



companhia de saneamento básico do estado de são paulo

UNIDADE DE NEGÓCIO NORTE
DIRETORIA METROPOLITANA - M
CONTRATO MN Nº 02.910/19

PLANO DE MACRODRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE SOCORRO - SP

RP4 - PROPOSIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO

Janeiro / 2021



cobrape



companhia de saneamento básico do estado de são paulo

UNIDADE DE NEGÓCIO NORTE
DIRETORIA METROPOLITANA - M
CONTRATO MN N° 02.910/19

PLANO DE MACRODRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE SOCORRO - SP

RP4 - PROPOSIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO

Janeiro / 2021



cobrape



Revisão	Data	Descrição	Verif.	Aprov.	Autoriz.
00	01/2021	RP4 – Proposição de Alternativas de Solução			
Elaboração do Plano de Macrodrenagem Urbanas no Município de Socorro – SP					
RP4 – PROPOSIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO					
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  sabesp UNIDADE DE NEGÓCIO NORTE – DITEORIA METROPOLITANA – M </div> <div style="text-align: center;">  COBRAPE – Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos </div> </div>					
				Revisão	Finalidade
				00	3

Legenda Finalidade: [1] Para Informação [2] Para Comentário [3] Para Aprovação





SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	3
LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE MAPAS	7
APRESENTAÇÃO	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS	10
2.1 Gestão Sustentável.....	11
2.1.1 Gestão de Bacias Hidrográficas e Gestão da Drenagem Urbana	13
2.1.2 As Inundações e Suas Causas	14
2.1.3 Integração entre os Planos Diretores de Ordenamento Territorial e os Planos Diretores de Drenagem Urbana.....	14
2.1.4 Gestão das águas pluviais e outros serviços urbanos.....	15
2.1.5 Medidas de Controle no Conjunto da Bacia	16
2.1.6 Desafios na Gestão das Águas Pluviais Urbanas	16
3 DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DA MACRODRENAGEM	18
3.1 Estudos Hidrológicos	18
3.2 Estudos Hidráulicos	28
3.2.1 Córrego dos Machados	29
3.2.2 Córrego dos Nogueiras	31
3.2.3 Córrego da rua Nagib Jorge	34
3.2.4 Córrego da av. José Maria de Faria	36
3.2.5 Córrego da rua Andreilino Souza Pinto (jusante)	37
3.2.6 Córrego da rua Andreilino Souza Pinto (montante).....	40
3.2.7 Córrego Estrada da Pompéia	41
3.2.8 Rio do Peixe	44
4 MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS	48
4.1 Medidas Estruturais Convencionais	48
4.1.1 Reservatórios de retenção – Piscinões	48
4.1.2 Canalização.....	49
4.2 Propostas de Medidas Estruturais Convencionais	49
4.2.1 Intervenções propostas para o Córrego dos Machados	49
4.2.2 Intervenções propostas para o Córrego dos Nogueiras	52



4.2.3	Intervenções propostas para o Córrego da rua Nagib Jorge.....	53
4.2.4	Intervenções propostas para o Córrego da av. José Maria de Faria.....	54
4.2.5	Intervenções propostas para o Córrego da rua Andreilino Souza Pinto (jusante)	55
4.2.6	Intervenções propostas para o Córrego da rua Andreilino Souza Pinto (montante).....	56
4.2.7	Intervenções propostas para o Córrego Estrada da Pompéia.....	57
4.3	Medidas Estruturais Não Convencionais ou Compensatórias.....	59
4.4	Medidas Não Estruturais	59
4.4.1	Gestão.....	60
4.4.2	Legislação	69
4.4.3	Educação Ambiental.....	71
4.5	Propostas de Medidas Não Estruturais.....	75
4.5.1	Atualização do PLAMCON - Plano Municipal de Contingência – Inundações e Deslizamentos	79
4.5.2	Ampliação das ações de fiscalização e educação ambiental	84
4.5.3	Apresentação do Plano Diretor de Macrodrenagem à Coordenadoria da Defesa Civil, Secretarias, órgãos e entidades vinculadas ao Plano Municipal de Contingência	87
4.5.4	Disciplinamento do processo de ocupação do solo da ZEU – Zona de Expansão Urbana.....	88
4.5.5	Implementação de um Sistema de Comunicação de Alertas de Risco e/ou Emergência	92
4.5.6	Criação de um Sistema de Sinalização para os locais suscetíveis às inundações.....	94
4.5.7	Elaboração de um “Manual de Drenagem”	96
4.5.8	Institucionalização do zoneamento das manchas de inundação do município	97
4.5.9	Análise e Formalização das reservas legais, visando ampliação das áreas protegidas e vegetadas do município	99
4.5.10	Criação de incentivos à implantação de empreendimentos e construções sustentáveis	100
4.5.11	Atualização de Estudo Técnico, Econômico e Socioambiental para a sustentabilidade financeira e operacional do Sistema de Drenagem do Município	101
4.5.12	Integração do Plano Diretor de Macrodrenagem de Socorro ao Plano de Bacia (e/ou Plano de Drenagem Regional)	104
ANEXO I – MEDIDAS ESTRUTURAIS NÃO CONVENCIONAIS.....		106



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Combinação entre medidas estruturais e medidas não estruturais.....	13
Figura 2: Relação entre a gestão das águas pluviais e outros serviços de gestão urbana.....	15
Figura 3: Bacias do Município de Socorro.....	18
Figura 4: Bacia do rio do Peixe – Área de montante.....	19
Figura 5: Bacia do rio do Peixe – Afluentes da margem direita.....	19
Figura 6: Bacia do rio do Peixe – Afluentes da margem esquerda.....	20
Figura 7: Sub-bacias do rio Camanducaia.....	20
Figura 8: Diagrama Unifilar – Bacia rio do Peixe – Área de montante (Bacia A).....	21
Figura 9: Diagrama Unifilar – Bacia rio do Peixe – Área de jusante (Bacias B a Q).....	21
Figura 10: Trechos considerados nas simulações hidráulicas.....	28
Figura 11: Hidrograma de vazões do trecho Ribeirão dos Machados.....	29
Figura 12: Ponte rua Voluntários da Pátria.....	29
Figura 13: Ponte da rua Tiradentes.....	29
Figura 14: Ponte da rua Joaquim Souza Pinto.....	30
Figura 15: Ponte da rua João Leonardelli.....	30
Figura 16: Ponte da av. Rebouças.....	30
Figura 17: Perfil longitudinal – Diagnóstico para Córrego dos Machados.....	30
Figura 18: Hidrograma de vazões do trecho Nogueiras.....	31
Figura 19: Condição de contorno de jusante: altura do nível d’água do rio do Peixe....	31
Figura 20: Travessia RS 442 - Trecho de montante.....	32
Figura 21: Travessia RS 392 - Trecho de montante.....	32
Figura 22: Travessia RS 266 - Trecho de montante.....	32
Figura 23: Bueiro RS 213 - Trecho jusante.....	32
Figura 24: Travessia RS 122 - Trecho de jusante.....	32
Figura 25: Perfil longitudinal – Diagnóstico para Córrego Nogueiras – Trecho de montante, sem remanso.....	33
Figura 26: Perfil longitudinal - Diagnóstico para Córrego Nogueiras – Trecho de montante, com remanso.....	33
Figura 27: Perfil longitudinal - Diagnóstico para Córrego Nogueiras – Trecho de jusante, com remanso.....	34
Figura 28: Hidrograma de vazões do trecho Nagib Jorge.....	34
Figura 29: Bueiro da rua Cel. Florêncio Espiridião.....	35
Figura 30: Perfil longitudinal – Diagnóstico - Nagib Jorge.....	35
Figura 31: Hidrograma de vazões do trecho José Maria de Faria.....	36
Figura 32: Bueiro da rua XV de Novembro.....	36
Figura 33: Perfil longitudinal – Diagnóstico - José Maria de Faria.....	37
Figura 34: Hidrograma de vazões do trecho Afluente.....	37
Figura 35: Travessia RS 143 – Trecho afluente.....	38
Figura 36: Perfil longitudinal – Diagnóstico – Trecho afluente.....	38
Figura 37: Hidrograma de vazões do trecho Andreilino Jusante.....	39
Figura 38: Bueiro da Rod. Pompeu Conti.....	39
Figura 39: Bueiro da rua Andreilino Souza Pinto.....	39
Figura 40: Perfil longitudinal - Diagnóstico - Andreilino Jusante.....	40
Figura 41: Hidrograma de vazões para o trecho Andreilino Montante.....	40
Figura 42: Bueiro da rua Valentim Cesar Tafner.....	41
Figura 43: Bueiro da rua Vicente D’Ana.....	41



