaliação dos cenários estipulados deve ser um dos principais pontos no processo de revisão do plano de macrodrenagem. Os principais dados a serem reavaliados nesse processo são apresentados na Figura 6.



Figura 6 – Dados a serem reavaliados no processo de revisão

Os dados a serem revistos possuem características específicas a serem consideradas em cada um deles, que dependem exclusivamente do cenário de cada município. Dado isso, na revisão de cada uma das informações destacadas na Figura 6, são detalhadas a seguir:

- **Projeção territorial**

A estimativa de crescimento de território urbano do município foi feita considerando a evolução nos últimos anos através das imagens de satélite e dos novos empreendimentos já registrados pela administração municipal para os próximos anos, metodologia validada com o núcleo gestor junto a equipe técnica. Dentro dos parâmetros de determinação de

expansão de território de cada bacia, foram consideradas as limitações estipuladas pelo Plano Diretor do município. Os mesmos procedimentos são sugeridos para o processo de reavaliação, de modo a garantir que as metodologias sejam compatíveis e que os resultados possam ser comparados de maneira coerente.

- **Projeção populacional**

Para o processo de determinação do padrão estatístico de crescimento foi estudado qual método representaria melhor o comportamento do crescimento populacional no município, onde estabeleceu-se o cenário da projeção aritmética como o mais realista. Nesse contexto, salienta-se a importância de reavaliação de dados para períodos mais longos, levando em consideração a evolução da população nesse período, visto que dados estatísticos são extremamente sensíveis a alterações externas.

- **Hidrologia e hidráulica**

Os dados referentes as características físicas e meteorológicas das bacias hidrográficas foram abordados para construção dos hidrogramas, os quais são provenientes do modelo chuva-vazão. Os hidrogramas correspondem a uma representação da dinâmica pluviométrica do município, volátil as condições hidrológicas, de uso e ocupação do solo e da umidade presente na bacia, variações expressas no modelo por meio do Curve Number (CN). Devendo essas serem acompanhadas de tempos em tempos, com intuito de avaliar sua compatibilidade com o avançar dos anos e se essas são condizentes com os cenários projetados no que diz respeito ao uso e ocupação.

Visto isso, no processo de reavaliação, as manchas de inundação futuras devem ser compatibilizadas com o cenário atual se existirem modificações no cenário projetado, ou seja, as análises hidrológicas e hidráulicas que consideram novos valores para o CN, dão origem a novas vazões calculadas, que impactam na alteração das áreas que serão afetadas por inundação, logo, devem ser revisadas todas as informações que são derivadas desses dados.

- **Zoneamento**

A delimitação de zonas é uma das ferramentas essenciais em projetos de planejamento urbano, sendo neste caso realizado com base nas projeções das manchas de inundação. O zoneamento se constituiu pela divisão das bacias do município em zonas que

possuem as mesmas características quanto ao risco de inundação, de modo que se classifique as atividades e os usos permitidos nas planícies de inundação. Logo, se ocorrerem alterações em qualquer um dos dados anteriores é necessário uma revisão dessas áreas no zoneamento, de modo a garantir a conformidade das informações quanto a suscetibilidade a cheias.

1.2.1.1. Reavaliação dos Instrumentos Propostos

O processo de revisão do plano tem por objetivo a análise e coletas de dados que demonstrem a eficácia das propostas efetivadas, identificando a necessidade de ajustes ou novas medidas que propiciem a eficácia do cenário esperado. A segunda etapa da revisão abrange a análise da eficácia das ações do plano ao longo dos anos de sua implementação, baseada nas medidas estruturais e não estruturais propostas, nas quais são apresentadas de maneira detalhada as propostas de anteprojeto, sendo elas obras, programas e procedimentos que sua execução tem por objetivo mitigar ou sanar os problemas de inundação do município.

Além disso, é crucial avaliar se a implementação dessas medidas levou aos resultados planejados para a execução do sistema de macrodrenagem no município, e fazer revisões caso as metas não tenham sido alcançadas. Os indicadores propostos neste documento devem ser cuidadosamente analisados para determinar se refletem adequadamente o progresso na implementação do plano.

1.2.2. Integrantes da Revisão do Plano

É recomendado pelo Conselho Nacional das Cidades que sejam instituídos um conselho municipal direcionado as políticas públicas e um referente as conferências municipais, os quais sejam responsáveis pelas deliberações que dizem respeito as questões urbanas e monitoramento do Plano Diretor, criando assim um ambiente propício a debates, audiências e consultas públicas, e permitindo um viés simplificado para iniciativas populares de projetos de lei, planos e programas de desenvolvimento urbano que reflitam a necessidade popular. Nesse sentido, é primordial a representatividade da sociedade nessas conferências, facilitando as discussões sobre temas pertinentes ao desenvolvimento urbano do território.

O Conselho Nacional das Cidades respalda o processo participativo durante a execução da revisão do Plano de Macrodrenagem, conforme estipulado na Resolução nº 83/2009, que recomenda a participação da comunidade nos processos de revisão ou alteração de planos setoriais, em conformidade com o Estatuto da Cidade e a Resolução nº 25 do próprio Conselho Nacional das Cidades. Sendo assim, a revisão do Plano deve ser conduzida de forma participativa, em consonância com uma gestão democrática compartilhada entre o Poder Público e a sociedade civil.

O Plano Diretor de Belo Horizonte, implementado em 1996, oferece um exemplo tangível desse engajamento participativo, através de um sistema de gestão e revisão em períodos de quatro anos. Esse processo inclui conferências municipais que revisam e atualizam o plano, que devem ser precedidas por pré-conferências regionais e temáticas. Assim, sugere-se para o Plano de Macrodrenagem de Pouso Alegre uma abordagem semelhante, passando por revisões a cada quatro anos. Isso envolveria uma revisão abrangente de todo o arcabouço legal associado a ele, em um processo inclusivo e democrático.

1.3. PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

O Plano de Macrodrenagem tem como objetivo a melhoria da qualidade de vida e a relação mútua entre o meio ambiente e o meio antrópico, buscando garantir um desenvolvimento sustentável para a sociedade de Pouso Alegre. Logo, além das medidas estruturais e estruturantes propostas pelo plano, vem a necessidade de ensinar a população a lidar com possíveis desastres pluviais e como preveni-los em seu dia a dia.

A Educação Ambiental surge então como uma ferramenta essencial para gerar não somente esse repasse de informações como também uma oportunidade de desenvolver um pensamento crítico nos moradores da cidade diante de conceitos como a Justiça Ambiental, pois diante de desastres e mudanças climáticas, os primeiros a sofrerem são as classes sociais mais baixas. Segundo Motta (2000), um Programa de Educação Ambiental tem que ser um conjunto de atividades sistematizadas e com a participação ativa dos diversos setores, se tratando então de um método que exige uma forte participação social para se obter êxito nos objetivos.

O Código Ambiental do Município de Pouso Alegre, instituído pela Lei Municipal nº 3.584 de 20 de maio de 1999, tem como objetivo disposto no Artigo 2º tópico 1 a

“preservação e conservação do meio ambiente a fim de garantir condições necessárias à melhoria da qualidade de vida dos cidadãos” e tópico 5 o “desenvolvimento de programas de educação e incentivo às ações que consolidem uma cultura voltada para a adoção de hábitos, costumes, posturas e práticas socioeconômicas não prejudiciais ao meio ambiente”. Nesse sentido, é estabelecido que o próprio município exige a existência de programas que busquem a educação ambiental para todos.

Essas medidas têm como principais objetivos:

- Ensinar as atitudes corretas e seguras a serem tomadas pela população residente dos locais mais afetados pelos eventos extremos;
- Sensibilizar a população sobre a importância do bom funcionamento dos sistemas de macrodrenagem, ressaltando a necessidade das ações individuais;
- Caracterizar a diferença entre micro e macrodrenagem de um município, explicando a diferença entre alagamentos e inundações, repassando os direitos de cada cidadão;
- Sensibilizar sobre a importância de se respeitar as normas de uso e ocupação do solo, apresentando os impactos causados pela permeabilização do solo e urbanização de áreas sensíveis a inundações; e
- Sensibilizar a população geral quanto aos impactos sociais, ambientais e econômicos das ações humanas, utilizando os conceitos de desenvolvimento sustentável.

Esses objetivos foram traçados através das necessidades observadas na elaboração dos produtos anteriores, buscando a resolução das problemáticas de acordo com a urgência para a população afetada.

1.3.1. Propostas de Ações Educativas

Neste tópico serão listadas as propostas a serem realizadas para a realização dos objetivos já listados. De acordo com o Plano Municipal de Meio Ambiente de Pouso Alegre (2021), as intervenções educativas devem ser realizadas da seguinte forma:

O programa deve ser um projeto contínuo de produção de conteúdo para divulgação de saberes científicos e ambientais por meios de comunicação diversos no município de Pouso Alegre. Para isso, tem-se como intenção estabelecer oportunidades, fora do meio formal de educação, que levem até a população informativos pertinentes àquelas temáticas que são mais presentes dentro da problemática ambiental do município (PMMA, 2021).

Logo, a ideia é apresentar projetos que garantam uma constância na sensibilização e a garantia da excelência nos resultados obtidos no presente e nas futuras gerações do município. Dentre essas ideias, serão contempladas o ensino formal e não-formal, definido pela Política Nacional de Educação Ambiental (1999), onde o ensino formal se trata das propostas realizadas no âmbito educacional, em escolas, colégios e afins e o ensino informal é aquele realizado de maneira mais prática e voltada a sensibilização da coletividade.

Nas Figura 7 a Figura 9 são descritas as ações propostas detalhadas para serem executadas ao longo dos anos de implementação do plano de macrodrenagem.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Conscientização da população por meio de postagens em redes sociais.	Ensinar a população sobre atitudes a serem tomadas afim de evitar acidentes causados nos casos extremos.	Prefeitura Municipal e a Defesa Civil, auxiliados a Secretaria de Comunicação.	Repasse de informações por meio de imagens e vídeos explicativos, difundidos nos principais meios de comunicação da atualidade (Instagram, WhatsApp, Facebook, entre outros) para alcançar o público jovem e adulto. Essas postagens devem ensinar os locais seguros em casos de inundações ou enchentes, locais para evitar nos mesmos casos, contatos oficiais para cada tipo de situação, medidas preventivas e etc.	Os repasses devem ocorrer ao longo dos 20 anos de duração do plano, focando em períodos que antecedem e que tenham as maiores médias de chuva do ano.	Diminuir os acidentes que podem ser evitados pelas escolhas da população, informar os órgãos competentes e seus contatos e obter uma mudança real ao longo dos 20 anos.
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Explicar a importância da macrodrenagem de um município e o papel de cada cidadão.	Sensibilizar a população sobre a macrodrenagem de um município e repassar o impacto que as ações cotidianas podem causar.	Prefeitura Municipal, Secretaria de Educação.	Criar materiais didáticos e apresentações a serem realizadas antes e durante os períodos chuvosos nas escolas e colégios. Essas apresentações devem possuir uma comunicação assertiva para cada grupo de idade do ensino fundamental e médio, explicando o que é a macrodrenagem de um município para o bem estar da população, e como o manejo dos resíduos e o cuidado com a escolha dos locais de construção podem afetar.	Deve ser executado durante os 20 anos de duração do plano.	Realizar as apresentações e disponibilizar o material didático para todas as escolas do município, garantindo que as novas gerações entendam os conceitos e o seu papel.

Figura 7 - Propostas para a implementação do plano de educação ambiental

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Sensibilizar sobre as diferenças entre alagamentos, enchentes e inundações, além de diferenciar micro e macrodrenagem	Difundir o conhecimento hidrológico para possibilitar maior participação social	Prefeitura Municipal, Secretaria de Educação	Criar materiais didáticos e apresentações a serem realizadas nas escolas e colégios. Essas apresentações devem possuir uma comunicação assertiva para cada grupo de idade do ensino fundamental e médio, explicando as diferenças entre os casos de acúmulo hidráulico e as gravidades de cada um, assim como as diferentes atitudes e cuidados que cada um dos casos exige	Deve ser executado durante os 20 anos de duração do plano	Realizar as apresentações e disponibilizar o material didático para todas as escolas do município, garantindo que as novas gerações entendam os conceitos dos acúmulos hidráulicos e de micro e macrodrenagem de um município
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Sensibilizar quanto a importância de se seguir as normas de uso e ocupação do solo	Impedir que novas edificações possam causar problemas ou sofrer com possíveis casos de acúmulo hidráulico	Prefeitura Municipal e Secretaria de Educação	Criar materiais didáticos e apresentações a serem realizadas nas escolas e colégios. Essas apresentações devem possuir uma comunicação assertiva para cada grupo de idade do ensino fundamental e médio, explicando as consequências estruturais para as edificações atingidas pelas chuvas, as consequências financeiras e sociais para as pessoas em geral, além dos impactos ambientais	Deve ser executado durante os 20 anos de duração do plano	Realizar as apresentações e disponibilizar o material didático para todas as escolas do município, garantindo que as novas gerações entendam a necessidade de seguir as normas de uso e ocupação do solo

Figura 8 - Propostas para a implementação do plano de educação ambiental (continuação)

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Sensibilizar a população geral quanto aos impactos sociais, ambientais e econômicos das ações humanas	Induzir um pensamento crítico na população quanto aos impactos nas ações cotidianas	Prefeitura Municipal e Secretaria de Cultura	Realizar um evento em alguma Unidade de Conservação (como o Horto Florestal) para toda a população, propondo ecoturismo, jogos sobre o uso consciente da água, palestras sobre os impactos dos resíduos sólidos em casos de inundação, sensibilizar sobre como esses eventos extremos afetam mais as pessoas de classe socioeconômica sensível	Realizar um vez por ano ou a cada dois anos ao longo dos 20 anos de duração do plano	Promover um momento de descontração para a família e ao mesmo tempo propor um pensamento crítico para todas as idades

Figura 9 - Propostas para a implementação do plano de educação ambiental (continuação)

1.4. PROGRAMA PARA O CONTROLE DA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E GESTÃO DE MATERIAIS SÓLIDOS

A contaminação das águas superficiais das cidades impacta a vida humana de diversas formas, seja na qualidade de vida local, na economia e principalmente nas questões ambientais. Conforme a urbanização se expande alguns fatores impactam negativamente na qualidade das águas superficiais, segundo Tucci (2001) os principais impactos seriam:

- aumento das vazões máximas e da sua frequência devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies;
- aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos (lixo);
- deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, devido a lavagem das ruas, transporte de material sólido e às ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial e contaminação de aquíferos;
- devido à forma desorganizada como a infraestrutura urbana é implantada, tais como:
a) pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; b) redução de seção do escoamento por aterros de pontes e para construções em geral; c) deposição e obstrução de rios, canais e condutos por lixos e sedimentos; d) projetos e obras de drenagem inadequadas, com diâmetros que diminuem para jusante, drenagem sem esgotamento, entre outros.

Como citado por Tucci, uma das problemática geradas pela urbanização é o aumento da produção de resíduos sólidos e o descaso com sua destinação. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, cerca de 20 milhões de brasileiros ainda não possuem acesso a coleta de resíduos sólidos, esses casos acarretam uma degradação dos cursos d'água, visto que grande parte dos resíduos acaba lançado em águas superficiais pelas águas pluviais.

Logo, fica evidente que essa problemática dos resíduos sólidos acarreta diversos impactos negativos e deve ser solucionada seguindo a Lei N° 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Decreto n° 7.404/2010 que estabelece normas para a sua execução, além de utilizar a normativa ABNT NBR 10.004/2004 para classificar esses resíduos. Como abordado pela Política Nacional, antes de se propor medidas

drásticas para a destinação correta, deve-se abordar como essencial a redução da geração de resíduos, sua reutilização, reciclagem e tratamento dos mesmos. E essa sequência de prioridades é melhor apresentada na Figura 10.

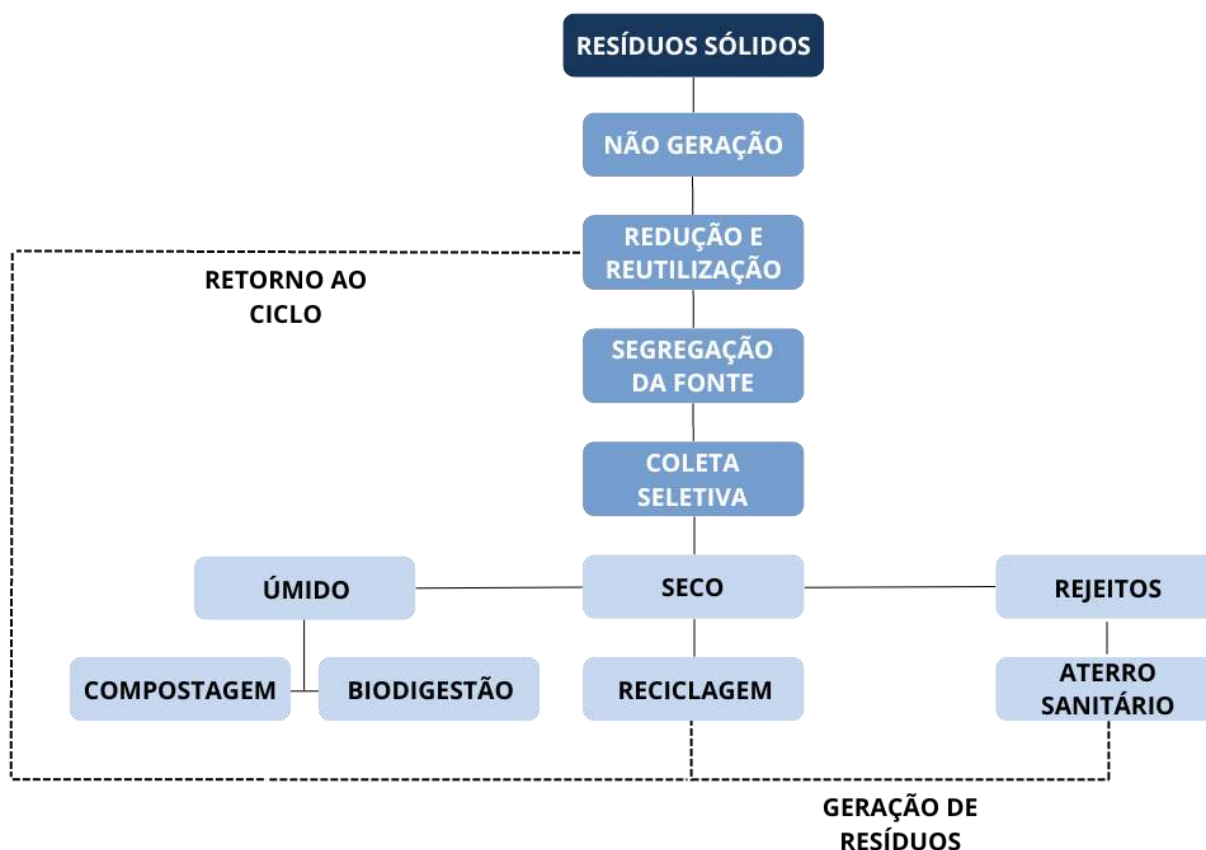


Figura 10 - Ordem de prioridade na geração de resíduos e modelo de gestão

Fonte: Adaptado de TOMACHESKI (2014).

Dada a problemática apontada, se fortalece a necessidade de uma destinação correta da água da chuva que podem estar contaminadas, prejudicando as águas superficiais e subterrâneas. Como foi abordado no Produto 3.1 deste plano, Pouso Alegre está localizado sobre dois aquíferos fraturados, possibilitando o acesso a água de qualidade para 22 poços já identificados, logo, o município exige uma grande necessidade de proteção desse recurso.

Apresentado então os desafios a serem vencidos referentes as águas superficiais e o controle dos resíduos sólidos, as tabelas abaixo apresentam as soluções propostas de maneira descritiva.

PROBLEMÁTICA	PROPOSTA	RESPONSÁVEL	IMPLEMENTAÇÃO
Urbanização de áreas de recarga dos aquíferos	Intensificar a fiscalização das áreas de recarga para impedir que sejam ocupadas, além de propor projetos de recuperação de áreas já degradadas	Prefeitura Municipal	Atual (ano de 2025) até o final do horizonte de projeto (ano de 2045) dependendo da realização de estudos na área
PROBLEMÁTICA	PROPOSTA	RESPONSÁVEL	IMPLEMENTAÇÃO
Contaminação das águas	Realizar inspeções tanto nos poços de de captação da água subterrânea quanto em locais propícios a contaminação, como fossas sépticas, indústrias com resíduos contaminantes, e aterros sanitários.	Prefeitura Municipal e COPASA	Atual (ano de 2025) até o final do horizonte de projeto (ano de 2045) dependendo da realização de estudos na área

Figura 11 - Propostas de implementação do plano de controle de poluição de águas superficiais

PROBLEMÁTICA	PROPOSTA	RESPONSÁVEL	IMPLEMENTAÇÃO
Alta geração de resíduos	Criação de vídeos, imagens e conteúdos a serem divulgados nas principais redes sociais da atualidade (Instagram, WhatsApp, Facebook) ensinando formas de como diminuir a geração de lixo (como utilizar completamente as cascas de alguns alimentos)	Prefeitura Municipal	Atual (ano de 2025) até o final do horizonte de projeto (ano de 2045)
PROBLEMÁTICA	PROPOSTA	RESPONSÁVEL	IMPLEMENTAÇÃO
Alta geração de resíduos	Além de divulgações como as citadas acima, incentivar a compra de produtos a granel e de produtores locais (visto que possuem menos embalagens) através de incentivos financeiros para tais produtos	Prefeitura Municipal	Atual (ano de 2025) até o final do horizonte de projeto (ano de 2045)
PROBLEMÁTICA	PROPOSTA	RESPONSÁVEL	IMPLEMENTAÇÃO
Alta geração de resíduos	Criação de divulgações como as citadas acima, incentivando a reutilização de embalagens e sacolas, garrafas, recipientes de vidro, entre outros	Prefeitura Municipal	Atual (ano de 2025) até o final do horizonte de projeto (ano de 2045)

Figura 12 - Propostas de implementação do plano de controle de poluição de águas superficiais (continuação)

PROBLEMÁTICA	PROPOSTA	RESPONSÁVEL	IMPLEMENTAÇÃO
Baixa reciclagem	Utilizar as divulgações citadas acima para apresentar os impactos positivos que a coleta seletiva traz para o município, para as pessoas que trabalham na área e para o meio ambiente	Prefeitura Municipal	Atual (ano de 2025) até o final do horizonte de projeto (ano de 2045)
PROBLEMÁTICA	PROPOSTA	RESPONSÁVEL	IMPLEMENTAÇÃO
Disposição final inadequada	Garantir a destinação final dos resíduos sólidos no aterro sanitário (já utilizado pela cidade) aumentando a fiscalização urbana	Prefeitura Municipal	Atual (ano de 2025) até o final do horizonte de projeto (ano de 2045)

Figura 13 - Propostas de implementação do plano de controle de poluição de águas superficiais (continuação)

1.5. DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS PARA A MANUTENÇÃO DAS REDES DE MACRODRENAGEM

Ao decorrer dos produtos apresentados, fica evidente a necessidade de um adequado dimensionamento das redes de macrodrenagem para a cidade, no entanto, apenas a sua implementação não traria os resultados esperados para todos os 20 anos do plano. Logo, é necessário também realizar manutenções constantes para garantir o seu bom funcionamento, se adaptando através de critérios definidos neste capítulo. Segundo Tucci (2001) as áreas urbanas são constantemente impactadas negativamente com as cheias das águas superficiais, agravadas pelo crescimento desordenado da malha urbana em leitos de rios, impermeabilizando locais que possuem um papel fundamental para o escoamento da água.

Tucci (2001) ainda afirma que o primeiro passo para administrar eficientemente os recursos hídricos urbanos é um adequado gerenciamento estrutural da cidade. No entanto, antes de definir essa estruturação, é necessário qualificar os impactos quanto a sua jurisdição. Segundo o autor, existem dois tipos de contextos espaciais, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos contextos espaciais

Tipos de impactos	Descrição
Impactos que extrapolam o município	Este tipo de impacto é a resultante das ações dentro da cidade, que são transferidas para o restante da bacia. Para o seu controle podem ser estabelecidos padrões a serem atingidos e geralmente são regulados por legislação ambiental e de recursos hídricos federal ou estadual.
Impacto dentro das cidades	Estes impactos são disseminados dentro da cidade e atingem a sua própria população. O controle neste caso é estabelecido através de medidas desenvolvidas dentro do município através de legislação municipal e ações estruturais específicas.

Fonte: Adaptado de TUCCI (2001).

Seguindo as descrições da Tabela 1, a cidade de Pouso Alegre se configura com os impactos que ocorrem e são disseminados dentro da cidade, uma vez que a aplicação deste Plano se dá somente no interior dos limites do município. Seguindo os mesmos pensamentos de TUCCI (2001), é apresentado um modelo do ciclo da água das cidades, conforme Figura 14.

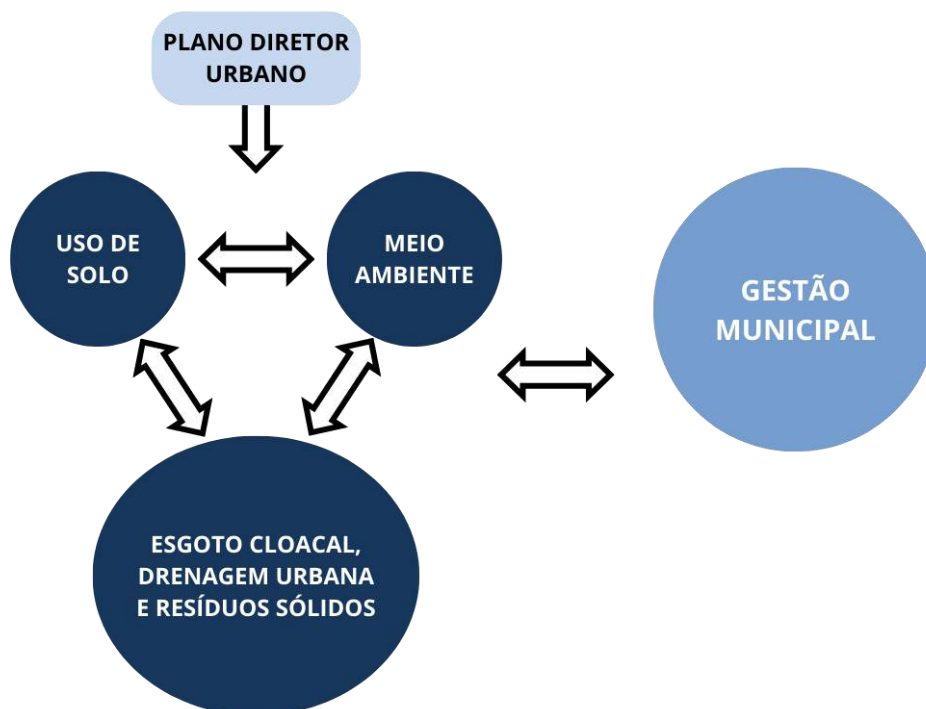


Figura 14 - Política de controle do ciclo da água

No entanto, é necessário seguir uma metodologia para se obter sucesso nas manutenções a serem realizadas. Lafayette et al. (2018) traz que a manutenção dos sistemas de drenagem “busca garantir as condições operacionais do sistema, de forma a reduzir o risco de falhas devido ao inadequado funcionamento de seus componentes”. O autor ainda divide essas medidas entre:

- Manutenção corretiva: que é tomada após um erro ou falha no funcionamento do sistema;
- Manutenção preventiva: é aquela que busca manter o bom funcionamento do sistema ao longo dos anos; e
- Manutenção preditiva: Antecipa o momento para intervir, considerando a condição e desempenho dos componentes de drenagem. Requer monitoramento regular por meio de inspeções pontuais na rede.

Os autores descrevem que as programações das manutenções devem ser precedidas das inspeções sistemáticas e periódicas, sendo possível elencar as prioridades de

manutenção do sistema. Seguindo este método, é possível evitar futuros problemas no sistema e prevenir gastos muito maiores com manutenções corretivas.

Ainda pelo Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios (2007) as ações para controle e prevenção de possíveis acidentes devem ser conduzidas sobre três enfoques distintos:

- Eliminar/reduzir o risco
 - o Agindo sobre o processo
 - o Agindo sobre a consequência
- Evitar a formação de áreas de risco
 - o Controle efetivo do uso do solo
- Conviver com os problemas
 - o Planos Preventivos de Defesa Civil

O primeiro tópico visa reduzir ou eliminar o risco agindo diretamente no processo, seja através da implementação de medidas estruturais ou pela realocação dos moradores de áreas perigosas. O segundo, busca prevenir a formação e o crescimento dessas áreas de risco controlando de forma eficaz como o solo é utilizado e ocupado, por meio de fiscalização e diretrizes técnicas que garantam uma ocupação segura. Por fim, o terceiro tem como objetivo lidar com os riscos geológicos existentes através da elaboração e execução de planos de defesa civil preventivos, que coordenam diversas ações para reduzir a possibilidade de perda de vidas humanas, permitindo que as comunidades convivam com os riscos de maneira mais segura e controlada.

Após abordar as problemáticas e elencar as metodologias necessárias para saná-las, as Figura 15 a Figura 18 apresentam as propostas de manutenção do sistema.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Controle do uso e ocupação do solo	Impedir que novas áreas sensíveis e que ofereçam perigo para a população sejam ocupadas	Prefeitura Municipal	Localizar e identificar as APP (delimitadas segundo o Código Florestal, regulamentado pela Lei N° 12.651/12), informando a população que possui áreas que se enquadra como preservada das consequências de se intervir nessas zonas protegidas. Além de promover incentivos e auxílios financeiros para aqueles que vivem em moradias consolidadas nos mesmos locais para deixar o local	Deve ser executado durante os 20 anos de duração do plano.	Diminuir a perda material e os impactos negativos nas vidas das pessoas que ali residem, além de auxiliar o bom funcionamento da macrodrenagem e aumentar a proteção ambiental
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Manutenção de obstruções do percurso hídrico	Regularizar as obras que se encontram nos percursos hídricos da cidade, impedindo possíveis obstruções	Prefeitura Municipal	Realizar inspeções periódicas nos cursos d'água e fiscalizar as obras instaladas ou em construção, realizando estudos quanto aos impactos nos casos extremos de inundação. Após essa inspeção, realizar as manutenções de corretivas, preventivas e preditiva	Deve ser executado durante os 20 anos de duração do plano.	Tornar todas as obras dos leitos dos rios regulares de acordo com o Plano, impedindo obstruções e desastres

Figura 15 - Propostas de implementação do plano de critérios para a manutenção das redes de macrodrenagem

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Levantamento dos pontos críticos da rede	Catalogar os pontos críticos das redes	Prefeitura Municipal	Realizar levantamento periódicos da rede como um todo, identificando os pontos críticos e problemáticos afim de criar uma ordem de prioridade de manutenção e classificar as manutenções necessárias para cada trecho do percurso, sendo corretiva, preventiva ou preditiva	Deve ser executado durante os 20 anos de duração do plano	A partir do levantamento realizado realizar a manutenções corretas para cada trecho, impedindo falhas e desastres piores para a população
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Limpeza do sistema de microdrenagem	Padronizar a periodicidade da limpeza do sistema de microdrenagem e garantir o seu bom funcionamento	Prefeitura Municipal	Realizar limpezas anuais com mutirões, de jusante a montante, padronizando o período de limpeza e impedido possíveis problemas futuros agravados pela sujeira	Deve ser executado durante os 20 anos de duração do plano	Manter o sistema de microdrenagem em seu máximo funcionamento, facilitando a manutenção e cuidado com a drenagem urbana geral

Figura 16 - Propostas de implementação do plano de critérios para a manutenção das redes de macrodrenagem (continuação)

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Manutenção preventiva	Padronizar as diretrizes das manutenções preventivas	Prefeitura Municipal	Realizar manutenções periódicas nos equipamentos dos sistemas de macrodrenagem conforme, especificando que em caso dos reservatórios, deve haver uma manutenção sempre que existirem previsões de grandes chuvas na região, além de uma posterior manutenção após esses eventos, de modo a garantir a eficiência do sistema	Deve ser executado durante os 20 anos de duração do plano	Prevenir de o mal funcionamento e falhas de todo o sistema e diminuindo as chances de perdas pela população
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Manutenção preditiva	Padronizar as diretrizes das manutenções preditivas	Prefeitura Municipal	Promover o acompanhamento dos equipamentos instalados na rede, garantindo manutenções de acordo com as recomendações dos fabricantes	Deve ser executado durante os 20 anos de duração do plano	Manter os equipamentos devidamente regularizados e acompanhados de acordo com seu funcionamento

Figura 17 - Propostas de implementação do plano de critérios para a manutenção das redes de macrodrenagem (continuação)

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Manutenção corretiva	Padronizar as diretrizes das manutenções corretivas	Prefeitura Municipal	Realizar a manutenção necessárias identificada pelas fiscalizações ou pelos pedidos da população, garantindo o bom funcionamento do sistema. Essa manutenção deve ser prioridade quando identificada	Deve ser executado durante os 20 anos de duração do plano	Ao longo dos anos de implementação, realizar as manutenções urgentes de forma rápida e planejada
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Enfoque em eliminar e evitar os riscos e conviver com os problemas	Apresentar todas as diretrizes do município para a população e propor medidas estruturais	Prefeitura Municipal e Defesa Civil	Propor medidas estruturais realizadas por profissionais capacitados para evitar possíveis desastres e apresentar as normas e legislações voltadas a prevenção de acidentes causados por casos de inundações severas, ensinando (por meio de divulgação em redes sociais) e retirando a população de locais perigosos	Deve ser executado durante os 20 anos de duração do plano	Garantir que toda a população conheça as medidas a serem seguidas em casos extremos e tentar retirar os moradores de locais perigosos

Figura 18 - Propostas de implementação do plano de critérios para a manutenção das redes de macrodrenagem (continuação)

1.6. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE CHEIAS (SISTEMA DE ALERTA)

O monitoramento dos eventos hidrológicos é essencial para o bem-estar da população, pois mesmo com as medidas estruturais ainda podem ocorrer casos em que as ações humanas sejam capazes de conter a força das águas. Boiten (2005) apresenta que esse monitoramento além de alertar os cidadãos também viabiliza a criação de registros essenciais para pesquisas relacionadas à hidrologia, como aquelas que examinam o equilíbrio da água ou analisam os impactos da urbanização na frequência das inundações.

Logo, neste ponto do texto serão analisados os mecanismos de defesa contra esses eventos já existentes no município, afim de propor um aprimoramento e novas medidas que auxiliem nessa proteção.

1.6.1. Levantamento dos Mecanismos Existentes

Por possuir um histórico com problemas hídricos, a cidade de Pouso Alegre já possui alguns mecanismos para o enfrentamento e monitoramento dos mesmos, sendo apresentados a seguir.

1.6.1.1. Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil – COMPDEC de Pouso Alegre

A Lei Ordinária nº 6425/2021 cria a Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC), órgão da Administração Pública Municipal responsável pela Coordenação das Ações de Proteção e Defesa Civil no Município. Basicamente, seus deveres abrangem diversas medidas e ações destinadas à proteção e defesa civil em nível local, isso inclui desde a implementação de políticas e coordenação de sistemas de proteção até a identificação e prevenção de áreas de risco, além de medidas para enfrentar desastres. Além disso, são responsáveis também pela mobilização da comunidade, treinamento de recursos humanos, coordenação de recursos materiais e financeiros e o estabelecimento de planos e protocolos para lidar com situações de emergência.

1.6.1.2. Estações de Monitoramento

Na atualidade o monitoramento hidrológico é de responsabilidade da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) que por sua vez repassa a responsabilidade para ANA (Agência Nacional de Águas) (Gil et al, 2017). No entanto, segundo Goldenfum (2016) há uma grande carência de dados para as bacias hidrográficas pequenas e médias, visto que em sua maioria, essas análises são realizadas em usinas hidrelétricas que se localizam em bacias maiores do que 500 km².

A Figura 16 apresenta as estações de monitoramento localizadas nas zonas de interesse das bacias analisadas no plano.

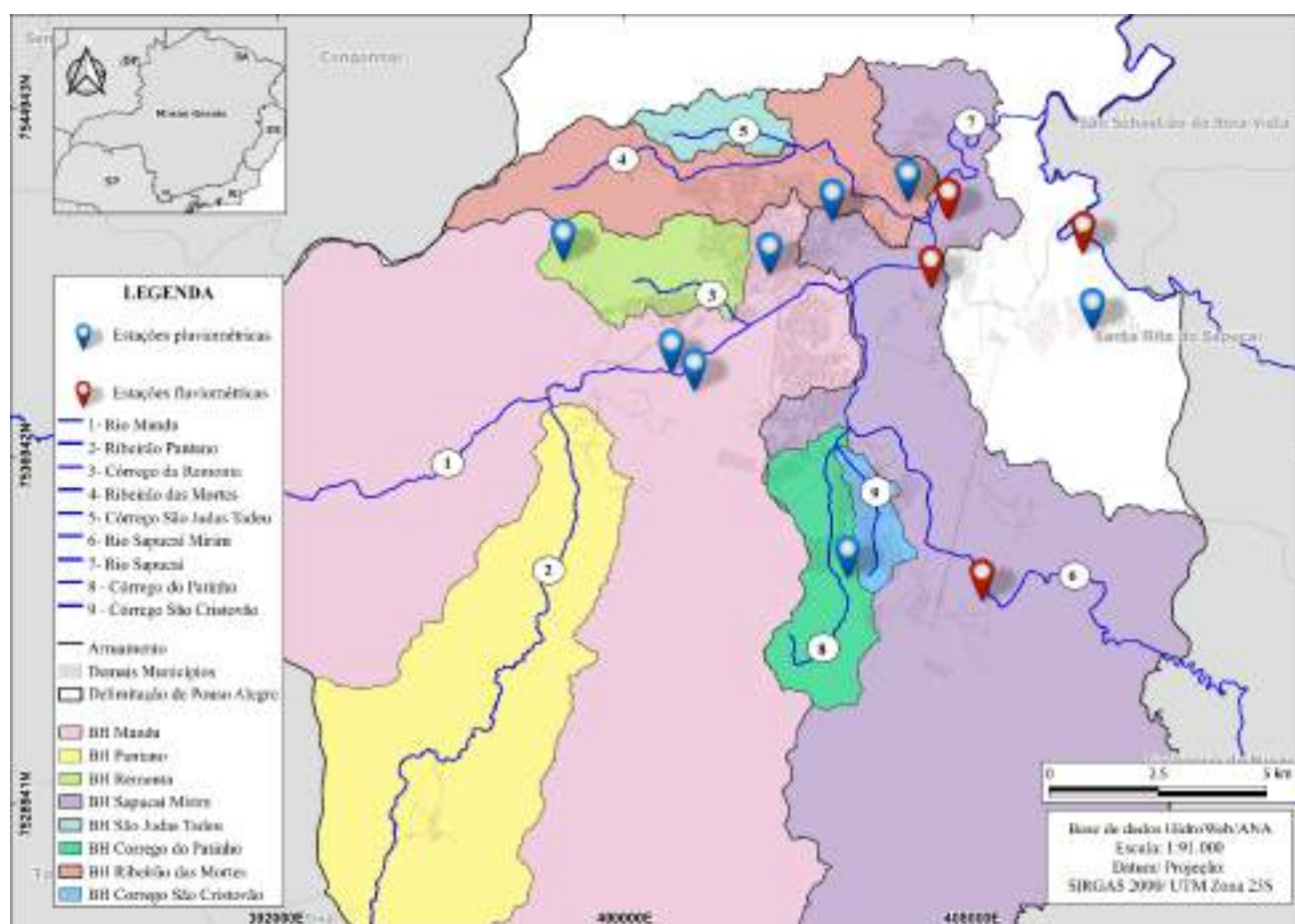


Figura 19 - Estações de monitoramento na área de interesse

Como apresentado na figura, Pouso Alegre conta com 17 estações de monitoramento que segundo a HIDROWEB estão em funcionamento na atualidade, sendo 9 fluviométricas e 8 pluviométricas. Dessas 17, apenas 12 estão localizadas dentro das zonas de interesse das bacias analisadas, no entanto, apenas 3 entregam dados seguros e que possam auxiliar no plano em questão, sendo duas fluviométricas e uma pluviométrica.

1.6.1.1. Propostas para o Programa de Monitoramento

A existência de um plano de monitoramento e alerta para a população é de grande ajuda para evitar desastres maiores, visto que auxilia na retirada de pessoas de zonas perigosas. Para que haja efetividade em um programa de alerta, é necessário que haja estações fluviométricas nos cursos d'água potencialmente perigosos para a cidade, entregando dados de vazão dos mesmos e estações pluviométricas apresentando dados das chuvas que acabam agravando nos casos de acúmulo hidráulico.

Atualmente a Defesa Civil da cidade de Pouso Alegre disponibiliza alertas em SMS para a população que se cadastra enviando o seu CEP para o número 40199. No entanto, esses dados se tratam de dados regionais.

A proposta de um plano de alerta para a população implica na instalação de novas estações pluviais e fluviais em pontos estratégicos para obter informações de forma antecipada. Segundo Silva et al. (2019), um sistema de alertas é composto por três componentes: monitoramento hidrometeorológico, modelagem e previsão de vazões e/ou níveis e armazenamento e divulgação dos dados.

As estações fluviométricas obtêm os dados através de sensores instalados estrategicamente, que interpretam os dados coletados e enviam para um banco de dados onde possa ser interpretado. A Figura 20 apresenta o seu funcionamento de forma mais clara.

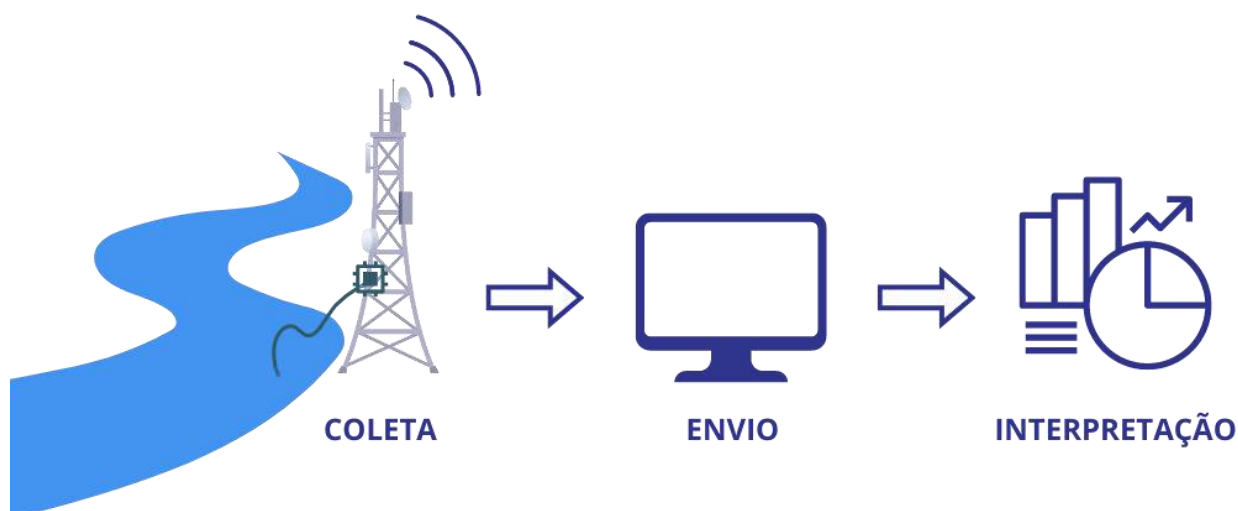


Figura 20 - Funcionamento de estações Fluviométricas

Fonte: Adaptado de GIL et al. (2017)

A estratégia utilizada por Silva et al. (2019) consiste em posicionar essas estações nos principais rios da cidade e seus afluentes, posicionadas a montante da área urbana de Pouso Alegre. A partir desse modelo, é possível obter informações de cheias eminentes de forma mais precisa e rápida, entregando dados de qualidade para a população conseguir se preparar.