Figura 44: Perfil longitudinal – Diagnóstico – Andrelino Montante.....	41
Figura 45: Hidrogramas de vazões para o trecho Pompéia.	42
Figura 46: Bueiro Pompéia.....	42
Figura 47: Bueiro RS 496.	42
Figura 48.: Bueiro RS 372.	42
Figura 49: Perfil longitudinal – Diagnóstico – Pompéia Parte 1.	43
Figura 50: Perfil longitudinal – Diagnóstico – Pompéia Parte 2.	43
Figura 51: Perfil longitudinal – Diagnóstico – Pompéia Parte 3.	44
Figura 52: Hidrograma de vazões do trecho rio do Peixe.....	44
Figura 53: Perfil da travessia do trecho rio do Peixe – RS 5970.	45
Figura 54: Perfil da travessia do trecho rio do Peixe – RS 5010.	45
Figura 55: Perfil da travessia do trecho rio do Peixe – RS 4580.	46
Figura 56: Perfil da travessia do trecho rio do Peixe – RS 75.	46
Figura 57: Perfil longitudinal do trecho rio do Peixe – sem bueiro.....	47
Figura 58: Perfil longitudinal do trecho rio do Peixe – com bueiro.....	47
Figura 59: Esquema de reservatório em série e em paralelo.	48
Figura 60: Perfil longitudinal com intervenções propostas - Córrego dos Machados. ...	50
Figura 61: Reservatório Machados – R-1.....	51
Figura 62: Reservatório Machados - R-2 e R-3.	52
Figura 63: Perfil longitudinal com intervenções propostas – Córrego dos Nogueiras....	53
Figura 64: Perfil longitudinal com intervenções propostas - Córrego da rua Nagib Jorge.	54
Figura 65: Perfil longitudinal com intervenções propostas – Córrego da av. José Maria de Faria.	55
Figura 66: Perfil longitudinal com intervenções propostas – Córrego da rua Andrelino Souza Pinto (montante).	56
Figura 67: Perfil longitudinal com intervenções propostas – Córrego da rua Andrelino Souza Pinto (montante).	57
Figura 68: Perfil longitudinal com intervenções propostas – Córrego Pompéia.....	59
Figura 69: Integração dos Níveis de Gestão.	62
Figura 70: Relação entre medidas não estruturais e níveis de gestão.	62
Figura 71: Aplicação da legislação nas zonas de risco.	65
Figura 72: Placas de alerta instaladas na cidade de Belo Horizonte pela Prefeitura Municipal.	68
Figura 73: Filtro de resíduos sólidos.....	72
Figura 74: Sistema de retenção/ de águas pluviais.	73
Figura 75: Regulamentações (incentivos e/ou restrições) no zoneamento municipal para aumento da permeabilidade nos lotes urbanos.	73
Figura 76: Pisograma; Biorretenção em áreas comuns (áreas de lazer, estacionamentos, jardinetes).	74
Figura 77: Biorretenção nas calçadas (condução das águas pluviais para os canteiros plantados).	74
Figura 78: Biorretentores de águas pluviais em jardins, canteiros e valetas	75
Figura 79: Estações de Monitoramento Hidrometeorológico em Socorro.	83
Figura 80: Folder “Como evitar deslizamentos”.....	85
Figura 81: Manual do Cidadão - Vol. I - Enchentes.	85
Figura 82: Sinalização na ponte da rua Capitão Sobrinho, Socorro/SP, jan/2021.....	86
Figura 83: Sinalização na rua Agostinho de Oliveira, Socorro/SP, jan/2021.	87
Figura 84: Monitoramento e Alerta.	93



Figura 85: Sinalização em áreas com risco de inundação em Belo Horizonte/MG.	95
Figura 86: Resumo dos estudos de sustentabilidade econômico-financeira segundo o PMSB - Período 2015-2034.	102
Figura 87: Incidências percentuais dos serviços de saneamento segundo o PMSB - Período 2015-2034.	103
Figura 88: Resumo de custos unitários dos serviços de saneamento segundo o PMSB - Período 2015-2034.	103

ANEXO I - MEDIDAS ESTRUTURAIS NÃO CONVENCIONAIS

Figura 89: Esquema de trincheira.....	107
Figura 90: Trincheiras de infiltração.	107
Figura 91: Vala de infiltração e vala de retenção, respectivamente.....	108
Figura 92: Utilização de pavimento poroso em estacionamento.	108
Figura 93: Esquema de Jardim de chuva e Canteiro pluvial, respectivamente.	109
Figura 94: Esquema de biovaleta.	109
Figura 95: Poço de infiltração preenchido com brita.....	110
Figura 96: Poço de infiltração e poço de injeção.	110
Figura 97: Telhados reservatórios.	111
Figura 98: Cobertura Verde Leve – CVL.	111
Figura 99: Esquema de um microrreservatório.....	112



LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Princípios da abordagem sustentável para gestão das águas pluviais.	11
Tabela 2: Princípios da gestão das águas pluviais.....	12
Tabela 3: Características das Sub-bacias.	22
Tabela 4: Rio do Peixe – Vazões máximas para os TR = 2, 5, 10, 25 50 e 100 anos (área de montante – Bacia A).....	27
Tabela 5: Rio do Peixe – Vazões máximas para os TR = 2, 5, 10, 25 50 e 100 anos...	27
Tabela 6: Afluentes do rio do Peixe – Vazões máximas para os TR = 2, 5, 10, 25 50 e 100 anos.....	27
Tabela 7: Exemplos de medidas não estruturais para a gestão das águas pluviais urbanas.	61
Tabela 8: Plano de macrodrenagem do município de Socorro – Proposta de ações não estruturais.....	76
Tabela 9: Identificação das áreas de riscos para o município de Socorro - PLAMCON.	80

ANEXO I - MEDIDAS ESTRUTURAIS NÃO CONVENCIONAIS

Tabela 10: Lista de medidas estruturais não convencionais.	106
---	-----



LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Áreas de risco de inundações.	82
Mapa 2: Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo do município de Socorro – SP.	89
Mapa 3: Zona de Expansão Urbana - ZEU.....	91
Mapa 4: Mancha de Inundação do Rio do Peixe.	98



APRESENTAÇÃO

Em 12/03/2020, conforme resultado da Licitação 02.910/2019 em que a Cobrape - Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos sagrou-se vencedora, foi assinado o Contrato de nº 02.910/19 firmado com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, Unidade de Negócio Norte – Diretoria M.

O objetivo principal do estudo contratado trata da formulação do Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Socorro, realçando, conforme destaque apontado no Edital e respectivos anexos, um imbricamento aos mecanismos da gestão urbana como forma de correlacionar as influências decorrentes do processo de urbanização e correspondente implementação de infraestrutura sobre a garantia do pleno escoamento das águas pluviais, sobretudo durante eventos pluviométricos de alta intensidade.

Extraem-se desse enfoque subsídios técnicos e institucionais que garantem maior controle dos escoamentos superficiais que importam na redução de impactos decorrentes de eventos pluviais extremos, dando impulso para uma gestão sustentável da drenagem urbana.

O antigo modelo de intervenção¹ deve então ser substituído por uma visão mais realista da capacidade de ação do Poder Público. As soluções meramente de engenharia hidráulica devem ser combinadas com estratégias de ordenamento territorial, educação ambiental e, por que não dizer, de sistemas de alerta e de enfrentamento para as situações nas quais os dispositivos de contenção existentes não sejam suficientes.

Os princípios da precaução e de controle de riscos devem ser amplamente difundidos nas práticas de planejamento e de gestão urbana. A redução de riscos à pessoa humana, às propriedades, aos patrimônios públicos e aos fluxos de bens e serviços que garantem as condições de vida e a preservação do ambiente urbano deve estar no topo das estratégias voltadas ao controle de cheias de grandes magnitudes.

Essa diretriz irá orientar (ou fornecerá os balizamentos a serem considerados) todo o desenvolvimento do Plano, principalmente em sua fase de consolidação, ou seja, durante a formulação das propostas e respectivo Plano de Ações para o sistema de drenagem do município de Socorro.

¹ O modelo ou filosofia de planejamento e atuação utilizado até o final da década de 90, adotava o conceito de intervenção higienista para as obras de drenagem urbana, ou seja, dava-se prioridade para o rápido escoamento e afastamentos das águas pluviais. Destacam-se pela mudança ou aperfeiçoamento no trato da drenagem os documentos formulados pela ABRH (1995) e Ministério das Cidades PMSS (2005) e SNSA (2007).



1 INTRODUÇÃO

Este relatório intitulado RP4 – Proposição de Alternativa de Solução dá sequência ao desenvolvimento do Plano de Macrodrenagem Urbana do Município de Socorro.

O documento ora encaminhado tem por objetivo apresentar as propostas de intervenções mitigadoras estruturais e não estruturais para a bacia hidrográfica do Município de Socorro.



2 MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

O fenômeno da urbanização implica em diversas modificações nas condições naturais do meio, como interferências no ciclo hidrológico e alterações na qualidade das águas, com ações diretas sobre os cursos d'água e sobre a superfície das bacias hidrográficas. Em decorrência desse processo, observa-se a redução da interceptação das águas de chuva, do armazenamento superficial e da infiltração, consequência do aumento da impermeabilização do solo, o que leva a um incremento dos volumes e da velocidade do escoamento superficial.

Ao quadro apresentado soma-se a recorrente implantação de condutos artificiais com maior eficiência hidráulica, o que acaba por aumentar a velocidade de escoamento das águas e, conseqüentemente, dos picos de cheia. Todavia, esta abordagem higienista de intervenção, usualmente adotada em áreas urbanas com o objetivo de contenção de inundações, não tem se mostrado satisfatória. Ao contrário, em um cenário de urbanização crescente, é inexorável e gradual a obsolescência dos sistemas de drenagem implantados sob essa ótica, ampliando a frequência de inundações em áreas urbanas e à jusante das mesmas, acarretando em severas implicações de cunho social, econômico e político.

De acordo com Baptista & Nascimento (1996² *apud* Baptista *et al* 2005³), a intensa urbanização observada ao longo da segunda metade do século XX evidenciou os limites dos sistemas clássicos de drenagem urbana no tocante à sua real eficácia, como:

- “Ao retirar das áreas urbanizadas as águas de drenagem pluvial o mais rapidamente possível, transferem-se para jusante os problemas de inundação”;
- “Como resultado, novas obras de drenagem devem ser construídas a jusante, tais como aumento da seção transversal de canais naturais, substituição de condutos antigos por novos de maior diâmetro, etc. Essas obras são, em geral, muito onerosas e seu custo deve ser suportado por toda a comunidade”;
- “A canalização de cursos d'água gera na população uma falsa ideia de segurança com respeito a inundações, facilitando a ocupação de áreas ribeirinhas. Isso acontece, sobretudo, quando os municípios não incluem no Plano Diretor ou no Plano de Ocupação dos Solos, zoneamentos que contemplem uma análise de risco de inundação”;
- “Normalmente as soluções clássicas não contemplam os problemas de qualidade da água”;
- “As soluções clássicas conduzem, muitas vezes, a situações irreversíveis que limitam outros usos presentes ou futuros da água em meio urbano”.

Diante desse cenário e da perspectiva de “desenvolvimento sustentável”, assim como do aumento da consciência das populações acerca das questões ambientais, é crescente a

2 BAPTISTA, M.B.; NASCIMENTO, N.O. Sustainable Development and Urban Stormwater Management in the Contexto f Tropical Developing Countries. *In: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. México: AIDIS, pp. 523-529, 1996.

3 BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 226p. 2005.



demanda por uma nova abordagem de “tratamento” das águas urbanas, a exemplo da busca do resgate do papel dos cursos d’água no contexto das cidades.

Nesse panorama, nota-se que a intensificação da urbanização e dos impactos hidrológicos e ambientais dela decorrentes, aliada à demanda ambiental crescente, amplia a complexidade das soluções de drenagem urbana, as quais devem considerar, além dos aspectos puramente técnicos, aqueles de ordem ambiental, sanitária e social.