Na Figura 21 são apresentados os locais das estações existentes e as propostas para aprimorar o monitoramento.

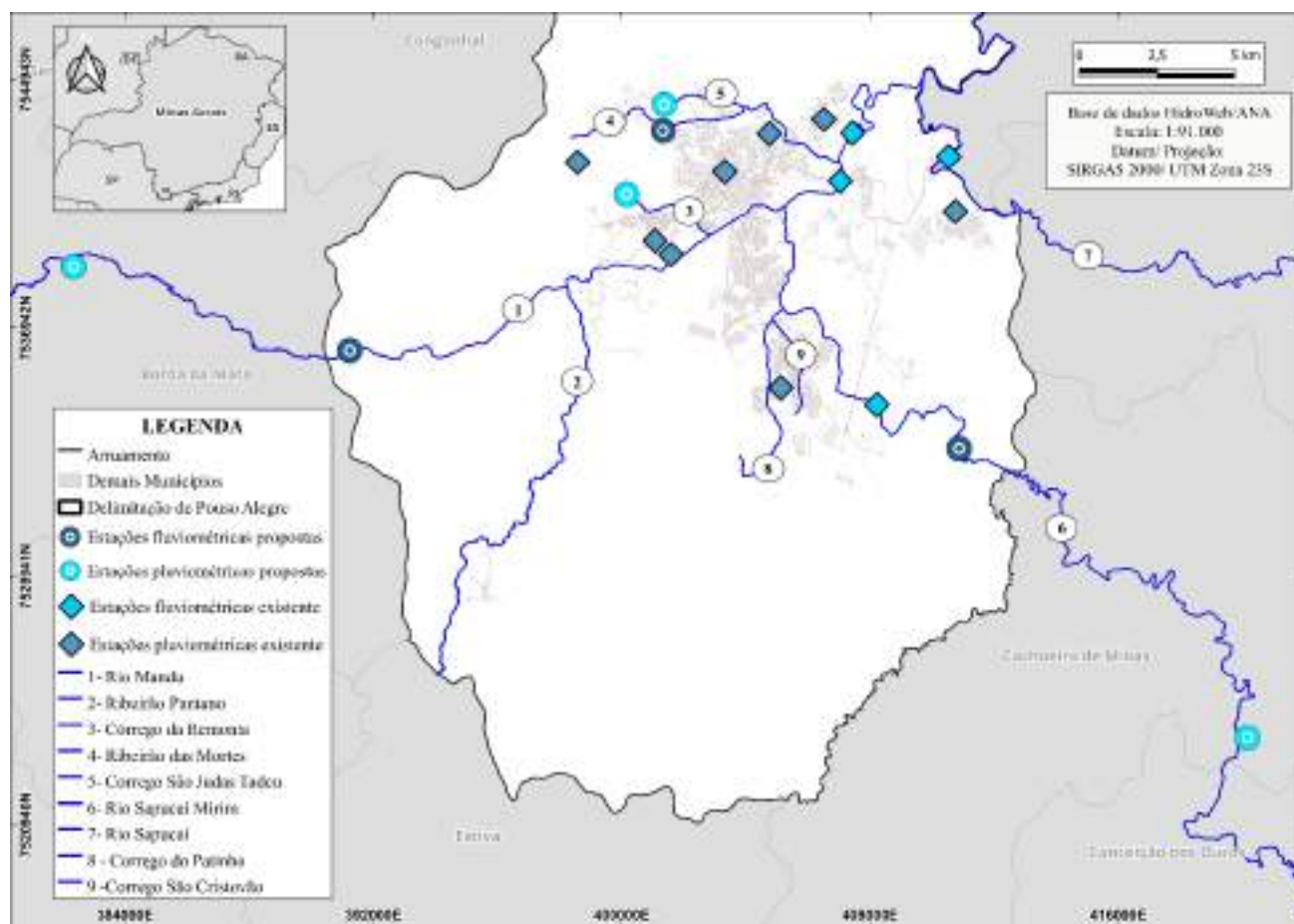


Figura 21 - Propostas de novas estações de monitoramento

Fonte: Próprios autores (2024)

As estações apresentadas foram escolhidas individualmente com o intuito de sanar os principais problemas da cidade. Mesmo com o Córrego da Remonta não apresentando grandes vazões (conforme pode ser visualizado no Produto 4 – relatório 1), segundo os resultados do Produto 4 – relatório 2, essa é a bacia mais impactada economicamente pelas cheias, visto que causa grandes problemas para o Bairro Yara. Logo, outra proposta é a instalação de uma estação pluviométrica em um local estratégico que poderá enviar informações mais precisas para os moradores da região.

O Ribeirão das Mortes, juntamente com o Córrego São Judas Tadeu, causa impactos pontuais para a população que vive no entorno de seus cursos d'água, logo, também foi proposto uma estação pluviométrica localizada dentro das duas sub-bacias, de modo que os dados das chuvas obtidos servirão para alertar os moradores impactados pelos dois cursos d'água. Para melhorar as informações, também é proposto uma estação fluviométrica no Ribeirão das Mortes que indicará quando os níveis subirem.

Além disso, há uma necessidade de aumentar o raio de atuação das estações pluviométricas, visto que as bacias dos principais rios são maiores do que o próprio município. Logo, além das instalações de estações no município, será proposta uma estação pluviométrica no município de Cachoeira de Minas para identificar as chuvas que alimentam o rio Sapucaí-Mirim, pois além de entregar uma grande vazão ao rio represa as águas do Ribeirão das Mortes criando um vórtice e impactando as casas do local. Outra proposta é a instalação de uma estação no município de Borda da Mata para identificar as chuvas que alimentam o rio Mandu, visando alertar com antecedência problemas de cheia que possam adentrar no município. Por fim, também é proposto a instalação de estações fluviométricas nestes dois rios para melhorar os dados coletados.

Conforme apresentado pela figura, o local escolhido para as estações foi escolhido estrategicamente seguindo as indicações de Blainsk et al. (2012), que apresentam diversas medidas a serem seguidas para se obter êxito nas instalações de estações fluviométricas e pluviométricas automáticas, sendo apresentadas a seguir:

Tabela 2 - Medidas para implementação de estações fluviométricas

Estações Fluviométricas
Selecionar um trecho retilíneo do rio, com perfil longitudinal regular, com margens paralelas, livre de vegetação, rochas ou outros obstáculos
O leito e as margens do rio devem ser estáveis. Caso a seção não seja suficientemente estável, deve se construir uma seção artificial estável
O perfil transversal da seção de medição deve ter taludes elevados para não permitir extravasamento
O local deve ser suficientemente afastado de confluências para evitar o efeito de remanso
A seção de medição deve estar situada em local isento de efeito de maré
Procurar locais que apresentem relação unívoca de cota x vazão
Os sensores devem ser instalados de forma a garantir o monitoramento independentemente do nível do rio, tendo alcance desde níveis em condições de estiagem até condições de inundação
O local selecionado deve ter facilidade de acesso para a equipe de manutenção e de medição de vazão, levando em conta que estarão com diversos equipamentos e ferramentas
O local deve apresentar condições apropriadas para a construção de todas as instalações da estação
A seção transversal deve ser adequada para a medição de descarga em toda a faixa de variação do nível do rio. Diferentes seções transversais podem ser utilizadas para determinação da descarga líquida, entretanto, elas devem estar relativamente próximas à estação de monitoramento de nível

Estações Fluviométricas

Ao ser selecionado o local, deve ser levada em consideração a forma de transmissão de dados e a verificação do alcance adequado de um sistema de telemetria

O nível do rio deve estar associado a uma referência de nível (RN). Para tanto, devem ser construídos no mínimo dois marcos de RN. Esses marcos devem ser instalados em locais seguros, afastados da calha do rio e ter a mesma referência de nível. Com o avanço dos sistemas e equipamentos de GPS, é interessante que a RN seja referenciada ao sistema geodésico brasileiro (IBGE)

Fonte: Adaptado de Blainsk et al. (2012).

Tabela 3 - Medidas para implementação de estações pluviométricas

Estações Pluviométricas

As perturbações ocasionadas pelo efeito do vento podem ser reduzidas ou superadas quando a instalação do pluviômetro automático é realizada em locais onde a velocidade do vento na altura do pluviômetro seja a menor possível. Isso ocorre quando o pluviômetro é instalado em locais protegidos, em todas as direções, por árvores, arbustos ou outros tipos de obstáculo. Entretanto, deve ser mantido o distanciamento mínimo recomendado pela World Meteorological Organization (WMO) que corresponde à angulação, do topo do pluviômetro até o topo do obstáculo, variando de 30° a 45° com a horizontal (WMO, 1994; WMO, 2008)

Barreiras artificiais, como quebra-ventos, devem ser evitadas, pois tendem a aumentar a turbulência no local de medição. Além disso, obstáculos individuais ou irregulares devem ser evitados sempre que possível. Em última circunstância, objetos isolados devem ser mantidos a uma distância superior a quatro vezes sua altura (WMO, 2008)

O local de instalação de uma estação pluviométrica automática deve apresentar relevo plano. Locais com declividade acentuada devem ser evitados, sobretudo em encostas voltadas para a direção predominante dos ventos

O terreno ao redor do pluviômetro automático pode ser coberto com grama curta ou cascalho;

Locais em que não sejam necessárias modificações na localização do pluviômetro em futuro próximo devem ter preferência. Por exemplo, evitar locais onde esteja prevista a construção de uma edificação no local da estação pluviométrica

Facilidade de acesso ao local

Condições apropriadas para a construção de todas as instalações da estação pluviométrica

Alcance adequado de um sistema de telemetria

Fonte: Adaptado de Blainsk et al. (2012).

Além das medidas citadas acima, a localização das futuras instalações foi escolhida respeitando-se o crescimento da malha urbana da cidade utilizado neste trabalho, podendo impedir que as áreas passem por mudanças estruturais ao longo dos anos do plano. Contudo, vale salientar que caso seja necessário, podem ser escolhidos outros locais para as estações de modo que não se distancie de maneira significativa do local inicial, desde que sigam as recomendações citadas anteriormente.

Para se obter um sistema eficiente, essas instalações devem estar alinhadas com as técnicas corretas de previsão e monitoramento a partir dos dados obtidos pelos equipamentos. Silva et al. 2019 vem trazendo uma série de técnicas para compilar as informações, como por exemplo o modelo chuva-vazão que busca fazer previsões geradas por modelos numéricos de previsão do tempo e alimentam um modelo hidrológico, sendo crucial ter previsões de precipitação. Felizmente, há dados de uma das estações existentes na cidade que podem auxiliar a executar esses cálculos.

Para a análise dos dados de vazão dos rios, há o modelo nível-nível que utiliza a regressão linear para antecipar possíveis casos de inundações dos rios monitorados. No entanto, também há a necessidade da existência de dados históricos para propor essas regressões, dados esses são escassos no caso de Pouso Alegre, contudo, através dessa implementação serão obtidos dados ao longo do tempo afim de que de fato seja possível realizar essas previsões.

As previsões de eventos de inundação podem ser feitas em várias escalas temporais, desde minutos ou horas até semanas ou meses de antecedência. Em geral, é mais eficaz usar uma escala temporal menor no modelo de previsão do que o tempo necessário para que a bacia hidrográfica se concentre (SILVA et al., 2019). Essa informação ressalta ainda mais a necessidade de implementação de cada estação hidrológica citada, possibilitando uma maior precisão e acurácia dos resultados obtidos e passados para a população. Os procedimentos que compõem as ideias apresentadas neste tópico podem ser resumidos pela realização de um monitoramento, que captará as informações necessárias criando uma base de dados para a cidade, previsão, que utilizará esses dados e através de análises matemáticas e hidrológicas para a obtenção de informações futuras e o alerta, que entregará todas essas informações obtidas na fase de previsão. A Figura 22 apresenta as medidas propostas para o município.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Instalação de novas estações hidrológicas	Implementar as novas estações para promover um monitoramento mais preciso e eficaz	Prefeitura Municipal e Defesa Civil	Instalar as estações nos locais propostos seguindo as diretrizes citadas no texto, realizar um monitoramento das mesmas de maneira que haja uma constância no dados fornecidos, alimentando o banco de informações para manter um aprimoramento constante em todo o sistema	As estações devem ser instaladas no prazo imediato (até 2028) possuindo um tempo de duração que se assemelhe ao do plano	Possibilitar a criação de um sistema próprio de alerta para a população
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Criação do sistema de previsão e alerta	A partir das estações, realizar previsões precisas e alertas corretos	Prefeitura Municipal e Defesa Civil	Criar um sistema de previsão com profissionais capacitados que analisarão os dados obtidos afim de entregar informações mais precisas, além de criar um sistema de alerta para a população de risco, por meio de postagens nas redes sociais, sirenes, SMS para números cadastrados e etc.	Os sistemas devem ser implementados juntamente com as estações (até 2028) mantendo o funcionamento até o prazo final do plano	Alertar a população de risco de forma a evitar danos causados pelas cheias

Figura 22 – Propostas do plano de monitoramento das cheias

1.7. APPS URBANAS

O Código Florestal, instituído pela Lei Federal 12.651/2012, apresenta o conceito das Áreas de Proteção Permanente (APP) de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, como sendo:

área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

A referida Lei também conceitua quantitativamente esses locais, apresentando qual deve ser a faixa marginal mínima da APP, desde a borda da calha do leito regular, da largura do curso hídrico correspondente:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros (BRASIL, 2012);

No entanto, com a promulgação da Lei 14.285/2021, passa a recair sobre os municípios ou distritos a responsabilidade de definir faixas marginais distintas daquelas estabelecidas na Lei 12.651/2012 em locais com área urbana consolidada. Nesse ponto, vale destacar a definição dessas áreas, que se dá segundo a Lei 14.285/2021:

XXVI - área urbana consolidada: aquela que atende os seguintes critérios:

- a) estar incluída no perímetro urbano ou em zona urbana pelo plano diretor ou por lei municipal específica;
- b) dispor de sistema viário implantado;
- c) estar organizada em quadras e lotes predominantemente edificados;
- d) apresentar uso predominantemente urbano, caracterizado pela existência de edificações residenciais, comerciais, industriais, institucionais, mistas ou direcionadas à prestação de serviços;

e) dispor de, no mínimo, 2 (dois) dos seguintes equipamentos de infraestrutura urbana implantados:

1. drenagem de águas pluviais;
2. esgotamento sanitário;
3. abastecimento de água potável;
4. distribuição de energia elétrica e iluminação pública; e
5. limpeza urbana, coleta e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2021);

A Lei 14.285/2021 apresenta ainda que devem ser ouvidos os conselhos municipais, estaduais ou distritais de meio ambiente, de modo que a definição de novas faixas estabeleça:

- I - a não ocupação de áreas com risco de desastres;
- II - a observância das diretrizes do plano de recursos hídricos, do plano de bacia, do plano de drenagem ou do plano de saneamento básico, se houver; e
- III - a previsão de que as atividades ou os empreendimentos a serem instalados nas áreas de preservação permanente urbanas devem observar os casos de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental fixados nesta Lei.

É importante ressaltar também que a Lei 14.285/2021 apresenta que os limites das APPs devem ser determinados no contexto do Plano Diretor (PD) e na Lei de Uso e Ocupação do Solo, permitindo a incorporação da participação social.

Portanto, mesmo com a flexibilização da Lei do Código Florestal, é necessário que exista uma fundamentação técnica e jurídica muito robusta que justifique a alteração desses locais. Assim, devem ser utilizadas ferramentas de mensuração hidrológica, hidráulica e ambiental que zelem pela proteção dos recursos hídricos, além de prezar pela segurança jurídica, de modo a tornar claro que as mudanças são possíveis frente a contrapartida de justificativas tecnicamente viáveis.

Por fim, pontua-se que a definição das APPs urbana se qualifica como um programa no contexto do PMDPA no que tange sua influência direta na proteção dos sistemas de macrodrenagem, além de definir quais intervenções são cabíveis de passar por análise do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente – COMDEMA.

1.8. LEVANTAMENTO DAS POSSÍVEIS FONTES DE RECURSO E FINANCIAMENTO

A partir da Lei 11.445/2007, posteriormente atualizada pela Lei 14.026/2020, os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas passam a integrar o âmbito do saneamento básico no Brasil. Esses serviços são reconhecidos como essenciais para a saúde pública, a preservação do meio ambiente e a segurança do patrimônio público e privado. Enquanto parte dos serviços de saneamento básico, a gestão da drenagem e manejo de águas apresenta particularidades que a distinguem da administração de outros setores, como abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Historicamente, a responsabilidade por estes últimos recai, em sua maioria, sobre a administração pública estadual, através das Companhias Estaduais de Abastecimento. Por outro lado, a drenagem e o manejo, de águas são de competência municipal. Este modelo de gestão acarreta diversas implicações em termos organizacionais, técnicos e financeiros. No que diz respeito às fontes e formas de financiamento, estas são diretamente influenciadas pela limitação orçamentária dos municípios, que geralmente possuem pouca capacidade de investimento e dependem de repasses dos governos estadual e federal.

A limitação da dotação orçamentária dos municípios exerce um impacto direto nas fontes e modalidades de financiamento disponíveis. Em geral, os municípios enfrentam dificuldades para obter investimentos próprios e dependem significativamente dos repasses dos governos estadual e federal para financiar suas iniciativas de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Para determinar as fontes de recursos, é fundamental entender os diferentes tipos disponíveis, que incluem: os provenientes do orçamento federal, que estão internamente alocados na dotação orçamentária do órgão correspondente; aqueles destinados por meio de emendas parlamentares; e a captação por intermédio de financiamentos. Tendo por classificação mais comumente utilizadas em dois tipos: recursos onerosos e não onerosos, sendo explicitado suas diferenças na Figura 23.



Figura 23 – Diferenciação dos recursos onerosos e não onerosos

Fonte: Adaptado de ENAP (2015) apud RIBEIRO e MARTINS (2022)

O Manual para Apresentação de Propostas para Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável e de Manejo de Águas Pluviais (2022), elaborado pela Secretaria Nacional de Saneamento, contém os Critérios de Elegibilidade dos municípios para acessar os recursos do Orçamento Geral da União (OGU). Sendo esses critérios mínimos para que o município ou instituição submeta seu pedido de acesso ao recurso disponível, estes critérios estão dispostos na Lei Orçamentária Anual (LOA), na ação 00TK, que diz respeito ao apoio a sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais em municípios críticos sujeitos a eventos recorrentes de inundações, enxurradas e alagamentos. Os critérios se compreendem em: Mapeamento de setorização das áreas de risco; Apresentar processo hidrológico crítico; Cumprir de maneira integral o Artigo 50 da Lei Federal nº 11.445/2007; Possuir o atestado de regularidade fornecido pelo SNIS/SINISA sobre seu funcionamento.

O PLANSAB (2019) destaca a real possibilidade de aprimorar a visão de planejamento no setor de saneamento durante a próxima revisão do PPA. Portanto, opta-se por considerar as novas informações apresentadas na mais recente revisão do Plano Plurianual: o PPA 2024-2027, estabelecido pela Lei N°14.802/2024. Visto que o Plano Plurianual da União (PPA) constitui o principal instrumento para a consolidação do projeto político e social do país, dado que este apoia a consecução dos objetivos governamentais voltados para o alcance do desenvolvimento de longo prazo. Dado isso, na Figura 24 são

apresentados os programas que possuem finalidades pertinentes as medidas propostas para o PMDPA.

Existem programas com uma discretização em níveis maiores de especificidade, que provem de programas previamente elencados, atendendo a uma demanda específica e destinando-se a seguir metas estipuladas durante a elaboração dos programas do PPA ou do próprio programa de governo do Estado. Nas Figura 25 e Figura 26 são apresentados os programas citados a nível Federal e Estadual.

Programa	Descrição	Objetivo	Meta	Valor final previsto para 2027
1190	Qualidade Ambiental nas Cidades e no Campo	Fomentar o aprimoramento da qualidade ambiental nas áreas urbanas, concentrando-se em questões-chave como o combate ao lixo marinho, gestão de resíduos sólidos, expansão de áreas verdes urbanas, controle da qualidade do ar, saneamento e preservação da qualidade da água, além de lidar com áreas contaminadas.	Implementar medidas destinadas a aprimorar a qualidade ambiental urbana em todo o território nacional, garantindo que cada um dos estados incorpore pelo menos uma ação relacionada a um dos temas prioritários do programa de Qualidade Ambiental Urbana.	R\$ 1.498.095
2321	Recursos Hídricos: Água em Quantidade e Qualidade para sempre	Garantir que a água esteja disponível em padrões adequados de qualidade e quantidade para diversos fins, por meio de infraestrutura apropriada, conservação, recuperação e uso responsável dos recursos naturais. Isso envolve promover a proteção das matanças e a revitalização das bacias hidrográficas.	Expandir a segurança hídrica e fortalecer a capacidade de adaptação às mudanças climáticas através da implementação, recuperação e manutenção sustentável da infraestrutura hídrica com foco especial nas áreas em situação crítica.	R\$ 7.866.860
2318	Gestão de Riscos e de Desastres	Diminuir os riscos de desastres e fortalecer a capacidade e rapidez na resposta e reconstrução após eventos adversos.	Aumentar a proporção de municípios nas faixas "Altas" e "Intermediária Avançada" do Índice de Capacidade Municipal na Gestão de Riscos e Desastres.	R\$ 4.864.862
5601	Cidades Melhores	Promover a redução das disparidades socioterritoriais através do desenvolvimento urbano integrado, democrático, acessível, inclusivo e sustentável, por meio de políticas de planejamento urbano, gestão e projetos urbanísticos.	Ampliar as cidades que possuam ações e instrumentos de planejamento que incluam adaptações das cidades à mudança do clima e à transformação digital.	R\$ 7.299.413
2322	Saneamento Básico	Promover a universalização e integração dos serviços de saneamento básico, melhorando sua qualidade e acessibilidade tanto nas áreas urbanas quanto rurais. Este objetivo é pautado nos princípios de equidade, integralidade e sustentabilidade, buscando fortalecer o interconexão das políticas públicas pertinentes.	Ampliar a toda população os serviços de drenagem urbana, abastecimento de água, esgoto sanitário e resíduos sólidos. De modo, que sejam implementados instrumentos para gestão e construção de cidades sustentáveis com um meio ambiente equilibrado.	R\$ 45.767.768

Figura 24 - Programas pertinentes a macrodrenagem do PPA 2024-2027

Fonte: Adaptado do PPA, 2024.

Programa	Objetivos	Destinação	Modalidades	Fonte de recursos
Avançar Cidades	Financiar a melhoria do setor de saneamento básico no cenário brasileiro	Estados, Distrito Federal e municípios	Implementação de projetos de fornecimento de água, saneamento básico, gestão de águas pluviais, gerenciamento de resíduos sólidos, diminuição e monitoramento de perdas, além da realização de estudos e elaboração de projetos.	Recursos financeiros disponibilizados com encargos financeiros incidentes, os quais serão aplicados pelos agentes financeiros.
Habitação de Interesse Social	Promover o acesso à habitação adequada e regular, assim como aos serviços públicos, para a população de baixa renda, fomentar a ocupação urbana planejada.	Estados, Distrito Federal e municípios	Contribuem para que famílias com renda mensal de até R\$ 1.800,00 obtenham acesso a moradias dignas, regulares e com serviços públicos, tanto em áreas urbanas quanto rurais, com o propósito de reduzir as desigualdades sociais e promover o desenvolvimento urbano planejado.	Orçamento Geral da União, recursos provenientes da FAR e Entidades
Saneamento para todos	Aprimoramento das condições de saúde e bem-estar da comunidade.	Sector Público e Sector Privado	Fornecimento de água, tratamento de esgoto, integração de saneamento, fortalecimento institucional, gestão de águas pluviais, manejo de resíduos sólidos, controle de desperdícios, conservação e reabilitação de fontes de água, elaboração de estudos de saneamento básico.	Associação entre Caixa econômica federal e Ministério do desenvolvimento regional, com recursos provenientes do FGTS
Planejamento urbano - pró-municípios	Implementação ou aprimoramento de infraestrutura em municípios de diferentes portes, incluindo pequenos, médios e grandes.	Estados, Distrito Federal e municípios	Implementação da infraestrutura urbana, abrangendo pavimentação, abastecimento de água, esgotamento sanitário, controle de perdas de água, gestão de resíduos, drenagem urbana, saneamento integrado, realização de estudos e fortalecimento institucional em saneamento.	Orçamento Geral da União

Figura 25 - Programas Federais possíveis para o setor de saneamento: manejo de águas pluviais

Programa	Objetivos	Destinação	Mediadas	Fonte de recursos
ICMS Ecológico	Permite o acesso a uma maior parte dos recursos financeiros provenientes do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) pelos Estados, mediante o cumprimento de critérios ambientais específicos estabelecidos em normas estaduais.	Municípios do Estado de Minas	Medidas para preservação dos recursos naturais, tais como a proteção legal de áreas naturais e o tratamento de resíduos sólidos e esgotos sanitários.	Secretaria de Estado da Fazenda
Minas sem Lixões (PMSL)	Auxiliar os municípios de Minas Gerais na aprimoração do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.	Municípios do Estado de Minas	Seguir a ordem de prioridade na gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), promover a atuação dos municípios, incentivar a melhoria da segregação e coleta, aumentar a eficiência da reciclagem no estado, encorajar a busca por melhores práticas e avanços tecnológicos que possam melhorar a gestão adequada dos RSU e promover uma gestão mais eficaz na redução das emissões de gases de efeito estufa.	Fundação Estadual do Meio Ambiente
Bolsa Reciclagem	Incentivo financeiro concedido em troca da prestação de serviços ambientais, sendo sua natureza jurídica	Municípios do Estado de Minas que apresentem Cooperativas de catadores de materiais recicláveis	Reduzir a acumulação de resíduos e o impacto ambiental, em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela Política Estadual de Resíduos Sólidos.	Associação entre Caixa econômica federal e Ministério do desenvolvimento regional, com recursos provenientes do FGTS

Figura 26 - Programas Estaduais possíveis para o setor de saneamento: manejo de águas pluviais

2. PROPOSTAS DE CUNHO IMEDIATO

O propósito deste capítulo é discutir as medidas imediatas necessárias para abordar os desafios da macrodrenagem no município de Pouso Alegre. Nos itens posteriores, serão exploradas as principais soluções para lidar com as causas crônicas dos problemas de macrodrenagem na cidade. Abordar esse desafio tornou-se uma prioridade urgente, exigindo a participação de todos os segmentos da sociedade, desde as autoridades públicas até os cidadãos em geral.

Com isso em consideração, são apresentadas propostas de intervenção operacional e de manutenção nos sistemas existentes em conjunto com sugestões de correções ou adaptações em obras e projetos em andamento. Atrelados a isso, é apresentado também um mapeamento detalhado das áreas sujeitas a enchentes, de modo que essa proposta auxilie as autoridades na tomada de decisões relacionadas à ocupação dessas regiões e na identificação de áreas a serem preservadas para a retenção das cheias, a fim de reduzir os impactos das inundações.

Essas ações visam otimizar o uso dessas áreas, aproveitando-as de maneira sustentável para benefício da comunidade e da própria macrodrenagem, considerando também a relevância da manutenção das áreas de várzeas e quais as possibilidades de ocupação desses locais. É esperado que a efetivação de propostas e ações imediatas consolidem um plano eficaz para o enfrentamento dos desafios apresentados pela macrodrenagem no município.

2.1. SUGESTÕES DE INTERVENÇÕES OPERACIONAIS E DE MANUTENÇÃO NOS DISPOSITIVOS DE MACRODRENAGEM JÁ ESTABELECIDOS

O crescimento urbano significativo resultou em uma maior impermeabilização das áreas urbanas, reduzindo a capacidade de absorção da água pelo solo e levando a um considerável aumento no escoamento superficial. Diante dessa situação, fica claro que intervenções operacionais e a manutenção adequada dos sistemas de drenagem municipais são de extrema importância. Ao longo dos anos, a manutenção dos sistemas de drenagem tem representado um desafio constante para as diferentes administrações municipais, isso

se deve à natureza interdisciplinar do tema, que engloba questões sociais, ambientais, hidrológicas, políticas e outros aspectos (LAFAYETTE, 2018).

Dado isso é necessário a estruturação de um sistema de drenagem que seja efetivo no redirecionamento desse escoamento, garantindo segurança para as áreas que foram modificadas pela urbanização. Para que isso ocorra, a microdrenagem e a macrodrenagem devem operar na maneira em que foram projetadas, isso deve ser garantido através de um plano de manutenção e operação da rede. Dado isso, deve-se primeiramente conhecer a composição dos sistemas de drenagem, assim a Figura 27 e Figura 28 podem ser observadas as estruturas dos sistemas de microdrenagem.

Estrutura	Descrição
Meio-Fio	Localizam-se entre a via pública e a calçada, formando uma faixa paralela ao longo da via pública, se constituem de blocos de concreto ou pedra
Sarjeta	São calhas destinadas a coleta das águas pluviais provenientes da via, tem sua localização no limite da via pública com o meio-fio
Bocas Coletoras	Estruturas que são construídas com o objetivo de captar as águas oriundas das sarjetas
Poços de visita	Estruturas com localização estratégica de modo a possibilitar a manutenção do sistema de drenagem
Galerias	Estruturas de canalização públicas destinadas ao escoamento das águas pluviais provenientes das propriedades privadas e das bocas de lobo
Condutos forçados e Estações de bombeamento	Dispositivos que auxiliam a condução do fluxo quando esse não pode ocorrer através da força gravitacional
Sarjetões	Estruturas que formam as calhas responsáveis por orientar o fluxo das águas que escorrem pelas sarjetas, formam-se na própria pavimentação em cruzamentos de vias públicas

Figura 27 - Componentes do sistema de microdrenagem



Figura 28 – Componentes de microdrenagem

Fonte: Sousa, 2011

Já um sistema de macrodrenagem (Figura 29) constitui-se por uma rede composta por canais, tubulações, bueiros e outras estruturas destinadas a gerenciar o escoamento de água pluvial, sendo dimensionado para grandes vazões. Seu propósito primordial é coletar, conduzir e controlar grandes volumes de água durante períodos de chuva intensa, visando prevenir inundações, erosão do solo e outros problemas relacionados ao excesso de água. Os componentes essenciais desse sistema são cursos d'água naturais ou canais artificiais responsáveis por direcionar o escoamento para fora da região, e tubulações e galerias subterrâneas, que coletam a água pluvial das ruas, pátios e terrenos, encaminhando-a para pontos de descarga como rios ou reservatórios de retenção.

Os reservatórios de retenção são construídos para armazenar temporariamente o excesso de água durante chuvas intensas, reduzindo o risco de inundações, e dispositivos de controle de fluxo, como comportas e válvulas, que são utilizados para regular o fluxo e evitar que certas áreas sejam afetadas. A gestão eficaz desse sistema requer uma abordagem integrada que leve em consideração as características geográficas, hidrológicas e urbanas da região em questão, visando garantir a segurança das áreas potencialmente afetadas.

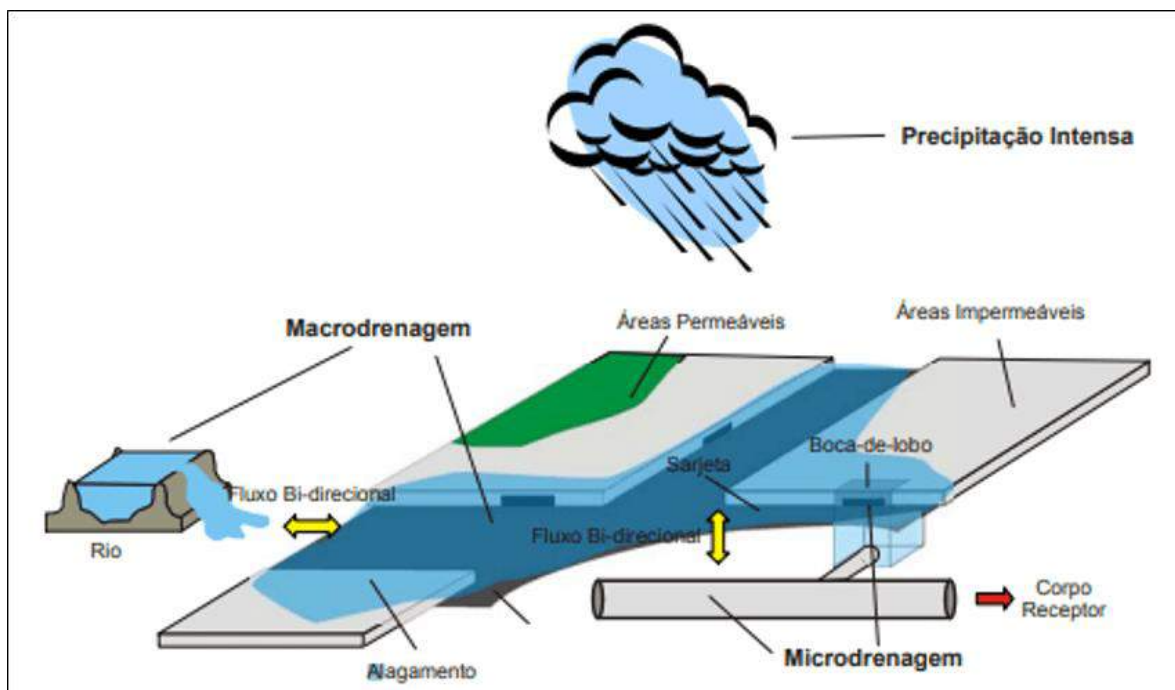


Figura 29 - Estrutura de macrodrenagem

Fonte: Nascimento, 2020.

Dentro da rede de macrodrenagem de Pouso Alegre, uma grande causa de problemas nas galerias e tubulações se dá por sua obstrução devido a matéria proveniente de árvores e descarte indevido da população. Um dos casos relatados pela Prefeitura Municipal e Defesa Civil foi a obstrução da canalização que se origina no afluente da Mina São João (Figura 30), a qual foi necessário a abertura da seção da via para limpeza das galerias e liberação do fluxo, visto que em períodos de chuva as águas pluviais eram represadas e causavam danos para a população residente.

Outra questão levantada pela Defesa Civil do município refere-se a Avenida Maria de Paiva Garcia, sob a qual passa tubulação de águas pluviais. Essa rede de drenagem encontra-se atualmente com a seção obstruída pelas raízes da vegetação dos canteiros centrais da avenida, o que afeta a capacidade de vazão das tubulações, acarretando em problemas de alagamento e drenagem em cenários futuros. É relatado também a ocupação das margens do Córrego São Judas Tadeu que afeta a seção do curso hídrico, além do descarte irregular de esgoto. É verificado na localidade que o córrego adentra a área de algumas residências e em eventos de cheias esses moradores são diretamente afetados pela inundação, visto que sua edificação se dá dentro da área de passagem de cheia do Córrego. Na Figura 31 é apresentado alguns trechos ocupados do Córrego citado.



Figura 30 – Afluente da Mina João Paulo – trecho antes da canalização



Figura 31 – Córrego São Judas Tadeu

O plano de manutenção para sistemas de drenagem visa preservar o desempenho, a segurança e a confiabilidade dos componentes, prolongando sua vida útil e reduzindo custos. Ele inclui a organização da área de manutenção, um arquivo técnico e um cadastro dos componentes, além de um programa de manutenção adaptado às características de cada região. É recomendado um sistema de gestão que mapeie os processos envolvidos na manutenção, incorporando um arquivo técnico, o cadastro dos componentes e a elaboração do programa de manutenção, mantendo todas as informações atualizadas. Essa gestão precisa ser apoiada pelas secretarias pertinentes dentro da gestão municipal, para gerenciamento de dados pertinentes às atividades de manutenção. Os procedimentos e rotinas de manutenção devem ser continuamente avaliados e ajustados para permanecerem atualizados e alinhados com as necessidades e experiências da gestão do sistema.

A elaboração de um planejamento de manutenção desempenha um papel crucial na gestão eficiente dos recursos e na garantia do funcionamento adequado do sistema. Para isso, são estabelecidas diversas funções básicas, cada uma contribuindo para um processo

integrado e eficaz. Na função de gerenciamento, é fundamental estabelecer políticas claras de manutenção, elaborar um plano estratégico abrangente e definir diretrizes, metas e prioridades para garantir a eficiência do sistema. Além disso, avaliações regulares são realizadas para monitorar o desempenho e propor ajustes que visem à melhoria contínua, sendo de grande importância a efetividade das normas e procedimentos, de modo que se assegure a conformidade com o programa de manutenção.

As metas de trabalho devem ser estabelecidas juntamente com um plano de ação detalhado que vise a execução das mesmas. Isso envolve a análise cuidadosa dos serviços que necessitam de planejamento, o estudo de métodos e processos adequados, bem como a definição de sequências e períodos de intervenção. A avaliação e elaboração constante dos relatórios gerenciais permite ajustes para aprimorar os processos de planejamento.

Na fase de programação dos serviços de manutenção, são elaboradas e priorizadas as listas de serviços a serem executados, além da alocação de recursos necessários para sua realização dentro do período estabelecido. Isso requer uma gestão eficaz dos recursos disponíveis e uma programação cuidadosa dos serviços de manutenção. A execução dos serviços demanda o cumprimento rigoroso das normas e procedimentos estabelecidos, garantindo a qualidade e eficácia das intervenções. A detecção e análise de falhas são realizadas de forma sistemática, visando à identificação precisa da origem dos problemas e à emissão de ordens de manutenção não programadas quando necessário.

O controle da manutenção é fundamental para manter um acervo técnico atualizado e analisar os dados gerados pelas atividades de manutenção. A apresentação de relatórios gerenciais e a divulgação de indicadores de desempenho são essenciais para monitorar o funcionamento do sistema e tomar decisões informadas. Por fim, a inspeção desempenha um papel crucial na identificação precoce de falhas e defeitos, permitindo a intervenção oportuna para evitar problemas maiores. Fornecer dados quantitativos para estudos de desempenho e confiabilidade dos equipamentos é essencial para garantir a eficiência e segurança do sistema de drenagem e manejo das águas pluviais.

Constitui-se de serviços de conservação e manutenção às atividades que se caracterizam como inspeção, limpeza e reparos que constituem o sistema de drenagem, devendo essas serem realizadas de acordo com o planejamento realizado. Além da gestão do processo de manutenção é essencial estabelecer um padrão para a execução dos serviços em toda extensão da rede. Com base no Manual de Drenagem e Manejo de Água

Pluviais, da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano do Município de São Paulo (SMDU), são sugeridos as rotinas e frequência mínima para execução das atividades.

Sendo assim, são sugeridos os procedimentos que devem ser seguidos quando a manutenção dos componentes do sistema de drenagem. Na Figura 32 são apresentadas as estruturas que devem ser sujeitas a inspeção contendo as rotinas necessárias e sua frequência de execução das atividades. O mesmo é apresentado na Figura 33, referente aos procedimentos de limpeza nos quais os componentes de macrodrenagem devem ser sujeitos, contendo as rotinas e sua frequência mínima de execução. Quanto aos procedimentos de manutenção das estruturas, sugere-se que a reparação ou substituição dos elementos ocorra quando verificada a necessidade durante o processo de inspeção.

Estrutura	Rotina	Frequência
Sarjetas	Inspeção dos pontos de acesso como a superfície na área dos danos ou bloqueios	A cada 60 dias
	Inspeção do revestimento das estruturas para determinar os danos e deteriorações	A cada 60 dias
	Procurar por obstruções ocasionadas por acúmulo de resíduos e sedimentos	A cada 60 dias
Bocas de lobo, bueiros, galerias e canais abertos e fechados	Inspeção dos pontos de acesso como a superfície na área dos danos ou bloqueios	A cada 60 dias
	Inspeção do revestimento das estruturas para determinar os danos e deteriorações	A cada 60 dias
	Procurar por obstruções ocasionadas por acúmulo de resíduos e sedimentos	A cada 60 dias
Bacias de retenção e contenção	Verificação do acúmulo de detritos ou decomposição anaeróbia	Mensalmente em período de estiagem. Quinzenalmente em época de cheia
	Inspeção do revestimento para determinar os danos e deteriorações	Mensalmente em período de estiagem. Quinzenalmente em época de cheia
	Em bacias de retenção, verificar a ocorrência de algas	Mensalmente em período de estiagem. Quinzenalmente em época de cheia
	Inspeção das grades de retenção de resíduos para garantir sua desobstrução	Mensalmente em período de estiagem. Quinzenalmente em época de cheia
	Inspeção de estruturas de controle e equipamentos hidromecânicos	Mensalmente em período de estiagem. Quinzenalmente em época de cheia
	Inspeção de equipamentos eletromecânicos, se existente	Mensalmente em período de estiagem. Quinzenalmente em época de cheia

Figura 32 - Procedimento de inspeção para as estruturas de macrodrenagem

Fonte: Adaptado de SMDU, 2012

Estrutura	Rotina	Frequência
Sarjetas	Limpeza de sedimentos acumulados e resíduos sólidos	Diariamente de forma contínua
Bocas de lobo, bueiros, galerias e canais abertos e fechados	Limpeza de sedimentos acumulados e resíduos sólidos	A cada 60 dias, com maior atenção em períodos de chuva
Bacias de contenção e retenção	Limpeza de sedimentos acumulados e resíduos sólidos Remoção de vegetação Desinfecção da área do reservatório	Após ocorrência de chuvas. Mensalmente em período de estiagem

Figura 33 - Procedimento de limpeza para as estruturas de macrodrenagem

Fonte: Adaptado de SMDU, 2012

Além dos cuidados relacionados diretamente a manutenção e limpeza dessas estruturas é importante que a população e o órgão responsável pelas estruturas adotem posturas diferentes quanto ao uso adequado das vias e sobre os descartes de resíduos sólidos em meio irregular, visando a prevenção contra danos e obstruções na rede de drenagem. É recomendado que seja criado canais de atendimento para que a população possa solicitar a manutenção desses componentes, tanto como denunciar atividades irregulares que afetem o funcionamento dessas estruturas, auxiliando no trabalho da equipe de fiscalização.

Cabe ressaltar que a manutenção regular e preventiva também deve ocorrer nos rios, córregos e ribeirões, canalizados ou mantidos em seu curso natural, sendo de competência do município as ações de preservação do estado das margens durante o período de estiagem de modo que não ocorra problemas no leito durante o período chuvoso, realizando procedimentos como dragagem, alargamento dos trechos quando viável, e limpeza das manilhas.

Baseado em todas as informações apresentadas, elaborou-se um plano de manutenção para as bacias abordadas no presente plano, indicando os procedimentos a

serem efetuados na parte de macrodrenagem. Na Figura 34 são apresentadas as sugestões de ações quanto a manutenção e sua devida periodicidade de execução, de modo que o sistema de macrodrenagem funcione na capacidade para que foi dimensionado.

Bacia	Rotina	Frequência
Córrego São Judas Tadeu	Limpeza dos corpos hídricos, com enfoque nas margens.	A cada 6 meses
Ribeirão das Mortes	Limpeza dos corpos hídricos, com enfoque nas margens.	A cada 6 meses
	Processo de dragagem do leito	A cada 18 meses
Rio Mandu	Limpeza dos corpos hídricos, com enfoque nas margens.	A cada 6 meses
	Processo de dragagem do leito	A cada 30 meses
Rio Sapucaí Mirim	Limpeza dos corpos hídricos, com enfoque nas margens.	A cada 6 meses
	Processo de dragagem do leito	A cada 30 meses

Figura 34 - Proposição de manutenção do sistema de macrodrenagem para Pouso Alegre

2.2. ZONEAMENTO DAS PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO PARA EMBASAR AS DECISÕES DO PODER PÚBLICO

O ordenamento da expansão urbana é uma das principais estratégias para contenção de áreas de riscos e problemas de enchentes e alagamentos. Sendo assim, para solucionar os problemas existentes no município é necessário a criação de ações que priorizem a intervenção em áreas suscetíveis a esses eventos de cheia. É necessário a aplicação de estratégias que reformulem a maneira como o uso e ocupação se dá no território considerado, com o objetivo principal de mitigar os riscos de desastres naturais.