Nos recentes planos diretores de drenagem a definição dos critérios e diretrizes que fundamentaram a proposição do modelo de gestão desse sistema consideram a adoção de uma abordagem mais sustentável em comparação à convencionalmente adotada. Em síntese, esta abordagem pode ser resumida em três fundamentos:

- Novos desenvolvimentos não podem aumentar a vazão de pico das condições naturais;
- A bacia hidrográfica deve ser planejada como um todo para o melhor controle dos volumes;
- As intervenções de controle e prevenção não devem resultar em transferência dos impactos para jusante.

É nesse contexto que o presente relatório se embasa para a proposição de medidas estruturais e não estruturais de gestão para o município de Socorro.

2.1 Gestão Sustentável

A adoção de uma abordagem de gestão alternativa àquela convencionalmente adotada, considerando princípios de sustentabilidade e de gestão integrada, está em curso em diversos países. Segundo dados do relatório “Gestão Integrada das Águas Urbanas na Cidade do Futuro” (SWITCH, 2011), os princípios dessa nova abordagem são os apresentados na tabela a seguir.

Tabela 1: Princípios da abordagem sustentável para gestão das águas pluviais.

Aspecto da água pluvial	Abordagem convencional – água pluvial como um “incômodo”	Abordagem alternativa – água pluvial como um “recurso”
Quantidade	As águas pluviais são conduzidas para fora das áreas urbanas o mais rápido possível	As águas pluviais são amortecidas e retidas na fonte, permitindo sua infiltração e atenuação de picos de cheias para depois fluírem gradualmente aos cursos receptores
Qualidade	As águas pluviais são tratadas com o esgoto em uma estação de tratamento ou despejada sem tratamento nos cursos de água receptores	As águas pluviais são tratadas utilizando sistemas naturais descentralizados, como solo, vegetação e lagoas
Valor de recreação e amenidade	Não é considerado	A infraestrutura de águas pluviais é planejada para melhorar a paisagem urbana e fornecer oportunidades recreativas
Biodiversidade	Não é considerado	Ecossistemas urbanos são recuperados e protegidos pelo uso das águas na manutenção e melhoria dos habitats naturais
Recurso potencial	Não é considerado	As águas pluviais são coletadas para abastecimento e retidas para recarga de aquíferos, cursos de água e vegetação

Fonte: SWITCH (2011) *apud* PDMAT-3 (2012)



Num cenário de urbanização e impermeabilização do solo crescentes, com conseqüente incremento do escoamento superficial e da frequência dos eventos de inundação, assim como dos problemas de poluição difusa, erosão e sedimentação, torna-se fundamental uma mudança de paradigma quanto à gestão das águas pluviais urbanas. A abordagem convencional tem mostrado inúmeras limitações, não conseguindo solucionar plenamente os problemas de drenagem e desconsiderando a variável ambiental, dentre outras questões.

Por sua vez, a abordagem sustentável tem seu foco no amortecimento e na reutilização da água, em contraposição à sua rápida evacuação. Ainda, busca identificar soluções que agreguem ganhos sociais, econômicos e ambientais e que minimizem os impactos negativos da urbanização, como:

- Controle das taxas de escoamento;
- Redução dos impactos sobre as cheias;
- Proteção e melhoria da qualidade das águas;
- Atendimento às necessidades locais;
- Contribuição para a recarga natural do lençol freático.

Assim como a proposta do Programa SWITCH, também no ano de 2011 o Banco Mundial publicou um guia voltado para a gestão integrada das águas pluviais e dos riscos de inundação, no qual estão relacionados 12 princípios para a sua viabilização, conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 2: Princípios da gestão das águas pluviais.

Princípios da gestão de águas pluviais – Banco Mundial (2011)	
1	Cada cenário de risco de inundação é diferente dos demais. Não há um plano único ou específico para gestão de inundações
2	Os planos de gestão de inundações devem ser capazes de lidar com um futuro incerto e mutável
3	A rápida urbanização requer a integração da gestão do risco de inundação, planejamento urbano e governança
4	Uma estratégia integrada requer a utilização de medidas estruturais e não estruturais
5	O uso isolado de medidas estruturais pode transferir impactos a montante e a jusante
6	É impossível eliminar todo o risco de inundação
7	A gestão de inundações traz múltiplos benefícios
8	É importante considerar as conseqüências sociais e ecológicas na gestão de inundações
9	É importante ou fundamental definir os papéis e responsabilidades na construção e execução dos programas contra riscos de inundações
10	É necessário o engajamento de todos os atores em todos os estágios de atuação
11	É necessária a comunicação permanente e conscientização permanente
12	O plano de recuperação deve ser rápido e eficiente

Fonte: WORLD BANK (2011) apud PDMAT-3 (2012)

Os princípios propostos pelo Banco Mundial para a gestão das águas pluviais integram a abordagem sustentável, notadamente no que tange as políticas públicas relacionadas com o ordenamento territorial; o uso e a ocupação do solo; a habitação; o saneamento e o meio ambiente.

Nesse quadro, destaca-se a importância conferida pela gestão sustentável das águas pluviais urbanas à adoção de medidas não estruturais para o controle dos riscos de inundação. Ao contrário das medidas tradicionais ou estruturais, que envolvem

intervenções físicas (obras e estruturas hidráulicas) nos cursos d'água ou bacias, as medidas não estruturais visam diminuir os danos das inundações por meio de práticas de gestão, leis, regulamentos e ações de educação ambiental.

Todavia, para a garantia de uma gestão sustentável, é primordial a adoção combinada de medidas estruturais e não estruturais, conforme ilustrado na figura a seguir.

Figura 1: Combinação entre medidas estruturais e medidas não estruturais.



Fonte: PDMAT-3 (2012)

Como apresentado, as medidas não estruturais envolvem (i) ações de gestão dos serviços urbanos relacionados às águas pluviais; (ii) legislação e regulamentação sobre o uso e a ocupação do solo; assim como (iii) ações de educação ambiental.

A seguir, são elencados alguns princípios que regem a gestão sustentável dos recursos hídricos e das águas pluviais urbanas.

2.1.1 Gestão de Bacias Hidrográficas e Gestão da Drenagem Urbana

A gestão dos recursos hídricos com base na delimitação territorial das bacias hidrográficas se fortaleceu no início dos anos 1990, previamente ao evento “Rio-92”, quando os Princípios de Dublin foram acordados na Conferência Internacional de Água e Meio Ambiente. Segundo o primeiro princípio, para que a gestão dos recursos hídricos seja efetiva, ela deve ser integrada e considerar aspectos de cunho físico, social e econômico. Para tanto, a unidade de gestão a ser considerada deve ser a bacia hidrográfica, conforme posteriormente consolidado pela Lei Federal nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos.

O cerne da gestão, portanto, deve ser a integração de vários aspectos que interferem nos recursos hídricos, como o uso e a ocupação do solo e a drenagem urbana. Desse modo, é fundamental que a gestão de bacias hidrográficas, a gestão da drenagem urbana e a gestão dos demais serviços urbanos municipais sejam realizados de forma sistêmica, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

No tocante ao planejamento das ações de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, a Lei do Saneamento (Lei Federal nº 11.445/2007) estabelece que os planos de saneamento básico devem levar em conta os planos de bacia hidrográfica, apontando a significativa interface entre os serviços de drenagem e a gestão dos recursos hídricos, tendo a bacia hidrográfica como base territorial para o planejamento das ações (ao contrário da visão local e soluções pontuais de intervenção).



2.1.2 As Inundações e Suas Causas

O processo de urbanização de bacias hidrográficas está associado a diversos impactos, dentre os quais se destacam as inundações, dada a magnitude dos riscos ambientais, sociais, econômicos e de saúde pública que podem oferecer à população.

Em áreas urbanas, as inundações ribeirinhas – eventos de ocorrência natural e aleatória – se tornaram mais frequentes a partir do século XX, decorrentes da própria urbanização, de mudanças no ciclo hidrológico em regiões a montante e de chuvas intensas de largo Período de Retorno.

As alterações no ciclo hidrológico decorrentes de mudanças nas condições de uso e ocupação do solo promovem a redução da infiltração das águas de chuva e o aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial, acarretando em impactos diretos nos hidrogramas de cheia (que têm seus picos antecipados e acentuados). Este quadro é agravado pela canalização de cursos d'água, potencializando as crises de insuficiência dos sistemas de drenagem e o conseqüente aumento na frequência de inundações.

Além dos aspectos mencionados, cabe destacar outros fatores que induzem à ocorrência das inundações em áreas urbanas, a saber:

- Parcelamento excessivo do solo e impermeabilização de grandes superfícies;
- Desmatamento desordenado e movimentação indiscriminada de terra, levando ao desencadeamento de processos erosivos e conseqüente assoreamento das redes de drenagem e dos corpos hídricos;
- Acúmulo de lixo e sedimentos em bueiros, canalizações, cursos d'água e demais elementos do sistema de drenagem pluvial, prejudicando o escoamento das águas;
- Obras de drenagem inadequadas;
- Impermeabilização de vias e calçadas, reduzindo a superfície de infiltração das águas.

Cabe ressaltar que as inundações em áreas urbanas são agravadas pela ocupação de áreas impróprias e inadequadas, como os leitos de rios e as várzeas de inundações, criando situações de risco e gerando conseqüências negativas para o meio ambiente e a população.

2.1.3 Integração entre os Planos Diretores de Ordenamento Territorial e os Planos Diretores de Drenagem Urbana

Diante da premissa de gestão sustentável das cidades e das águas urbanas, é fundamental que os planos de ordenamento territorial – voltados para o estabelecimento de diretrizes de uso e ocupação do solo – e os planos de drenagem urbana sejam concebidos dentro de uma abordagem abrangente e integrada, dada a relação intrínseca que existe entre eles.

Esta abordagem integrada consiste em vincular a prevenção dos riscos associados às águas urbanas (riscos de inundações, à saúde pública, poluição, etc) ao ordenamento territorial, a partir da interação entre planejamento urbano e gestão das águas pluviais. Nesse cenário, devem ser respeitadas as restrições mutuamente impostas, assim como

potencializadas as soluções que possam atender, simultaneamente, aos objetivos urbanísticos e de adequado tratamento das águas pluviais.

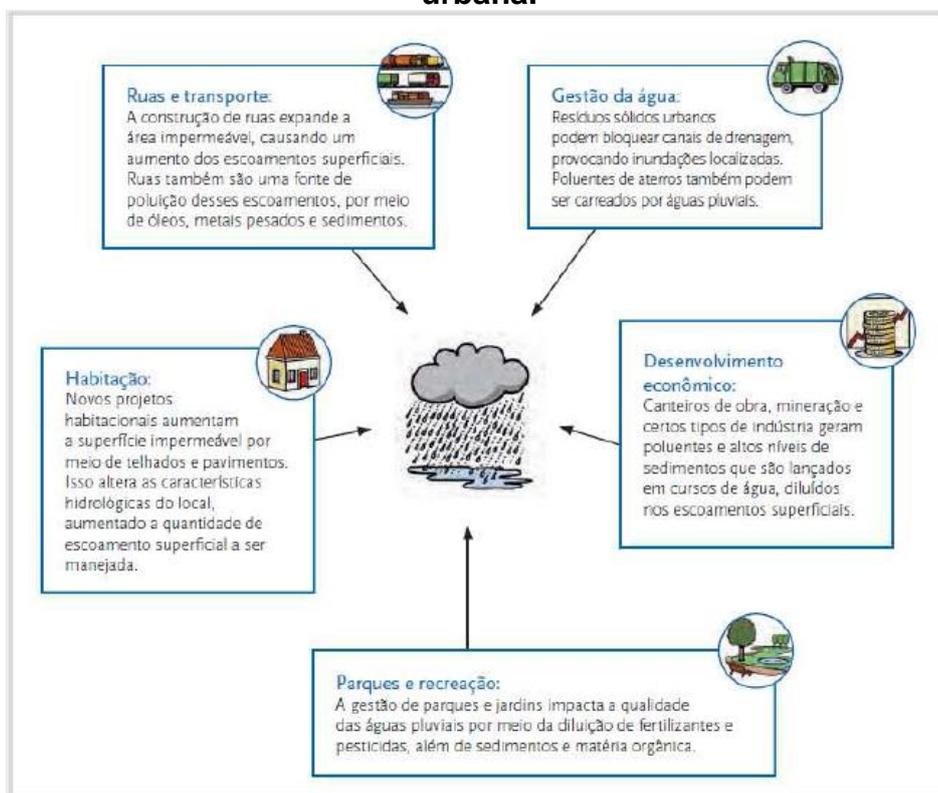
Os Planos Diretores de Drenagem Urbana devem, portanto, ser compatíveis com os Planos Diretores de Ordenamento Territorial e, também, com os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas e com os Planos de Saneamento Básico, considerando a bacia hidrográfica como unidade de análise e contemplando as diversas variáveis relacionadas com as águas urbanas, dentro de uma perspectiva ampla e integrada.

2.1.4 Gestão das águas pluviais e outros serviços urbanos

A gestão da drenagem urbana e o manejo das águas pluviais sob a ótica da sustentabilidade deve se pautar na compatibilização das políticas públicas de gestão das águas com as de uso e ocupação do solo, considerando questões afetas ao saneamento, habitação e meio ambiente. Esta abordagem implica, necessariamente, na adoção combinada de medidas estruturais e não estruturais para o equacionamento dos problemas de drenagem recorrentes em áreas urbanas.

Uma vez que o sistema de drenagem é parte do sistema ambiental urbano, é primordial que haja uma integração das políticas setoriais para a definição de critérios e diretrizes para o planejamento da gestão das águas pluviais e para o controle dos riscos de inundação. A figura a seguir ilustra a relação existente entre as águas pluviais e os demais serviços urbanos.