Durante a construção do diagnóstico e prognóstico do presente plano foram elencadas as áreas de risco onde há consolidação de ocupação populacional, como também áreas de preservação ambiental que se encontram ocupadas e desempenham funções ambientais, sociais e hidráulicas. Visto que no Produto 4.2 foram analisadas as áreas sob

as quais a ocupação deve ser desencorajada, ou se permitida deve ocorrer diante a intervenções que garantam a segurança dos habitantes da região quanto da estrutura a ser edificada. A partir dessa análise foi construído o “Zoneamento de Planície de Inundação”, no qual foi elaborado o mapeamento de indicadores de risco e das áreas inundáveis devido a sua localização e características topográficas.

O Zoneamento de Planície de Inundação (ZPI) é apresentado de maneira ampla na Figura 35 e Figura 36, ilustrando sua caracterização na área urbana do município. Para informações mais detalhadas sobre o zoneamento em cada bacia do município, é recomendável consultar o Produto 4 – relatório 2, no qual é discretizado o zoneamento detalhado por bacia.



Figura 35 – Zoneamento de Planície de Inundação de Pouso Alegre

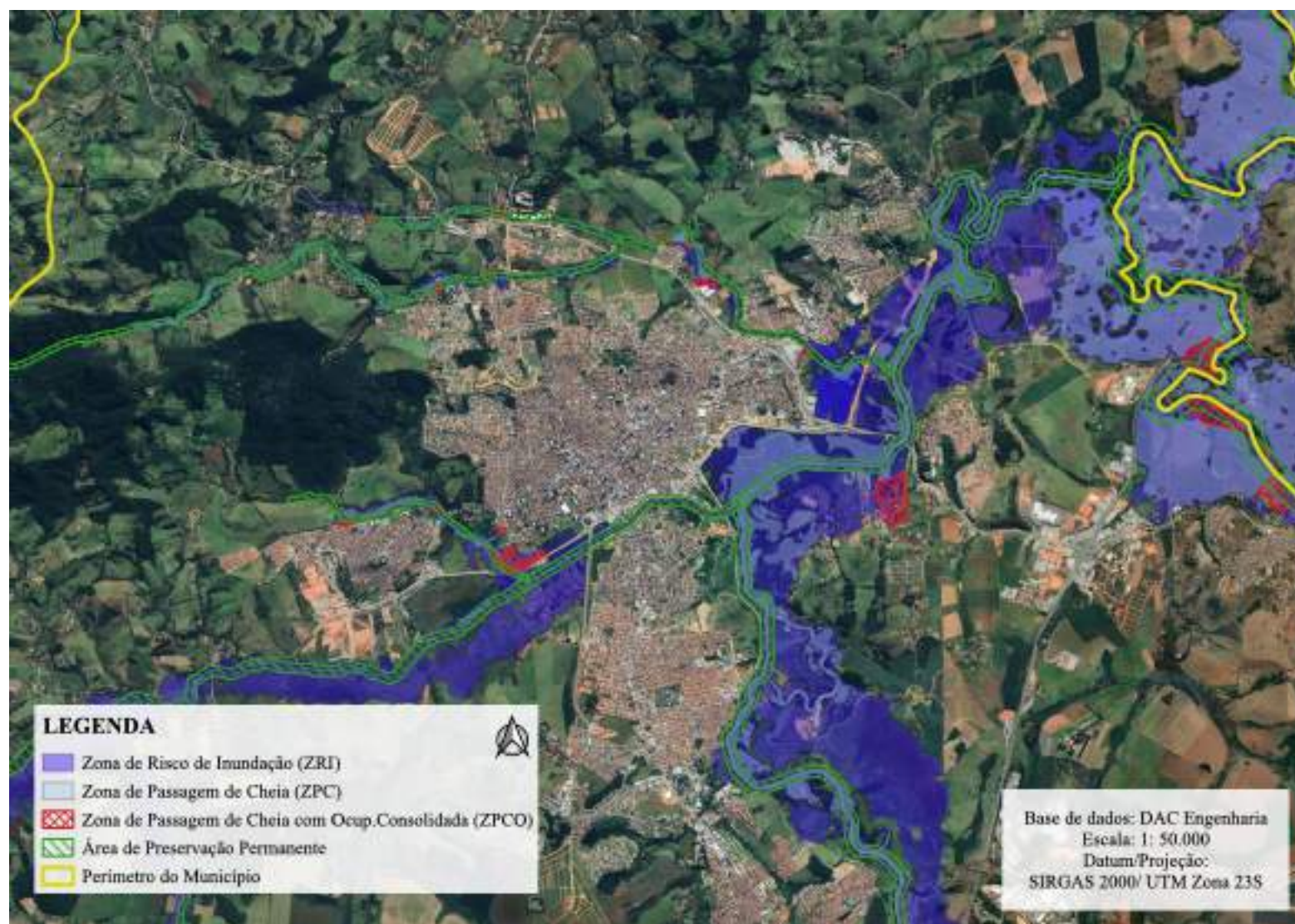


Figura 36 – Zoneamento de Planície de Inundação de Pouso Alegre (continuação)

A Zona de Passagem de Cheia (ZPC) é responsável pelo escoamento das cheias, caracterizando-se por maiores profundidades e velocidades. Essa é a área onde ocorre a função hidráulica primordial de lidar com o excesso de água durante eventos de inundação. As ZPCs foram delimitadas com base na modelagem hidráulica que considera um tempo de retorno de 5 anos para as bacias que englobam o município. Por outro lado, a Zona de Risco de Inundação (ZRI) é adjacente à ZPC, caracterizada por um escoamento mais lento e menos profundo, mas ainda capaz de causar danos. Essa área pode ser ocupada desde que haja um planejamento adequado e medidas de segurança contra eventos extremos sejam implementadas.

Além disso, a Zona de Passagem de Cheia com Ocupação Consolidada (ZPCO) é uma extensão da ZPC com ocupação humana estabelecida e densa. Apesar de compartilhar características hidráulicas com a ZPC, esta área deve seguir as mesmas restrições da ZRI devido à obstrução causada pelas edificações, que prejudicam o fluxo adequado da cheia. As bacias que apresentam ocupação urbana em zona de passagem de cheia incluem: Bacia Córrego da Remonta, Bacia Córrego São Judas Tadeu, Bacia do Ribeirão das Mortes, Bacia do Rio Mandu e Bacia do Sapucaí-Mirim.

De acordo com os resultados do Diagnóstico Participativo apresentados no Produto 3.2, diversos bairros que são afetados pela mancha de inundação apresentam problemas de escoamento superficial, principalmente ocasionados pela obstrução da rede de macro e microdrenagem. A maior parte dos problemas provenientes de inundação ocasionados pela cheia do Rio Mandu e Sapucaí-Mirim são mitigadas pelo sistema de diques e obras existentes no município, não afetando os bairros que existem a sua margem. Atualmente, a maioria das inundações de áreas urbanas são provenientes da cheia de afluentes dessas bacias. Com base no zoneamento estipulado foi construída a Figura 37, na qual fica determinadas as atividades recomendadas para cada zona estipulada.

Identificação	Uso recomendado
Zona de Passagem de Cheia	A ocupação dessas áreas fica sujeita a algumas construções desde que as mesmas não obstruam a passagem do fluxo. Algumas obras compatíveis com essa zona são: linhas de transmissão, condutos hidráulicos, campos de esportes e parques lineares
Zona de Risco de Inundação	A ocupação dessas áreas não é permitida salvo quando são respeitadas a cota estimada para a cheia de referência e implantadas obras que atuem na mitigação dos efeitos das cheias. Entretanto algumas atividades devem ficar fora dessa área, como: hospitais, escolas, estações de tratamento de água e esgoto, subestação de energia, entre outras atividades de infraestrutura ou com potencial de contaminação
Zona de Passagem de Cheia com Ocupação Consolidada	A ocupação dessas áreas seguem as mesmas diretrizes definidas para a ZRI, dado que nessas localidades já ocorre a obstrução da passagem de cheia pelas edificações. Em ocupações futuras é necessário imposições mais restritivas quando a sua utilização

Figura 37 - Uso recomendado para as zonas da planície de inundação

O zoneamento da planície de inundação estabelecido na elaboração deste plano oferece ao poder público informações essenciais para a tomada de decisões que visam ajustar ou reorganizar o território, visando mitigar os impactos das cheias e promover melhorias na qualidade de vida dos habitantes do município. Isso possibilitará a alocação eficiente de novos investimentos em infraestrutura ou a adaptação das existentes às necessidades específicas de cada zona.

Consequentemente, as Zonas de Passagem de Cheia com Ocupação Consolidada (ZPCOs) emergem como prioridades para a implementação de sistemas de prevenção e alerta de cheias, dado que os residentes nessas áreas de risco estão mais expostos aos danos causados por inundação. Na gestão das Zonas de Passagem de Cheia (ZPC), é fundamental planejar e executar ações que evitem obstruções no fluxo de drenagem, permitindo que a passagem da cheia pela planície de inundação ocorra de forma natural.

Além disso, o poder público deve realizar manutenções mais frequentes na macrodrenagem dessas áreas, incluindo reparos, capina, limpeza e desassoreamento, para garantir seu funcionamento adequado. No caso das Zonas de Risco de Inundação (ZRI), as futuras ocupações requerem um planejamento cuidadoso, garantindo que estejam em

conformidade com as cotas estimadas para as cheias de referência e implementando melhorias nos sistemas de proteção contra inundações.

No município, as zonas delineadas no zoneamento da planície de inundação representam áreas críticas em relação ao sistema de macrodrenagem, demandando ação imediata por parte do poder público, com foco em intervenções de curto a médio prazo. Contudo, uma abordagem mais abrangente seria a reorganização do espaço territorial, sendo de competência do Plano Diretor a consideração do Zoneamento de Planície de Inundação (ZPI) para orientar o desenvolvimento urbano, assegurando a sustentabilidade da infraestrutura e dos serviços municipais. Logo, as considerações apontadas no Plano de Macrodrenagem devem ser consideradas na próxima revisão do Plano Diretor de Pouso Alegre.

O ZPI, ao disciplinar a ocupação do solo, emerge como uma medida estruturante para mitigar os impactos das inundações, desempenhando um papel crucial no planejamento urbano. Integrado aos escopos dos Planos Diretores Municipais (PDMs), representa um avanço na criação de ambientes urbanos menos suscetíveis a inundações ribeirinhas, contrapondo-se ao modelo atual em que as áreas de risco são ocupadas de forma irregular, resultando em aumentos nos prejuízos e nos custos de mitigação. Portanto, este plano proporciona orientações valiosas para a revisão do Plano Diretor Municipal, sugerindo a adoção do zoneamento proposto.

2.3. MEDIDAS PARA A UTILIZAÇÃO E A MANUTENÇÃO DAS ÁREAS DE VÁRZEA

Na descrição topográfica da bacia hidrográfica, um aspecto crucial é a interação entre o leito principal do rio e sua planície de inundação natural. Isso contrasta com o fenômeno da inundação, no qual o nível dos rios ultrapassa sua vazão normal, resultando no transbordamento das águas sobre as áreas adjacentes; sem esse transbordamento, temos apenas a enchente (TUCCI, 2007). Essas áreas adjacentes se distinguem quanto a outras áreas devido a suas características específicas decorrentes da variação periódica do nível d'água, propiciando as modificações cíclicas do meio biótico e abiótico dessa região, determinando o que é definido como planícies de inundação ou áreas de várzea. As áreas de várzea possuem um papel ambiental de grande importância para o equilíbrio hidrológico

da bacia, o que a torna vulnerável aos impactos antrópicos, influenciando de maneira direta a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos (STAHL e MORAES, 2018).

Visto o papel ambiental dessas áreas e sua importância para manutenção hidrológica é primordial estabelecer diretrizes para a utilização e manutenção dessa região. Os aspectos característicos das várzeas e seu potencial agrícola, existência de várzeas drenadas e cultivadas, cuidados essenciais e especiais no cultivo das várzeas para assegurar a qualidade das águas e da flora local deve ser compatibilizado com as diretrizes de preservação apresentadas pela Lei Federal nº 12.651/2012, que dispõe sobre o Código Florestal, e pelo Decreto Federal nº 24.643/1934 que discorre o Código de Águas, sendo as legislações aplicáveis na localização do município. Os aspectos de várzea são apresentados de maneira sucintas no Decreto Estadual nº 39.473/1994 do estado de São Paulo, de maneira a ser considerada no desenvolvimento para diretrizes de ocupação e desenvolvimento de atividades nessa área.

O Código Florestal em seu Artigo 4º, § 5º permite a utilização de áreas de várzea para cultivo apenas por agricultor familiar e empreendedor familiar rural, especialmente para lavouras temporárias de ciclo curto, desde que essas atividades não impliquem em supressão e conversão de áreas com vegetação nativa e não utilizem agroquímicos ou qualquer outro componente que possa comprometer a qualidade da água. O que pode ser aplicado no município de Pouso Alegre para os pequenos produtores, levando em consideração que todas as exigências sejam atendidas.

Entretanto, as condições naturais das várzeas não propiciam a drenagem natural da área, apresentando um ecossistema frágil e de baixa permeabilidade, não sendo favorável e adequado para ocupação urbana de alta densidade (COSTA, 2016). Dado isso, se existir a necessidade de expansão urbana nas planícies de inundação ou em sua proximidade é recomendado que seja seguida as orientações estabelecidas no zoneamento contido no Produto 4.2, considerando as atividades que são cabíveis nessas áreas dado a sua capacidade de conviver com eventos de cheias. Entretanto, em casos gerais a ocupação das várzeas deve ser desencorajada, sendo utilizadas apenas para reservas ambientais e conservação de áreas de preservação permanente.

O Plano Diretor (PD) do município deve conter a regulamentação do uso e ocupação das planícies de inundação, sendo papel do Plano de Macrodrenagem a orientação e recomendação que sejam pertinentes a incorporação no PD. Logo, o Zoneamento de Planícies de Inundação no direcionamento do uso das áreas suscetíveis a cheias. É

importante levar em consideração medidas que garantam a aplicação de mecanismos urbanísticos nessas áreas caso haja a necessidade de utilização das mesmas como região de retenção de cheia.

Nos locais onde a ocupação urbana já se encontra densificada é indicado operações constantes de manutenção e limpeza, de modo que a população residente tenha garantida a qualidade ambiental do local e uma drenagem eficiente. As ações de limpeza e manutenção devem ocorrer de modo que as condições da rede de macro e microdrenagem sejam compatíveis com as de dimensionamento, e mantendo as características originais da vegetação existente, visto sua característica como pontos de infiltração do escoamento superficial. Após as proposições, o detalhamento das propostas foi elaborado em forma de tabela (Figura 38 e Figura 39), visando facilitar a visualização das medidas elencadas.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Utilização das áreas de várzea	Identificar a utilização adequada das áreas de várzea e assegurar a preservação e o uso sustentável desses espaços. Isso visa garantir a conservação ambiental, a segurança das comunidades que residem nas proximidades de zonas propensas a inundações, e promover o aproveitamento responsável dessas áreas em prol do benefício coletivo da sociedade.	Prefeitura Municipal e Órgãos Ambientais pertinentes	A determinação da utilização dessas áreas requer uma abordagem embasada em estudos técnicos que considerem as características específicas da região, as demandas da comunidade e as políticas governamentais de gestão ambiental e urbana. Esse processo envolve etapas cruciais, como: i) Mapeamento das áreas de várzea na região; ii) Análise detalhada das suas características; iii) Estabelecimento de objetivos claros para sua utilização; iv) Verificação das restrições legais e ambientais aplicáveis; v) Distinção entre áreas destinadas a uso ecológico e uso urbano; e vi) Formulação de um plano abrangente de gestão para esses espaços.	Deve ser realizado no prazo atual - executado após a conclusão do plano.	Espera-se que com a efetivação da ação o município tenha uma melhoria na preservação ambiental; redução dos riscos de enchente e uso sustentável dos recursos naturais

Figura 38 - Ações propostas para a ocupação das áreas de várzeas

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Conservação das áreas de várzea	Assegurar a eficácia do sistema de drenagem urbana, de modo a estimular a conservação do meio ambiente e mitigar os riscos e danos provenientes de inundações	Prefeitura Municipal	Através de atividades como: i) Desobstrução e limpeza de rios e córregos; ii) Preservação de espaços naturais; iii) Vigilância da vida selvagem e vegetação; iv) Supervisão da adesão às políticas de conservação; v) Manutenção das estruturas de drenagem.	Deve ser realizado no prazo atual - executado após a conclusão do plano.	Espera-se que com a efetivação da ação o município tenha uma melhoria na preservação ambiental; redução dos riscos de enchente e uso sustentável dos recursos naturais

Figura 39 - Ações propostas para ocupação das áreas de várzeas

2.4. ANÁLISE DAS OBRAS E PROJETOS EXISTENTES NO CONTEXTO DO PLANO DE MACRODRENAGEM

No Produto 3 – Relatório 1 deste Plano de Macrodrenagem, especificamente no item 3.9, são apresentadas as obras relacionadas aos sistemas de macrodrenagem do município (projetos elaborados, em elaboração e implantados). Diante disso, surge a necessidade de analisar esses empreendimentos no contexto do PMDPA, ou seja, considerando suas interações com as manchas de inundação geradas (apresentadas pelo Produto 4 – relatórios 1 e 2). Nesse contexto, a análise dar-se-á nas bacias do córrego São Judas Tadeu, córrego da Remonta, ribeirão das Mortes, rio Mandu e rio Sapucaí-Mirim, uma vez que são as únicas que possuem obras.

2.4.1. Bacia Hidrográfica do Córrego da Remonta

A BH do córrego da Remonta possui relação com apenas um dos empreendimentos levantados: as galerias pluviais do bairro São João. Por se tratar de uma rede de drenagem de grande porte, essa obra se enquadra nas análises do presente plano. Para melhor entender a interação dessas estruturas com as manchas geradas, elaborou-se o mapa presente na Figura 40.

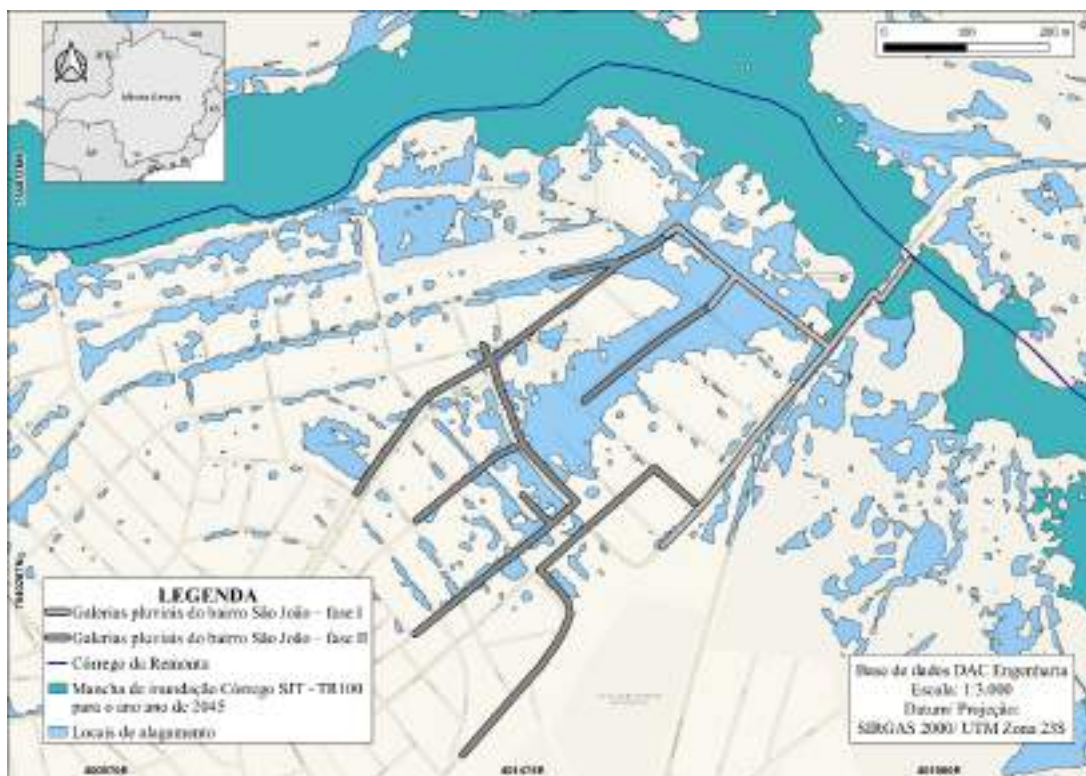


Figura 40 – Galerias pluviais do bairro São João e manchas do córrego da Remonta

Conforme apresentado pela Figura 40, as galerias pluviais do bairro São João auxiliam na drenagem das águas provenientes de alagamentos presentes no bairro de mesmo nome, portanto, apesar de não auxiliar diretamente na questão dos processos de inundação, ajuda a melhorar a percepção da população no que diz respeito aos eventos de cheia.

Nesse caso, é importante observar que o aumento do nível d'água do córrego da Remonta pode implicar num barramento do deságue das galerias pluviais nesse corpo hídrico, logo as medidas mitigadoras dos processos de inundação irão auxiliar, consequentemente, no escoamento das áreas alagadas.

2.4.2. Bacia Hidrográfica do Córrego São Judas Tadeu

A BH do córrego São Judas Tadeu, sub-bacia da BH ribeirão das Mortes, atualmente apresenta a prospecção de duas obras de melhoria dos sistemas de macrodrenagem: a revitalização de uma seção canalizada e o reservatório de retenção SB8. Essas obras estão detalhadas nos itens subsequentes.

2.4.2.1. Revitalização da Canalização do Córrego São Judas Tadeu

A canalização do córrego São Judas Tadeu está situada nas proximidades do bairro Cantagalo. Na Figura 41 pode ser observada a mancha de inundação do córrego São Judas Tadeu (TR 100 anos).



Figura 41 – Seção canalizada do córrego São Judas Tadeu e mancha de inundação para um TR de 100 anos

A revitalização da canalização existente no córrego São Judas Tadeu é um projeto de grande eficiência, uma vez que do ponto de vista do escoamento trata-se de um ponto de estrangulamento hídrico. Dessa maneira, ao desobstruir a seção e regularizar a instalação, o escoamento fluvial será beneficiado e, conseqüentemente, a inundação de alguns locais será mitigada.

2.4.2.2. SB8 – Sub-bacia 8: Reservatório de retenção

O Reservatório de retenção SB8 trata-se de um empreendimento prospectado para implementação no curso do córrego São Judas Tadeu. Na Figura 42 é apresentada a referida obra assim como a mancha de inundação do curso hídrico.

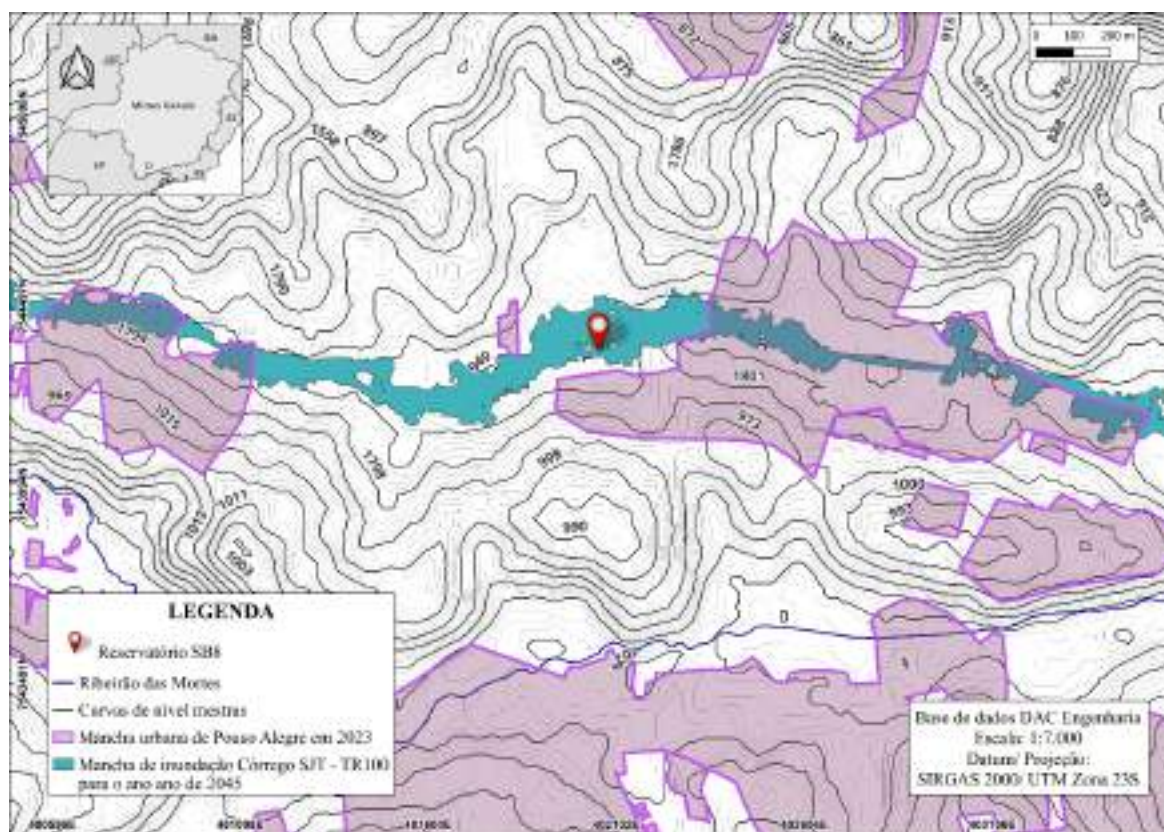


Figura 42 – Localização do reservatório SB8 e mancha de inundação do córrego São Judas Tadeu para um TR de 100 anos

Considerando a localização do reservatório, logo antes da concentração de área urbana (bairro Cantagalo), trata-se de uma obra com capacidade de amortizar as ondas de cheia oriundas da porção mais a montante do córrego São Judas Tadeu.

2.4.3. Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Mortes

O Ribeirão das Mortes está relacionado com a implementação das seguintes obras: SB6 – Sub-bacia 6: Reservatório de retenção, SB9 – Sub-bacia 9: Reservatório de retenção, Av. Faisqueira, bueiro da rua Antônio Scodeler, bacia de retenção Andorinhas, bacia de retenção Parque da Cidade e bacia de retenção João Maria. No entanto, verificou-se que os projetos das bacias SB6 e SB9, propostas pelo Plano de Macrodrenagem do Ribeirão das Mortes (2020), foram atualizados e hoje correspondem, respectivamente, as bacias Parque da Cidade e Andorinhas, portanto, na BH do ribeirão das Mortes, estão prospectadas um total de cinco obras, que serão detalhadas nos itens subsequentes.

2.4.3.1. Av. Faisqueira

A avenida Faisqueira é uma obra projetada para funcionar em conjunto com o sistema de diques do município, situada na foz do Ribeirão das Mortes, atualmente se encontra semi-implantada. Na Figura 43, é ilustrado a localização da obra juntamente com a mancha de inundação do Ribeirão das Mortes para um TR de 100 anos e a mancha urbana de Pouso Alegre (vale ressaltar que a mancha de inundação do ribeirão das mortes apresentada pela Figura 43 conta com a parcela represada pelas cheias do Sapucaí-Mirim, situação melhor detalhada no Produto 4 – relatório 2).

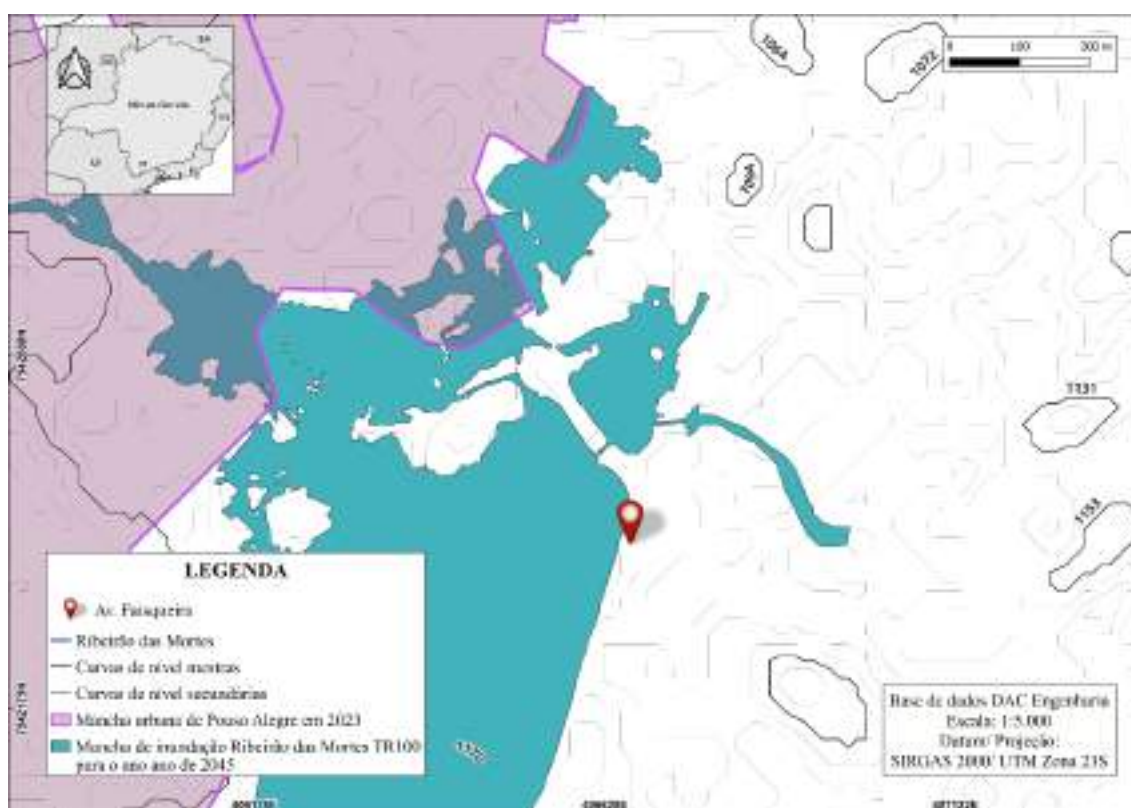


Figura 43 – Av. Faisqueira e mancha de inundação do ribeirão das Mortes

A conclusão da obra efetuará a capacidade da obra de amortizar os efeitos da cheia do Rio Sapucaí-Mirim nos bairros a montante do Ribeirão das Mortes, sendo de grande relevância dado os impactos que o Sapucaí-Mirim e sua confluência tem na bacia do Ribeirão das Mortes. Logo, a concretização da intervenção é crucial para que o sistema de diques do município atue de modo eficiente na proteção da área urbana contra as inundações.

2.4.3.2. *Bueiro da rua Antônio Scodeler*

O bueiro localizado na rua Antônio Scodeler, que se encontra em fase de finalização, constitui-se da necessidade de revitalizar uma obra já existente, de modo que sua capacidade de vazão seja ampliada. A localização do bueiro, juntamente com a mancha de inundação e urbana são ilustradas na Figura 44 .

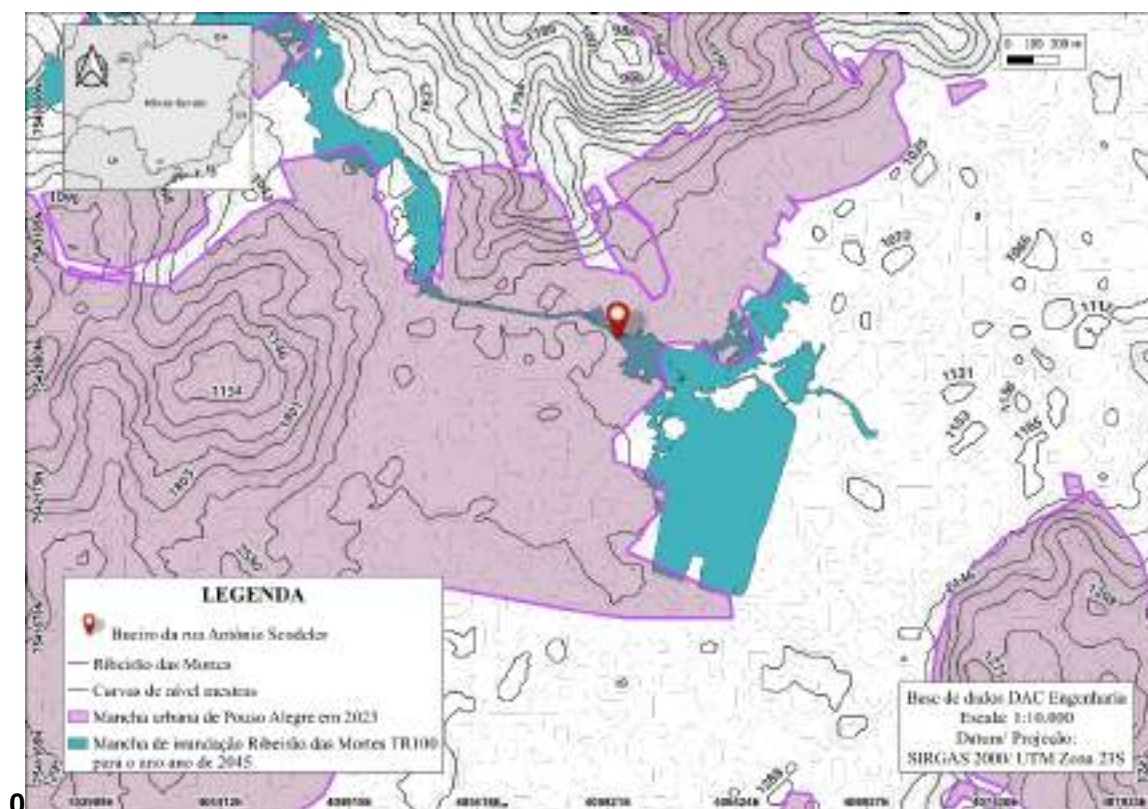


Figura 44 – Bueiro da rua Antônio Scodeler e mancha de inundação do ribeirão das Mortes

A localização do bueiro na estrutura de macrodrenagem se dá em um ponto crucial de estrangulamento hídrico, sendo que essa localidade se encontra a poucos metros da foz do Ribeirão das Mortes. O bom funcionamento da obra implica numa melhoria do escoamento das águas pluviais em momentos de precipitação, mitigando os efeitos da cheia e garantindo a efetividade das estruturas de macrodrenagem, dado que a bacia a qual se situa apresenta alto grau de impermeabilização, decorrente da ocupação urbana, o que acarreta a necessidade de uma rede de drenagem eficiente.

2.4.3.3. *Bacia de retenção Andorinhas*

A execução da bacia de retenção Andorinhas foi projetada para mitigar as problemáticas de cheia no interior da bacia do Ribeirão das Mortes, nas proximidades da

Rua Bento Dória Ramos. A prospecção de sua efetivação seria benéfica dado a sua atuação em conjunto com outras estruturas no mesmo curso hídrico. Para demonstrar a relação da localização da obra, juntamente com a mancha de inundação do Ribeirão das Mortes e a ocupação urbana foi elaborada o mapa presente na Figura 45, no qual estão contidas as informações pertinentes.

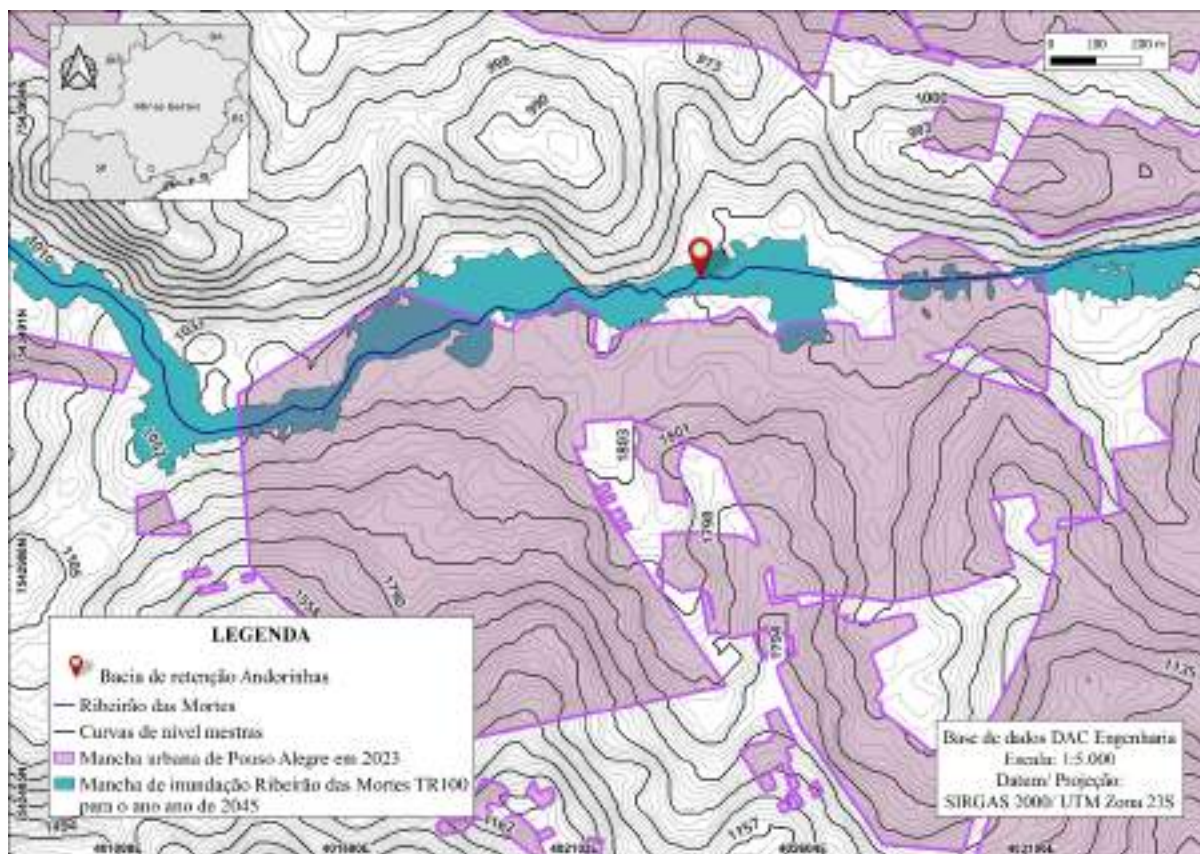


Figura 45 – Bacia de retenção Andorinhas e mancha de inundação do ribeirão das Mortes

A ocupação das margens do ribeirão por residências consolidadas acarreta a necessidade de mitigação dos efeitos da cheia do curso hídrico nas suas proximidades, sendo essa a principal motivação para execução da obra da bacia de retenção, visto seu impacto na população que reside a jusante da sua implementação. O objetivo principal da bacia é a retenção de enxurradas em períodos de chuva, de modo que a população localizado posterior a obra, não seja afetado pelo volume de água.

2.4.3.4. Bacia de retenção Parque da Cidade

A implementação da bacia de retenção Andorinhas foi planejada para ser integrada à bacia do Ribeirão das Mortes, no bairro São Joaquim. A análise da sua eficácia seria

vantajosa dada a sua interação com outras estruturas no mesmo curso de água, como a bacia Andorinhas. É relevante destacar que esta bacia representa uma atualização da SB6 - Sub-bacia 6: Reservatório de retenção, conforme proposto pelo Plano de Macrodrenagem do Ribeirão das Mortes. Para ilustrar a relação entre a localização da obra, a área de inundação do Ribeirão das Mortes e a ocupação urbana, foi elaborado o mapa apresentado na Figura 46, o qual contém as informações relevantes.

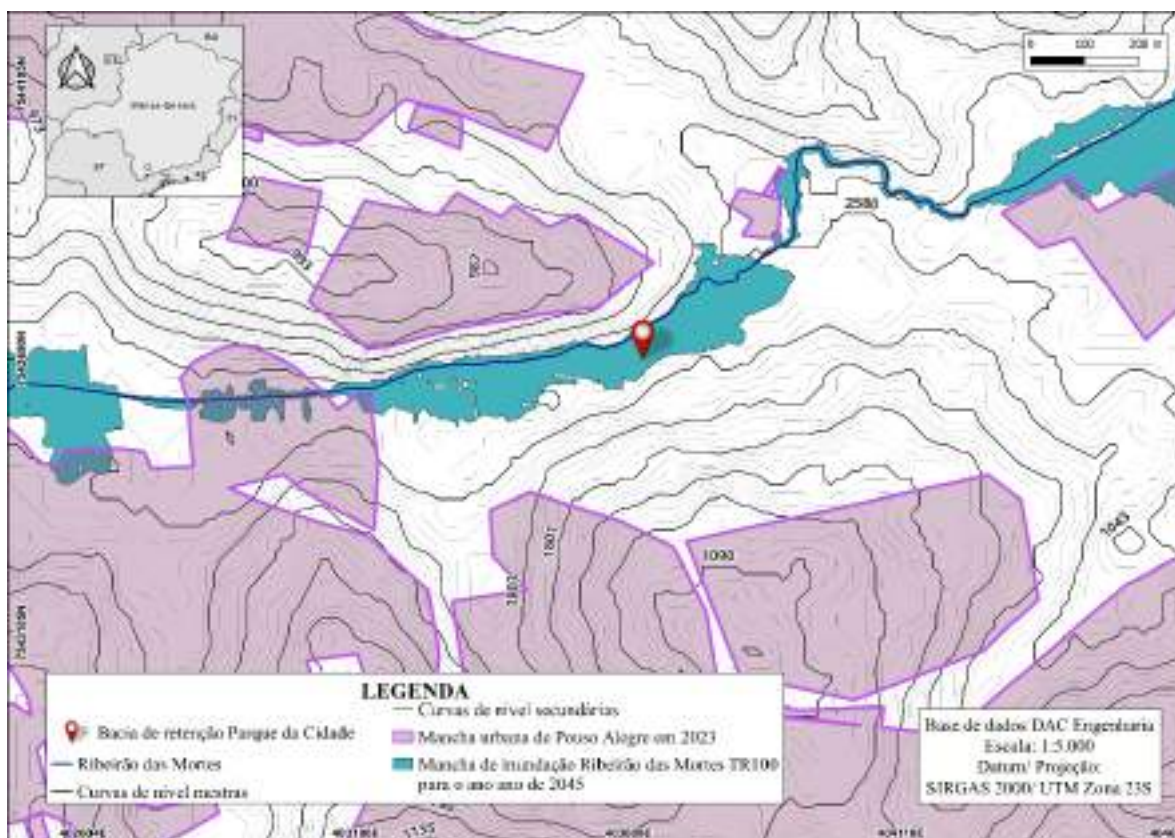


Figura 46 – Bacia de retenção Parque da Cidade e mancha de inundação do ribeirão das Mortes

A obra da bacia foi planejada para ser instalado na bacia do Ribeirão das Mortes, sendo posicionada a montante da bacia, de forma a interceptar o fluxo de água em direção à área urbana, proporcionando assim a redução das inundações enfrentadas pela comunidade local. No entanto, para aprimorar ainda mais esse processo, sugere-se que essa obra seja implementada em conjunto com as outras duas bacias, tendo um resultado de maior efetividade na bacia.

2.4.3.5. *Bacia de retenção João Maria*

A bacia de retenção João Maria, situada na rua João Maria, no bairro Cantagalo, é uma construção estrategicamente planejada para receber múltiplos afluentes do ribeirão das Mortes, sendo a terceira das três bacias programadas. É importante ressaltar que essa iniciativa representa uma atualização da SB9 - Sub-bacia 9: Reservatório de retenção, conforme proposto pelo Plano de Macrodrenagem do ribeirão das Mortes. Na Figura 47 é apresentado o mapa contendo as manchas de inundação e urbana referentes ao local sugerido para execução da obra.

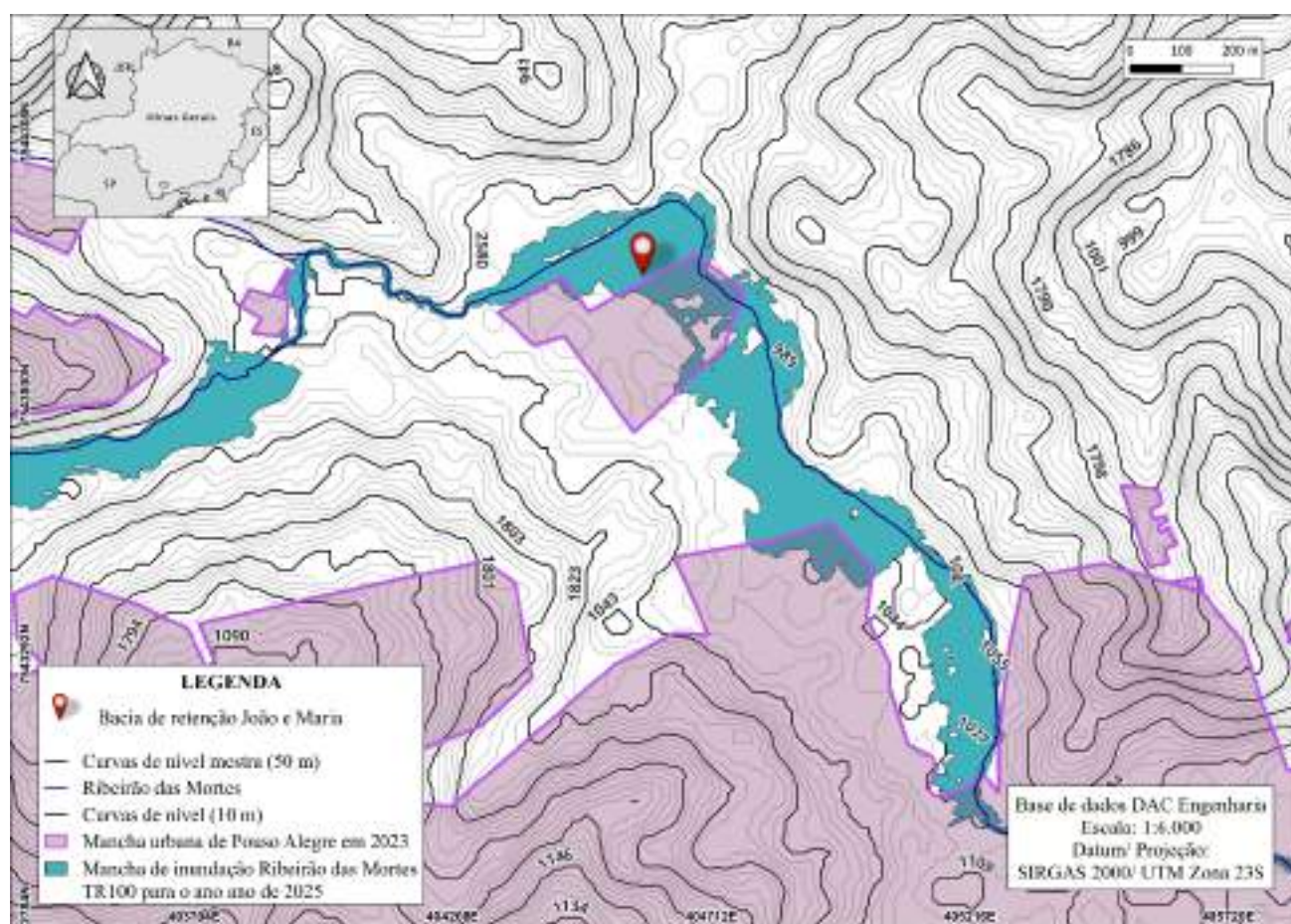


Figura 47 – Bacia de retenção João Maria e mancha de inundação do ribeirão das Mortes

A bacia João Maria é projetada mais a jusante da bacia, de modo a favorecer toda a população que reside a jusante de sua localização. É possível visualizar no mapa que a localização da bacia se dará numa área propícia ao represamento do volume, de modo a auxiliar na efetividade dos efeitos da obra. A sua execução possibilita a diminuição do

impacto das cheias em áreas de grande densidade urbana no município, numa localidade que se possui um grande número de registro de ocorrências de cheias.

2.4.3.6. *Canalização por Gabião do Ribeirão das Mortes*

A obra de canalização por gabião do ribeirão das Mortes, corresponde ao trecho final de jusante do curso hídrico (Figura 38). A execução dessa obra visa sanar as problemáticas decorridas das irregularidades da calha fluvial do canal em questão. Além da prospecção da canalização, durante esse processo será realizada a limpeza e retificação do restante do canal a jusante, até o deságue no Rio Sapucaí-Mirim.

É esperado que a efetivação dessas obras garanta uma melhoria no escoamento fluvial, de modo que todo os instrumentos de microdrenagem inseridos nessa rede consigam trabalhar nos parâmetros os quais foram projetados, garantindo que os problemas existentes na bacia decorrentes dessas irregularidades de escoamento sejam sanados.

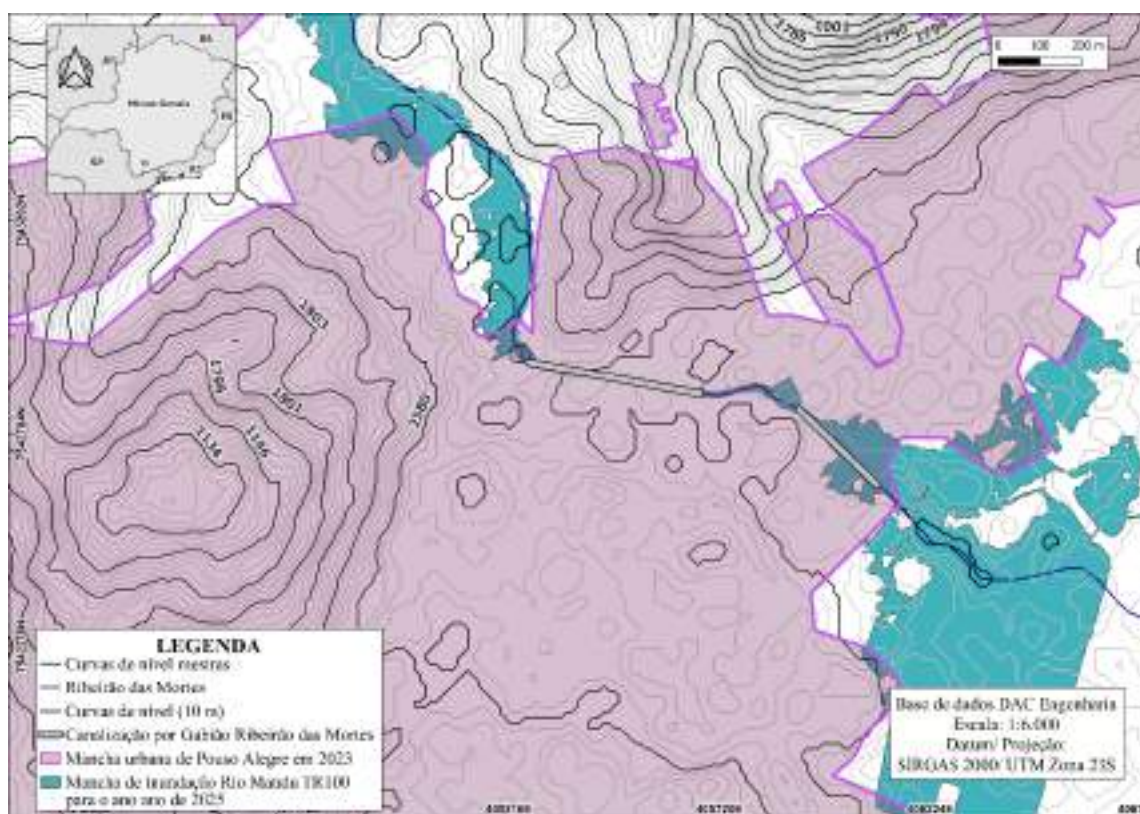


Figura 48 – Canalização por gabião e mancha do ribeirão das Mortes

2.4.4. Bacia Hidrográfica do Rio Mandu

Na bacia do rio Mandu estão presentes sete obras diferentes: Dique 2: Av. Hebert Campos, Diquinha: Av. Diquinha, Av. Antônio Mariosa, bacia de retenção da Rua Pernambuco (Primavera), galerias pluviais Primavera, bacia de retenção Mina João Paulo e bacia de detenção Mina João Paulo. Esses projetos encontram-se em situações distintas de implantação, desde totalmente implantados até em fase de projeto. Na sequência, cada um desses empreendimentos será detalhado.

2.4.4.1. Dique 2 – Av. Hebert Campos

A estrutura do Dique 2 compõe o sistema de diques que tem por finalidade a proteção da área urbana de grandes eventos de cheia. O Dique 2 foi projetado para mitigar a cheia provinda do rio Mandu, sendo uma das primeiras obras de contenção de cheia a ser prospectada e executada no município. A obra efetiva a proteção de cheia proveniente do Rio Mandu, solucionando um dos grandes problemas de drenagem do município. Na Figura 49 é apresentado o local da obra e a mancha de inundação respectiva, comprovando a efetividade da obra.

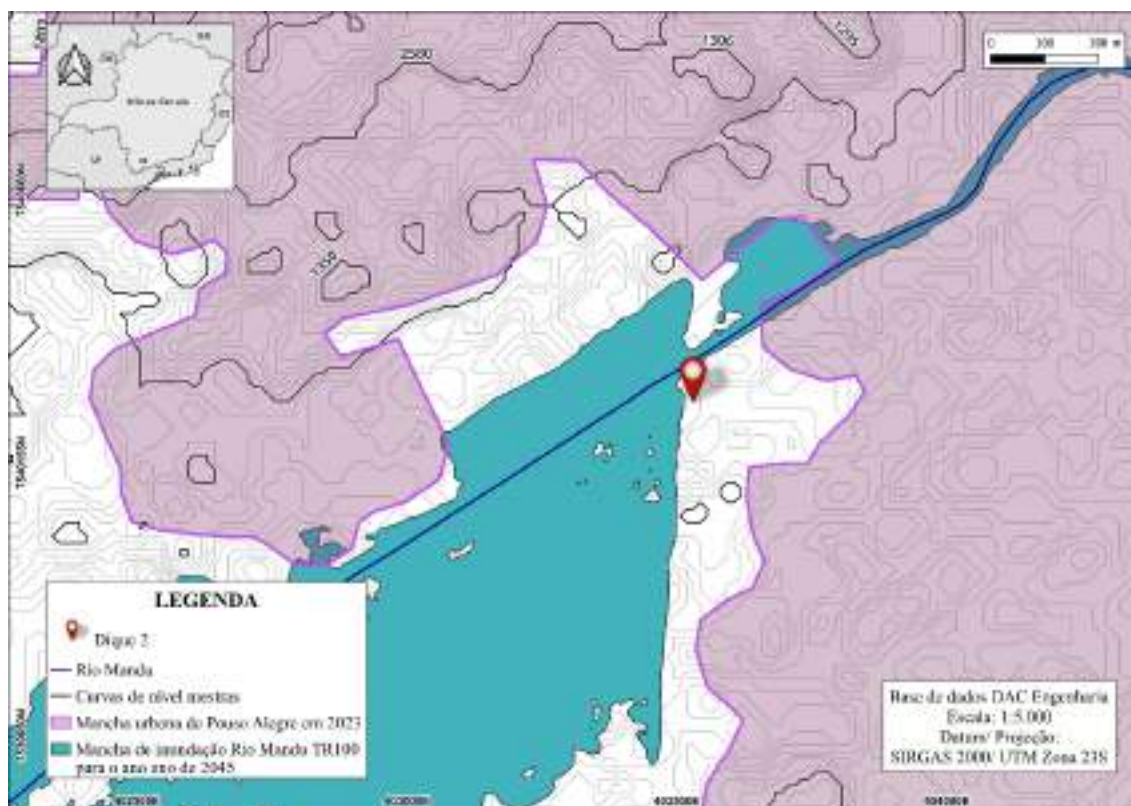


Figura 49 – Localização do Dique 2 e mancha de inundação do Rio Mandu

2.4.4.2. *Diquinha – Av. Diquinha*

O sistema de contenção de enchentes do município conta também com a estrutura do Diquinha, que funciona em conjunto com o Dique 2, na bacia do Rio Mandu. A localização da obra se dá no trecho de foz do Mandu no Sapucaí-Mirim. A sua estrutura é a principal proteção do Bairro São Geraldo contra as inundações dessa bacia, trabalhando em conjunto com um sistema de bombeamento capaz de direcionar as vazões em momentos de cheia. A localização da estrutura, juntamente com a mancha de inundação do Rio Mandu, pode ser visualizada na Figura 50.



Figura 50 – Local da Diquinha e mancha de inundação do Rio Mandu

2.4.4.3. *Av. Antônio Mariosa*

A estrutura da Av. Antônio Mariosa se dá na margem esquerda do Rio Mandu, protegendo o lado oposto ao protegido pelo Dique 1 e Diquinha. A obra completa o subsistema da bacia do Rio Mandu contra o processo de cheia do mesmo, possibilitando um ambiente mais seguro para a população residente dessas áreas. O projeto se encontra em estado parcial de implementação, porém já auxilia na mitigação.

O processo da obra consiste no alteamento de uma das pistas da Avenida Antônio Mariosa, a qual constitui o dique. A conclusão da obra é de extrema importância, dado o papel da estrutura no funcionamento do sistema de diques, de modo que a atuação de todas as estruturas é necessária para a proteção necessária da área urbana. A Figura 51 apresenta a área afetada pela mancha de inundação do Rio Mandu com relação a localização da Av. Antônio Mariosa.



Figura 51 – Localização da Av. Antônio Mariosa e mancha de inundação do Rio Mandu

2.4.4.4. Bacia de retenção da Rua Pernambuco (Primavera)

Assim como as outras estruturas de retenção e detenção já analisadas nesse tópico, a bacia de retenção prospectada para Rua Pernambuco tem por objetivo reduzir o pico de vazão da bacia do rio Mandu em eventos de precipitação. A localização da bacia de retenção é apresentada na Figura 52, onde é visível que a estrutura não está na proximidade de nenhum dos cursos hídricos estudados nesse plano, mas se encontra num dos afluentes do Mandu.

Logo, essa obra será responsável por amortizar o volume a ser escoado pelo afluente, reduzindo a possibilidade de pontos de alagamentos e inundação da rede, provenientes desse afluente. A estrutura também auxiliará em minimizar a cheia do Mandu,

visto que o local da foz desse afluente se dá na jusante do rio, pouco antes do deságue do rio no Sapucaí-Mirim. O que em eventos extremos é de grande importância, dado que a cheia do Sapucaí-Mirim impacta o nível d'água do Mandu, sendo assim qualquer minimização de vazão auxilia no controle da lâmina d'água de ambos os rios.

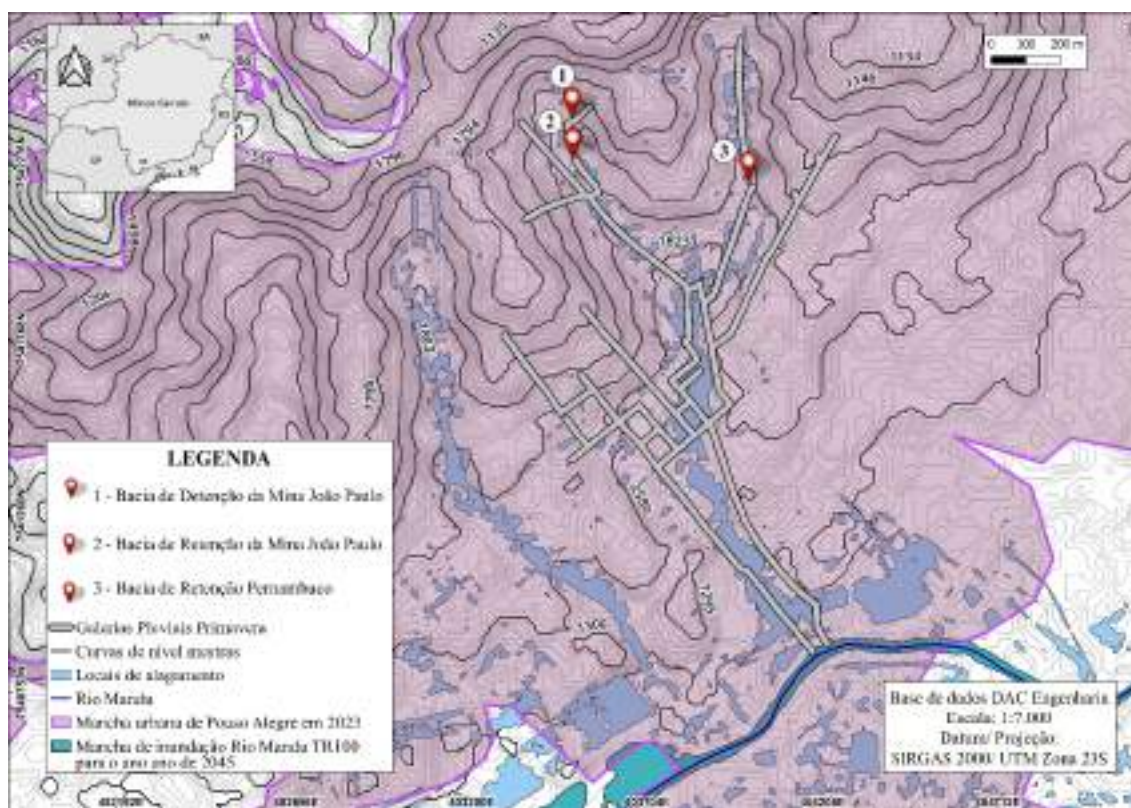


Figura 52 – Localização das obras de drenagem do bairro Primavera

2.4.4.5. *Galerias Pluviais Primavera*

As galerias pluviais do Bairro Primavera são responsáveis pela drenagem de toda a bacia dessa área, sendo oriunda de um afluente do Rio Mandu que se encontra canalizado, sendo assim essas estruturas realizam o papel de rede de drenagem dessa região. Atualmente a rede se encontra semi-implantada, sendo que um trecho final de complementação conectará os dois trechos de rede existente com o restante da malha de drenagem. O desenho da rede completa projetada é ilustrado na Figura 52.

A efetivação do projeto por completo é essencial dado a importância de uma rede de escoamento eficiente, principalmente em eventos de chuva, visto que sem o funcionamento completo da estrutura a população fica sujeita a eventos de alagamento e uma maior propensão a inundações do Rio Mandu. Dado isso, a execução de toda a obra e da

manutenção dessas galerias em funcionamento é essencial para a segurança dos habitantes dessa região do município, além de ajuda a melhorar a percepção da população no que diz respeito aos eventos de cheia.

2.4.4.6. Bacia de Retenção Mina João Paulo

Assim como a bacia de retenção Pernambuco, essa bacia tem como principal objetivo mitigar o pico de vazão na bacia do rio Mandu durante períodos de precipitação intensa. Apresentada na Figura 42, a localização da bacia de retenção revela que a estrutura não está inserida no mesmo afluente da rua Pernambuco, sendo projetada para mitigar as cheias que ocorrem nessa bacia dado seu nível de urbanização, trabalhando em conjunto com as outras obras já citadas no presente tópico.

Portanto, esta obra terá a responsabilidade de reduzir o volume de água a ser escoado pelo afluente, diminuindo assim as chances de pontos de cheia na rede. Além disso, a estrutura também ajudará a minimizar as enchentes no rio Mandu, uma vez que o ponto de confluência deste afluente ocorre a jusante do rio, pouco antes de desaguar no Sapucaí-Mirim, isso é de suma importância durante eventos extremos já que as cheias do Sapucaí-Mirim afetam o nível de água no Mandu. Portanto, qualquer redução na vazão contribui para o controle do nível de água em ambos os rios.

2.4.4.7. Bacia de Detenção Mina João Paulo

A bacia de detenção da Mina João Paulo completa a estrutura projetada para contenção do pico de vazão e da velocidade do escoamento, em conjunto com a bacia de retenção, dentro da bacia desse afluente, anterior ao seu encontro com o Rio Mandu. Essa estrutura é mantida vazia durante períodos de estiagem. A localização escolhida para essa obra é apresentada na Figura 52, juntamente com as outras obras da bacia e as respectivas manchas de acúmulo hidráulico.

O projeto da bacia de detenção propicia uma maior segurança para eventos extremos de precipitação, visto que sua estrutura só é utilizada em períodos chuvoso. Visto que a estrutura fica sem lâmina d'água durante parte do ano, isso facilita o processo de manutenção e limpeza da estrutura, além de criar uma área que pode ser convertida em praças, pista de esporte e lazer durante esses períodos. Logo, é recomendado que essa obra seja efetiva para melhoria de escoamento e drenagem da bacia.

2.4.5. Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí-Mirim

A bacia do rio Sapucaí-Mirim comporta, de forma exclusiva, as seguintes obras: Dique 1 – Av. Ayrton Senna, grande drenagem do São Geraldo (auxiliar o complexo da lagoa da Banana) e a revitalização da lagoa da Banana. Na sequência são apresentadas as análises dessas obras no contexto do Plano de Macrodrenagem.

2.4.5.1. Dique 1 - Av. Ayrton Senna

O Dique 1 foi a primeira estrutura efetivada para contenção de cheias no município, que se encontra pronta e atua como uma das principais obras de proteção da área urbana contra inundações provenientes do Sapucaí-Mirim, sendo que a sua existência auxiliou na redução de grande parte dos problemas oriundos de inundação no município, principalmente na região do bairro São Geraldo. Além de sua importância quanto estrutura de contenção de cheia, o dique funciona como uma das principais avenidas de Pouso Alegre, conectando a porção central do município com a região sul. Na Figura 53 é mostrado a localização da obra e a respectiva mancha de inundação.



Figura 53 – Local do dique 1 e mancha de inundação do Sapucaí-Mirim

2.4.5.2. Grande Drenagem do São Geraldo (auxiliar o complexo da lagoa da Banana)

Esse sistema compreende um conjunto de estrutura que contém canaletas, canal e galerias, que será responsável por conduzir parte do volume de precipitação proveniente do Bairro São Geraldo para a lagoa da Banana. Essa infraestrutura servirá como um auxílio para o escoamento da vazão da chuva que afeta o bairro, sendo um local onde se registra grandes eventos de alagamentos, motivados por uma rede de microdrenagem insuficiente. A estrutura correspondente ao projeto é ilustrada na Figura 54.

A rede projetada será um auxílio para que a vazão do bairro seja escoada em direção a lagoa, colaborando para a amortização do pico da vazão que chegará ao Sapucaí-Mirim, de modo que o São Geraldo seja menos impactado pela chuva, ao mesmo tempo que esse volume é retido antes de ser lançado no curso hídrico. Sendo assim, é de grande valia que a obra seja efetivada como uma solução para os problemas da microdrenagem, em simultâneo com o processo de prevenção de cheia que a lagoa da Banana significa.

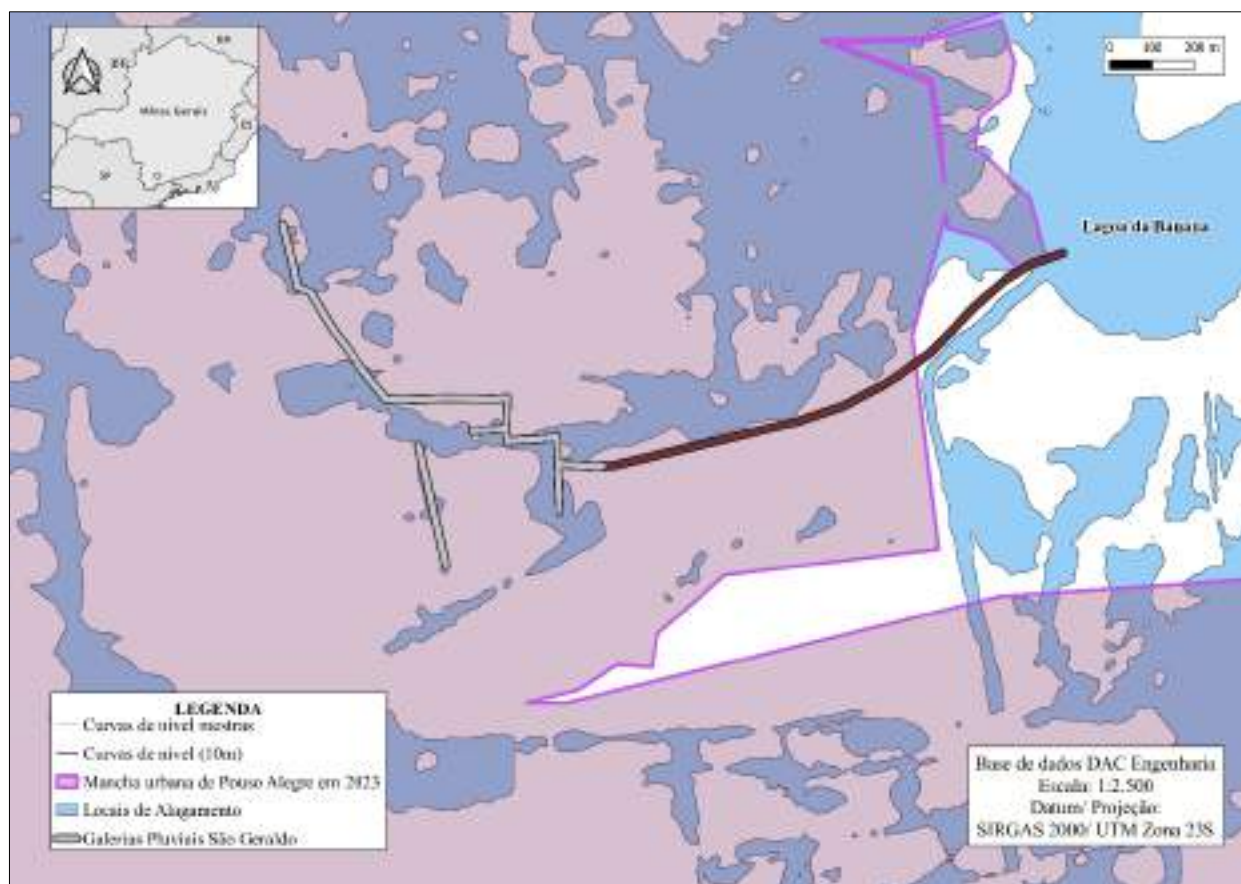


Figura 54 – Rede de drenagem do São Geraldo e locais de alagamento do Rio Sapucaí-Mirim

2.4.5.3. Revitalização da lagoa da Banana

A lagoa da Banana é um corpo d'água já existente as margens do Dique 1, durante anos esse local foi receptor de ligações irregulares de descarte de resíduos domésticos, essas irregularidades inviabilizaram a capacidade de armazenamento e escoamento hidráulico da lagoa. No entanto, o local já passou por um processo de limpeza realizada pela Prefeitura Municipal com o objetivo de reduzir os aspectos negativos gerados pela poluição das águas. Na Figura 55 é apresentada a mancha de alagamento do São Geraldo juntamente com a mancha de inundação do Rio Sapucaí-Mirim, relacionada a localidade da lagoa.



Figura 55 – Acúmulo hidráulico na localidade da lagoa da Banana

Uma obra de revitalização da lagoa seria de grande benefício para amortização dos alagamentos, além de viabilizar um local que facilitará o escoamento das águas pluviais nas áreas urbanas. Sendo assim, a revitalização da lagoa acarretará numa solução para os problemas de microdrenagem na região do Bairro São Geraldo, criando uma destinação para esse volume de água que não a área ocupada, além de resultar em uma área que pode ser utilizada para atividades de lazer para população.

2.5. PROPOSIÇÃO DE OBRAS PARA RETENÇÃO DE CHEIAS

Tucci (2008) apresenta a definição das fases de desenvolvimento das águas urbanas (Figura 56), defendendo que o Brasil se encontra no período higienista, onde o escoamento da chuva é canalizado e, assim, a problemática é transferida para as áreas a jusante. A consequência desse fenômeno é observada na contaminação dos rios, no impacto nas fontes de água e nos eventos de inundações.



Figura 56 – Fases do desenvolvimento das águas urbanas

Fonte: Adaptado de TUCCI (2008)

Para restaurar o fluxo natural dos rios, tem-se a transição para a fase corretiva. Isso, no entanto, não sanaria a problemática ambiental, uma vez que esse método implica na construção de obras hidráulicas para controlar as ondas de cheia. Dessa maneira, a fase final vem com a premissa do desenvolvimento sustentável, que envolve a implementação de técnicas de contenção de enchentes baseadas em princípios naturais. Essas abordagens, conhecidas como técnicas compensatórias de drenagem urbana, buscam minimizar o impacto ambiental, possibilitando a adoção de um modelo mais sustentável.

De modo a perseguir o ideal do desenvolvimento sustentável, nesse capítulo são selecionadas as obras de cunho estrutural que auxiliarão na mitigação das ondas de cheia vivenciadas no município de Pouso Alegre.

2.5.1. Critérios para escolhas das obras

Segundo a SUDERHSA (2002) existem dois diferentes tipos de sistemas de drenagem: os tradicionais e as medidas de contenção na fonte (MC). Na Figura 47 podem ser observados os detalhes desses sistemas.

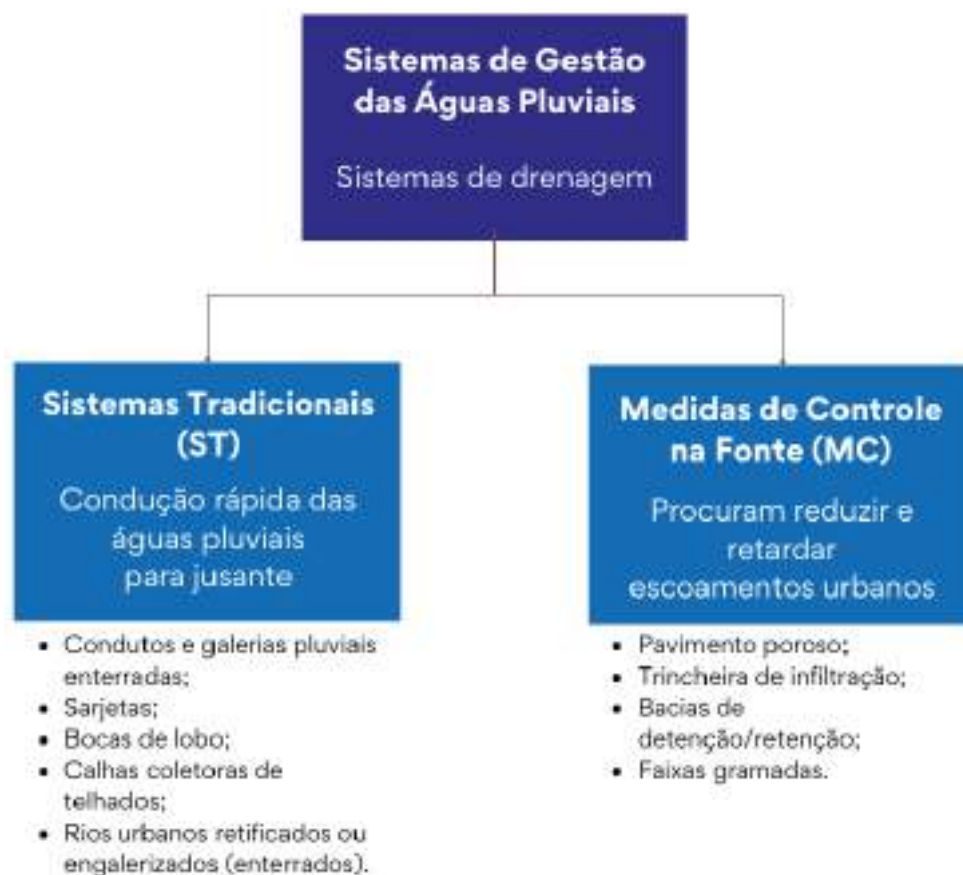


Figura 57 – Sistemas de drenagem

Fonte: Adaptado de SUDERHSA (2002)

Conforme apresentado pela Figura 48, os sistemas de drenagem tradicionais operam de modo a realizar uma condução rápida das águas pluviais para os locais a jusante, sendo exemplos comuns os condutos e galerias pluviais enterradas, sarjetas, bocas de lobo e similares. Já as medidas de controle na fonte fornecem alternativas que incentivem a diminuição e a retenção, visando aprimorar a eficiência dos sistemas tradicionais de escoamento pluvial ou até mesmo evitar a necessidade de expansões dessas estruturas (nesse caso, são exemplos: bacias de retenção/detenção, trincheiras de infiltração e outros).

No entanto, SUDERHSA (2002) apresenta que as estruturas convencionais, como tubulações subterrâneas, podem ser substituídas por alternativas de controle na fonte, embora nem sempre seja viável em todas as situações. Um planejamento moderno de drenagem urbana deve integrar de forma coesa e harmoniosa tanto as infraestruturas de transporte quanto as de redução/retenção de água.

Ainda, são apresentados os diferentes tipos de medidas de controle na fonte (MC), que podem ser divididos entre dispositivos de armazenamento, de infiltração ou até mistos, conforme apresentado pela Figura 48.

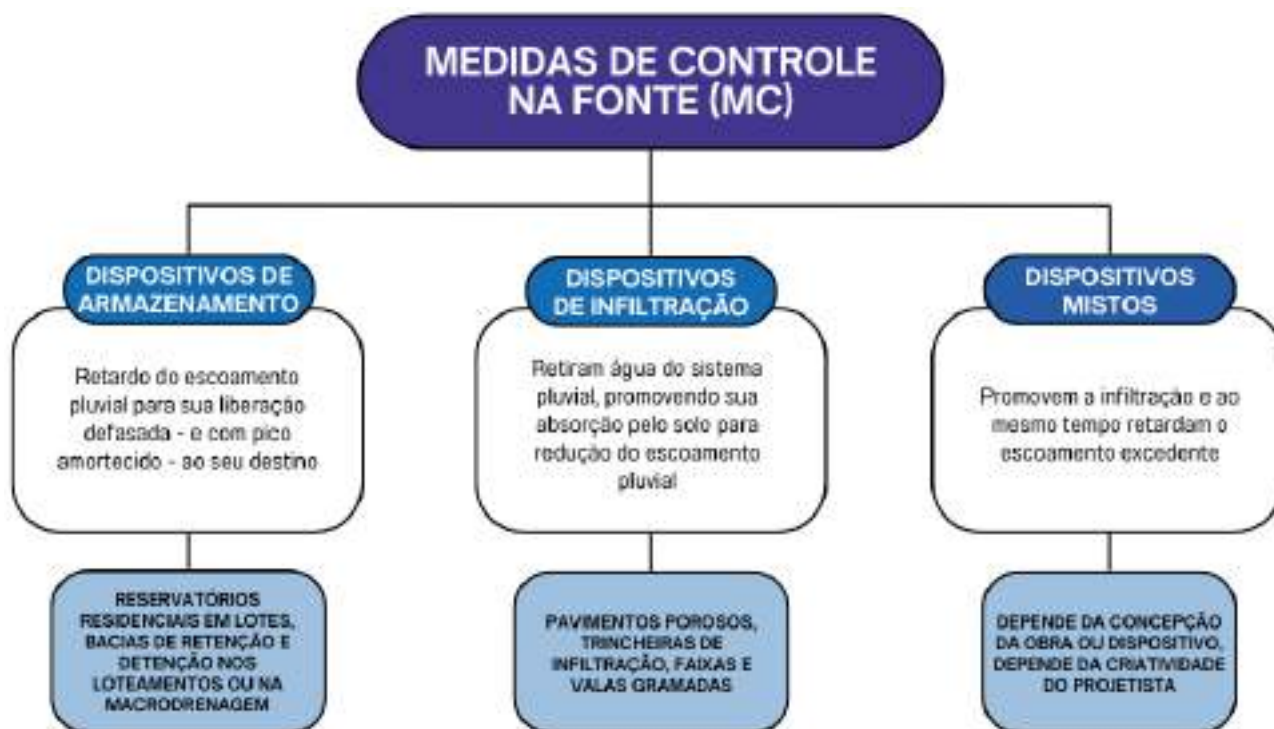


Figura 58 – Segmentações das MCs

Fonte: Adaptado de SUDERHSA (2002)

Na Tabela 4 são apresentadas as principais medidas de controle utilizadas.

Tabela 4 – Medias de controle (MC) básicas

Obra	Característica principal	Variantes	Função	Efeito
Pavimento Poroso	Pavimentos com camada de base porosa para servir como reservatório	O revestimento superficial pode ser permeável ou impermeável, sendo possível a injeção pontual na camada de base porosa. A drenagem pode ocorrer por infiltração no solo ou ser direcionada para um ponto de descarga	A retenção temporária da água da chuva pode ser feita diretamente no pavimento, e as áreas circundantes também podem ajudar na coleta	Redução e/ou diminuição do escoamento de pluvial proveniente do pavimento e de áreas externas adjacentes
Trincheira de infiltração	Reservatório linear escavado no solo e preenchido com material poroso	Trincheira no solo para infiltração ou retenção, com drenagem controlada por meio de um ponto de saída	A água da chuva pode ser infiltrada no solo ou retida de maneira concentrada e linear em uma superfície adjacente	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado em área marginal

Obra	Característica principal	Variante	Função	Efeito
Vala de infiltração	Depressões lineares em terreno permeável	Vala de infiltração eficaz no solo ou uma vala de retenção sobre um terreno de baixa permeabilidade	A água da chuva pode ser absorvida pelo solo ou retida no leito da vala, quando precipitada em áreas adjacentes	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado em área vizinha
Poço de infiltração	Reservatório pontual e vertical escavado no solo	Um poço revestido, podendo ser preenchido com material poroso ou não, utilizado tanto para infiltração eficaz quanto para injeção direta no lençol freático	A água da chuva pode infiltrar de forma pontual, tanto na camada não saturada quanto na saturada do solo, quando precipitada em áreas adjacentes	Retardamento e/ou redução do fluxo de água pluvial proveniente da área de contribuição do poço
Micro reservatório	Reservatório de pequenas dimensões, estilo "caixa d'água" residencial	Com fundo em solo ou vedado, podendo estar vazio ou preenchido com material poroso, similar a uma cisterna	Armazenamento temporário do escoamento pluvial proveniente de áreas adjacentes impermeabilizadas	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial de áreas impermeabilizadas
Telhado verde	Telhado com funcionamento de reservatório	Vazio ou preenchido com material poroso	Retenção temporária da água da chuva no telhado do prédio	Retardo do escoamento pluvial da própria edificação
Bacia de detenção	Reservatório vazio (sem lâmina d'água permanente)	O reservatório pode ser construído sobre um leito natural ou escavado, podendo o leito ser em solo permeável, impermeável ou revestido	Escoamento superficial da área contribuinte pode ser temporariamente armazenado ou infiltrado no solo	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Bacia de retenção	Reservatório com lâmina d'água permanente	Leito permeável, no qual o lençol freático aflora, ou então com um leito impermeável	Armazenar temporariamente ou permitir a infiltração no solo do escoamento superficial proveniente da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Bacia subterrânea	Reservatório coberto, abaixo do nível do solo	Reservatório pode estar vazio, fechado hermeticamente e estanque, ou então preenchido com um material poroso	Armazenamento temporário do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Condutos de armazenamento	Condutos e dispositivos com função de armazenamento	Condutos e reservatórios alargados, e ainda é possível instalar condutos e reservatórios extras em paralelo.	Armazenamento temporário do escoamento dentro do sistema pluvial	Amortecimento do escoamento afluente

Obra	Característica principal	Variantes	Função	Efeito
Faixas gramadas	Faixas de terreno marginais a corpos d'água	Faixas gramadas ou arborizadas	Áreas de escape para enchentes	Amortecimento de cheias e infiltração de contribuições laterais

Fonte: Adaptado de SUDERHSA (2002)

No entanto, por se tratar de um empreendimento de engenharia, cabe ressaltar que existem critérios de implementação que devem ser seguidos, de modo que as instalações funcionem de maneira eficiente e segura. SUDERHSA (2002) apresenta uma metodologia de recomendação de diferentes critérios, baseada em Schueler (1987) – Manual de Drenagem de Washington, EUA e Azzout et al. (1994). Na Figura 59 e Figura 60 podem ser observados os critérios e suas condicionantes.



Figura 59 – Critérios e suas condicionantes para implementação das MCs – Parte 1

Fonte: Adaptado de SUDERHSA (2002)

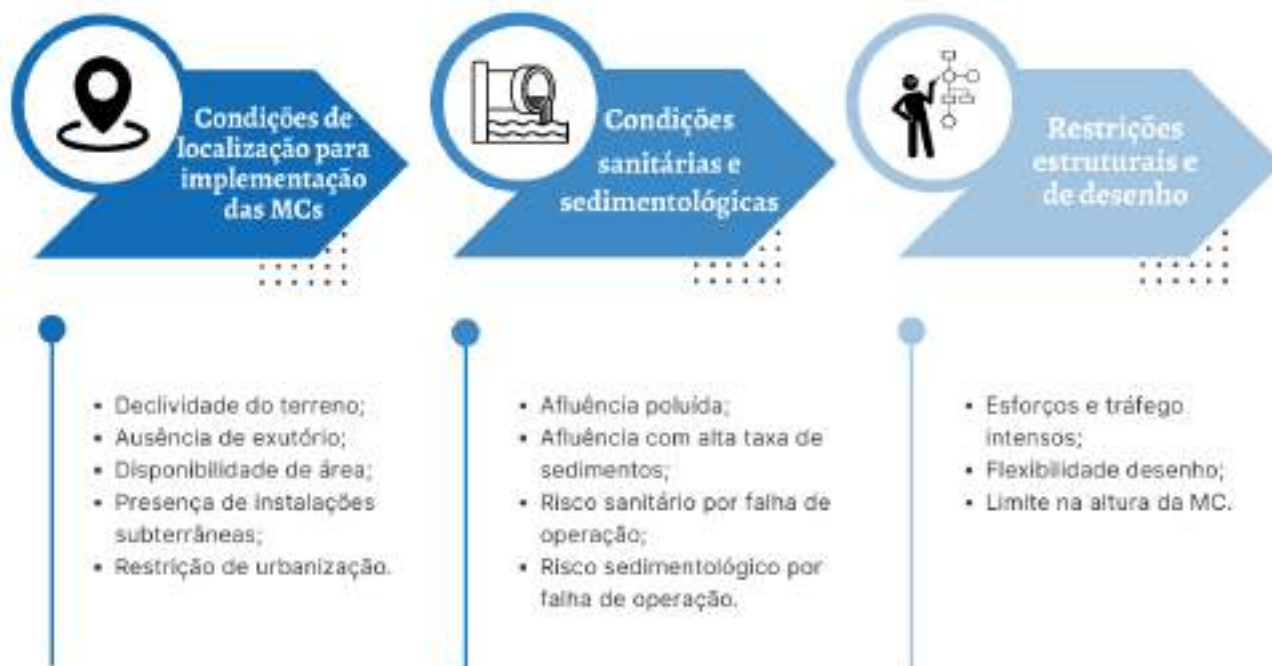


Figura 60 – Critérios e suas condicionantes para implementação das MCs – Parte 2

Fonte: Adaptado de SUDERHSA (2002)

Para cada condicionante componente de um critério são definidas avaliações classificando-as entre “viabilidade de implantação”, “viabilidade dependente de condição específica” e “inviável, a princípio”, conforme apresentado na sequência.