Figura 2: Relação entre a gestão das águas pluviais e outros serviços de gestão urbana.



Fonte: (SWITCH, 2011) apud PDMAT-3 (2012)



2.1.5 Medidas de Controle no Conjunto da Bacia

Tendo em vista a impossibilidade de proteção integral do risco hidrológico, a presença das águas no meio urbano deve ser tratada de forma que seja possível “controlá-la”. Desta feita, deve-se conceber um ordenamento territorial que não constitua barreiras ao escoamento natural, assim como realizado o controle do escoamento junto às fontes geradoras.

Considerando-se que uma intervenção raramente é isolada, ou seja, está inserida em um contexto onde recebe influências de montante e gera impactos a jusante, é necessário que a sua análise seja realizada na escala da bacia hidrográfica, tanto em termos do ambiente hídrico quanto do ordenamento territorial.

Sendo assim, a adoção de medidas não estruturais e estruturais como meio de controle das águas pluviais visa à maximização do efeito sinérgico decorrente da sua combinação, resultando em redução dos custos de implantação de estruturas de drenagem e em soluções ambientalmente mais integradas.

2.1.6 Desafios na Gestão das Águas Pluviais Urbanas

Apesar dos benefícios associados à gestão sustentável das águas pluviais urbanas, a sua adoção se depara com inúmeras barreiras e desafios, principalmente por se tratar de uma abordagem de planejamento de longo prazo. Portanto, para que haja uma quebra de paradigma, são necessárias mudanças de hábito e de comportamento por parte dos atores envolvidos, dos tomadores de decisão e da população em geral.

Segundo relatório do Banco Mundial, o desafio quanto ao uso de medidas não estruturais reside na necessidade de envolvimento de diversos atores, assim como de constante aporte de recursos e de ações de conscientização e de capacitação técnica. Ainda, a busca pelo equilíbrio entre medidas estruturais e não estruturais também se mostra complexa, exigindo uma visão clara e abrangente dos tomadores de decisão quanto às alternativas, métodos e ferramentas que orientarão as suas escolhas.

Em face desse cenário, a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos – FCTH (da Escola Politécnica da USP) propôs alguns critérios que visam auxiliar a escolha de alternativas estruturais e não estruturais que possam contribuir para a minimização dos impactos decorrentes da urbanização. Sendo assim, as alternativas a serem estudadas devem ser (FCTH, 2004 *apud* PDMAT-3, 2012):

- Conceitualmente consistentes (atendem aos objetivos propostos);
- Tecnicamente exequíveis (deve ser efetuado um pré-dimensionamento);
- Economicamente viáveis (os seus benefícios compensam os custos);
- Ambientalmente aceitáveis (os impactos negativos e positivos ao meio ambiente devem ser determinados);
- Viáveis financeiramente (deve ser verificado que a alternativa pode vir a ser financiada);
- Legalmente aceitáveis e administrativamente possíveis (verificar se existem barreiras legais ou administrativas intransponíveis);



- Politicamente aceitáveis (na interação com as instituições e com o público em geral deve ser avaliado o potencial de aceitabilidade política).

Cabe ressaltar que tais características devem auxiliar a proposição de um conjunto de alternativas, e não apenas de uma única.

Além dos aspectos mencionados, o sucesso de adoção da abordagem sustentável reside na superação de barreiras e desafios que esbarram em aspectos legais e de regulação; na estrutura institucional de gestão das águas pluviais; na aversão ao risco; nos custos envolvidos; na resistência à mudança; na aceitação pública e nos requisitos envolvendo espaço físico para a sua implantação.

A partir desses desafios, foram propostas as medidas de gestão sustentável adiante apresentadas para o município de Socorro.

3 DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DA MACRODRENAGEM

Com base nas informações apresentadas no Relatório RP2 – Definição de Critérios e Parâmetros de Projeto foram preparados os estudos hidrológicos e hidráulicos das bacias do município de Socorro, os quais são sintetizados a seguir.

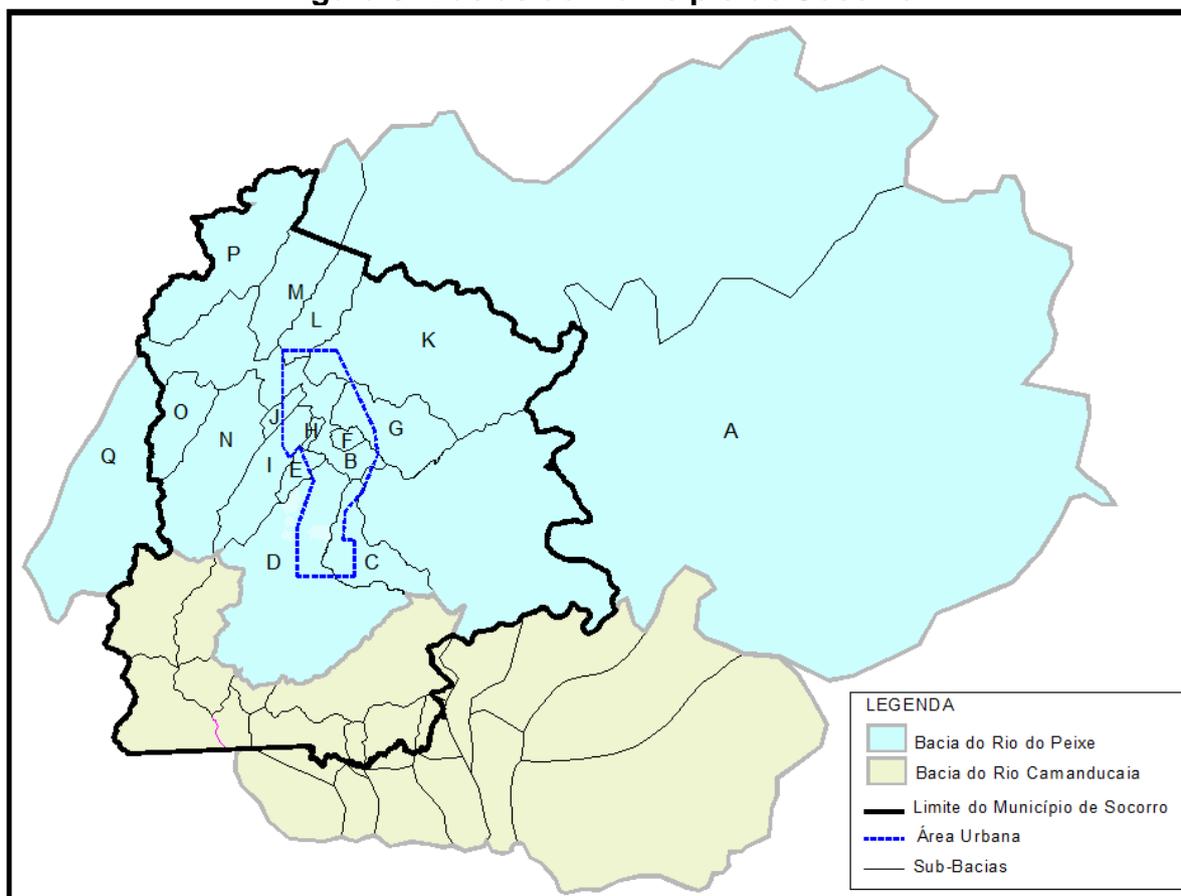
3.1 Estudos Hidrológicos

Para a determinação das vazões de projeto e verificação dos cursos d'água, foi utilizado o software HEC-HMS⁴.