2.5.1.1. Área da bacia de contribuição

A própria natureza das MCs apresenta dispositivos concebidos para controle na fonte de pequenas áreas, enquanto outros possuem melhor desempenho em áreas maiores. De certa forma, existe uma tendência de as áreas controladas serem maiores para os dispositivos de retenção ou detenção e menores para os de infiltração. Frente a isso, é importante ressaltar que os valores apresentados pela Figura 51 se tratam de indicativos, parametrizados com base nas bibliografias citadas anteriormente.

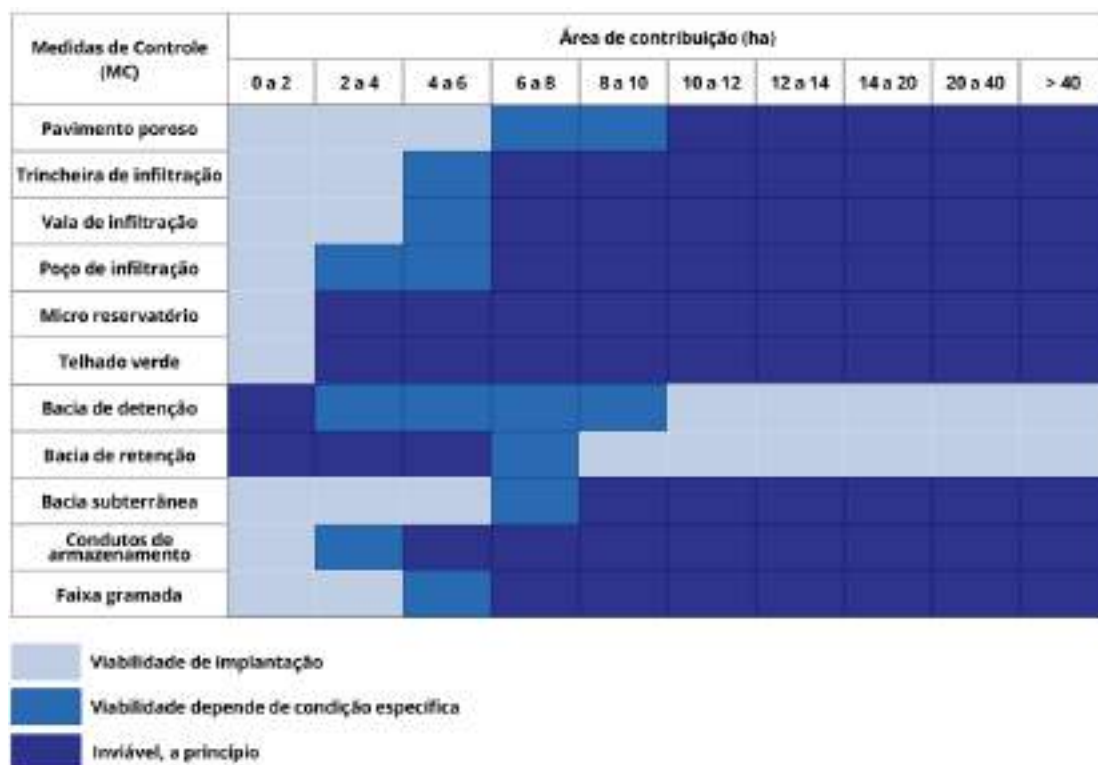


Figura 61 – Áreas contribuintes adequadas para as MCs

Fonte: Adaptado de SUDERHSA (2002)

2.5.1.2. Restrições de capacidade de infiltração no solo

Alguns MCs são muito influenciados pela capacidade de infiltração do solo, uma vez que capacidades inferiores a 7 mmh^{-1} , consideradas baixas, praticamente inviabilizam a implementação de MCs do tipo infiltração, enquanto altas taxas de infiltração podem prejudicar as lâminas d'água permanentes de bacias de retenção, por exemplo. Na Figura 53 são apresentadas as restrições quanto a capacidade de infiltração no solo.

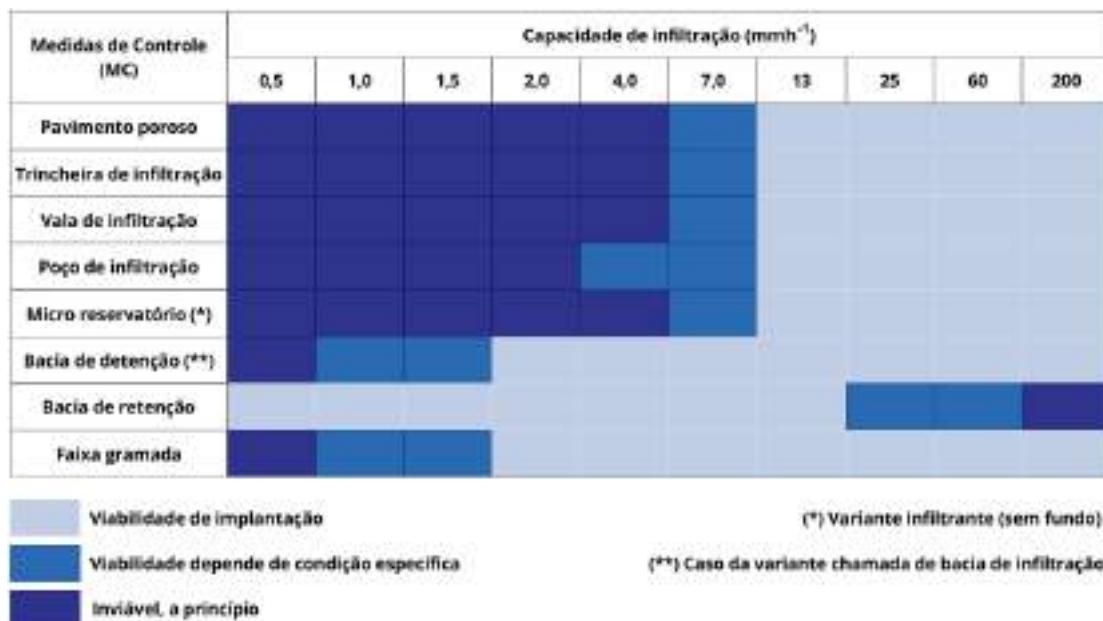


Figura 62 – Restrições de capacidade de infiltração no solo para as MCs

Fonte: Adaptado de SUDERHSA (2002)

2.5.1.3. Condições solo-aquífero para implementação de MCs

No caso deste critério, existem quatro condicionantes diferentes que podem ou não viabilizar a implementação das MCs, são elas:

- **Nível do lençol freático:** Diminui a capacidade de drenagem do dispositivo ao afetar a infiltração de água no solo (fenômeno conhecido como exfiltração). Vale ressaltar que é considerado nível alto de lençol freático quando este se encontra a menos de 1 metro do fundo da MC;
- **Risco de contaminação de aquífero:** Nas áreas de recarga de aquíferos, existe o risco de contaminação devido à possível infiltração de águas superficiais contaminadas, provocada pelas Medidas de Controle (MCs). Mesmo em MCs que não se baseiam na infiltração, são imprescindíveis precauções para proteger as zonas de recarga;
- **Fragilidade do solo à ação da água:** Em solos argilosos ou com alta concentração de finos, a presença frequente de água pode causar desestruturação, levando à perda de sua capacidade de suporte e características hidráulicas. Esses tipos de solos são inadequados para a instalação de dispositivos de infiltração, bem como para bacias de detenção e retenção, pois o fundo pode tornar-se excessivamente barrento ou lodoso;

- Permeabilidade do subsolo: Quando o subsolo, ou a camada superficial do solo, apresenta baixa permeabilidade devido à compactação excessiva ou à presença de rochas, a eficácia dos dispositivos de infiltração pode ser comprometida. Da mesma forma, níveis elevados do lençol freático podem limitar a capacidade de drenagem de uma área controlada por um dispositivo de infiltração. Além disso, a existência de camadas rochosas ou solos muito duros dificulta a escavação necessária para a construção de bacias de retenção, retenção ou subterrâneas.

Tomando essas diretrizes como base, na Figura 54 são apresentadas as condicionantes para esse critério.

Medidas de Controle (MC)	Condições solo-aquífero			
	Freático alto	Aquífero em risco	Solo frágil à água	Subsolo impermeável
Pavimento poroso				
Trincheira de infiltração				
Vala de infiltração				
Poço de infiltração				
Micro reservatório				
Telhado verde				
Bacia de retenção				
Bacia de retenção				
Bacia subterrânea				
Condutores de armazenamento				
Faixa gramada				

	Viabilidade de implantação
	Viabilidade depende de condição específica
	Inviável, a princípio

Figura 63 – Condições solo-aquífero para implementação das MCs

Fonte: Adaptado de SUDERHSA (2002)

2.5.1.4. Condições de localização para implementação das MCs

No que diz respeito ao critério de localização para implementação das medidas de controle, existem cinco diferentes condicionante, são elas:

- Declividade do terreno: Altas declividades podem limitar o uso de MCs em determinadas áreas. Segundo Schueler (1987), declividades superiores a 5% não são adequadas para pavimentos permeáveis e valas de infiltração, enquanto declividades acima de 20% não são recomendadas para trincheiras de infiltração ou áreas gramadas;
- Ausência de exutório: MCs que não dependem da infiltração requerem um ponto de saída, um exutório, para liberar o volume de água regulado. No entanto, em algumas áreas, pode não haver uma rede pluvial ou um curso d'água próximo capaz de receber esse fluxo. Além disso, em certas áreas, restrições ambientais podem proibir o descarte desse tipo de água. As MCs de infiltração, em princípio, enfrentam menos problemas nesse aspecto, mas é importante considerar as consequências de chuvas mais intensas do que as projetadas;
- Disponibilidade de área: Em áreas muito congestionadas ou com pouco espaço disponível, é comum que haja restrições significativas para a implementação de certos tipos de MC, que requerem espaços mais amplos. Por exemplo, bacias de retenção e detenção, pavimentos porosos e bacias subterrâneas podem ser inviáveis em tais condições, devido à falta de área livre necessária para sua instalação;
- Presença de instalações subterrâneas: As MCs que funcionam por infiltração têm como objetivo permitir que a água percole no solo, mas essa prática pode acarretar danos às fundações de edifícios próximos e às redes subterrâneas de serviços públicos, como telefonia. Além disso, há o risco de contaminação dos poços de captação de água, portanto, bacias de detenção e retenção que também envolvem infiltração, não são aconselháveis nessas situações;
- Restrição de urbanização: Existem MCs que são mais adequadas a certos tipos específicos de urbanização ou uso do solo. Por exemplo, os pavimentos porosos são comumente instalados em estacionamentos ou vias de tráfego leve, dado que sua resistência geralmente não é compatível com tráfego pesado. Outro exemplo são as valas de infiltração, projetadas para loteamentos com baixa densidade de ocupação

(até cerca de 60 hab/ha), e não seriam apropriadas para áreas com alta densidade habitacional.

Tomando essas diretrizes como base, na Figura 55 são apresentadas as condicionantes para esse critério.

Medidas de Controle (MC)	Condições de localização				
	Alta declividade	Ausência de exutório	Restrição de área disponível	Presença de instalações subterrâneas	Restrição de urbanização
Pavimento poroso					
Trincheira de infiltração					
Vala de infiltração					
Poço de infiltração					
Micro reservatório					
Telhado verde					
Bacia de detenção					
Bacia de retenção					
Bacia subterrânea					
Condutos de armazenamento					
Faixa gramada					

	Viabilidade de implantação
	Viabilidade depende de condição específica
	Inviável, a princípio

Figura 64 – Condições de localização para implementação das MCs

Fonte: Adaptado de SUDERHSA (2002)

2.5.1.5. Condições sanitárias e sedimentológicas

A análise das condições sanitárias e sedimentológicas é balizada através de quatro diferentes condicionantes:

- **Afluência poluída:** Nos países em desenvolvimento, as condições sanitárias e sedimentológicas podem representar grandes restrições ao uso das MCs, uma vez que elas não suportam afluências poluídas de esgoto e águas contaminadas pelas ruas. Para contornar esse problema, é possível implementar estruturas de pré-tratamento antes do ponto de entrada, porém, dependendo do nível de poluição,

podem ser necessárias estruturas mais elaboradas e dispendiosas do que a própria MC que se pretende proteger;

- Afluência com alta taxa de sedimentos: Assim como mencionado para afluências poluídas, as MCs listadas não suportam afluências com altas cargas de sedimentos e resíduos. A solução para contornar esse problema pode envolver o dimensionamento de estruturas de retenção de sedimentos e resíduos mais complexas e dispendiosas. Em bacias de detenção e retenção maiores, essas estruturas seriam mais viáveis, e a limpeza mecanizada poderia ser uma opção factível;
- Risco sanitário por falha de operação: Em MCs de maior escala, que envolvem a operação de comportas e equipamentos mecânicos, como pode ser o caso de bacias de detenção e retenção, há o risco de falhas operacionais (e de manutenção), resultando no acúmulo ou dispersão de escoamentos altamente contaminados. Em situações onde não se pode assegurar o bom funcionamento dessas estruturas, sua utilização não é recomendada. Por exemplo, micro reservatórios e telhados verdes devem ser submetidos a manutenção regular para prevenir obstruções nos condutos de descarga, evitando o acúmulo excessivo de água, o que pode propiciar a reprodução de mosquitos;
- Risco sedimentológico por falha de operação: As diretrizes são semelhantes às relacionadas ao risco sanitário. O acúmulo de sedimentos, devido a uma operação inadequada ou à falta de remoção sistemática, pode tornar ineficazes as bacias de retenção e detenção. Para as demais MCs, não há o risco de uma operação inadequada (se houver) resultar em um problema sedimentológico significativo.

Na Figura 56 podem ser observadas as condicionantes relacionadas as condições sanitárias e sedimentológicas.

Medidas de Controle (MC)	Condições sanitárias e sedimentológicas			
	Afluência poluída	Afluência com alta taxa de sedimentos	Risco sanitário por falha de operação	Risco sedimentológico por falha de operação
Pavimento poroso				
Trincheira de infiltração				
Vala de infiltração				
Poço de infiltração				
Micro reservatório				
Telhado verde				
Bacia de detenção				
Bacia de retenção				
Bacia subterrânea				
Conduto de armazenamento				
Faixa gramada				

	Viabilidade de implantação
	Viabilidade depende de condição específica
	Inviável, a princípio

Figura 65 – Condições sanitárias e sedimentológicas

Fonte: Adaptado de SUDERHSA (2002)

2.5.1.6. Restrições estruturais e de desenho

As restrições estruturais e de desenho são condicionadas a existência de três diferentes tópicos, conforme apresentado abaixo:

- Esforços e tráfego intensos: O tamanho da estrutura de uma MC pode tornar sua implementação inviável se estiver sujeita a cargas muito pesadas, como tráfego intenso. Por exemplo, os dispositivos de infiltração podem sofrer danos sob o peso de veículos ou pedestres (com exceção do pavimento poroso, nesse último caso). As estruturas de bacias subterrâneas e condutos enterrados de armazenamento devem ser projetadas para resistir a esforços e vibrações sem se romperem. O telhado verde pode ser comprometido se a carga sobre a estrutura de suporte for excessiva.
- Flexibilidade de desenho: Quando comparamos diferentes opções de MC, algumas delas são desfavorecidas devido a restrições de design. O micro reservatório de lote

(estaque), por exemplo, requer um arranjo que permita o escoamento por gravidade até a rede pluvial. Já a bacia subterrânea possui um design condicionado pela necessidade de resistir a esforços e pela obrigação de esgotamento por gravidade. Por sua vez, o telhado verde é limitado pela configuração arquitetônica da edificação;

- Limite na altura da MC: Para as MCs com infiltração e as do tipo bacia, que também dependem da infiltração para funcionamento, a comparação entre o tempo de residência desejado (tipicamente 2 a 3 dias para a remoção de poluição leve) e a altura desejada para o dispositivo (determinada pelo controle volumétrico) pode impor uma limitação se a capacidade de infiltração do solo não for adequada.

Na Figura 57, a seguir, são apresentadas as condicionantes relacionadas as restrições estruturais e de desenho.

Medidas de Controle (MC)	Restrições estruturais e de desenho		
	Esforço e tráfego intensos	Flexibilidade de desenho	Limite na altura da MC
Pavimento poroso			
Trincheira de infiltração			
Vaia de infiltração			
Poço de infiltração			
Micro reservatório			
Telhado verde			
Bacia de detenção			
Bacia de retenção			
Bacia subterrânea			
Condutos de armazenamento			
Faixa gramada			

	Viabilidade de implantação
	Viabilidade depende de condição específica
	Inviável, a princípio

Figura 66 – Restrições estruturais e de desenho

Fonte: Adaptado de SUDERHSA (2002)

Assim, tendo em vista todos os aspectos condicionantes apresentados, além das próprias restrições do território, pode-se definir os locais onde serão propostas as obras de infraestrutura para mitigação de cheias.

2.5.2. Definição das obras

Como apontando no item anterior, um planejamento moderno de drenagem urbana deve integrar de forma coesa e harmoniosa estruturas tradicionais e medidas de controle (MCs). Com base nisso, serão elencadas ações estruturantes para mitigar as problemáticas identificadas no Prognóstico deste Plano. Vale ressaltar que o Produto 3 – relatório 1 apresenta as obras prospectadas, existentes ou em construção atinentes a macrodrenagem, portanto é escopo do presente plano trazer como parte integrante de suas propostas sugestões para implementação de alguns desses empreendimentos, que ainda não se encontram de fato efetivados no município mas que se mostraram promissores em mitigar os problemas relacionados a macrodrenagem, diagnosticados no Produto 4 – relatórios 1 e 2 deste Plano. Na Figura 67 podem ser observadas as obras propostas.

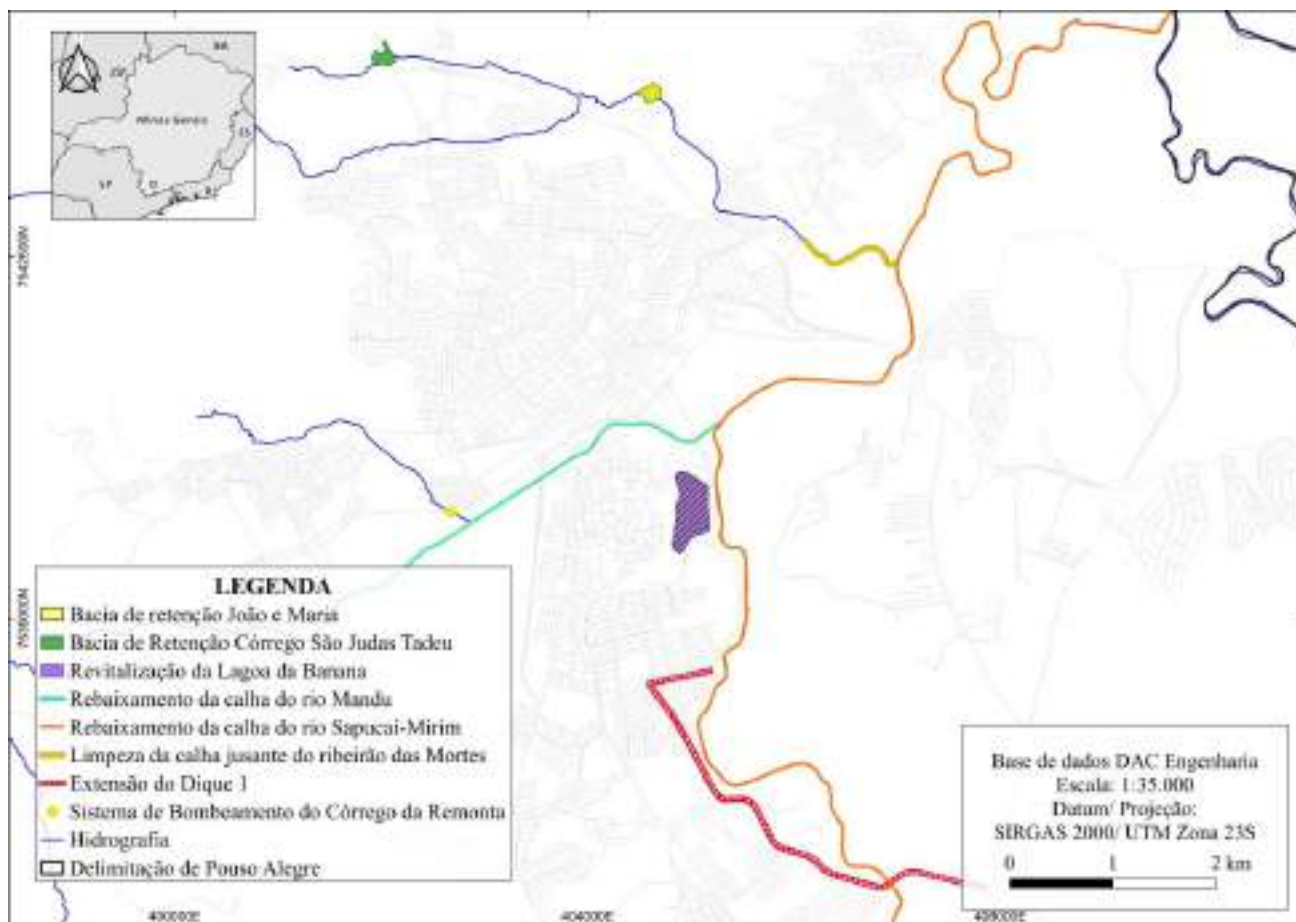


Figura 67 – Localização das intervenções prospectadas

Cada uma das obras foi pensada de modo a solucionar uma problemática diagnosticada e levantada nos Produtos anteriores. As motivações, detalhes e características iniciais de cada uma dessas obras são apresentadas a seguir.

2.5.2.1. Bacia de retenção córrego São Judas Tadeu

Na bacia do córrego São Judas Tadeu, a maior problemática identificada em área urbana trata-se de uma porção do bairro Cantagalo, a montante da seção canalizada do córrego, onde desce um afluente canalizado por baixo de algumas residências, além de se tratar de um local de extravasamento da calha por conta da vazão de contribuição da parte mais alta da bacia. Na Figura 59 é apresentada a localização da bacia de retenção do córrego São Judas Tadeu.



Figura 68 – Localização da bacia de retenção córrego São Judas Tadeu

A bacia de retenção córrego São Judas Tadeu já se encontra preconizada no Plano de Macrodrenagem do Ribeirão das Mortes, realizado por DAC (2020). Nesse sentido, dado sua comprovada necessidade de implementação em face da problemática de inundação levantada ao realizar as simulações hidrológicas e hidráulicas no local, o presente plano se apresenta como instrumento para reforçar a efetivação dessa obra. A princípio, pretende-se reservar uma área de 3,1 ha para instalação desse empreendimento.

2.5.2.2. Revitalização da calha do Mandu

O município de Pouso Alegre encontra-se na porção de deságue do rio Mandu no Sapucaí-Mirim, em sua parte menos declivosa, portanto trata-se de um local em que há grande acúmulo de sedimentos. Dessa maneira, é necessário que a calha seja desobstruída de modo a proporcionar uma melhora no escoamento e, portanto, mitigar eventuais problemas relacionados as cheias no local.

A intervenção nesse caso se limita a porção jusante da captação da COPASA, com uma extensão de 4,15 km, uma vez que qualquer intervenção muito próxima a essa região pode influenciar negativamente no local de capção de água da referida Companhia. Na Figura 60 pode ser observada a extensão da intervenção.



Figura 69 – Extensão da revitalização da calha do rio Mandu

2.5.2.3. Revitalização da calha do Sapucaí-Mirim

O Sapucaí-Mirim, similarmente ao que ocorre com o Mandu, também possui seu exutório no interior do município de Pouso Alegre, portanto trata-se de sua porção mais plana e sedimentada. Nesse contexto, é imprescindível a desobstrução de sua calha, para atenuar os efeitos das cheias, uma vez que a cheia do Sapucaí-Mirim ocasiona o represamento do Ribeirão das Mortes em eventos de cheia, agravando o cenário de inundação nos bairros afetados pelo ribeirão.

A revitalização proposta seria realizada nos 18,06 km de calha que margeiam a zona urbana do município, como pode ser verificado na Figura 61. O processo consistirá na limpeza e aprofundamento da calha do rio, de modo a se criar uma maior área de seção

transversal, facilitando o escoamento e facilitando o funcionamento da drenagem de seus afluentes.



Figura 70 – Extensão da revitalização da calha do Sapucaí-Mirim

2.5.2.4. Sistema de bombeamento do Córrego da Remonta

O córrego da Remonta possui seu exutório no Rio Mandu, as margens do Bairro Yara. Visando conter as cheias provenientes do Mandu na região, foi implementada a Av. Antonio Mariosa), entretanto, devido a conformidade do terreno natural do bairro Yara, essa estrutura represa a cheia do córrego que acaba extravasando no citado bairro. Sendo assim, é recomendado um sistema de contenção de cheias que possibilite o escoamento da vazão para o Mandu.

O sistema proposto é composto por um reservatório localizado antes da estrutura do dique. Esse reservatório parte da vazão que ficaria represada pelo dique, a qual será bombeada para o Mandu quando a comporta for fechada. A estrutura também contará com uma comporta equipada por um válvula bi-direcional, a fim de que o fluxo proveniente do

Mandu não retorne, e que funcionará como controle de fluxo em épocas de cheia. A estrutura sugerida é ilustrada na Figura 71.



Figura 71 – Sistema de bombeamento no Córrego da Remonta

2.5.2.5. Extensão da Dique 1

Pouso Alegre já conta com um sistema de diques em implementação, entretanto ainda existem áreas que podem se beneficiar da existência dessas estruturas, pensando nisso é sugerido uma obra de extensão da estrutura do dique 1, a qual além de funcionar como medida de contenção também seria uma obra de infraestrutura, conectando uma avenida importante do município a BR-381. A estrutura funcionará como dique em apenas um trecho da sua extensão, o restante servirá apenas como estrutura rodoviária, integrando a Avenida Ayrton Senna com o trecho que dá acesso à Rodovia Fernão Dias.

A estrutura total terá a extensão de 4,45 km, sendo que 1,21 km funcionará como dique. Essa estrutura protegerá principalmente os bairros Árvore Grande e Recanto dos Rios. O restante da extensão se caracterizará como uma avenida de mesmo porte que a já

existente, consistida pela Av. Ayrton Senna. A extensão e localização da obra sugerida é ilustrada na Figura 72.



Figura 72 – Extensão do Dique 1

2.5.2.6. Revitalização da lagoa da Banana

É importante em sistemas de drenagem que existam áreas com capacidade de armazenamento para eventos extremos de precipitação. Dado isso, prospecta-se a utilização da área da lagoa da banana para atuar como uma área de retenção dessa vazão. A lagoa tem sua formação na área de várzea adjacente ao Dique 1. Sendo assim, para a utilização da lagoa é necessário um programa de revitalização do corpo hídrico.

A revitalização da lagoa deverá contar com a limpeza e desassoreamento da cavidade da mesma, além da checagem da origem dos descartes irregulares. A lagoa possui uma área de 20 ha de espelho d'água, que após a obra projeta-se que será capaz de amortizar a vazão que seria retida no sistema de drenagem, tornando o sistema de drenagem do Bairro São Geraldo mais eficiente. Além de ser um mecanismo de contenção, é possível tornar a

área da lagoa em um local de lazer para população fora do período chuvoso. A localização da lagoa é representada na Figura 73.



Figura 73 – Localização da lagoa da Banana

2.5.2.7. Bacia de retenção João Maria

A bacia do Ribeirão das Mortes tem em andamento a execução de duas bacias de retenção, a do Parque da Cidade e a da Andorinhas, entretanto apenas essas estruturas não são suficientes pra amortizar a cheia do ribeirão. Logo, é sugerida mais uma bacia com maior capacidade de vazão, que se localizará a montante dos bairros Fatima II, Fatima III e Faisqueira. A construção dessa obra criará um ambiente mais seguro para os moradores que se encontram a jusante da mesma, além de amortizar a vazão direcionada para o Sapucaí-Mirim. É recomendado que a obra seja efetivada para que essa funcione em conjunto com as outras já em fase de projeto.

A bacia abrangerá uma área de 2,7 ha localizada num local que favorece o acúmulo hídrico, o que tornará a obra efetiva. A bacia representará a maior obra do sistema em quesitos de amortização de vazão a ser retida dentro da bacia, sendo que as outras obras

trabalharam em conjunto de modo a criar um sistema de macrodrenagem efetivo em contenção de cheias. A extensão da bacia e sua localização é apresentada na Figura 74.



Figura 74 – Localização da bacia João Maria

2.5.2.8. Limpeza ribeirão das Mortes

Além da implementação de mecanismos de mitigação de cheias no curso hídrico, é importante manter a estrutura da calha fluvial favorável ao escoamento. De todas as obras já executadas e prospectadas para a bacia do Ribeirão das Mortes, a limpeza da sua parte jusante até sua foz é a etapa final para garantir que todo o escoamento ocorra de modo favorável para o Sapucaí-Mirim. A obra é um complemento da revitalização da calha e do bueiro da Scodeler.

A intervenção teria a extensão de 1,11 km, na qual seria feita a limpeza das margens e da calha fluvial de modo a desobstruir o escoamento, o que acarretaria num menor tempo de retenção da vazão dentro do ribeirão. A extensão da obra e sua localização é indicada na Figura 75.



Figura 75 – Trecho de limpeza do ribeirão das Mortes

3. PROPOSTAS DE CUNHO PRIORITÁRIO

O presente tópico aborda de maneira minuciosas as ações prioritárias que objetivam o enfrentamento dos problemas da macrodrenagem. Foram propostas diversas medidas estratégicas com o intuito de promover uma gestão sustentável das águas pluviais e mitigar os impactos das enchentes, entre outras ações. No conteúdo deste capítulo são abordadas ações que priorizam a garantia de preservação ambiental e uma melhor qualidade de vida para a população. As proposições abordadas destacam os tópicos a seguir:

- Programa de Gerenciamento das Águas Pluviais: operar uma gestão eficaz das águas pluviais, estabelecendo mecanismos sólidos e bem estruturados.
- Programa para Melhoria da Infiltração das Águas Pluviais: recuperação de matas ciliares e áreas degradadas desempenha um papel essencial ao facilitar a infiltração adequada das águas pluviais, diminuindo a carga sobre os sistemas de drenagem e reduzindo os riscos de erosão e inundações.
- Programa de Desimpermeabilização: estimular a redução da impermeabilização do solo, por meio de estratégias que instiguem a infiltração natural e atenuem os efeitos das cheias.
- Programa de Gerenciamento da Ocupação em Locais de Risco Hidrológico e Geológico: pensado de modo a garantir a segurança dos habitantes do município, estabelecendo medidas que controlem a ocupação de áreas suscetíveis a riscos naturais.
- Programa de Fiscalização: efetivar a fiscalização sobre as intervenções sugeridas nesse plano e que se relacionem a macrodrenagem, sendo determinante para a eficiência das obras.

É previsto que essas ações promovam uma alteração significativa para gestão das águas pluviais em Pouso Alegre.

3.1. PROPOSIÇÃO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Segundo o Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT 3 (2013), a gestão das águas pluviais tem como base a compreensão da área de atuação, os resultados obtidos no diagnóstico e na identificação de critérios e diretrizes para se

realizar o planejamento necessário. O mesmo texto apresenta que o critério norteador desse gerenciamento é:

Fomentar a gestão integrada de águas pluviais e de riscos de inundação, concebida na forma de um sistema organizacional, para promover o controle das águas urbanas, por meio de intervenções estruturais aliadas a outras não estruturais, com coordenação dos atores envolvidos, articulação de políticas públicas, realização de ações de controle social, capacitação técnica e sustentabilidade econômico-financeira (PDMAT 3, 2013).

A partir desse pensamento fica evidente a necessidade de se executar um gerenciamento das águas pluviais, ligando-o a diversos outros fatores como o uso e a ocupação do solo da cidade. Além disso, há uma carência de regulamentações ligadas a drenagem urbana que causa o aparecimento apenas de medidas pontuais que deixam de lado a abrangência do município e as delimitações das bacias hidrográficas (PDMAT 3, 2013).

Outra crítica realizada é na fragmentação das responsabilidades da macrodrenagem de um determinado local, evidenciando a necessidade de se concentrar os encargos para Prefeitura Municipal e suas esferas administrativas em parceria com a Defesa Civil, que serão responsáveis pelo planejamento, regulação, na fiscalização e na prestação dos serviços de drenagem.

O planejamento em si deve ser realizado de forma a garantir uma descrição completa organizacional de todas as ações propostas para a gestão dos recursos. O PDMAT 3, 2013 aborda novamente um critério norteador para tal planejamento, dizendo que ele “elabora planos, programas, metas e estratégias e deve ser exercido com boa visão prospectiva, sistêmica e intersetorial por corpo técnico qualificado”.

Partindo dos princípios citados de competências e responsáveis, cabe então a Prefeitura Municipal e a Defesa Civil (PDMAT 3, 2013):

- Compatibilizar os instrumentos jurídico-legais de controle de uso e ocupação do solo às prioridades definidas nos Planos de Drenagem Urbana e Controle de Inundações;

- Elaborar o Plano Diretor de Drenagem Urbana e o Manual de Critérios para a Drenagem Urbana, considerando a inserção da abordagem sustentável para o manejo de águas pluviais;
- Desenvolver um sistema que fomente a capacitação, treinamento e qualificação do corpo técnico e educação ambiental para o público em geral, tendo como referência as melhores práticas existentes sobre o tema;
- Garantir a sustentabilidade socioeconômica e financeira da gestão da drenagem urbana em suas quatro funções;
- Estruturar e manter um Sistema de Informação, Monitoramento e Avaliação, com vistas a promover integração institucional, transparência, controle social e eficiência da gestão;
- Estruturar e manter, tecnológica e cadastralmente atualizados, sistema integrado de monitoramento, previsão, alerta e emergências; e,
- Estabelecer sistema organizacional que promova a integração de políticas setoriais, o uso das melhores práticas de gestão e propicie a participação social.

A próxima etapa seria a realização das operações ou prestações de serviço público realizadas para se atingir os objetivos do gerenciamento, permitindo o acesso dos usuários aos serviços devidamente regularizados (PDMAT 3, 2013). Essa etapa deve ser viabilizada diretamente pelos órgãos responsáveis, indiretamente por meio de contratos ou ainda por meio de autorizações a usuários.

Com as operações em andamento ou finalizadas, entra a etapa da regularização e fiscalização. A regularização abrange todos os procedimentos que estabelecem regras ou organizam um determinado serviço público, incluindo seus atributos, padrões de excelência, impacto ambiental e social, direitos e deveres dos usuários e dos responsáveis pela sua prestação, além da definição e revisão de tarifas e outros preços públicos.

A fiscalização compreende as ações de acompanhamento, supervisão, controle ou avaliação, visando assegurar a conformidade com as normas e regulamentos estabelecidos pelo governo e garantir o uso eficaz ou potencial do serviço público. Segundo o próprio texto analisado, os deveres dos órgãos responsáveis são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Atribuições para a regularização do gerenciamento das águas pluviais

Atribuições da regularização

Disciplinar a aplicação das normas e procedimentos que expressem as diretrizes de Drenagem Urbana nos Planos de Uso e Ocupação do Solo

Normatizar a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana e do Manual de Critérios para a Drenagem Urbana, considerando os preceitos da abordagem sustentável

Estabelecer normas e procedimentos que garantam a condução de ações de capacitação, treinamento e qualificação técnica, administrativa e de gestão e de educação ambiental para o público em geral

Normatizar instrumentos que assegurem o equilíbrio financeiro e que garantam segurança e qualidade dos serviços e autonomia e independência ao agente regulador

Estabelecer normas e procedimentos para o funcionamento do Sistema de Informação, Monitoramento e Avaliação

Disciplinar o funcionamento do sistema integrado de monitoramento, previsão, alerta e emergências; e,

Estabelecer normas e procedimentos de modo a propiciar segurança, qualidade e regularidade da prestação de serviços, com sustentabilidade técnica, econômica, financeira e ambiental, com autonomia e transparência nas decisões

Fonte: Adaptado de PDMAT 3, 2013.

Tabela 6 - Atribuições para a fiscalização do gerenciamento das águas pluviais

Atribuições da fiscalização

Garantir o cumprimento de normas e procedimentos que expressem as diretrizes de Drenagem Urbana nos Planos de Uso e Ocupação do Solo

Acompanhar a implementação e garantir o cumprimento do estabelecido no Plano Diretor de Drenagem Urbana e no Manual de Critérios para a Drenagem Urbana

Garantir o cumprimento de normas e instrumentos de regulação de pesquisa, capacitação e educação ambiental

Garantir o equilíbrio socioeconômico e financeiro da gestão;

Monitorar e garantir o funcionamento do Sistema de Informação, Monitoramento e Avaliação

Garantir o funcionamento do sistema integrado de monitoramento, previsão, alerta e emergências, de acordo com o estabelecido pelo planejamento e regulação

Garantir que o sistema organizacional seja técnico, econômico, financeiro e ambientalmente sustentável

Fonte: Adaptado de PDMAT 3, 2013.

Seguindo as informações citadas, foi elaborado uma série de ações para facilitar a aplicação e execução desse gerenciamento apresentadas nas Figura 76 e Figura 77.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Planejamento	Executar um planejamento detalhado viabilizando e descrevendo as ações a serem realizadas	Prefeitura Municipal	Utilizar as informações apresentadas por este plano, quantificar as problemáticas e qualificar de acordo com o grau de necessidade de gerenciamento. Criar programas que utilizem todos os dados pluviométricos coletados para a montagem de um banco de dados e fortalecer a continuidade da coleta de informações pluviométricas que possam impactar o município	Deve ser feito até o prazo imediato deste plano (até 2028)	Possibilitar a criação de um efetivo e detalhado programa de gerenciamento
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Regulação	Apresentar as normas e regulamentações para o gerenciamento dos recursos	Agência de regulação de saneamento (agência consorciada ou municipal)	Apresentar as diretrizes a serem seguidas para a realização do gerenciamento de forma legal, eficiente e justa para toda a população	Deve ser feito até o médio prazo deste plano (até 2033)	Garantir a execução correta das normas vigentes

Figura 76 - Propostas de Gerenciamento de águas pluviais

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Operação	Executar as etapas propostas no planejamento inicial	Prefeitura Municipal	Realizar as ideias planejadas no item anterior por profissionais qualificados da própria prefeitura ou contratados pela mesma. A operação deve se manter constante para manter o nível de comprometimento com o plano	Deve ser feito até o curto prazo deste plano (até 2033)	Gerenciar as águas pluviais que atingem o município, a resiliência da cidade
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Fiscalização	Garantir que o planejamento e todas as normas sejam seguidas	Prefeitura Municipal ou órgão atribuído	Promover uma fiscalização constante e programada para manter os padrões estabelecidos no planejamento	Deve ser feito até o curto prazo deste plano (até 2033)	Garantir a qualidade dos serviços executados

Figura 77 - Propostas de Gerenciamento de águas pluviais (continuação)

3.2. PROGRAMA PARA MELHORIA DA INFILTRAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS EM ÁREAS DEGRADADAS

Dada a problemática hídrica abordada por este plano, é impossível não caracterizar a importância da Mata Ciliar para o bom funcionamento da macrodrenagem de um município. Segundo SEMARH-BA (2007) a Mata Ciliar trata-se da vegetação localizada nas margens dos corpos hídricos formando uma barreira natural de proteção para o ambiente aquático.

Além disso, Ricardo (2008) reforça a importância da preservação dessas áreas para o equilíbrio ambiental, reduzindo o assoreamento e minimizando o acúmulo de sedimentos nos rios e a entrada de substâncias poluentes. Elas também servem como corredores que facilitam a movimentação genética entre fragmentos de florestas, oferecem habitat e alimento para a vida selvagem e atuam como uma barreira natural que impede a propagação de pragas e doenças nas plantações agrícolas. Por fim, se tratando de áreas florestadas, seu crescimento absorve carbono contribuindo para mitigar os gases de efeito estufa responsáveis pelas mudanças climáticas globais.

O autor ainda cita as dificuldades de se conseguir implementar e manter um projeto de recuperação por conta do seu tempo de duração, por isso, apresenta as principais preocupações para se ter na recuperação de áreas degradadas, apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Preocupações para a recuperação de áreas degradadas

Preocupações principais

Estabelecer as ações de recuperação, sempre atentando para o potencial de auto-recuperação ainda existente nas próprias áreas degradadas, ou que possam ser fornecidas pelos ecossistemas do entorno, aspectos definidos pelo histórico de degradação da área degradada e pelas características do seu entorno

Devem resultar na reconstrução de uma floresta com elevada diversidade, garantindo assim a perpetuação dessas iniciativas e, portanto, a restauração da diversidade regional

Todas as ações devem ser planejadas de forma a se constituir num programa ambiental da respectiva propriedade agrícola, incorporando o componente ambiental na estrutura de decisão dessas propriedades, inibindo assim que outras as ações de degradação venham a surgir

Fonte: Adaptado de Ricardo 2008

Outro fator que auxilia na proteção dessas áreas é a delimitação das APPs (Áreas de Proteção Permanente) descritas no Código Florestal, presente na Lei Federa nº 12.651 de

2012, que delimita a preservação obrigatória de faixas marginais de proteção no entorno de corpos hídricos de acordo com o seu tamanho.

Pouso Alegre possui áreas de APP de 30 e 50 metros em torno do Rio Mandu e APP de 50 metros em torno dos Rios Sapucaí e Sapucaí-Mirim. NEIRU (2019) analisou a cobertura vegetal nas APPs de dois dos rios citados, obtendo os valores apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Classes de uso do solo presentes na APP dos rios Mandu e Sapucaí-Mirim

Rios	Ocupação da área de APP	Área total
Mandu	8,25 % de área de vegetação rasteira	68,96 hectares amostrados
	30% de área antropizada	
	38,25% de área degradada	
	23,5% de área de mata nativa	
Sapucaí-Mirim	14,56% de área de vegetação rasteira	196,92 hectares amostrados
	12,61% de área antropizada	
	12% de área degradada	
	60,83% de área de mata nativa	

Fonte: Adaptado de NEIRU, 2019

Mesmo os valores do rio Sapucaí-Mirim se mostrando superiores, os dados mostram que grande parte das áreas que deveriam se apresentar preservadas para a proteção dos cursos hídricos e do aumento da permeabilidade, se encontram degradadas ou antropizadas, fortalecendo a necessidade de programas voltados para a recuperação desses locais.

Para que haja êxito nesse recuperação, Ricardo (2008) destaca a importância de se conhecer a vegetação que ocorre na área escolhida visto que na mesma bacia hidrológica podem haver diversos tipos de floresta, desse modo, realizar a identificação é crucial para a escolha das espécies que serão utilizadas de modo que não haja problemas de adaptação dos indivíduos ao local em questão.

O autor ainda aponta em seu texto as diversas espécies que podem ser encontradas em solos ribeirinhos, como por exemplo peito de pomba, pessegueiro bravo, cedro, guarita, copaíba, mamica-de-porca, Maria-mole, camboatã, guaçatonga e pau espeto. No entanto, vale ressaltar que para projetos deste tipo é necessário um estudo na área e uma pesquisa das espécies disponíveis para o plantio, adequando a necessidade com a disponibilidade.

De acordo com as características em que se encontram o município de Pouso Alegre e suas matas ciliares, uma das propostas deste trabalho é a criação dos chamados Parques

Lineares. Segundo LABPARC – FAUUSP apud USP (2006) Parque Linear se trata de uma intervenção urbanística ligada a rede hídrica especificamente localizadas nas planícies aluviais, tendo como objetivos a proteção ou recuperação dos ecossistemas locais, conectar as áreas verdes, controlar enchentes e inundações e promover o lazer com as áreas preservadas. Os autores também descrevem as limitações que os parques possuem, sendo apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Limitações dos Parques Lineares**Limitações**

A implantação dos Parques Lineares não é possível em grande parte dos fundos de vale em função das características de ocupação urbana do município. Grande parte destas áreas já estão ocupadas por vias de fundo de vale, com a ocupação urbana chegando até a via, sem espaços livres. Grande parte está ocupada por ocupações irregulares e/ou por favelas, dependendo de outros tipos de ações prioritárias tais como reurbanização com saneamento ambiental (que pode ou não levar à implantação de parque no fundo do vale)

A implantação do parque depende de recursos públicos ou de uma gestão ativa sobre determinada área para viabilizar uma combinação de ações públicas com recursos privados, como será discutido adiante. Há uma limitação na capacidade de gestão para implantação de um grande número de parques lineares a curto e médio prazo

Áreas podem manter propriedade e uso privado e serem recuperadas ambientalmente, sem necessariamente ser transformadas em parque público, neste caso pode-se buscar uma unidade paisagística entre áreas públicas e privadas conferindo uma unidade ao tratamento do fundo de vale ao longo de um curso hídrico (compondo no conjunto um parque linear), mas há limitações para as intervenções em áreas privadas, como se verá adiante

Áreas podem ser recuperadas ambientalmente e constituir caminhos verdes sem se configurar como parques, por exemplo, nos moldes dos calçadões de cidades litorâneas que oferecem confortáveis passeios públicos aliados a ciclovias e pistas de corrida, caracterizando-se muito mais como equipamento vinculado ao sistema viário

Fonte: Adaptado LABPARC – FAUUSP, 2006.

A partir das definições e limitações, foram criadas oito propostas de Parques Lineares para a cidade de Pouso Alegre apresentadas nas Figura 78 a Figura 81 seguindo as delimitações das APPs e zonas de preservação da cidade.

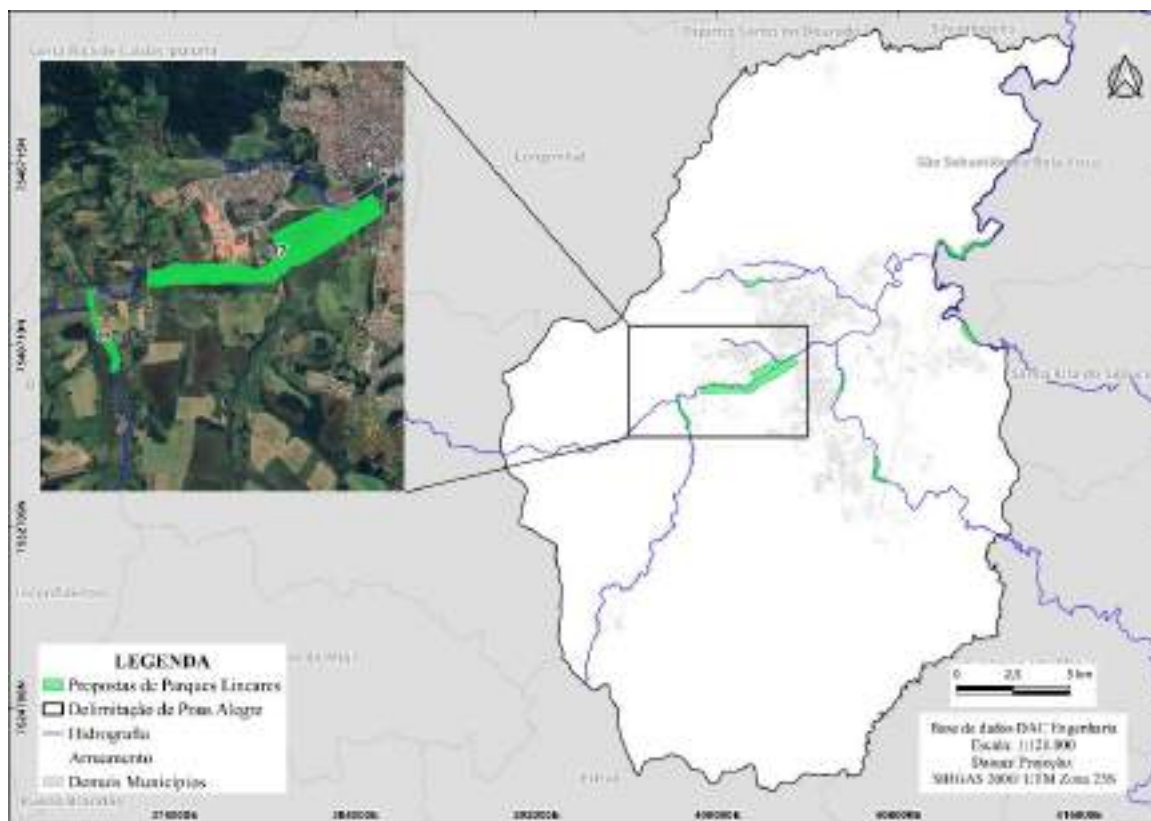


Figura 78 - Parques Lineares propostos

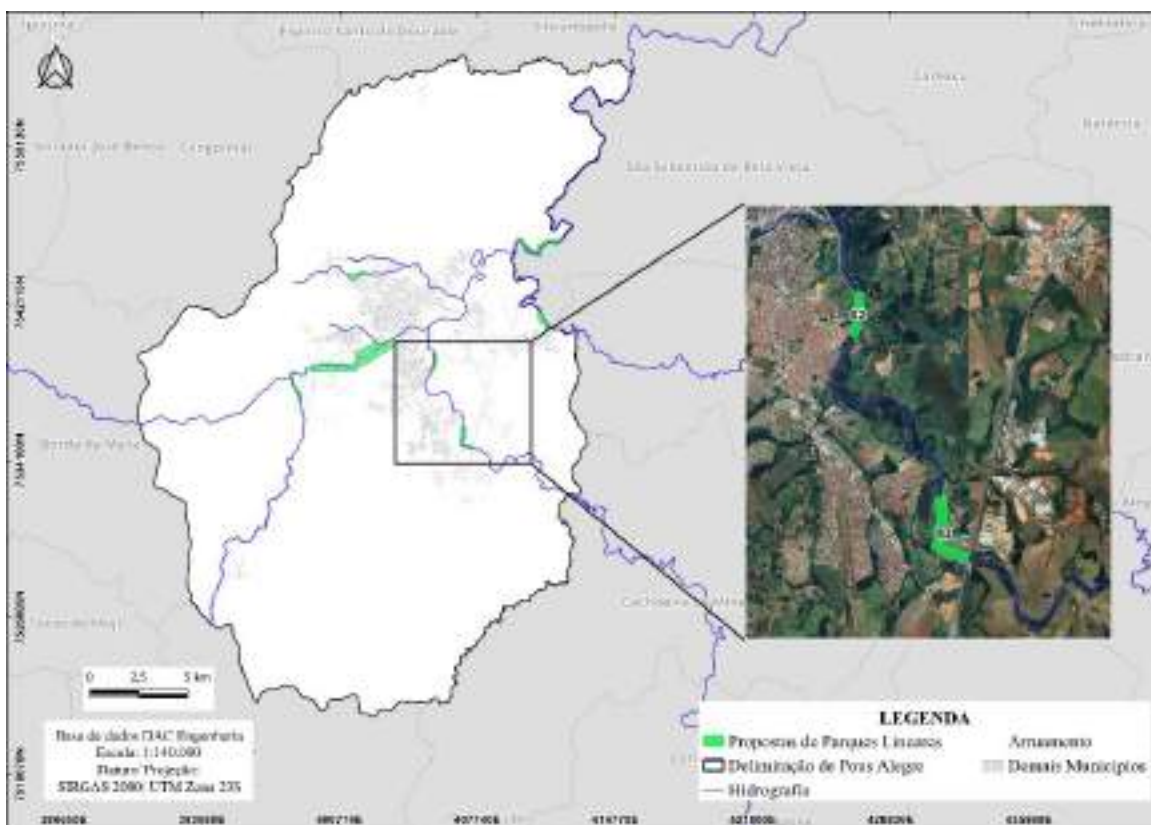


Figura 79 - Parques Lineares propostos (continuação)

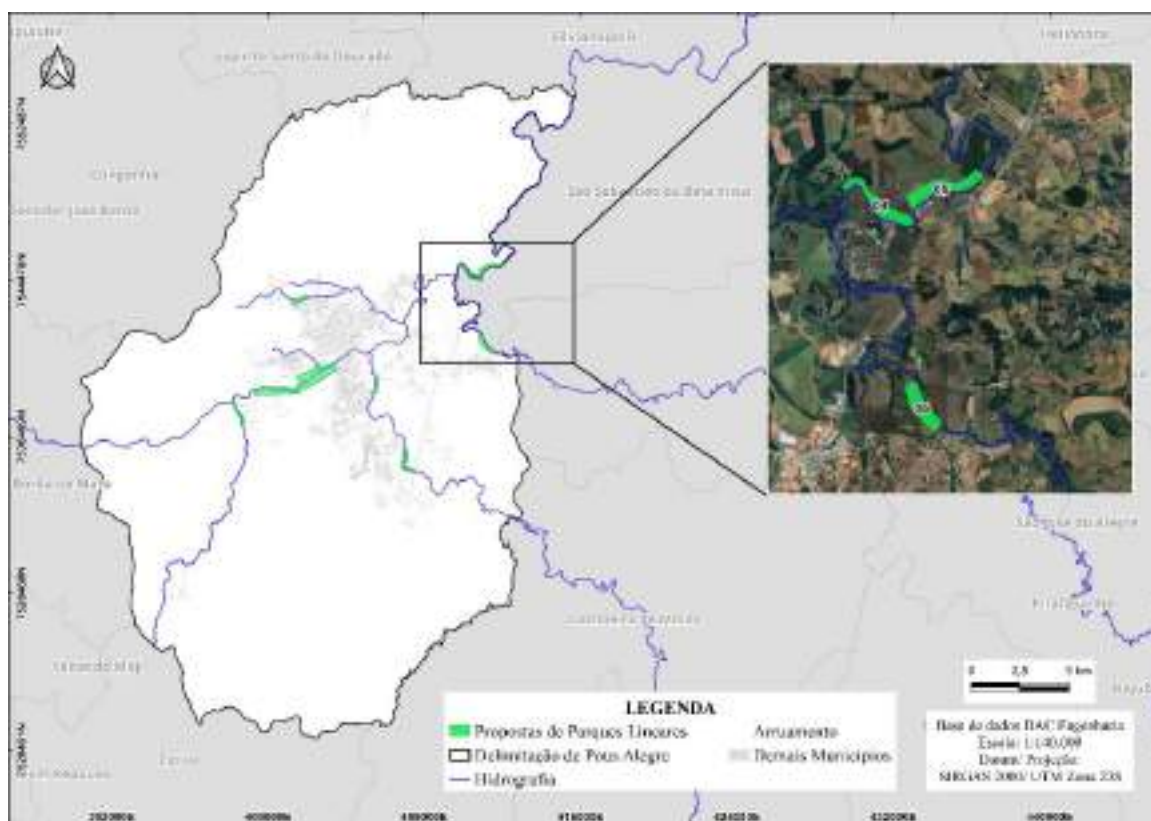


Figura 80 - Parques Lineares propostos (continuação)

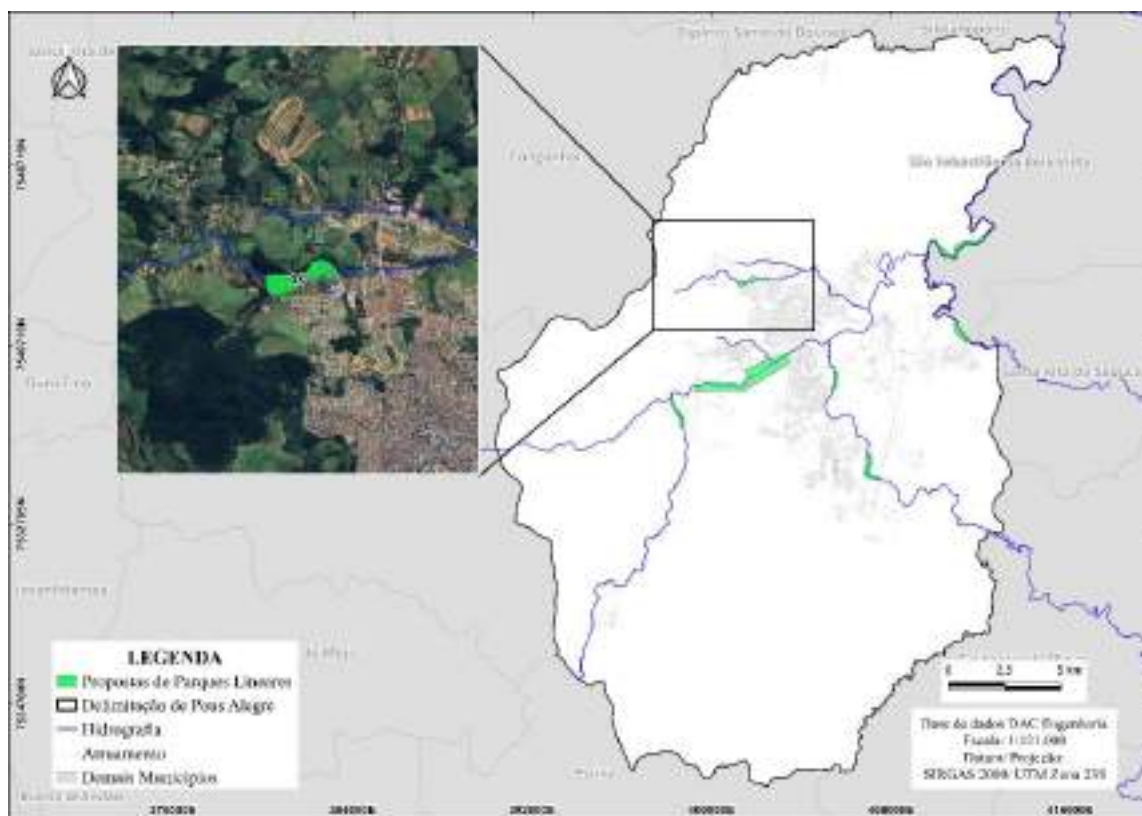


Figura 81 - Parques Lineares propostos (continuação)

O Plano Municipal de Meio Ambiente de Pouso Alegre – NEIRU, 2021 traz em seu Produto 5 uma série de programas que visam a preservação ambiental das áreas devastadas do município, contudo, para focar nas áreas ligadas a macrodrenagem foram montadas propostas focadas nas matas ciliares apresentadas na Figura 82.

VERSÃO OFICIAL

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Recuperação das matas ciliares	Promover a recuperação e preservação das matas ciliares do município	Prefeitura Municipal	Utilizar os dados coletados pelo PMMA de Pouso Alegre para analisar as áreas mais devastadas, realizar um estudo das espécies necessárias para cada local e um levantamento das espécies disponíveis nos viveiros da região. Montar um projeto para cada área escolhida com profissionais capacitados e escolhendo as melhores estratégias de plantio. Executar os plantios de acordo com o planejado e montar um plano de monitoramento das áreas, garantindo o acompanhamento e aumentando a efetividade da recuperação	Deve ser realizado no prazo imediato (até 2028) mantendo o monitoramento até o prazo final (2045)	Recuperação das áreas de mata ciliar, aumento da permeabilidade e diminuição das vazões perigosas e aumento da preservação ambiental dos locais
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Criação dos Parques Lineares	Aprimorar a recuperação e preservação das mata ciliares e áreas ao redor dos cursos d'água	Prefeitura Municipal	Seguir as diretrizes apresentadas neste capítulo para a criação dos Parques Lineares em diferentes pontos da cidade, criando projetos de recuperação da mesma forma do item anterior e atividades de recreação ligadas aos espaços verdes criados para a população	Deve ser realizado no prazo imediato (até 2028) mantendo o monitoramento até o prazo final (2045)	Promover a preservação ambiental das áreas sensíveis e aumentando a participação social

Figura 82 - Propostas de implementação do plano de melhoria da infiltração

3.3. PROGRAMA DE DESIMPERMEABILIZAÇÃO

O avanço da malha urbana nas cidades traz como consequência a impermeabilização do solo, que agrava a problemática dos acúmulos hidráulicos pois diminui a porcentagem da água que infiltra no solo e aumenta a água que evade as calhas dos rios.

4.3.1 Expansão de Áreas Verdes

Uma alternativa utilizada para suavizar os impactos causados pelo crescimento da urbanização é a criação de áreas permeáveis em locais estratégicos. Segundo o PDMAT 3 (2013) a existência de áreas permeáveis auxilia o sistema de drenagem e aumentam a qualidade de vida da população da região a partir das funções apresentadas na Figura 83.

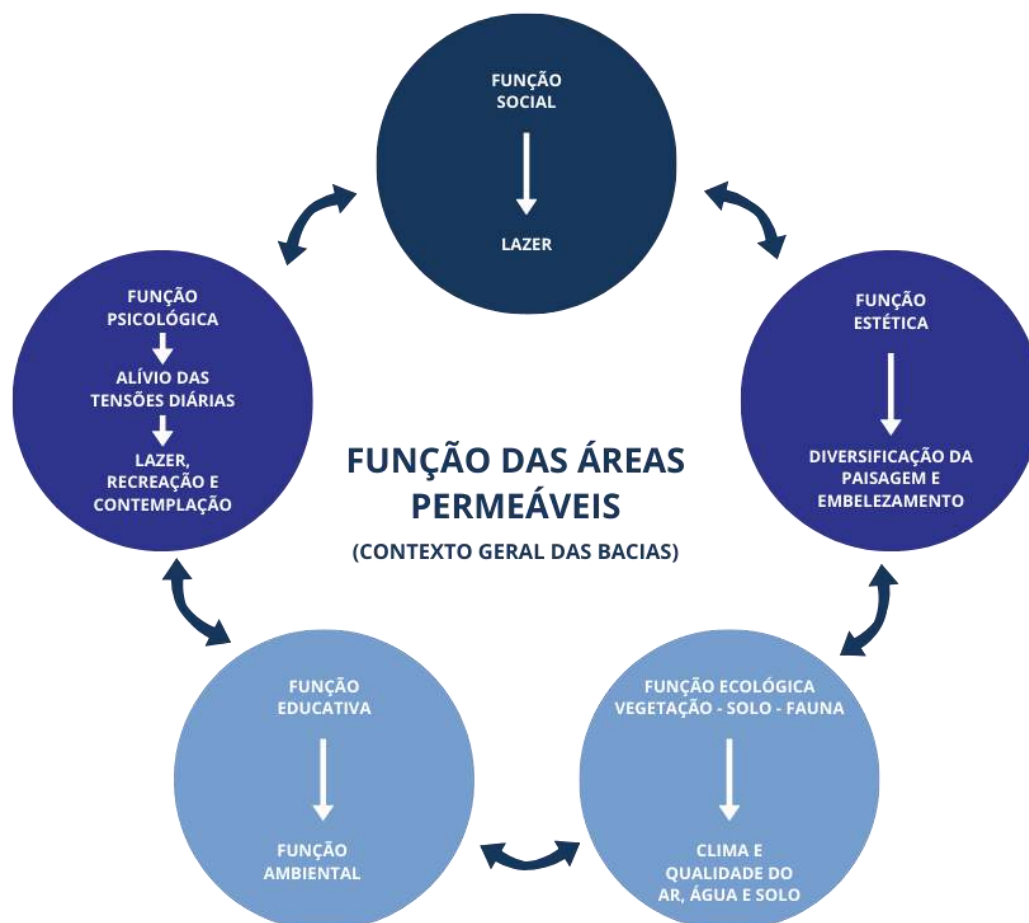


Figura 83 - Função das áreas permeáveis

Fonte: Adaptado de PDMAT 3, 2013

Essas áreas também são conhecidas como área verde e segundo o mesmo texto desempenham de maneira indireta funções ecológicas na bacia, especialmente na preservação da fauna e flora pela formação dos corredores ecológicos que também garantem a qualidade dos recursos hídricos. Além disso, favorece o meio antrópico possibilitando a prática de esportes e melhoria da paisagem.

O PDMAT 3 (2013) também realiza um exercício para comparar as zonas estudadas considerando que a partir de 30% de impermeabilização a situação se torna problemática. Para analisar o caso do município de Pouso Alegre, foram calculadas as porcentagens de permeabilidade de cada bacia hidráulica estudada, considerando apenas a área urbana como zona impermeável. Os resultados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Porcentagens de impermeabilização

Bacia Hidrográfica	Área de estudo (km²)	Área impermeável (%)
Córrego São Cristóvão	3,08	83,4%
Córrego São Judas Tadeu	3,77	37,32%
Córrego da Remonta	8,78	30,65%
Córrego do Patinho	13,11	57,64%
Córrego do Pantano	106,3	5,04%
Ribeirão das Mortes	25,07	31,30%
Rio Mandu	498,95	5,61%
Rio Sapucaí-Mirim	2.807,88	4,12%
Rio Sapucaí	6.499,64	3,67%

Como observado, as bacias menores como do Córrego São Cristóvão, Córrego São Judas Tadeu, Córrego da Remonta, Córrego do Patinho e Ribeirão das Mortes possuem uma grande taxa de impermeabilização ultrapassando o limite para ser considerada problemática, evidenciando a necessidade de uma intervenção ambiental.

O PDMAT 3 (2013) apresenta como uma das alternativas de diminuir os impactos a utilização das Áreas de Compensação Ambiental (ACA), caracterizadas como áreas aptas à preservação, áreas livres ou agropastoris. Essas áreas se baseiam no instrumento de Compensação Ambiental previsto no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), instituído na Lei nº 9.985 de 2000 e regulamentada pelo Decreto nº 4.340 de 2002, que obriga aos donos dos empreendimentos causadores de impactos ambientais significativos a realizar uma compensação ambiental.

VERSÃO OFICIAL

A partir desse princípio, as ACAs vêm para tentar compensar o impacto causado pela urbanização já consolidada a partir da preservação de áreas a montante dos cursos hídricos, permitindo que essas zonas possam:

- Garantir um fluxo eficiente na drenagem das águas;
- Reduzir os perigos de sobrecarga rio abaixo;
- Preservar a utilidade das estruturas de retenção a jusante, melhorando sua efetividade;
- Atrasar o escoamento direto da água da chuva; e
- Aproveitar ao máximo a absorção da água pluvial no solo.

Essas áreas podem ainda ser viabilizadas de forma a partir de incentivos financeiros possibilitados de pela Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), instituída pela Lei nº 14.119 de 2021, que auxilia os proprietários que realizam serviços ambientais que trazem benefícios gerais para a sociedade.

Para de fato consolidar as ideias citadas, PDMAT 3 (2013) apresenta diretrizes a serem seguidas para garantir a efetividade do aumento da permeabilidade apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Diretrizes para ACA

Diretrizes para as Áreas de Compensação Ambiental

Promover a divulgação à população sobre a importância do meio ambiente, da permeabilidade do solo e do respeito à legislação vigente sobre o assunto

Incentivar a arborização das vias públicas e a requalificação dos passeios públicos com o objetivo de ampliar sua área permeável, bem como da preservação e da recuperação das áreas com interesse para drenagem

Implantar programas de recuperação de áreas degradadas em áreas de proteção aos mananciais, em áreas de preservação permanente, com o fim de ampliar a taxa de sequestro de carbono, a garantia da produção de recursos hídricos e a proteção da biodiversidade

Garantir que o custo das medidas estruturais da drenagem seja transferido aos proprietários dos lotes diretamente beneficiados, proporcionalmente à sua área impermeável

Diretrizes para as Áreas de Compensação Ambiental

Manter corpo técnico específico para exercer as atividades de licenciamento, regularização, fiscalização e monitoramento das áreas de interesse à permeabilidade

Regulamentar incentivos fiscais que permitam aos proprietários de lotes em área urbanizada, aumentar a permeabilidade das áreas, investir em reúso das águas pluviais e mecanismos de retenção e infiltração lenta de água nos lotes

Regulamentar instrumentos como o PSA – Pagamentos por Serviços Ambientais a fim de viabilizar economicamente a preservação/criação de grandes áreas permeáveis

Fonte: Adaptado de PDMAT 3, 2013

3.3.2. Programa de Arborização

Aliado as ideias citadas há o processo de arborização das zonas urbanas do município, que também auxiliam no aumento da permeabilização das vias. Segundo o Programa de Arborização realizado pela Prefeitura de São Paulo (2005), a arborização de um município deve ser realizada pensando em cada tipo de indivíduos arbóreos para cada situação, pois a existência de árvores nas vias podem ocasionar danos físicos e financeiros pela queda de árvores, interferência na rede elétrica e de iluminação pública, danos a edificações e propagação de pragas urbanas.

ArchDaily (2021) apresenta alguns princípios que auxiliam na escolha das espécies arbóreas a serem escolhidas em cada tipo de situação, sendo apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Princípios da Arborização

Princípios da Arborização Urbana

Quando próximas às vias, não deve possuir frutos muito grandes, pois pode cair sobre pessoas ou carros.

Não possuir sistema reticular muito superficial nem muito agressivas, uma vez que podem romper calçadas e prejudicar instalações subterrâneas.

Evitar aquelas de crescimento muito rápido, pois apresentam madeira mais mole e frágil, e portanto, mais suscetível à quebra.

Evitar aquelas espécies que apresentam espinhos e propriedades tóxicas em suas folhas ou frutos.

Atentar para o porte da espécie arbórea e o local onde será plantada, observando características da copa e raízes, evitando interferências na rede elétrica.

Garantir uma área permeável em volta das árvores, permitindo espaço para o desenvolvimento radicular e correta infiltração de água e aeração do solo.

Priorizar a diversidade genética nos projetos afim de evitar a propagação de doenças e propiciar diferentes estágios fenológicos.

Fonte: Adaptado de ArchDaily, 2021

Para a escolha das espécies a serem plantadas no município também deve haver uma pesquisa com aquelas que se adaptam ao clima da região, possibilitem a conciliação da fauna e que haja a disponibilidade nas casas de vegetação da região. O Manual de Arborização da CEMIG (2011) diz que deve haver uma diversidade entre as espécies, recomendando-se que a densidade não ultrapasse 30% de uma única família do indivíduo arbóreo, 20% do gênero e 10% da mesma espécie. O mesmo manual apresenta 10 espécies que se adaptam a malha urbana brasileira, descritos nas Figura 84 e Figura 85.

IPÊ-BRANCO	ESCUMILHA-RESEDÁ	MAGNÓLIA	OITI	QUARESMEIRA
				
Nomes populares: Pau d'arco e ipê-do-cerrado	Nomes populares: Extremosa, resedá e juliana	Nomes populares: Magnólia amarela, magnólia-de-petrópolis e champá	Nomes populares: Oiti-da-praia, guaili, oiti-cagão, oiti-mirim e oitizeiro	Nomes populares: Flor-de-quaresma, quaresmeira-roxa e quaresma
Nome científico: Handroanthus roseoalbus	Nome científico: Lagerstroemia indica	Nome científico: Michelia champaca	Nome científico: Licania tomentosa	Nome científico: Tibouchina granulosa
Características botânicas: Pode alcançar até 15 metros de altura com 60 cm de diâmetro no tronco, com floração no inverno e frutificação na primavera. Sendo uma das espécies de ipê de menor porte com floração ornamental, pode ser plantada em passeios, canteiros separadores de pistas, em praças e parques.	Características botânicas: Pode atingir até 6 metros de altura, com floração no verão. Seu plantio é muito recomendado para cultivo sob redes aéreas de serviços, em virtude da rusticidade e porte.	Características botânicas: Pode alcançar até 15 metros de altura com 50 cm de diâmetro no tronco, com floração no verão e frutificação no outono. Pode ser largamente utilizada em passeios, porém não deve ficar sob rede de distribuição de energia elétrica, já que a poda deforma sua copa. Além disso, também pode ser plantada em praças e parques.	Características botânicas: Pode alcançar até 20 metros de altura com 30 a 50 cm de diâmetro no tronco, com floração no inverno e frutificação no verão. Seu plantio é capaz de fornecer ótima sombra, sendo por isso ideal para estacionamentos, podendo ser plantada em praças, parques, e mesmo em passeios e canteiros separadores de pistas.	Características botânicas: Pode alcançar até 12 metros de altura com 40 cm de diâmetro no tronco, com floração no outono e na primavera e frutificação no inverno e verão. Seu plantio é indicado para arborização de passeios e praças.

Figura 84 - Espécies indicadas para arborização

Fonte: Adaptado de CEMIG, 2023

IPÊ-AMARELO	SIBIPIRUNA	ALECRIM	ESCUMILHA AFRICANA	TIPUANA
				
Nomes populares: Pau-d'arco-amarelo, piúva-amarela, opa, peúva, ipê-ovo-de-macuco, tamurá-tuíra, ipê- pardo e ipê-do-cerrado Nome científico: Handroanthus serratifolius Características botânicas: Pode alcançar 25 metros de altura com 100 cm de diâmetro no tronco, floração na época do inverno e frutificação na primavera. Pode ser utilizada com destaque principalmente em praças e parques, além de passeios largos e canteiros separadores de pistas.	Nomes populares: Sepipiruna e sebipira Nome científico: Caesalpinia pluviosa var. peltophoroides Características botânicas: Pode alcançar até 20 metros de altura com 50 cm de diâmetro no tronco, na época do inverno possui floração e frutificação enquanto na primavera apresenta apenas floração. Utilizada na arborização de ruas e estacionamentos graças a sua floração exuberante e fornecer boa sombra, podendo ser usada também de maneira isolada em parques e grandes jardins.	Nomes populares: Alecrimbranco, alecrim-bravo, pau-de-rego, ibirapepê, uirapepê, alecrim-de-campinas, pau-alecrim e alecrimtóxico Nome científico: Holocalyx balansae Características botânicas: Pode alcançar de 10 a 25 metros de altura com 10 cm de diâmetro no tronco, na época do verão possui floração e frutificação enquanto na primavera apresenta apenas floração. Trata-se de uma espécie excelente para produção de sombra.	Nomes populares: Regina, extremosa, mimosa-dos-jardins e norma Nome científico: Lagerstroemia speciosa Características botânicas: Pode atingir até 15 metros de altura, com floração na primavera e verão e frutificação no inverno e primavera. Podendo ser plantada em passeios largos, parques e praças.	Nomes populares: Tipa e amendoim-acácia Nome científico: Tipuana tipu Características botânicas: Pode alcançar até 30 metros de altura e 80 cm de diâmetro do tronco, com floração na primavera e frutificação no outono. Os plantios em passeio devem considerar sempre o porte avantajado que a árvore pode atingir. A muda exige condução por longo período de tempo devido a brotação abundante desde a base do caule.

Figura 85 - Espécies indicadas para arborização (continuação)

Fonte: Adaptado de CEMIG, 2023

Por fim, a Figura 86 até a Figura 88 apresentam as propostas para a resolução da problemática da permeabilização do solo.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Aumento das áreas verdes próximos aos corpos hídricos	Adicionar uma proteção maior contra enchentes e inundações, além de proteger o corpo hídrico	Prefeitura Municipal	Realizar o plantio de indivíduos arbóreos de forma planejada nos locais próximos aos cursos d'água, sendo executado por pessoas capacitadas. Além disso, deve haver um acompanhamento semestral para garantir efetividade do plano e evitar a perda dos indivíduos plantados	Deve ser realizado no prazo imediato (até 2028) mantendo o monitoramento até o prazo final (2045)	Aumentar a permeabilidade e a proteção dos cursos hídricos do município, melhorando a eficiência da drenagem urbana
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Aumento da vegetação nas áreas de rede viária	Evitar eventos de retenção da água da chuva, diminuir a temperatura média, aumentar a biodiversidade e a qualidade de vida	Prefeitura Municipal	Realizar o plantio de árvores e vegetações rasteiras nas áreas próximas as redes viárias (canteiros em geral e alças de acesso) de acordo com a necessidade de cada local, promovendo o monitoramento semestral para garantir que as espécies não sejam perdidas	Deve ser realizado no prazo imediato (até 2028) mantendo o monitoramento até o prazo final (2045)	Garantir a arborização de todas as áreas ligadas as redes viárias, diminuindo os alagamentos, inundações e até a temperatura

Figura 86 – Propostas para implementação do plano de desimpermeabilização

VERSÃO OFICIAL

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Arborizar áreas públicas e zonas descampadas	Promover um uso sustentável e racional do espaço urbano, reduzir o desperdício de terras e contribuir para a qualidade de vida da população residente, promovendo ambientes mais saudáveis e agradáveis para os moradores	Prefeitura Municipal	Arborizar áreas institucionais, como escolas, creches, postos de saúde, centros esportivos e outros, além de áreas destinadas ao Sistema de Áreas Verdes, ao Sistema de Lazer, prioritariamente Conjuntos Habitacionais e loteamentos precários das Zonas Especiais de Interesse Social, e também áreas remanescentes de desapropriação. Além disso, promover o monitoramento semestral para garantir a efetividade do plano	Deve ser realizado no prazo imediato (até 2028) mantendo o monitoramento até o prazo final (2045)	Reduzir as áreas descampadas da cidade e consolidar a vegetação nos espaços públicos aumentando a qualidade de vida
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Permeabilização dos passeios do perímetro urbano	Auxiliar a drenagem urbana aumentando a infiltração das águas pluviais	Prefeitura Municipal	Realizar o plantio de indivíduos arbóreos em passeios públicos da cidade focando em zonas mais urbanizadas, promovendo incentivos fiscais e tributários para proprietários realizarem as mesmas ações em áreas particulares. Garantindo sempre um monitoramento semestral das espécies plantadas	Deve ser realizado no prazo imediato (até 2028) mantendo o monitoramento até o prazo final (2045)	Aumento gradativo da arborização dos passeios do município e diminuição das inundações e alagamentos urbanos

Figura 87 - Propostas para implementação do plano de desimpermeabilização (continuação)

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Incentivo a arborização	Apresentar os mecanismos de incentivo a arborização	Prefeitura Municipal	Seguir o programa "Pouso Alegre mais verde" criado no Plano Municipal de Meio Ambiente (2021), promovendo incentivos fiscais e tributários para fomentar a criação de mais áreas arborizadas no município. Realizar eventos em áreas verdes, ensinando a importância de sua existência para a drenagem urbana e a qualidade de vida	Deve ser realizado no prazo imediato (até 2028) mantendo o monitoramento até o prazo final (2045)	Aumentar a arborização da cidade garantindo a sua continuidade por meio da educação ambiental da população

Figura 88 – Propostas para implementação do plano de desimpermeabilização (continuação)

3.4. PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DA OCUPAÇÃO EM LOCAIS DE RISCO HIDROLÓGICO E GEOLÓGICO

O conceito de risco envolve a avaliação da probabilidade de ocorrência de eventos ou fenômenos perigosos, que podem resultar em perdas humanas e materiais, além de danos ambientais e econômicos. No contexto do planejamento urbano, o risco geralmente está associado à possibilidade de desastres naturais, nos quais a vida e a integridade física das pessoas podem ser afetadas por eventos catastróficos. É importante ressaltar que os fenômenos físico-naturais não são, por si só, considerados riscos, mas podem se tornar ameaças quando influenciados pela intervenção humana, muitas vezes devido à falta de políticas públicas eficazes e preventivas (FIGUEIRA, 2010).

O papel do homem como agente geológico é cada vez mais evidente, especialmente diante do rápido e intenso desenvolvimento urbano, que muitas vezes negligencia questões de segurança e sustentabilidade. Os riscos naturais podem ser classificados em duas categorias, de acordo com a sua ocorrência, podendo ser geológico ou de inundação, suas características são melhores detalhadas na Figura 89.

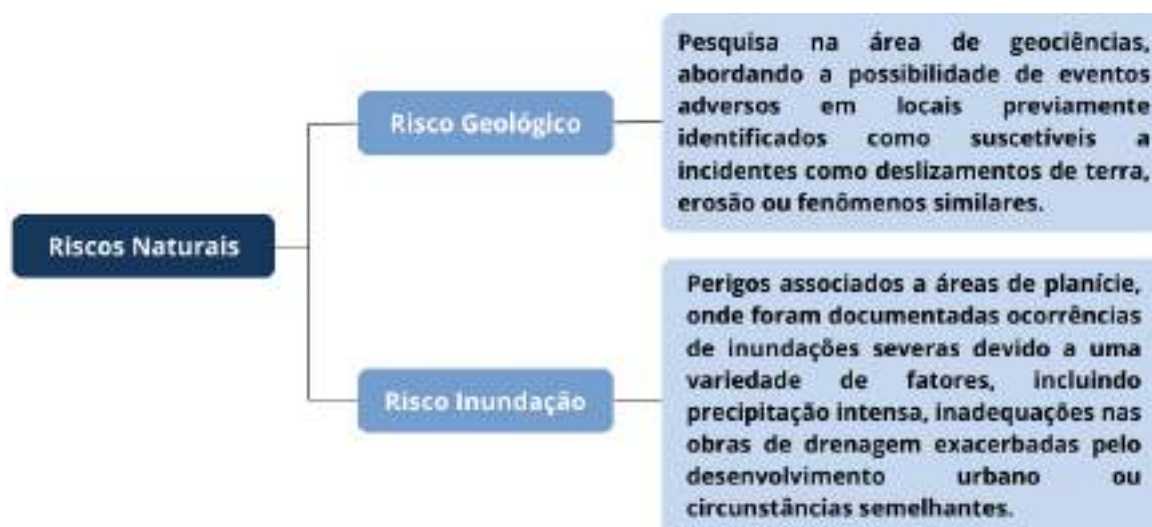


Figura 89 – Definição de riscos naturais

Fonte: Adaptado de Freire, 2018

A Defesa Civil, por meio do Plano de Contingência, aponta as localizações que são afetadas em períodos de cheia, o que varia de acordo com o nível da cheia. Os bairros apontados pelo órgão quanto a suscetibilidade a enchente são: São Geraldo, Yara, Santa Lúcia, Nova Pouso Alegre, Fatima I, Foch II e III, Costa Rios, Xangri-lá, Faisqueira, Ipiranga e Cristal. Esses bairros têm sua localização em áreas de passagem de cheia, sendo afetadas pelo curso natural de drenagem do curso hídrico em sua proximidade. Adicionalmente aos

pontos citados pela administração do município, as manchas de inundação obtidas no decorrer desse plano pontuaram as áreas de riscos dentro das bacias estudadas. Além disso, existem locais que apresentam risco de movimentação de massa, os quais foram mapeados pelo órgão federal de Serviços Geológicos, por ele foram identificados quatro pontos de risco, sendo suas localizações indicadas na Figura 90.

Local	Tipologia	Grau de Risco
Rua Curruíra x Rua Tico Tico	Deslizamento Planar	Alto
Bairro Cantagalo	Queda e rolamento de blocos	Alto
Margem da BR 459	Deslizamento Planar	Alto
Rua H x Rua Recanto das Águas	Deslizamento Planar	Alto

Figura 90 - Localização dos pontos com risco geológico

Fonte: CPRM, 2014

É imprescindível um maior controle da ocupação urbana em áreas sujeitas a risco geológico e de inundação, considerando tais preocupações como base. Conforme o MPERGS (2023) relata, a prevenção emerge como a solução menos onerosa, pois é preferível evitar a exposição da população a riscos de desastres. O Marco de Ação de Hyogo (2007) demarca como essa sendo a abordagem de ação recomendada pelos governos para mitigar riscos de desastres. As estratégias de prevenção de desastres, aplicáveis tanto para o caso de risco geológico quanto para o de inundações, são apresentadas em forma de fluxograma na Figura 91.

A discussão sobre medidas preventivas, especialmente relacionadas ao zoneamento urbano, assume um papel crucial no contexto em que fatores de risco natural estão em jogo. Isso implica uma análise da relação dos impactos e benefícios que a sociedade local deverá lidar ao adotar medidas tanto estruturais quanto não estruturais para mitigar esses riscos. Além disso, é essencial compreender que a ameaça está diretamente ligada à probabilidade

de um evento danoso ocorrer, enquanto a vulnerabilidade diz respeito ao grau de dano ou prejuízo que pode ser causado. Por exemplo, situações como iminentes deslizamentos de terra, associadas ao risco geológico, aumentam significativamente o perigo, afetando tanto moradias quanto vidas humanas. Quanto maior o potencial de danos, maior a urgência de intervenção (MPERGS, 2023).

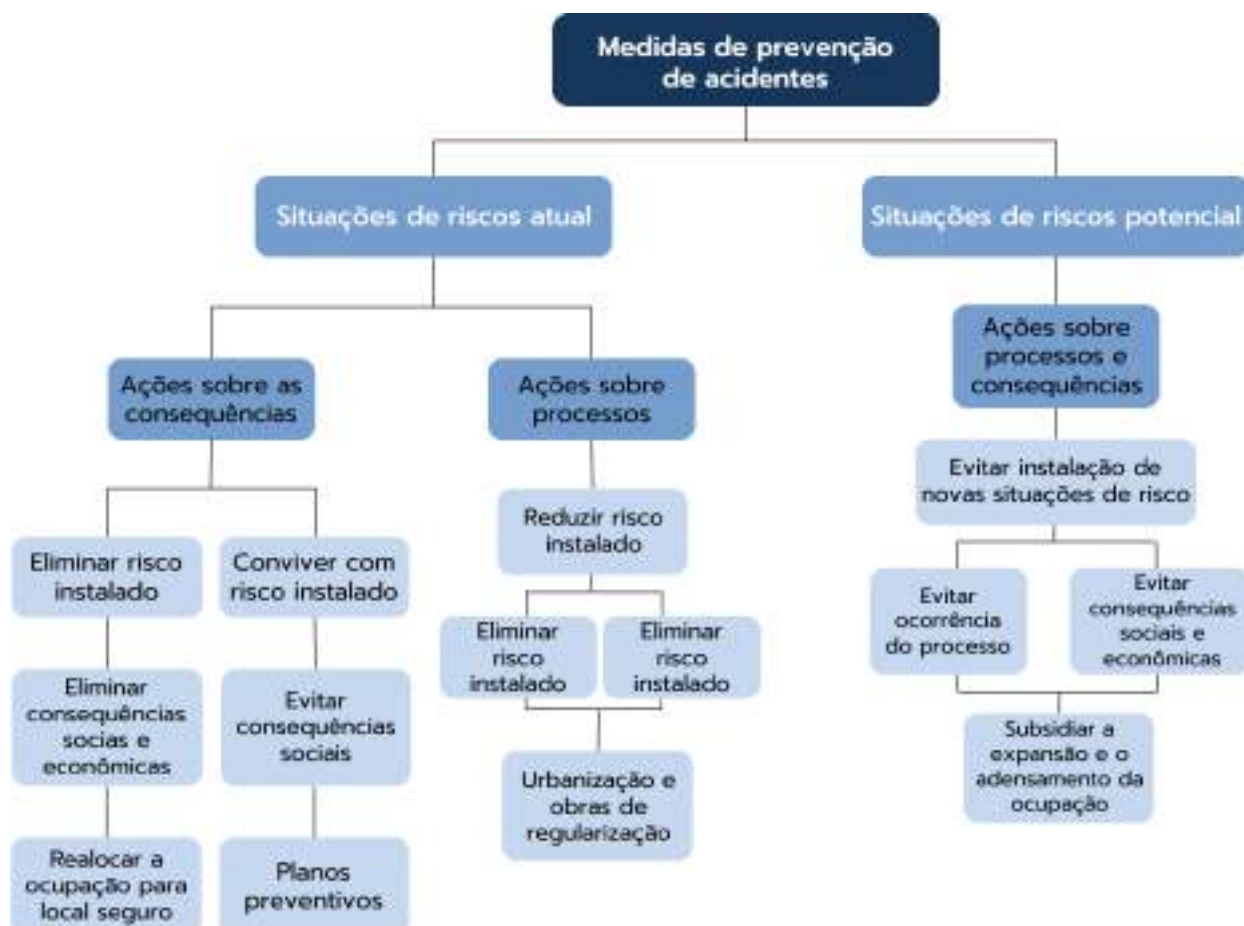


Figura 91 – Procedimentos de ação em cenários de risco geológico e de inundação

Fonte: MPERGS, 2023

As inundações ganham relevância, pois apenas os danos podem ser prevenidos, não sua ocorrência em si. Segundo Tucci (2005), a seção transversal de um rio é composta por dois leitos, sendo que a área ocupada pela população em suas margens corresponde ao leito maior, entendida como a área que devido à variabilidade temporal e espacial da precipitação e drenagem da bacia é inundada. E o leito menor, seção que é normalmente ocupada pela vazão d'água. Esse é um processo natural, parte do ciclo hidrológico das águas. A ocupação do leito maior acarreta um risco proeminente das edificações e população que reside nessa área. As denominações das situações do nível do corpo hídrico são ilustradas pela Figura 92.