A definição dos parâmetros que alimentam o modelo matemático aplicado a modelagem hidrológica, são adquiridos a partir das características locais da área. Neste sentido, o intuito de otimizar o estudo garantindo maior proximidade à realidade, as bacias do Rio do Peixe e Camanducaia foram divididas em 152 e 20 sub-bacias respectivamente, conforme **Figuras 3 a 7** que foram caracterizadas e serão descritas nos tópicos a seguir.

As **Figuras 8 e 9** a seguir, representam a topologia esquemática utilizada pelo Modelo Hidrológico HEC-HMS, cujo detalhamento permite estimar vazões de cheias máximas ao longo de todas as calhas fluviais de interesse.

Figura 3: Bacias do Município de Socorro.



⁴Hydrological Engineering Center's – Hydrological Modeling System – U.S. Army Corps of Engineers. Institute of Water Resources. Hydrological Engineering Center (www.hec.usace.army.mil).

Figura 4: Bacia do rio do Peixe – Área de montante.

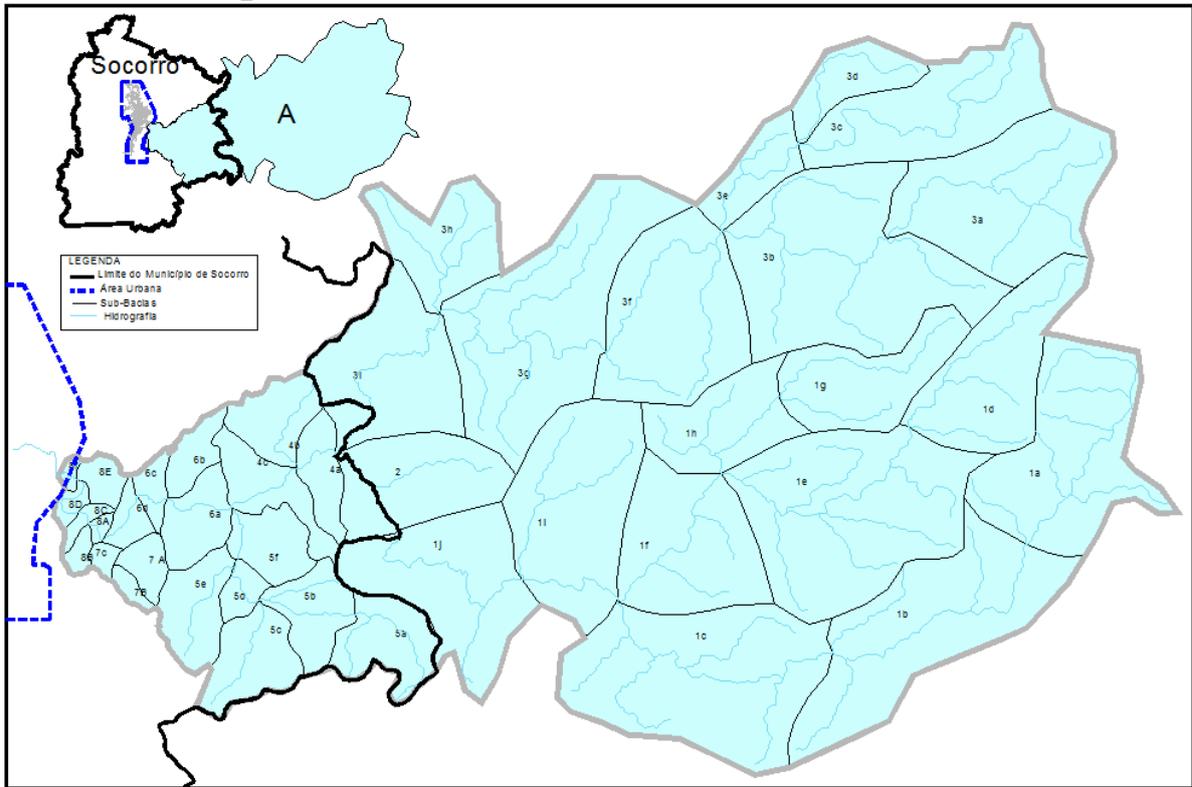


Figura 5: Bacia do rio do Peixe – Afluentes da margem direita.

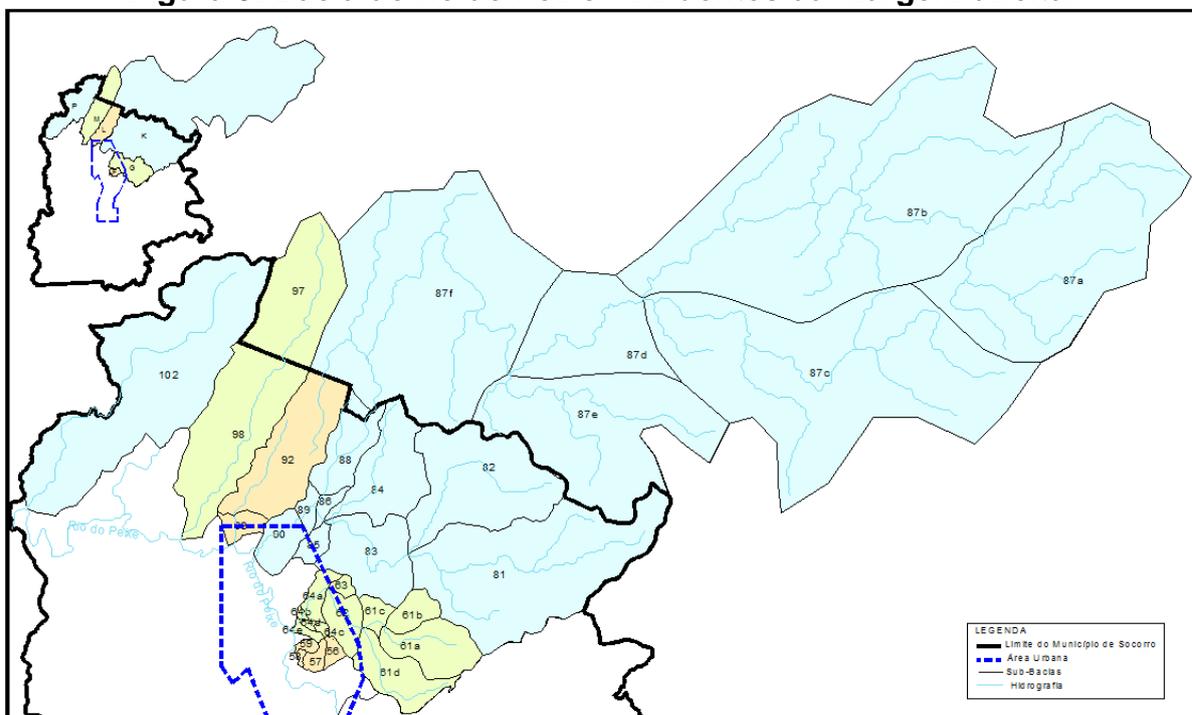


Figura 6: Bacia do rio do Peixe – Afluentes da margem esquerda.