Figura 92 – Denominação da seção transversal do curso hídrico

Dado as implicações da ocorrência de uma inundação, a ação mais recomendada para as cheias é a prevenção da ocupação dos locais suscetíveis a ocorrência de desastres naturais. Efetuando as medidas não estruturais, com ênfase no zoneamento, e as medidas estruturais extensivas que implicam na reconstituição da cobertura vegetal, melhoria da drenagem urbana por meio de diretrizes capazes de racionalizar o uso do espaço urbano de maneira proporcional aos custos estimados decorridos da ocupação indevida das áreas de risco, visto que os prejuízos a sociedade são menores. Entretanto, existem casos onde a ocupação já é consolidada, existindo a necessidade de um planejamento de controle e prevenção a ser utilizado nessas ocasiões. O planejamento sugerido é composto por:

- ✓ Evitar a construção de qualquer obra pública em áreas de risco, especialmente escolas, hospitais e edifícios em geral. Para estruturas já existentes, um plano de remoção gradual deve ser estabelecido ao longo do tempo.
- ✓ Planejar o desenvolvimento urbano de modo a promover o deslocamento progressivo do centro da cidade para regiões consideradas de baixo risco.
- ✓ Utilizar mecanismos econômicos para incentivar e controlar o uso das áreas de risco, incluindo isenção de impostos para proprietários que optarem por não construir nessas áreas e as utilizarem para atividades como agricultura e lazer.

Para uma melhor síntese e compreensão do que foi indicado nesse capítulo, o conteúdo e dados estruturados no decorrer do item foi elencado em tópicos e apresentado na Figura 93 e Figura 94.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Impedir a ocupação de áreas suscetíveis a desastre naturais	Assegurar a segurança das pessoas potencialmente residindo em áreas de risco, prevenindo os efeitos de desastres naturais, como deslizamentos de terra e inundações, que ameaçam tanto a vida quanto o patrimônio desses indivíduos.	Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil em associação com a Prefeitura Municipal	Empregar as diretrizes propostas pelo zoneamento de planície de inundação delineado no produto anterior do presente projeto, juntamente com as ferramentas proporcionadas pelas medidas estruturais abrangentes, como o aumento da vegetação, diretrizes para aprimoramento da drenagem urbana e outras abordagens destacadas neste Produto	Deve ser realizado ao longo do horizonte de projeto do plano	Até 2045, o município não registrará ocupações recentes em áreas identificadas como de risco geológico ou de inundação.

Figura 93 - Sugestões para corrigir, melhorar ou otimizar as questões identificadas e as medidas propostas

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Gerenciamento da ocupação em áreas de risco onde a urbanização está estabelecida de forma consolidada.	Garantir a segurança dos residentes e transeuntes em áreas urbanizadas de risco, evitando a ocorrência de desastres naturais, como deslizamentos de terra e enchentes.	Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil em associação com a Prefeitura Municipal	Seguir as diretrizes delineadas por Tucci (s.d.), citado pelo MPERGS (2023) neste capítulo, priorizando especialmente as recomendações relacionadas à ocupação planejada do solo.	Deve ser realizado ao longo do horizonte de projeto do plano	Em 2045, o município demonstrará um controle efetivo da ocupação em áreas de risco onde a urbanização está consolidada, com a implementação e prática de todas as recomendações apresentadas neste capítulo.

Figura 94 - Sugestões para corrigir, melhorar ou otimizar as questões identificadas e as medidas propostas (continuação)

3.5. DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS IMPACTANTES NOS SISTEMAS DE MACRODRENAGEM

A execução do presente plano depende fundamentalmente que as obras de macrodrenagem sigam diretrizes básicas de projeto, especialmente ao lidar com intervenções em áreas de preservação permanente (APP). Nesse sentido, a avaliação dos órgãos e conselhos municipais de meio ambiente desempenha um papel crucial. Dentro do contexto municipal, o Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente – COMDEMA exerce função consultiva e deliberativa em questões envolvendo intervenções em APP. Assim, este aspecto visa orientar a preparação da documentação necessária para que o conselho se manifeste sobre intervenções ambientais relacionadas ao Plano de Macrodrenagem.

Esta diretriz visa estabelecer claramente o processo para submissão de projetos que afetam a macrodrenagem de Pouso Alegre, fornecendo critérios a serem considerados na avaliação das intervenções ambientais. É importante ressaltar que este plano disciplina apenas a apresentação de informações ao COMDEMA e não aborda questões relacionadas ao licenciamento ambiental estadual/federal, nem à concessão ou dispensa de outorga de uso de recursos hídricos. Portanto, as autorizações que dependem de órgãos ambientais estaduais/federais não estão sujeitas às diretrizes estabelecidas durante o Plano. A normatização proposta neste capítulo é aplicável para os seguintes casos:

- Obras de macrodrenagem propostas pela Administração Pública municipal, destinadas a serem instaladas nas áreas adjacentes aos cursos d'água dentro do perímetro urbano de Pouso Alegre que seguirão diretrizes específicas. Até que o estudo das Áreas de Preservação Permanente urbanas seja concluído, a largura considerada para essas áreas adjacentes é de 50 metros a partir da borda da calha de rios com largura entre 10 e 50 metros, e de 30 metros a partir da borda da calha de cursos d'água com menos de 10 metros de largura;
- As obras de macrodrenagem propostas pela Administração Pública municipal, que envolvam qualquer tipo de intervenção na cobertura vegetal nativa ou em áreas de uso restrito, mesmo que não resultem na supressão da vegetação, serão realizadas dentro da área urbana;

- Obras de macrodrenagem propostas provenientes de instituições particulares, destinadas a serem instaladas nas áreas adjacentes aos cursos d'água dentro do perímetro urbano do município, serão submetidas a regras específicas. Até que o estudo das Áreas de Preservação Permanente urbanas seja realizado, a largura considerada para essas áreas adjacentes é de 50 metros a partir da borda da calha de rios com largura entre 10 e 50 metros, e de 30 metros a partir da borda da calha de cursos d'água com menos de 10 metros de largura;
- Obras de macrodrenagem propostas por particulares, que envolvam qualquer intervenção na cobertura vegetal nativa ou em áreas de uso restrito, mesmo que não resultem na supressão da vegetação, serão realizadas dentro da área urbana.

Destaca-se que a definição de intervenção ambiental adotada neste documento corresponde àquela estabelecida no Decreto Estadual nº 47.749/2019 (MINAS GERAIS, 2019). A Figura 95 apresenta a relação de documentos requeridos para a proposição de projetos de macrodrenagem que demandem intervenção ambiental ao Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMDEMA) de Pouso Alegre. É válido pontuar que em obras provenientes da iniciativa privada as diretrizes devem ser seguidas e a documentação encaminhada ao órgão municipal pertinente ao quesito ambiental, no qual os relatórios serão avaliados e o empreendimento terá seu impacto analisado de acordo com a sua interferência no cenário da macrodrenagem, de modo a definir as autorizações necessárias para sua execução, se viável.

DIRETRIZ	DESCRIÇÃO
Determinação dos responsáveis pela intervenção	Identificação das pessoas físicas por meio de RG e CPF, e quando pessoa jurídica, apresentação do cartão do CNPJ. Quando identificação ocorrer por meio de procurador, o mesmo deve apresentar a procuração e sua documentação de identificação civil
Local da intervenção e documento de identificação	Certidão de registro do empreendimento ou, caso o solicitante não seja o proprietário do imóvel, uma cópia do contrato de compra e venda, locação, arrendamento, comodato ou similar. Se a propriedade ou posse for compartilhada, por meio de contrato de locação, arrendamento, comodato ou similar, quando o requerente não for parte no contrato mencionado ou se esse contrato não autorizar expressamente o uso pretendido, é necessário apresentar uma carta de anuência. Além disso, é requerida a apresentação de uma planta topográfica do local em formato PDF, delineando a área de intervenção em área de preservação permanente, com as coordenadas de início e término da intervenção, em formato digital georreferenciado (KML), com coordenadas em UTM, datum SIRGAS 2000.
Motivação da obra	Submissão de um relatório de intervenção contendo uma justificativa detalhada do empreendimento, juntamente com um resumo do diagnóstico ambiental do local, uma descrição dos prováveis impactos resultantes da implementação da atividade, propostas de compensação ambiental (quando necessário), e quaisquer outros tópicos que os projetistas e executores considerarem relevantes para esclarecer a necessidade da obra de macrodrenagem.
Projeto técnico	Relatório do projeto elaborado contendo os detalhes necessários com a devida ART, dados do projeto, memoriais descritivos e de cálculo, cronograma de execução (que considerando o menor impacto na vegetação local em período chuvoso, e quando ocorrido deve ser implantada a infraestrutura de contenção necessária)
Movimentação de maquinário	Memorial descritivo com a relação de máquinas necessárias para execução do empreendimento, como o cronograma de movimentação de cada uma delas
Disposição e destinação dos resíduos sólidos da obra	Explicação sobre a destinação e disposição final dos resíduos sólidos resultantes da implementação da obra, conforme os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (estabelecida pela Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010), o decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, normativa ABNT NBR 10.004/2004 e a Deliberação Normativa COPAM nº 232, de 27 de fevereiro de 2019.

Figura 95 - Orientações para a avaliação de empreendimentos que afetam a macrodrenagem por parte das entidades públicas

3.6. PROGRAMA DE FISCALIZAÇÃO

A implementação efetiva do Plano Diretor de Macrodrenagem requer uma vigilância rigorosa das atividades planejadas. É imperativo estabelecer uma estrutura administrativa dedicada à fiscalização, preferencialmente composta por funcionários permanentes. Este arranjo administrativo é fundamental pois o plano orienta todas as intervenções na macrodrenagem do município, enquanto os órgãos gestores são encarregados de assegurar a aplicação eficaz das medidas propostas.

A responsabilidade primordial da fiscalização é garantir a completa execução do plano de ações, conforme aprovado pelo Núcleo Gestor e delineado na legislação correspondente. Isso envolve a avaliação das condições técnicas e operacionais das obras de macrodrenagem realizadas no município. A fiscalização, tanto direta quanto indireta, deve ser conduzida por fiscais credenciados, cujo objetivo é determinar o nível de conformidade do sistema auditado com a legislação aplicável.

3.6.2. Período de Realização

O período chuvoso no município de Pouso Alegre corresponde aos meses de outubro e março, sendo janeiro o mês com maior frequência de dias chuvosos, com uma média de 17 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação. O mês mais chuvoso apresenta uma média acumulada de 290 mm de chuva, entretanto apresenta episódios de precipitação extrema que decorrem eventos de cheia. Nesse sentido, é recomendável estabelecer um programa anual de fiscalização, a ser realizado entre os meses de junho e setembro, que antecede o período chuvoso (CLIMATE DATA, 2022).

Esse programa de fiscalização deve abranger aspectos relacionados à infraestrutura, tais como segurança, funcionalidade, adequação, operação e manutenção, bem como a conformidade com as normas técnicas vigentes. O objetivo é garantir que as medidas estruturais implementadas estejam prontas para lidar com as águas pluviais, minimizando a necessidade de intervenções durante o período crítico.

Desse modo, a fiscalização preventiva encontra respaldo na legislação, conforme estabelecido na Lei Federal nº 13.308, de 6 de julho de 2016. Esta lei altera disposições da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, incluindo a obrigação de realizar manutenção preventiva nas redes de drenagem pluvial, estabelecendo que:

“Art 3º Drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas” (BRASIL, 2016)

3.6.3. Legislação Aplicável

Os procedimentos de fiscalização do serviço público de macrodrenagem são fundamentados em legislação tanto federal quanto municipal, além de serem orientados pelos princípios, metas e diretrizes delineados em vários documentos legais.

Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 – Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. (Alterada pelas Resoluções nº 393/2007, 397/2008, 410/2009 e 430/2011)

Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007 – Estabelece diretrizes nacionais para o Saneamento Básico. (Alterada pela Lei nº 14.026/2020)

Decreto Federal nº 7.217, de 21 de junho de 2010 – Regulamenta a Lei 11.445/2007.

Lei Federal nº 13.308, de 6 de julho de 2016 – Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, determinando a manutenção preventiva das redes de drenagem pluvial.

Lei Municipal nº 3.157, de 09 de julho de 2014 – Dispõe sobre a estrutura organizacional administrativa do Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE.

Lei Municipal nº 2.651, de 10 de dezembro de 2003 – Dispõe sobre a política de proteção, de conservação e de controle do meio ambiente no município de São Lourenço.

Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020 - Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras disposições

3.6.4. Procedimentos

O Plano Anual de Fiscalização (2022) elaborado pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal - ADASA, apresenta definições importantes, as quais compreendem em:

- **Fiscalização:** refere-se à atividade de acompanhamento, monitoramento, controle ou avaliação, com o objetivo de assegurar o cumprimento das normas e regulamentos estabelecidos pelo poder público e a utilização efetiva ou potencial do serviço público.
- **Fiscalização direta:** consiste na inspeção física dos sistemas da prestadora de serviços, com o intuito de verificar o estado de conservação, integridade e funcionalidade das estruturas, podendo ser programadas, emergenciais ou eventuais.
- **Fiscalização indireta:** envolve a análise de informações técnicas, operacionais ou financeiras, previamente fornecidas pela prestadora de serviços ou resultantes do monitoramento dos dados de chuva e/ou qualidade das águas urbanas.
- **Infração:** corresponde a irregularidades cometidas pela prestadora de serviços públicos, em contravenção à legislação vigente.

Ainda tendo como base as fundamentações da ADASA, referenciou-se o Regimento Interno da mesma, na Resolução nº16/2014, é papel da equipe de fiscalização:

- A execução e proposição de um planejamento para a fiscalização dos serviços que situam sob sua jurisdição, dispondo sobre os aspectos técnicos, de modo a garantir a vigência do estabelecido em norma e regulamentos;
- A fiscalização das instalações físicas das obras implementadas de maneira a verificar sua efetividade em operação e seu estado de conservação, garantindo que o padrão de qualidade estabelecido seja atendido;
- Elaboração de notas técnicas, ofícios, relatórios e notificações pertinentes à macrodrenagem.

3.6.5. Fiscalização das Atividades

Ao longo deste projeto, diversas medidas estruturantes e estruturais foram propostas, sendo que todas estão sujeitas à fiscalização para garantir a eficácia do plano como um todo. É recomendado que uma das ferramentas de fiscalização seja a incorporação de sobrevoo com drones no processo. Essa tecnologia permite uma detecção mais abrangente, rápida e precisa de irregularidades. Os drones capacitam os fiscais a realizar levantamentos em todo o território, incluindo áreas remotas e de difícil acesso, além de fornecerem imagens em tempo real. O sobrevoo dos drones auxiliará na fiscalização geral das atividades, embora

algumas ações no terreno possam ser melhor avaliadas com o uso de mapeamento fotogramétrico.

Portanto, é recomendado realizar um sobrevoo anual para monitorar o planejamento urbano e regional, verificando questões relacionadas à macrodrenagem, como ocupação de áreas sensíveis, manutenção da rede de macrodrenagem e funcionamento adequado das infraestruturas de controle de enchentes. A fiscalização por meio de sobrevoo será realizada anualmente, com seleção e atualização das informações necessárias para monitorar as ações no território. Além disso, na Figura 96 a Figura 100 está estabelecido o plano de aplicação das ações de fiscalização em cada uma das atividades definidas para a implementação do plano.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Programa de educação ambiental	O propósito de supervisionar essa iniciativa é assegurar a efetiva execução das atividades delineadas no programa, de forma a permitir que a comunidade assimile os conhecimentos compartilhados e desenvolva uma consciência sobre a relevância da preservação ambiental e da gestão sustentável dos recursos hídricos.	Prefeitura Municipal	O programa de educação ambiental deve ser supervisionado levando em conta a implementação das seguintes medidas: i) garantir a conformidade com o cronograma e a realização das atividades dentro dos prazos definidos; ii) avaliar a qualidade das atividades educativas oferecidas, verificando se atendem às necessidades de diversos grupos-alvo e se seguem o conteúdo estipulado no plano; iii) analisar o impacto das atividades do programa na comunidade local, utilizando indicadores como a participação da população nas ações propostas, redução na geração de resíduos sólidos e aprimoramento da qualidade das águas.	A ação deve ocorrer de maneira periódica durante os anos que discorrem o plano	Espera-se que com a efetivação da ação o município tenha ocorrido durante o tempo de aplicação do plano

Figura 96 – Plano de efetivação das ações de fiscalização

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Programa de monitoramento de cheias	O propósito da supervisão e monitoramento das cheias é garantir a eficácia na execução do programa, bem como a confiabilidade e precisão das informações coletadas.	Defesa Civil e Prefeitura Municipal, através de equipe técnica contratada	Devem ser revisadas todas as fases do processo de monitoramento. Entre os procedimentos, é crucial verificar: i) a funcionalidade adequada dos equipamentos e instrumentos utilizados na coleta de dados, incluindo a calibração e manutenção adequadas dos mesmos; ii) a operação do sistema como um todo, garantindo que os dados coletados sejam armazenados de forma segura e interpretados corretamente para identificar tendências e padrões relevantes.	É fundamental que o sistema de alerta esteja em condições ideais para garantir sua eficácia durante eventos extremos. Portanto, é recomendável realizar verificações ao longo do período de aplicação, no mínimo anualmente	A fiscalização periódica é esperada para contribuir com o funcionamento impecável do sistema ao longo de todo o período do Plano.

Figura 97 – Plano de efetivação das ações de fiscalização (continuação)

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Programa de recuperação de áreas degradadas, de modo a estimular a infiltração do escoamento.	O propósito da fiscalização deste programa é assegurar a implementação adequada das medidas planejadas para a recuperação de áreas degradadas, visando permitir a infiltração adequada das águas pluviais no solo.	Defesa Civil e Prefeitura Municipal, através de equipe técnica contratada	A fiscalização deve ser conduzida por uma equipe técnica capacitada e especializada, com conhecimento sobre as técnicas de recuperação de áreas degradadas e infraestrutura de drenagem urbana. Essa equipe deve estar equipada com instrumentos de medição e monitoramento adequados para avaliar o impacto das ações no ambiente e a eficácia das medidas implementadas.	A fiscalização deve ocorrer periodicamente durante o período estipulado pelo plano. Ocorrendo com frequência anual.	Garantir a restauração de áreas degradadas e aptas a infiltrar volumes provenientes de escoamento superficial, amortizando as vazões de cheia
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Programa de Gestão de Riscos Geológicos e Inundações	A finalidade da fiscalização deste programa é assegurar que as medidas de controle e prevenção adotadas estejam sendo implementadas corretamente, e que a redução de ocupação dessas áreas seja real.	Prefeitura Municipal	A fiscalização deste programa deve seguir alguns procedimentos, que incluem: i) visitas da equipe às áreas de risco identificadas para verificar a efetiva implementação das medidas de controle e prevenção, avaliando se as intervenções realizadas e se há necessidade de novas intervenções ou ajustes nas medidas adotadas; e ii) análise técnica das informações coletadas e das observações feitas durante as vistorias, verificando se a conformidade técnica das intervenções.	A fiscalização deve ocorrer periodicamente durante o período estipulado pelo plano. Ocorrendo com frequência anual.	Garantir que a expansão territorial futura no município ocorra de modo sustentável, preservando as áreas suscetíveis a risco

Figura 98 - Plano de efetivação das ações de fiscalização (continuação)

VERSÃO OFICIAL

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Programa de Restauração de Áreas Afetadas por Processos Erosivos	O propósito é assegurar a eficaz implementação das medidas de recuperação e estabilização do terreno, o que contribui para a preservação ambiental e o da qualidade de vida da população.	Prefeitura Municipal	A fiscalização deste programa deve seguir alguns procedimentos, que incluem: i) visitas da equipe às áreas de risco identificadas para verificar a efetiva implementação das medidas de controle e prevenção, avaliando se as intervenções realizadas e se há necessidade de novas intervenções ou ajustes nas medidas adotadas; e ii) análise técnica das informações coletadas e das observações feitas durante as vistorias, verificando se a conformidade técnica das intervenções.	A fiscalização deve ocorrer periodicamente durante o período estipulado pelo plano. Ocorrendo com frequência anual.	Garantir a recuperação das áreas em processo erosivo através das ações propostas. De modo que o risco de deslizamento seja reduzido
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Programa de Desenvolvimento de Competências Técnicas para os Funcionários Permanentes Envolvidos na Gestão de Drenagem Pluvial	Garantir que os profissionais envolvidos em drenagem sejam devidamente capacitados, através de treinamentos e atualizações das informações técnicas.	Prefeitura Municipal	A fiscalização deve seguir um dos procedimentos: i) verificação dos documentos relacionados ao programa, como relatórios de treinamentos e capacitações, planos de desenvolvimento profissional, e avaliações de desempenho dos envolvidos; ii) observação direta das atividades realizadas pelos profissionais para avaliar a aplicação dos conhecimentos adquiridos, a utilização das melhores práticas recomendadas, entre outros aspectos relevantes; e iii) avaliação dos resultados alcançados pela gestão da drenagem pluvial municipal, a fim de verificar possíveis melhorias na qualidade dos serviços prestados à população.	A fiscalização deve ocorrer periodicamente durante o período estipulado pelo plano. Ocorrendo com frequência anual.	Assegurar que a implementação das propostas seja realizada com excelência, visando alcançar os melhores resultados possíveis na redução dos impactos dos eventos de cheia no município.

Figura 99 - Plano de efetivação das ações de fiscalização (continuação)

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Estruturas de contenção de cheia	O propósito da fiscalização dessas estruturas é assegurar que estejam em condições adequadas de funcionamento, visando prevenir ou reduzir os impactos de enchentes e inundações em áreas urbanas.	Prefeitura Municipal é responsável pela contratação de uma equipe técnica	Essa fiscalização pode ser conduzida por meio de inspeções técnicas regulares, que avaliam tanto a condição estrutural quanto operacional das instalações, além da análise de documentação como projetos, licenças e registros de manutenção. Durante as inspeções técnicas, é essencial que os fiscais verifiquem qualquer sinal de desgaste, deterioração ou danos que possam comprometer a segurança ou funcionamento das estruturas. Além disso, é necessário confirmar se as estruturas estão sendo utilizadas corretamente e se estão em conformidade técnica. No que diz respeito à documentação, a fiscalização deve assegurar que os projetos e licenças estejam atualizados, que as manutenções preventivas e corretivas estejam sendo realizadas conforme as normas, e que os registros estejam devidamente atualizados. Com a elaboração de relatórios técnicos detalhados sobre as condições das estruturas e forneça informações sobre correções necessárias.	As estruturas devem ser mantidas em condições de segurança e o funcionamento, sendo considerado uma ação prioritária no Plano. Logo, é fundamental a fiscalização das bacias identificadas e outras obras de macrodrenagem ocorra semestralmente	Espera-se que com a fiscalização das obras de macrodrenagem é garantir a operação ideal do sistema, proporcionando segurança e eficácia na redução dos efeitos dos eventos de cheia.

Figura 100 - Plano de efetivação das ações de fiscalização (continuação)

4. PROPOSTAS COMPLEMENTARES

Este item irá abordar programas de caráter complementar, ou seja, ações estruturantes de média relevância no âmbito do Plano de Macrodrenagem de Pouso Alegre.

4.1. PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA

As chances de sucesso do plano em questão se baseiam na aplicação correta das medidas propostas, executadas por pessoas capacitadas para cada tarefa. Logo, há a necessidade da fase de capacitação técnica das pessoas que serão encarregadas para colocar em prática as melhorias para a macrodrenagem do município, contemplando todos os setores que de alguma forma se liguem a drenagem urbana.

Esta etapa busca apresentar diversas metodologias visando a habilitação técnica das pessoas escolhidas em conceitos de drenagem urbana e tudo que envolva os recursos hídricos. O programa tem como objetivo fornecer treinamento em temas de atualização profissional, como modelagem hidráulica, hidrológica, hidrologia sustentável e geoprocessamento, aos servidores envolvidos nas ações e intervenções propostas. Isso garantirá que estejam preparados para executar e fiscalizar os planos e obras de macrodrenagem.

Baseado no documento Elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMSB/PMGIRS) do estado do Espírito Santo (2017), antes de se planejar as ações diretas ligadas a capacitação, é necessária uma separação ampla de acordo com a base das funções que cada um terá que desempenhar. Para a função de gestão é necessário promover uma capacitação para fortalecer arranjos institucionais, intersetoriais, interescares e interfederativos, com o objetivo de reduzir vulnerabilidades e aumentar a capacidade de adaptação. Já nas funções diretas de operação e manutenção dos sistemas, há a necessidade da capacitação técnica dos programas e softwares utilizados. Por fim, para os sistemas de informação as capacitações devem ensinar aos servidores e o público alvo a utilização do programa da maneira correta.

Fica a cargo da Prefeitura Municipal além de promover essas capacitações a escolha dos profissionais para compor esse setor e ministra-las de maneira efetiva e correta, optando por profissionais das áreas de engenharia, geologia, geografia, arquitetura, entre outras áreas relacionadas à gestão dos sistemas de macrodrenagem.

O responsável pela execução do programa seguirá uma série de etapas. Primeiramente, com os objetivos de aprendizagem definidos, o conteúdo programático da capacitação técnica será elaborado, detalhando os temas principais a serem abordados. É essencial escolher a metodologia de ensino mais adequada, adaptando as estratégias de acordo com cada tema. Em seguida, serão selecionados os recursos de ensino, como materiais didáticos, vídeos, apresentações e exercícios, para auxiliar no aprendizado.

Para avaliar empreendimentos em zonas de risco de inundações, é crucial que os servidores públicos recebam capacitação técnica sobre modelagem hidráulica e conceitos de hidrologia. Isso permite que eles utilizem efetivamente o zoneamento gerado pelo plano e avaliem estudos hidráulico-hidrológicos para compreender o impacto de aterramentos nas áreas de inundação.

Nas Figura 101 a Figura 103 são apresentadas as propostas para a capacitação das pessoas ligadas ao Plano de Macrodrenagem.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Capacitação dos gestores	Reduzir vulnerabilidades e aumentar a capacidade de adaptação dos processos do plano	Prefeitura Municipal	O programa de capacitação técnica deve ser adaptado para atender às necessidades específicas do plano de macrodrenagem, considerando o perfil dos participantes, os recursos disponíveis, os objetivos e metas a serem alcançados, bem como os resultados esperados. O responsável pelo programa deve coordenar a equipe de capacitação, acompanhar e avaliar o progresso dos participantes, e ajustar o programa conforme necessário	Deve ser executado desde o início do plano	Garantir que todos os profissionais escolhidos estejam aptos para gerenciar os processos

Figura 101 – Propostas de implementação do plano de capacitações

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Capacitação dos operadores	Capacitar os profissionais para garantir a operação e monitoramento do plano	Prefeitura Municipal	Treinar os profissionais para que possuam: i) compreensão dos elementos dos sistemas de macrodrenagem; ii) entendimento dos processos de operação e manutenção de cada elemento; iii) habilidades para resolver problemas e tomar decisões em situações de emergência; iv) capacidade de gerenciar recursos e materiais utilizados na operação e manutenção dos sistemas de macrodrenagem; v) conhecimento sobre o uso de tecnologias e ferramentas para monitorar e controlar os sistemas de macrodrenagem.	Deve ser executado desde o início do plano	Garantir que todos os profissionais escolhidos estejam aptos a realizar todos os processos necessários

Figura 102- Propostas de implementação do plano de capacitações (continuação)

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Capacitação para o sistemas de informações	Ensinar aos servidores e o público alvo a utilização do programa da maneira correta	Prefeitura Municipal	O profissional especializado nesse campo deve possuir: i) conhecimento sobre os sistemas de informação usados na operação e manutenção dos sistemas de macrodrenagem; ii) habilidades no uso de tecnologias e ferramentas para monitorar e controlar os sistemas de macrodrenagem, incluindo coleta e análise de dados, elaboração de relatórios, integração de dados de diversas fontes, entre outros; iii) capacidade de operar e manter redes de comunicação usadas na transmissão de dados; iv) capacidade de integrar os sistemas de informação com outros sistemas de macrodrenagem, como sistemas de gestão de recursos hídricos e sistemas de alerta de enchentes.	Deve ser executado desde o início do plano	Garantir que todos os profissionais escolhidos estejam aptos para utilizar e auxiliar no plano

Figura 103- Propostas de implementação do plano de capacitações (continuação)

4.2. OUVIDORIA EXCLUSIVA PARA OS SERVIÇOS DE MACRODRENAGEM

A participação social é uma ferramenta essencial para a realização de qualquer projeto designado para a população. Segundo Kunsch (2012) a comunicação deve ser usada para alcançar os cidadãos comuns, para atender as demandas sociais e amenizar os problemas cruciais. Heloiza Matos (2011, p.45), diz que “a comunicação pública deve ser pensada como um processo político de interação no qual prevalecem a expressão, a interpretação e o diálogo”. Logo, é crucial que haja ferramentas para ouvir aqueles que de fato lidarão com cada projeto e programa executado.

O município de Pouso Alegre possui um canal de ouvidoria da Prefeitura Municipal regulamentado pelo Decreto nº 4920/2018, onde os cidadãos podem realizar o contato para enviar:

- sugestões que visem à melhoria da prestação de serviço público municipal;
- denúncias dos usuários do serviço público municipal;
- reclamações, manifestações de desagrado ou protestos sobre a ação ou a omissão da Administração Pública Municipal; e
- elogios e demonstrações de reconhecimento, apreço ou satisfação em face do serviço prestado pela Administração Pública Municipal.

No entanto, se trata de um canal amplo para situações gerais do município, evidenciando a necessidade da criação de um sistema de ouvidoria exclusiva relacionado a macrodrenagem do município, facilitando para os cidadãos que venham a sofrer algum impacto ocasionado com as cheias dos corpos hídricos. Na Figura 104 é apresentado de maneira resumida a ação sugerida.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Criação de um canal de comunicação exclusivo para a macrodrenagem	Facilitar a comunicação da população sobre eventos de cheias dos cursos hídricos	Prefeitura Municipal	Criar um e-mail e/ou telefone e disponibilizar para a população do município, contendo campos para informações pessoais (nome, endereço, contato) um campo aberto para a descrição da situação abordada e uma opção para classificar o grau de ameaça	Deve ser criada até o prazo imediato do plano (2028)	Aumentar a efetividade dos auxílios a população que sofre com os casos de inundações e enchentes

Figura 104 - Proposta de implementação do plano de ouvidoria

4.3. COMPLEMENTAÇÃO DO CADASTRO DA REDE DE DRENAGEM

Os problemas relacionados a inundação de um município contemplam apenas os eventos de extravasamento das calhas dos cursos hídricos, deixando os pequenos acúmulos hidráulicos (alagamentos) para a microdrenagem. Contudo, as águas coletadas pelas obras de microdrenagem são lançadas nos rios e córregos, aumentando o nível hidráulico e evidenciando que ambas drenagens devem caminhar lado a lado.

Conforme apresentado pelo Produto 3 – relatório 2 deste plano, a população consultada revelou em sua maioria que vê constantemente casos de obstrução de manilhas e galerias construídas para o escoamento da chuva, essa problemática agrava ainda mais os casos extremos de chuva, causando principalmente alagamentos das vias públicas que são os eventos mais vividos pela população de Pouso Alegre. Com isso, há a necessidade de se manter atualizadas as informações dos cadastros da rede de drenagem do município para que se possa prever e remediar os eventos extremos. Assim, é aconselhável implementar um programa de atualização do registro das estruturas de microdrenagem, incluindo dados georreferenciados e informações técnicas e garantindo que cada novo loteamento seja adicionado no registro.

O Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da cidade de São Paulo (2012) apresenta que esse cadastro deve conter:

[...] seções transversais suficientes para bem caracterizar o leito de escoamento do canal ou galeria, incluindo todas as singularidades existentes, tais como: curvas, inflexões, transições, estreitamentos bruscos, mudanças de declividades, entradas de afluentes, desemboques, etc. Deve-se incluir ainda a caracterização topológica de reservatórios de amortecimento de cheias, lagos e represas que, de alguma forma, interfiram no regime hidráulico-hidrológico do sistema. Também se devem cadastrar os trechos críticos dos sistemas de microdrenagem que drenam áreas sujeitas à inundação ou que de alguma forma, interfiram no desempenho do sistema de macrodrenagem. Os traçados e principais características das redes existentes devem ser indicados em planta (MDMAP – São Paulo, 2012).

O registro técnico e o cadastro dos elementos do sistema de águas pluviais devem ser sempre mantidos atualizados, refletindo todas as alterações e adições feitas durante a

vida útil do sistema de drenagem. Além disso, a plataforma recomendada deve ser projetada para permitir o acesso às informações e para alimentar um banco de dados que possa gerar relatórios e análises baseadas nessas informações.

Por fim, a Figura 105 apresenta de forma resumida e prática a proposta citada ao longo deste capítulo.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Complementação do Cadastro da Rede de Drenagem	Aprimorar os sistemas de drenagem urbana e auxiliar na prevenção de eventos de inundação	Prefeitura Municipal	Criação de um programa de análise e monitoramento das obras de drenagem urbana por meio de visitas periódicas aos locais em questão. Processar as informações coletadas e atualizar o banco de dados	Deve ser criada até o prazo imediato do plano (2028)	Facilitar as previsões de desastres possibilitando as prevenções e mitigações necessárias

Figura 105- Propostas de implementação do cadastro da rede de drenagem

4.4. PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS EROSIVAS

A erosão do solo acontece principalmente devido à influência de diferentes fatores, como a força da chuva, a capacidade do solo de ser erodido, a forma do terreno e a vegetação que o cobre. Entretanto, práticas humanas inadequadas têm intensificado a ocorrência de processos erosivos, tanto na superfície quanto abaixo dela, resultando na deterioração dos solos e de suas diversas funções (GOUDIE, 1995; GUERRA, 2013 e 2014; MORGAN, 2005; OSMAN, 2014).

A cidade de Pouso Alegre passa hoje por um grande desenvolvimento urbano devido aos grandes investimentos que ela recebe para a criação de empresas de médio e grande porte, no entanto, esse crescimento quando realizado de forma desorganizada acaba causando grandes danos ao solo da região. Na Figura 106 é apresentado um mapa de uso e ocupação do solo do município na atualidade.

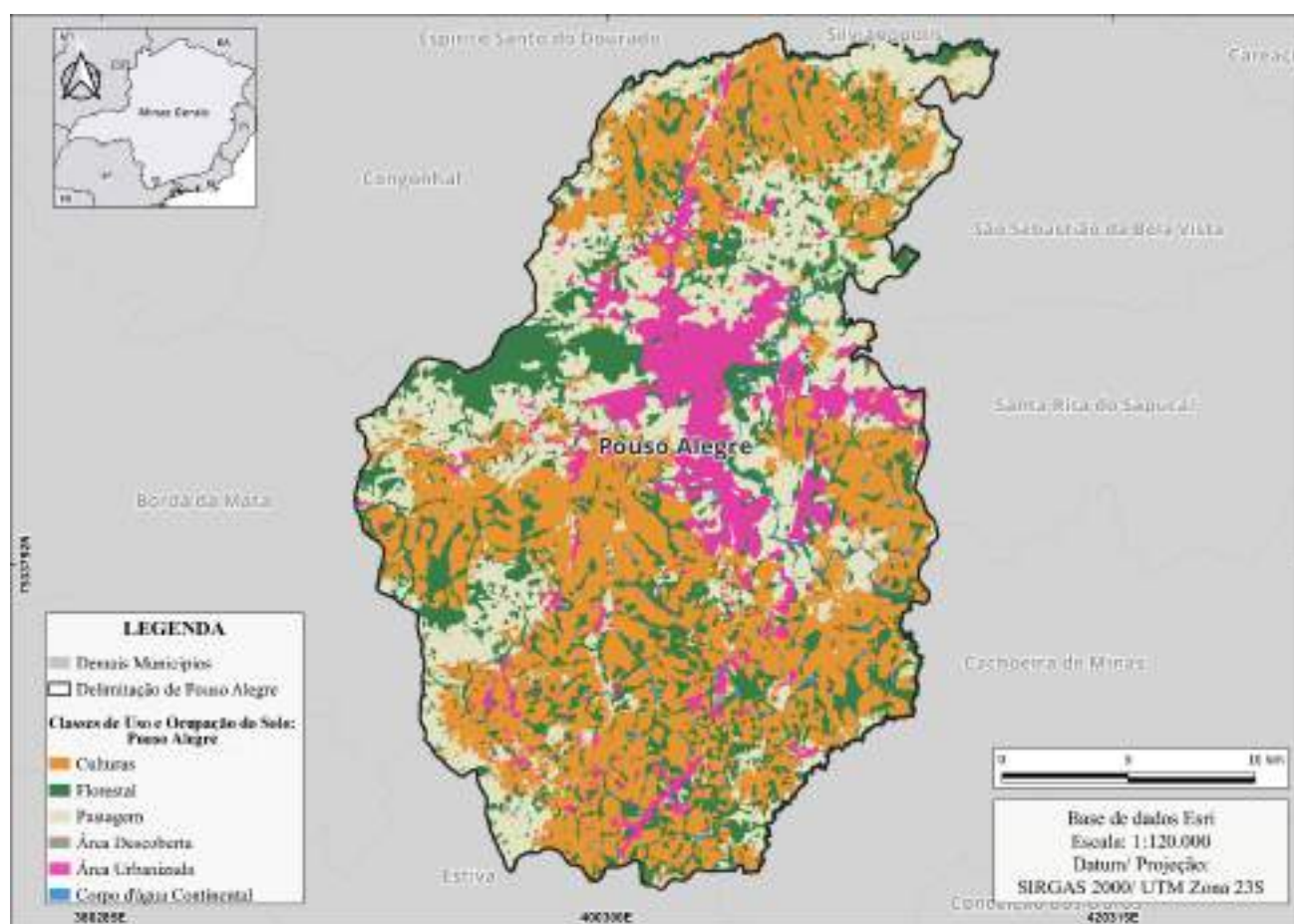


Figura 106 - Mapa de uso e ocupação do solo do município de Pouso Alegre

Para facilitar a análise, na Tabela 13 apresenta as porcentagens de cada uso e ocupação de solo.

Tabela 13 - Uso e ocupação do solo de Pouso Alegre

Classe	Área (km²)	Porcentagem
Cultura	217,10	40,00%
Pastagem	144,84	26,68%
Floresta	114,30	21,06%
Urbana	60,50	11,15%
Água	5,34	0,98%
Área Urbana	0,72	0,13%
Total	542,80	100,00%

Conforme observado, a cidade de Pouso Alegre possui grande parte da sua ocupação baseado em culturas e pastagens, além da própria área urbana, essas características do solo acabam agravando a ocorrência de erosões. Segundo o Produto 3 deste plano, a maioria da população entrevistada alegou que presenciava casos de água barrenta em seus bairros, estando diretamente ligado aos casos de assoreamento.

Na maioria das vezes os rios têm um equilíbrio no transporte de sedimentos, seja arrastando e pulando ao longo do leito ou suspensos na corrente. Existe uma tendência natural para que esses sedimentos se depositem quando o fluxo de sedimentos encontra água com menor velocidade (mudança no fluxo), dependendo do tamanho das partículas e da turbulência do fluxo. Quando há uma mudança feita pelo homem, ela altera a característica da água mudando o equilíbrio do fluxo, isso leva a uma série de mudanças no rio, incluindo a desaceleração do movimento das partículas na corrente. (GLYMPH, 1973, CARVALHO, 2000).

Essas características citadas são comprovadas pelas respostas da população, evidenciando mais uma problemática a ser mitigada por programas que envolvam não apenas medidas físicas como a recuperação das áreas que sofrem erosão, mas também que incentivem a conscientização das gerações futuras quanto ao uso do solo de forma consciente. Restabelecer a dinâmica natural das áreas degradadas é fundamental para recuperar seu equilíbrio ecológico, incluindo controlar os processos erosivos e minimizar o possível carreamento de sedimentos, além de contribuir para a reconstituição da vegetação nativa e recompor a paisagem de forma harmoniosa, integrando elementos naturais e humanos.

4.4.1. Identificação de Focos de Erosão e Deslizamento

Utilizando o software Google Earth Pro e as notícias relacionadas ao tema, foi possível observar alguns locais dentro do município de Pouso Alegre que, após interferência humana em seu entorno, há a ocorrência de eventos de deslizamentos e foco de erosão. Na Figura 107, Figura 108 e Figura 109 é apresentada a situação de um terreno localizado as margens da Avenida Vereador Hebert Campos.



Figura 107 - Área em processo erosivo na Av. Ver. Hebert Campos em 2011



Figura 108 - Área em processo erosivo na Av. Ver. Hebert Campos em 2014



Figura 109 - Área em processo erosivo na Av. Ver. Hebert Campos em 2023

Como observado nas figuras, até o ano de 2011 o talude se mostrava estável se caracterizando como pastagem, mas a partir de 2014 com a intervenção humana, ele teve parte da sua terra extraída se tornando um solo exposto até a última figura em 2023, que apresenta de maneira clara os impactos erosivos. Na Figura 110, Figura 111 e Figura 112 são trazidos outros exemplos localizados na Rua Antonio Scodeller.



Figura 110 - Área em processo erosivo na Rua Antonio Scodeller em 2011



Figura 111 - Área em processo erosivo na Rua Antonio Scodeller em 2014



Figura 112 - Área em processo erosivo na Rua Antonio Scodeller em 2023

Após as interferências no terreno para a construção de um estacionamento acabou ocasionando no deslizamento de terra no talude, provavelmente gerando o assoreamento do solo do local e interferindo nos empreendimentos de lazer localizados abaixo do local. Segundo Guerra e Jorge (2013) os processos erosivos nas encostas causados pelo escoamento superficial são os mais comuns em diversos países, tendo início com pequenas rupturas que formam as chamadas ravinas, podendo evoluir para fraturas profundas. No entanto, esse processo é mais lento do que quando ocorre intervenções humanas como as apresentadas.

Por fim, de acordo com uma notícia da plataforma PousoAlegre.net de 2023, duas casas precisaram ser interditadas por conta de um deslizamento de terra que ocorreu no bairro Edwirges as margens da BR-459. Pelas imagens de satélite é possível observar o movimento do solo ocorrido, apresentado na Figura 113 e Figura 114.



Figura 113 - Área em processo de deslizamento na BR-459 em 2022



Figura 114 - Área em processo de deslizamento na BR-459 em 2023

Ainda segundo a notícia ninguém se feriu, mas três pessoas de duas famílias diferentes tiveram que deixar suas residências. Esse deslizamento pode ter sido causado pela manipulação do terreno na base do talude para a construção das casas em terreno irregular, salientando novamente da importância do planejamento do uso e ocupação do solo. Outras que devem ser monitoradas e mitigadas são apresentadas pela própria Defesa Civil do município, apresentadas nas Figura 115 a Figura 119.



Figura 115 - Áreas de risco na Comunidade São Judas Tadeu

A área apresentada está localizada em um talude com uma inclinação elevada que possui várias residências espalhadas em sua localização, se tornando um local potencialmente perigoso visto que possui apenas uma vegetação rasteira para proteger o seu solo.



Figura 116 - Áreas de risco na Rua Professor Geraldo Camargo

Neste caso há uma faixa com residências construídas no meio de um pequeno vale que também possui uma inclinação elevada, colocando em risco a vida dos moradores principalmente pelo fato de já ser possível visualizar algumas fissuras nos taludes.



Figura 117 - Áreas de risco na Rua Wellis José Euclides

O local apresentado na Figura 117 é um talude que possui tanto construções na parte inferior quanto na parte superior, que por sua vez oferece uma maior probabilidade de deslizamento por conta do peso adicionado e pela movimentação do solo.



Figura 118 - Áreas de risco no Vale das Andorinhas

Por fim, a Figura 117 mostra algumas residências localizadas na base de um talude que também oferece perigo para os moradores, onde mesmo possuindo um resquício de vegetação na parte inferior, já apresenta pequenos casos de deslizamentos como mostrado na imagem do Street View do Google da Figura 119.



Figura 119 - Deslizamento da área do no Vale das Andorinhas

4.4.2. Técnicas para Recuperação das Áreas

Segundo o Curso de Recuperação de Áreas Degradadas formulado pela EMBRAPA em parceria com a Petrobras em 2008, os fatores primordiais que contribuem diretamente para a erosão do solo são a inclinação do terreno e a quantidade e intensidade da precipitação. Diversas técnicas de conservação do solo são implementadas com o objetivo de minimizar ou prevenir esses efeitos da água da chuva sobre o terreno, como:

- Terraceamento

Trata-se de um método mecânico que busca criar barreiras físicas e dividir o comprimento da rampa, permitindo assim a redução da velocidade e a divisão do volume da água escoada superficialmente, facilitando sua infiltração no solo. Além disso, ele visa direcionar o fluxo para um leito estável de drenagem, seja natural ou artificial, com o objetivo de controlar o escoamento.

- Retaludamento

Consiste na retirada de uma parcela do solo dos taludes escolhidos, possibilitando uma maior compactação do terreno e a diminuição do ângulo de inclinação, diminuindo então o carreamento desse solo, sendo mais eficaz quando alinhado com a técnica de hidro-semeadura.

- Cobertura Vegetal Rasteira

O fator mais significativo que influencia diretamente a erosão ou perda de solo devido à enxurrada é a cobertura do solo, que pode ser tanto por meio de plantas em crescimento (cobertura viva) quanto pela palhada proveniente delas.

- Cordão Vegetal

Este método envolve o cultivo de espécies que possuem um rápido crescimento do sistema radicular e da parte aérea, o que permite segurar o solo e evitar que a água da chuva, ao correr morro abaixo, provoque erosão.

- Adubação verde

A adubação verde pode ser definida como o manejo de plantas com o objetivo de melhorar ou manter a capacidade produtiva do solo. Esse conceito engloba a prática tradicional de incorporação de leguminosas, bem como o uso de outras espécies vegetais, em rotação ou não, para cobertura do solo ou incorporação.

- Reflorestamento

Essa etapa requer uma série de pesquisas para que seja executada de maneira efetiva, como a estratégia de plantio, escolha de espécies, e planejamento de execução. Conforme afirmado por RODRIGUES e GANDOLFI (1998), a análise da vegetação local é um passo crucial em programas de restauração de áreas degradadas. Isso se deve ao fato de que, ao obter informações sobre os tipos de vegetação florestal presentes na região, suas espécies características, sua estrutura fitossociológica e sua classificação sucessional, é possível determinar as estratégias de recuperação adequadas para cada situação identificada. A sucessão primária pode ser definida como o conjunto de processos ecológicos que acontecem em áreas sem vegetação, seguindo em direção à formação de

um ecossistema mais complexo. Nesse processo, há um gradual aumento na quantidade de biomassa, matéria orgânica no solo, bem como nos fluxos de nutrientes e energia. A sucessão secundária ocorre em ambientes que já foram estabelecidos e está ligada à sua renovação. Isso significa que, independentemente da perturbação (seja ela natural ou causada pelo homem), há uma sequência de processos que leva de volta à "ordem anterior" do ecossistema.

Logo, há a necessidade de um estudo e um planejamento para cada área apresentada, para recuperar áreas degradadas, é recomendável utilizar uma mistura de espécies que possa introduzir uma certa diversidade e aproveitar ao máximo os recursos disponíveis. Isso permite que a floresta evolua naturalmente para um estágio mais avançado de sucessão, mais próximo da estabilidade (EMBRAPA, 2008). Nas figuras Figura 120 e Figura 121 são apresentadas as propostas pensadas para a recuperação das áreas erosivas de Pouso Alegre.

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Revisão e instalação de planos de drenagem eficazes	Diminuir o escoamento superficial irregular	Prefeitura Municipal	Aprovação e execução do plano em questão, aprimorando a macrodrenagem do município. Além disso, também é indicado a criação de um Plano de Microdrenagem que auxiliaria ainda mais na mitigação da problemática	Deve ser realizado até o prazo imediato do plano (2028)	Diminuir o escoamento superficial irregular que corrobora para a erosão do solo
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Monitoramento de zonas de risco	Garantir a atualização dos dados de erosão e permitir o foco em áreas mais críticas	Prefeitura Municipal em parceria com a Defesa Civil	Aprimoramento do monitoramento que já existe no município, propondo novos estudos gerais da região com auxílio da população para acrescentar novas áreas	Deve ser realizado até o prazo imediato do plano (2028)	Possibilitar os aletas e as intervenções em áreas de risco com maior precisão e antecedência

Figura 120 - Propostas para a recuperação das áreas erosivas

AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Retaludamento e hidro-semeadura	Diminuir o assoreamento do solo dos taludes	Prefeitura Municipal em parceria com a Defesa Civil	Realizar estudos do solo dos taludes que apresentam riscos, selecionar aqueles que apresentarem uma coesão segura, criar o projeto com as devidas especificações e executar o retaludamento. Em seguida, realizar o jateamento da hidro-semeadura para acrescentar uma pequena vegetação	Deve ser planejado até prazo o imediato do plano (2028)	Frear o assoreamento dos taludes e impedir que a erosão alcance estágios perigosos e que dificultem a drenagem
AÇÃO	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	COMO	PRAZO	META
Recuperação de áreas degradadas e arborização de áreas urbanas	Remediar os impactos já existentes e prevenir impactos futuros	Prefeitura Municipal em parceria com a Defesa Civil	Criação de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas para os taludes monitorados e a execução dos projetos de arborização citados no presente plano	Deve ser realizado até o prazo imediato do plano (2028)	Diminuir a porcentagem de solo descoberto do município e recuperar as áreas degradadas

Figura 121 - Propostas para a recuperação das áreas erosivas (continuação)

5. HIERARQUIZAÇÃO

A organização das ações visa priorizar sua implementação de forma a otimizar os benefícios, categorizando as propostas por microbacia hidrográfica, ações estruturantes e ações estruturais. Logo nesse capítulo as ações são hierarquizadas de modo que se considera as ponderações de relevância de cada uma das execuções. Para esse processo foi adaptada a metodologia desenvolvida por Ribeiro (2022), a qual possui fatores determinantes que cabem ao âmbito de macrodrenagem.

Na metodologia utilizada a hierarquização considera cada critério atribuindo a ele um peso e uma nota, dentro da escala de 1 a 4, o que possibilita atribuir a ação uma escala numérica de importância, a qual será obtida por um cálculo de média ponderada. Portanto, quanto mais elevada for a pontuação atribuída à ação, maior será sua priorização no plano de ações. Na Tabela 14 é ilustrado os critérios de priorização e as suas respectivas ponderações.

Tabela 14 – Critérios considerados e a priorização das ações e suas pontuações

Critério de priorização	
Pontuação	Impacto na salubridade ambiental (C1)
4	Indispensável
3	Importante
2	Relevante
1	Irrelevante
Custo de implementação/operação (C2)	
4	Baixo
3	Alto
2	Muito Alto
1	Necessidade de financiamento com recursos estaduais/federais
Edificações afetadas: alcance das manchas de inundação na área urbana (C3)	
4	Mais de 200 edificações afetadas
3	Entre 51 a 199 edificações afetadas
2	Entre 1 a 50 edificações afetadas
1	Nenhuma edificação afetada
Facilidade de implementação/execução (C4)	
4	Implementação Simples/Execução Alta
3	Implementação Simples/Execução Média
2	Implementação Simples/Execução Baixa
1	Necessidade de apoio técnico de outras entidades

Fonte: Adaptado de Ribeiro, 2022

Para hierarquizar as medidas, foi essencial atribuir um peso específico a cada critério escolhido, conforme as definições apresentadas anteriormente, tendo em vista as necessidades e propósitos do cenário de macrodrenagem de Pouso Alegre. Tendo isso, os critérios de hierarquização foram categorizados de acordo com os pesos atribuídos para cada um dos critérios, os valores admitidos são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Pesos atribuídos por critério

Peso	Critério	Justificativa
4	Impacto na salubridade ambiental	A qualidade do ambiente e a saúde da população são elementos essenciais, portanto, este critério deve receber uma pontuação máxima.
2	Custo de implementação/operação	Embora não seja o principal indicador, é um critério de extrema importância, especialmente considerando a magnitude das obras propostas.
4	População afetada pelas manchas de inundação simuladas	O plano deve priorizar a mitigação do problema enfrentado pela população devido às cheias, o que é crucial para garantir a atribuição de nota máxima a esta categoria.
2	Facilidade de implementação/execução	Dado o caráter ágil de implementação do Poder Público municipal, certas atividades podem ser executadas com maior rapidez por eles. Assim, esse critério deve ser considerado prioritário.

Após a definição dos critérios a serem considerados e a categorização por prioridade de cada um dos critérios, tornou-se viável atribuir pontuações com foco em cada uma das microbacias hidrográficas e na classificação de ações estruturantes e estruturais. Isso permitiu calcular a média ponderada para alcançar a hierarquização das medidas no cenário geral do plano. Esses resultados são apresentados nos itens posteriores por meio da metodologia adotada e dos cálculos referentes a mesma.

5.1. HIERARQUIZAÇÃO DAS AÇÕES ESTRUTURANTES

As ações estruturantes, classificadas como medidas preventivas, têm como objetivo estabelecer princípios que revertam os riscos das atividades humanas sobre os recursos naturais, preparando a população para adotar medidas mais sustentáveis. Estas medidas visam reduzir os impactos sem modificar a morfologia dos cursos hídricos, através da aplicação de princípios e medidas que minimizam o risco hidrológico e a interferência causada por ações antrópicas às condições naturais. Isso inclui o zoneamento das áreas de inundação, previsões de cheias, seguros de inundações, legislação pertinente e sistemas de

alerta a inundações, este último envolvendo o monitoramento e um sistema de previsão hidrológica.

Todas as ações estruturantes definidas nesse produto foram ponderadas de acordo com a pontuação definida no item anterior, de modo a serem hierarquizadas em nível de prioridade de execução. Esse processo ocorreu de acordo com a metodologia já exemplificada, na Tabela 16 é ilustrado os resultados da ponderação.

Tabela 16 – Ponderação das pontuações das ações estruturantes

Ações	Notas por critérios				Nota Final
	C1	C2	C3	C4	
Proposta para Gerenciamento da Implementação do Plano	4	4	4	3	4,0
Programa de Educação Ambiental	4	3	4	3	3,5
Programa de Monitoramento de Cheias das Microbacias (sistema de alerta)	4	3	4	4	3,8
Programa para o Controle da Poluição das Águas Superficiais e Gestão de Materiais Sólidos	4	3	3	3	3,3
Efetivar os critérios para a Manutenção das Redes de Macrodrenagem	3	4	4	4	3,8
Programa de Monitoramento de Cheias	4	3	4	3	3,5
Definição das APPs Urbanas	4	4	4	3	3,8
Regulamentar por meio Legislativo o Zoneamento das Planícies	4	4	4	4	4,0
Aplicar os Parâmetros para Utilização e Manutenção das Áreas de Várzea	4	4	3	3	3,5
Proposta para Gerenciamento das Águas Pluviais	4	4	4	4	4,0
Programa para Melhoria da Infiltração das Águas Pluviais em Áreas Degradadas	2	2	3	2	2,3
Efetivar os Programas de Desimpermeabilização e a expansão das Áreas Verdes	2	2	3	2	2,3
Efetivar as diretrizes para o Gerenciamento da Ocupação em Locais de Risco Hidrológico e Geológico	2	3	3	3	2,8
Regulamentar as diretrizes de Avaliação de Empreendimentos Impactantes nos Sistemas de Macrodrenagem	2	3	2	4	2,8
Efetivar a Recuperação de Áreas Degradadas, visando à infiltração das Águas Pluviais	2	2	4	2	2,5
Implementar o Programa de Fiscalização	4	4	4	4	4,0
Programa de Recuperação de Áreas Erosivas	2	3	3	3	2,8
Efetivar o Programa de Capacitação Técnica dos Agentes ligados a Macrodrenagem	3	3	3	4	3,3
Efetivar o Cadastro Integral da Rede de Drenagem	3	3	4	3	3,3
Criação da Ouvidoria para os Serviços de Macrodrenagem	1	4	4	4	3,3
Mapear e Definir as obras destinadas à retenção de cheia	4	3	4	3	3,5
Efetivar o Programa de Revisão do PMDPA	4	4	4	3	3,8
Legislação para o controle da drenagem urbana em áreas de expansão e nas áreas urbanas densificadas	4	4	4	3	3,8

A definição das pontuações finais permite que seja elaborada a hierarquização das medidas estruturantes. Essa organização deixa claro quais devem ser as prioridades no plano de execução das atividades propostas nesse plano, se levado em consideração os mesmos critérios aqui citados. A Tabela 17 apresenta a hierarquização elaborada para as ações estruturantes.

Tabela 17 – Hierarquização das ações estruturantes

Posição	Ação estruturante	Pontuação
1º	Regulamentar por meio Legislativo o Zoneamento das Planícies	4,0
2º	Proposta para Gerenciamento das Águas Pluviais	4,0
3º	Implementar o Programa de Fiscalização	4,0
4º	Proposta para Gerenciamento da Implementação do Plano	4,0
5º	Programa de Monitoramento de Cheias das Microbacias (sistema de alerta)	3,8
6º	Efetivar os critérios para a Manutenção das Redes de Macrodrenagem	3,8
7º	Definição das APPs Urbanas	3,8
8º	Efetivar o Programa de Revisão do PMDPA	3,8
9º	Legislação para o controle da drenagem urbana em áreas de expansão e nas áreas urbanas densificadas	3,8
10º	Programa de Educação Ambiental	3,5
11º	Programa de Monitoramento de Cheias	3,5
12º	Aplicar os Parâmetros para Utilização e Manutenção das Áreas de Várzea	3,5
13º	Mapear e Definir as obras destinadas à retenção de cheia	3,5
14º	Programa para o Controle da Poluição das Águas Superficiais e Gestão de Materiais Sólidos	3,3
15º	Efetivar o Programa de Capacitação Técnica dos Agentes ligados a Macrodrenagem	3,3
16º	Efetivar o Cadastro Integral da Rede de Drenagem	3,3
17º	Criação da Ouvidoria para os Serviços de Macrodrenagem	3,3
18º	Efetivar as diretrizes para o Gerenciamento da Ocupação em Locais de Risco Hidrológico e Geológico	2,8
19º	Regulamentar as diretrizes de Avaliação de Empreendimentos Impactantes nos Sistemas de Macrodrenagem	2,8
20º	Programa de Recuperação de Áreas Erosivas	2,8
21º	Efetivar a Recuperação de Áreas Degradadas, visando à infiltração das Águas Pluviais	2,5
22º	Programa para Melhoria da Infiltração das Águas Pluviais em Áreas Degradadas	2,3
23º	Efetivar os Programas de Desimpermeabilização e a expansão das Áreas Verdes	2,3

A priorização na ordem de efetivação das ações deve se basear na hierarquização. No caso do presente plano, as ações que devem ser executadas inicialmente são “Proposta para Gerenciamento de Águas Pluviais”, “Regulamentar por meio Legislativo o Zoneamento

das Planícies de Inundação”, “Implementar o Programa de Fiscalização” e “Proposta para Gerenciamento da Implementação do Plano”. Sendo importante levar em consideração a necessidade da execução do “Programa de Monitoramento de Cheias das Bacias” e do “Programa de Revisão do PMDPA”, que compõem duas ferramentas importantes de gerenciamento.

O Zoneamento das Planícies de Inundação foi elaborado e analisado no presente produto e no decorrer do plano, onde foi constatado sua importância como diretriz de uso e ocupação do solo. Sendo assim, o processo de regulamentar esse zoneamento como um instrumento de legislação do município é essencial no controle de qualidade ambiental e de segurança da população e das futuras edificações. Em sequência, e em mesmo nível de relevância é indicado a aplicação do Programa de Fiscalização e do Gerenciamento da Implementação do Plano, sendo ações que garantem o controle da efetividade das medidas de controle estabelecidas pelo plano, estabelecendo a maneira como esse gerenciamento do plano ocorrerá dentro da administração pública responsável pelo setor de drenagem urbana.

A seguir, deve-se considerar a implementação do “Programa de Monitoramento de Cheias das Microbacias” sendo de extrema importância para a segurança da população em cenários de mudanças climáticas e eventos extremos, visto que existe a possibilidade de desocupação de locais durante a ocorrência de desastres naturais. Tendo que as medidas de “Efetivar o Programa de Revisão do PMDPA” e de “Efetivar os critérios para a Manutenção das Redes de Macrodrenagem” possuem o mesmo nível de relevância quanto a atualização do âmbito de macrodrenagem no município, garantindo que a o sistema de macrodrenagem e sua gestão esteja ocorrendo de maneira efetiva e como foi projetada.

Essas atividades são relevantes dado a premissa que para um pleno funcionamento e segurança efetiva da população e das edificações o sistema de macrodrenagem deve ser monitorado e revisado sempre que necessário. Logo, é o que se espera que a implementação dessas ações garanta, juntamente com as outras que são descritas nesse produto. É válido que a classificação das ações ocorreu levando em consideração toda a estrutura já existente no município e o cenário em que essas ações serão instituídas.

5.2. HIERARQUIZAÇÃO DAS AÇÕES ESTRUTURAIS

As medidas estruturais implicam em intervenções nas dinâmicas de fluxo dos corpos hídricos, com o propósito de direcionar e regular o escoamento das águas pluviais. De modo a ser criada uma nova dinâmica no curso hídrico, modificando o sistema natural, tendo como objetivo reter ou controlar o fluxo. Essas alterações incluem a construção de reservatórios, diques e canalizações, tanto abertas quanto fechadas. A execução dessas obras representa a maior parte do aporte monetário destinado a redução dos impactos e ocorrências de inundações. Tendo que essas ações tendem a ser mais dispendiosas do que as ações estruturantes (SÃO PAULO, 2012).

É importante destacar que as ações estruturantes propostas neste contexto priorizam os menores impactos provenientes de corte e aterro, o que influencia diretamente no custo-benefício da obra e em seu impacto ambiental. Sendo estabelecido com base nas áreas de inundação identificadas e no diagnóstico participativo, visando oferecer soluções para os locais mais vulneráveis às inundações, e considerando as áreas disponíveis elencadas no Produto 3.1.

As ações estruturantes estabelecidas neste produto foram ponderadas conforme as pontuações determinadas no item anterior, visando sua hierarquização em termos de prioridade de execução. Esse procedimento seguiu a metodologia previamente demonstrada, e os resultados da ponderação estão ilustrados na Tabela 18.

Tabela 18 – Ponderação das pontuações das ações estruturais

Ações estruturais	Notas por critérios				Nota Final
	C1	C2	C3	C4	
Sistema de Contenção e Bacia de Retenção Córrego da Remonta	3	2	2	1	3,0
Extensão do Dique 1	2	1	3	1	1,8
Limpeza do Ribeirão das Mortes	3	2	2	3	2,5
Revitalização da Calha do Rio Mandu	4	3	4	2	3,3
Revitalização da Calha do Rio Sapucaí-Mirim	4	2	3	1	2,5
Bacia de Retenção João Maria	4	1	4	3	3,0
Revitalização Lagoa da Banana	4	3	3	2	3,0
Bacia de Retenção Córrego São Judas Tadeu	2	2	2	2	2,0

Com a definição das pontuações finais, é possível desenvolver a hierarquização das medidas estruturantes. Essa estruturação esclarece quais devem ser as prioridades na implementação das atividades propostas neste plano, seguindo os mesmos critérios mencionados anteriormente. A Tabela 19 apresenta a hierarquização elaborada para as ações estruturantes.

Tabela 19 – Hierarquização das ações estruturais

Posição	Ação estrutural	Pontuação
1º	Revitalização da Calha do Rio Mandu	3,3
2º	Bacia de Retenção João Maria	3,0
3º	Sistema de Contenção e Bacia de Retenção Córrego da Remonta	3,0
4º	Revitalização da Lagoa da Banana	3,0
5º	Limpeza do Ribeirão das Mortes	2,5
6º	Revitalização da Calha do Rio Sapucaí-Mirim	2,5
7º	Bacia de Retenção Córrego São Judas Tadeu	2,0
8º	Extensão do Dique 1	1,8

Aplicando a metodologia escolhida para as obras estipuladas, conclui-se que o Sistema de Contenção e Bacia de Retenção do Córrego da Remonta, Bacia de Retenção João Maria e a Revitalização da Calha do Rio Mandu devem ser as próximas obras a serem executadas dentro do município, dado sua prioridade quanto seu papel de amortização do volume das cheias e seu impacto em eventos extremos. As três ações auxiliam no controle ambiental e sanitário, o que implica nas suas notas máximas no quesito C1 e C3, assim como nas outras obras analisadas, o custo de execução dessas obras tende a ser alto com relação ao orçamento municipal, o que faz com que necessitem de um apoio de programas federais/estaduais ou a adesão de financiamentos.

Outra iniciativa que se destaca tanto em pontuação quanto em relevância em relação às obras mencionadas anteriormente é a revitalização da Lagoa da Banana. Esse projeto recebeu uma avaliação máxima no critério C1 devido à sua eficácia na redução de vazões provenientes da área urbana e na capacidade de retenção de água, além de oferecer oportunidades para uma renovação urbanística da região. A implementação do projeto é de complexidade média, classificada como nível 3, pois requer o uso de equipamentos pesados e mão de obra especializada, além de exigir cuidados ambientais rigorosos para prevenir a contaminação do meio ambiente e seus recursos.

Inicialmente, é sugerido que essas obras sejam efetivadas dado a sua classificação de maior importância, considerando seu trabalho em conjunto com obras já existentes nas bacias. Todas as outras obras propostas foram classificadas na mesma metodologia, estando detalhadas na Tabela 18.

5.3. HIERARQUIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

O primeiro processo de classificação hierárquica foi realizado levando as bacias hidrográficas em consideração. Os critérios foram pontuados individualmente levando em consideração os seguintes pontos: *Impactos na qualidade ambiental sanitária* que é pontuado de acordo com a sensibilidade a degradação ambiental, bem como o percentual de urbanização; *Complexidade de execução e operação* é pontuado de acordo com o nível de acessibilidade e o grau de urbanização dos locais a serem implementadas; *Custos de execução e operação* é pontuado de acordo com a onerosidade e complexidade da obra, levando em conta o seu porte; *Edificações atingidas* a pontuação considera o número de edificações atingidas pela projeção da mancha atual em um TR de 100 anos na bacia instalada e pelos problemas relatados pela população local dos eventos de cheia.

A distribuição dos pesos em cada um dos critérios ocorre de acordo com as descrições expostas nas Figuras 122 e Figura 123.



Figura 122 – Níveis de pontuação de cada um dos critérios considerados



Figura 123 - Níveis de pontuação de cada um dos critérios considerados (continuação)

Tabela 20 – Ponderação das pontuações para cada bacia

Peso	Critério	Pontuação por microbacia				
		Córrego da Remonta	Córrego São Judas Tadeu	Ribeirão das Mortes	Rio Mandu	Rio Sapucaí Mirim
4	Impacto na qualidade ambiental sanitária	4	3	4	4	4
2	Custo de execução/operação	2	2	2	2	1
4	Edificações atingidas	3	2	4	4	3
2	Complexidade de execução/operação	3	2	2	1	1
	Pontuação final	3,2	2,3	3,3	3,2	2,7

Após a determinação das médias ponderadas finais foi elaborada a hierarquização das obras sugeridas para cada bacia, estabelecendo a ordem de prioridade em sua execução, dado as medidas já apresentadas e justificadas anteriormente no Plano. Na Tabela 21 é apresentada a ordem final das intervenções estabelecidas no presente plano.

Tabela 21 – Hierarquização das bacias hidrográficas

Posição	Microbacia hidrográfica	Pontuação
1º	Ribeirão das Mortes	3,3
2º	Córrego da Remonta	3,2
3º	Rio Mandu	2,7
4º	Rio Sapucaí Mirim	2,3
5º	Córrego São Judas Tadeu	2,3

Após a hierarquização separada das medidas estruturantes para discernir suas necessidades e importância, é crucial identificar as bacias prioritárias para a implementação do plano de ações. Isso deve ser feito considerando tanto as ações estruturantes quanto as estruturais em conjunto. Essa segunda hierarquização ajuda a coordenar e orientar os esforços públicos em relação às bacias estudadas nesse plano.

O resultado final encontrado pela hierarquização das bacias possibilita concluir que as intervenções devem ocorrer inicialmente nas bacias do Ribeirão das Mortes, Córrego da Remonta e Rio Mandu. A posição de prioridades dessas bacias com relação as outras se dá ao seu grau de urbanização e ocupação residencial afetada pelos seus eventos de cheia, dado a sua localização em áreas centrais do município ou a sua localização em relação a margem do curso hídrico.

Todas as bacias estudadas contam com obras que objetivam a amortização de vazões, entretanto os impactos das bacias que possuem menor prioridade com relação as outras se deve a já existirem obras que amenizaram seu impacto de cheia ou apresentam maior onerosidade para execução das intervenções. Apesar disso essas bacias não podem ser desconsideradas na necessidade de passarem por ações, o que fez com que fossem consideradas nos tópicos de planos de ações.

A bacia do Ribeirão Pantano e Rio Sapucaí não foram indicadas no quesito de obras devido ao seu baixo índice de urbanização e pela sua característica de curso ao interceptar os limites de Pouso Alegre. O Ribeirão Pantano encontra-se totalmente na área rural do município e apresentando baixo impacto de cheia no quesito populacional, o que fez com que não fosse considerado para sofrer intervenções estruturais.

Um cenário parecido ocorre com a bacia do Rio Sapucaí, o curso do rio margeia o perímetro do município, afetando áreas industriais e algumas ocupações rurais. Logo, não foi considerado intervenções estruturais dentro dessa bacia. Além da bacia estar no trecho médio quando cruza Pouso Alegre, isso caracteriza um fluxo estável e com baixas declividades, o que não favorece intervenções de amortização de cheia ou qualquer modificação em sua calha.

As bacias consideradas para intervenções apresentam condições similares, dado isso suas pontuações são próximas e as intervenções sugeridas seguem a mesma abordagem de resolução da problemática. Sendo que a bacia do Rio Sapucaí Mirim e Córrego São Judas Tadeu tiveram menores notas devido ao impacto que ocasionam na população e ao aporte monetário que elas solicitam para efetivação de suas medidas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL – ADASA. **Plano de Fiscalização Anual Técnico-operacional da Prestação do Serviço Público de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Distrito Federal**. Brasília, 2022. Disponível em https://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/drenagem_urbana/fiscaliza%C3%A7%C3%A3o/plano_anuais_de_fiscaliza%C3%A7%C3%A3o_PAFs/Plano%20Anual%20de%20Fiscaliza%C3%A7%C3%A3o%202022.pdf

ARCHDAILY. **20 Espécies Nativas para Arborização Urbana**. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/880359/20-especies-nativas-para-arborizacao-urbana>>. Acesso em 27 de fevereiro de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, RJ, 2004.

AZZOUT, Y.; BARRAUD, S.; CRES, F.N.; ALFAKIH, E. **Techniques alternatives d'assainissement pluvial: choix, conception réalisation et entretien**. LCPC, INSA Lyon, Certu, Agences de l'Eau, Lavoisier Technique et Documentation, Paris. ASCE, 1969. Design and Construction of sanitary and storm sewers. New York (Manuals and Reports of Engineering Practice, 37), 1994.

BAHIA. SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEMARH. **Recomposição de matas ciliares – floresta no solo água nos rios. Superintendência de Biodiversidade, Florestas e Unidades de Conservação – SFC**. Salvador, 2007. Disponível em: https://www.meioambiente.ba.gov.br/sites/sitesema/files/migracao_2024/arquivos/File/Publicacoes/Cartilhas/CARTILHA_MATAS_CILIARES.pdf. Acesso em: 10 de dez. de 2020.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. **Plano diretor de Belo Horizonte**. Lei de uso e ocupação do solo: estudos básicos. Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 1996.

BLAINSKI, Éverton; GARBOSSA, Luis Hamilton Pospissil; ANTUNES, Eduardo Nathan. **Estações hidrometeorológicas automáticas: recomendações técnicas para instalação**. Florianópolis, SC, 2012.

BOITEN, W. (2005). **Hydrometry**. IHE Delft Lecture Note Series. A.A. Balkema Publishers, 259p.

BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Aprova o Regulamento do Código de Águas. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643compilado.htm.

BRASIL. **Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002**. Regula a criação de unidades de conservação. Brasília, DF, 2002.

BRASIL. **Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010.** Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=7404&ano=2010&ato=5cdITW65EMVpWT85f#:~:text=REGULAMENTA%20A%20LEI%20N%C2%BA%2012.305,REVERSA%2C%20E%20D%C3%81%20OUTRAS%20PROVID%C3%84NCIAS>.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.257/2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm.

BRASIL. Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Lei Federal nº 13.308/2016: Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, determinando a manutenção preventiva das redes de drenagem pluvial. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13308.htm.

BRASIL. Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Lei Nº 14.026, de 15 de junho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Brasília, DF, 2020.

BRASIL. **Lei Nº 14.802, de 10 de janeiro de 2024.** Institui o Plano Plurianual da União para o período de 2024 a 2027. Brasília, DF, 2007.

BRASIL. **Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999.** Institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, DF, 1999.

BRASIL. **Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021.** Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Brasília, DF, 2021.

BRASIL. **Lei nº 14.285, de 29 de dezembro de 2021.** Altera as Leis nos 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, 11.952, de 25 de junho de 2009, que dispõe sobre regularização fundiária em terras da União, e 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, para dispor sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14285.htm.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Brasília, DF, 2000.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Poder Judiciário. **Resolução nº 83, de 10 de junho de 2009.** Dispõe sobre a aquisição, locação e uso de veículos no âmbito do Poder Judiciário brasileiro e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em <https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/atos-normativos?documento=102>.

CARVALHO, N.O. **assoreamento de reservatórios – consequências e mitigação dos efeitos.** In: IV Encontro Nacional de engenharia de Sedimentos. Santa Maria-RS. Cdrom. 1-22p. 2000.

CLIMATE DATA. **Pouso Alegre, 2022.** Disponível em: https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/pouso-alegre-5040/#google_vignette.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. **Manual de Arborização.** Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/10/manual-arborizacao-cemig-biodiversitas.pdf>. Acesso em 16 de março de 2023.

COSTA, Sandra Maria Fonseca da; VALOTA, Ed Carlos dos Santos; OLIVEIRA, van Gomes de; MONTOIA, Gustavo Rodrigo Milare; SANTOS, Emmanuel Antonio dos. **Crescimento urbano e ocupação de várzea em pequenas cidades da Amazônia: uma discussão premente.** Geografia, Ensino & Pesquisa, Vol. 20, n.1, 2016.

DAC ENGENHARIA. **Plano Municipal de Macrodrenagem do Ribeirão das Mortes – PMMRB.** Pouso Alegre, MG, 2020

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA (DAAE). **Terceiro Plano Diretor de Macro Drenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT 3. PNE – Plano de Ações Não Estruturais.** São Paulo. 2013.

EIRD. Estratégia Internacional para a Redução dos Desastres. **Marco de Ação de Hyogo 2005- 2015:** aumento da resiliência das nações e das comunidades frente aos desastres. 2005. Disponível em: <https://fld.com.br/publicacao/marco-de-acao-de-hyogo-2005-2015/>.

EMBRAPA. CURSO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. **A Visão da Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de monitoramento e Estratégias de Recuperação.** Rio de Janeiro 2008.

FIGUEIRA, R. M. **Riscos geológicos e políticas públicas.** ComCiência [online]. 2010, n.117, pp. 0-0. ISSN 1519-7654.

FREIRE, Luciana Martins; LIMA, Joselito Santiago de; SILVA, Juliana Nogueira da. **Riscos Geológicos em Áreas Urbanas: Implicações Socioambientais em Duas Cidades Paraenses.** Universidade Federal do Pará, Belém, v. 6, n. 11, 2018.

GIL, Greta Symanski Rey; PEREIRA, Maria Fernanda Rodrigues; ALCÂNTARA, Vitor da Costa; GALVANE, João Victor; BARRETO, Alessandro Vieira; GRACIOLI, Giovani; KAZUE, Patrícia Uda, POMPEO, Cesar Augusto. **Sistema de Monitoramento Hidrológico com Telemetria em uma Pequena Bacia Urbana.** Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, Florianópolis, SC, 2017.

GLYMPH.L.M. Sedimentation of Reservoirs. IN; ACKERMANN.W.C et al , ed. Man –made lakes: their problems and envirommental. Washington DC. American Geophysical Union 342-348p. 1973.

GOLDENFUM, J. A. (2016). **Pequenas Bacias Hidrológicas: Conceitos Básicos.** In **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas.** Org. por Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. D., ABRH, ed. UFSM, Santa Maria – RS, pp. 3 – 15.

GOUDIE, A. **The Changing Earth: rates of geomorphological processes.** Oxford: Blackwell, 1995.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba - PR.** Versão 1.0. Curitiba, 2002. Disponível em https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mdu_versao01.pdf.

GUERRA, A. J. T. **Degradação dos solos: conceitos e temas.** In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Orgs.). Degradação dos Solos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 15-50.

GUERRA, A. J. T. **Processos Erosivos nas Encostas.** In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. p. 149-209.

HIRATA, RICARDO CÉSAR AOKI. **Fundamentos e Estratégias de Proteção e Controle da Qualidade das Águas Subterrâneas: Estudo de Casos no Estado De São Paulo.** Universidade de São Paulo - USP, Instituto de Geociências, Tese de Doutorado, 1994

KUNSCH, Margarida Maria Krohling. **Comunicação pública: direitos de cidadania, fundamentos e práticas. Comunicação pública: interlocuções, interlocutores e perspectivas.** Tradução. São Paulo: ECA/USP, 2012. Disponível em: <https://www.eca.usp.br/acervo/producao-academica/002436481.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2024.

LABORATÓRIO DE HABITAÇÃO E ASSENTAMENTOS HUMANOS DA FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP. **Produto 04: Relatório 2 – Instrumentos Legais Necessários à Implantação de Parques Lineares.** Projeto “Pesquisa e análise de aplicação de instrumentos em planejamento urbano ambiental no município de São Paulo”, 2006.

LAFAYETTE, Fernandha Batista; SILVA, Marília Dantas da; MONTENEGRO, Suzana Maria Gico Lima; SILVA, Pedro Oliveira da; GUSMÃO, Roberto Duarte. **Plano de Gestão da Manutenção da Rede de Drenagem da Cidade do Recife.** XIV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Maceió, AL, 2018.

MARQUES, Ângela; MATOS, Heloiza. **Comunicação e Política: Capital Social, reconhecimento e deliberação pública.** São Paulo: Summus, 2011.

MINAS GERAIS. **Decreto Estadual nº 47.749, de 11 de novembro de 2019.** Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental e sobre a produção florestal no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências Disponível em: http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/2019/Autorizacao_intervencao_ambiental/DECRET_O_N%C2%BA_47.749_DE_11_DE_NOVEMBRO_DE_2019.pdf.

MINISTÉRIO DAS CIDADES; IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios.** Brasília: MCidades; IPT, 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/rYX7IK>>.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL – MDR. **Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores.** 2021. Disponível em https://www.gov.br/mdr/ptbr/assuntos/desenvolvimentourbano/GuiaparaElaboraoeRevisodePlanosDiretores_compressed.pdf.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - MPERGS. **Áreas de risco: ocupação de planícies de inundação.** Disponível em: <https://www.mprs.mp.br/media/areas/urbanistico/arquivos/cartilha_areas_risco.pdf>.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation.** 3. ed. England: Blackwell, 2005.

MOTTA, Marcio Jardim. **A educação ambiental nas empresas e o sistema de Gestão Ambiental.** 2000. Disponível em:

http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/135. Acesso em: 12 abr, 2024.

NASCIMENTO, Gleyce Emanuelle Freitas. BORGES, Lucas Cavalcante. LIMA, Bruna Hemilly Araújo de. **Controle de escoamento pluvial em meio urbano: Um estudo no Município de Santa Rita – Paraíba**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 02, Vol. 01, pp. 108-146. Fevereiro de 2020.

NEIRU. **Plano Municipal de Meio Ambiente de Pouso Alegre – Produto 5**. Itajubá, 2021.

NEIRU. **Relatório de Controle Ambiental: Sistema de contenção de enchentes - Diques 1, 2, 3, 4 e 5, Pouso Alegre MG**. Itajubá/MG, novembro de 2019b.

OSMAN, K. T. **Soil Degradation, Conservation and Remediation**. Dordrecht: Spring, 2014

PINHEIRO, Otilie Macedo. **Plano Diretor: Elaboração e Implementação**. Unidade 3. Universidade Federal do Sergipe. Disponível em: https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/14194807112014Plano_Diretor_e_Gestao_Urbana_Aula_03.pdf.

Planos Municipais de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMSB/PMGIRS). **Programas, Planos e Ações para Emergência e Contingência e Plano de Execução**. Conceição da Barra, ES. 2017. Disponível em: <https://sedurb.es.gov.br/Media/sedurb/PDF/Etapa%20%20Programas,%20Planos%20e%20A%C3%A7%C3%B5es%20para%20Emerg%C3%AAncia%20e%20Conting%C3%AAncia%20e%20Plano%20de%20Execu%C3%A7%C3%A3o%20-%20Concei%C3%A7%C3%A3o%20da%20Barra-1.pdf>. Acesso em 23 de mar 2023.

Pouso Alegre (Município). **Decreto nº 4920, de 03 de agosto de 2018**. Dispõe sobre a regulamentação e o funcionamento da ouvidoria na Administração Pública Municipal. Pouso Alegre, Minas Gerais, 2018.

POUSO ALEGRE (MUNICÍPIO). **Lei Municipal nº 3.584, de 20 de maio de 1999**. Institui o Código Ambiental do Município de Pouso Alegre. Pouso Alegre, MG. Disponível em <https://pousoalegre.siscam.com.br/Normas/Exibir/56258>.

POUSO ALEGRE (MUNICÍPIO). **Lei Ordinária nº 5887, de 13 de dezembro de 2017**. Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico e dá outras providências. Pouso Alegre, MG. Disponível em <https://pousoalegre.siscam.com.br/Normas/Exibir/64100>.

POUSO ALEGRE. **Lei Ordinária nº 6425/2021. Cria a Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC)**. Disponível em: <http://intranet.cmpa.mg.gov.br:8080/Sino.Siave/Normas/Exibir/83615>. Acesso em 16 Abr 2024.

POUSOALEGRE.NET. **Casas são atingidas por deslizamento de terra em Pouso Alegre**. 2023. Disponível em: <https://pousoalegre.net/119498/casas-sao-atingidas-por-deslizamento-de-terra-em-pouso-alegre/>.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Programa de arborização urbana. Ampliação e Re-qualificação da Cobertura Vegetal do Município de São Paulo.** Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, 2005.

RIBEIRO, Thaís Oliveira; MARTINS, Márcia Viana Lisboa. **Modelo de Gestão para o Saneamento Rural de Pequenos Municípios.** Programa de Pós-graduação em Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Itajubá, MG, 2022

RICARDO, VALDIR PAULO. **Projeto de Recuperação das Matas Ciliares.** FACEP – Faculdade Centro Paulista de Ibitinga, monografia para conclusão do curso de administração, Ibitinga, SP, 2008.

RODRIGUES, R. GANDOLF, S. **Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento.** In: Recuperação de Áreas Degradadas. DIAS, L.E., MELLO, J.W.V. (Ed.). Viçosa: UFV – Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p: 203-215, 1998

RODRIGUES, R. GANDOLF, S. **Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento.** In: Recuperação de Áreas Degradadas. DIAS, L.E., MELLO, J.W.V. (Ed.). Viçosa: UFV – Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p: 203-215, 1998

SÃO PAULO. **Decreto Estadual Nº 39.473 de 07 de novembro de 1994.** Estabelece normas de utilização das várzeas no estado de São Paulo. São Paulo, 1994.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana.** São Paulo: SMDU, 2012. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v1.pdf.

SCHUELER, T. R. **Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs.** Department of Environmental Programs, Metropolitan Washington Council of Governments, 1987.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. **Manual para Apresentação de Propostas para Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável e de Manejo de Águas Pluviais.** Ministério do Desenvolvimento Regional, Programa 2218: Gestão de Riscos e Desastres, 2023.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB.** Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasília, DF, 2019.

SILVA, B.C.; TUCCI, C.E.M.; COLLISCHONN, W. (2006). **“Previsão de Vazão com Modelos Hidroclimáticos”.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 11: 15-29.

SILVA, Benedito Cláudio da; REBOITA, Michelle Simões; MACHADO, Gabriel de Oliveira; WELERSON, Camila Coelho; SOUZA, Christie André de; JÚNIOR, João Tarcísio de Oliveira. **Implantação e Operação de um Sistema de Monitoramento e Alerta Hidrometeorológico para o Alto Rio Sapucaí (MG)**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, Foz do Iguaçu, PR, 2019.

SOUSA, Matheus M. **Drenagem urbana: clássica x sustentável. 2011**. Disponível em: <https://www.aquafluxus.com.br/drenagem-urbana-classica-x-sustentavel/?lang=en>. Acesso em: 22 mar. 2024.

STAHL, Lucas da Silva; MORAES, Jener Fernando Leite de. **Dinâmica de uso e ocupação das áreas de várzea em duas grandes bacias hidrográficas do estado de São Paulo**. XXVI Congresso de Iniciação Científica Unicamp, Campinas, SP, n. 26, 2018.

TERCEIRO PLANO DIRETOR DE MACRODRENAGEM DA BACIA DO ALTO TIETÊ – PDMAT 3. **Relatório nº10 PNE – Plano de Ações não Estruturais: Revisão 02**. São Paulo, 2013.

TOMACHESKI, DAIANE. **Estudo de Técnicas Sustentáveis para a Gestão dos Resíduos Sólidos no Município de Imbé, Rio Grande do Sul**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGE3M, Porto Alegre, RS, 2014.

TUCCI, C. E. M. (2008). **Águas urbanas. Estudos Avançados**. 22(63), 97-112. <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Brasília: SNS; MDR, 2005.

TUCCI, Carlos E. M. **Águas Urbanas**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/SfqYWrhrvtxybFsJYQtx7v/?format=pdf>. Acesso em 03 de abril de 2024.

TUCCI, Carlos E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, 2001.

TUCCI, Carlos E. M. **Inundações Urbanas**. ABRH. 1ª ed. Porto Alegre, 2007.