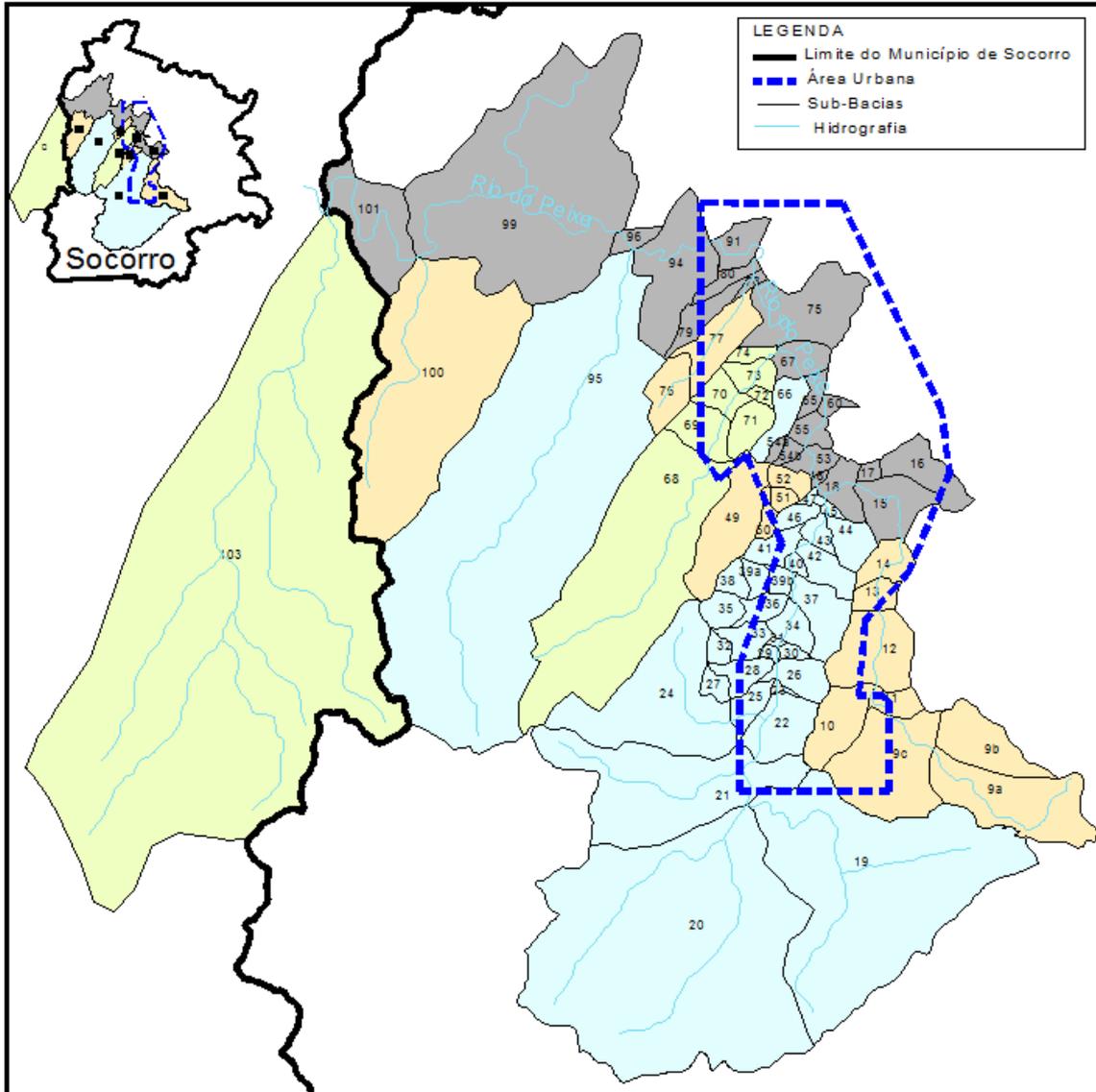


Figura 7: Sub-bacias do rio Camanducaia.

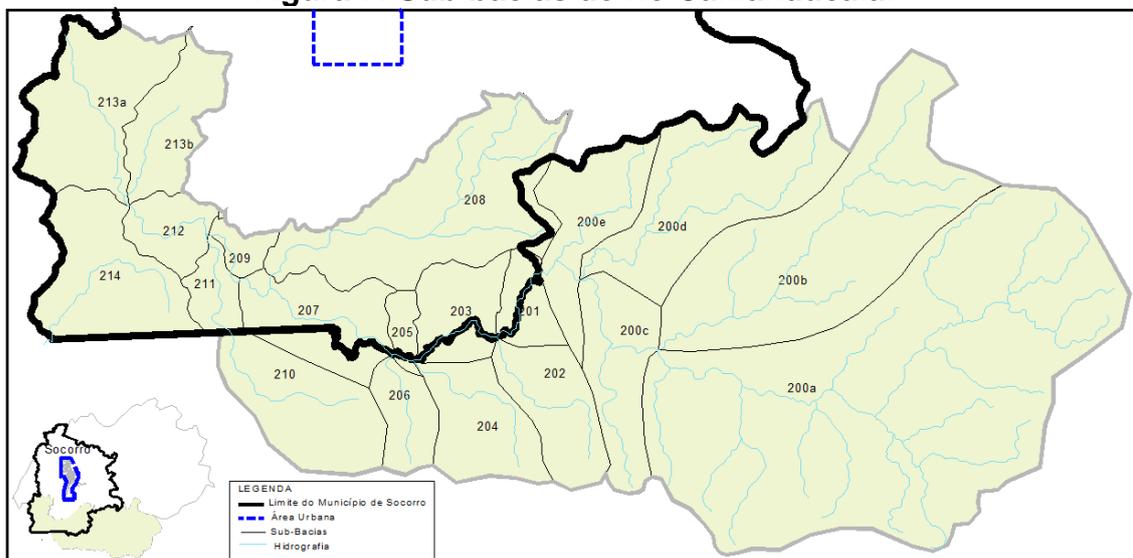


Figura 8: Diagrama Unifilar – Bacia rio do Peixe – Área de montante (Bacia A).

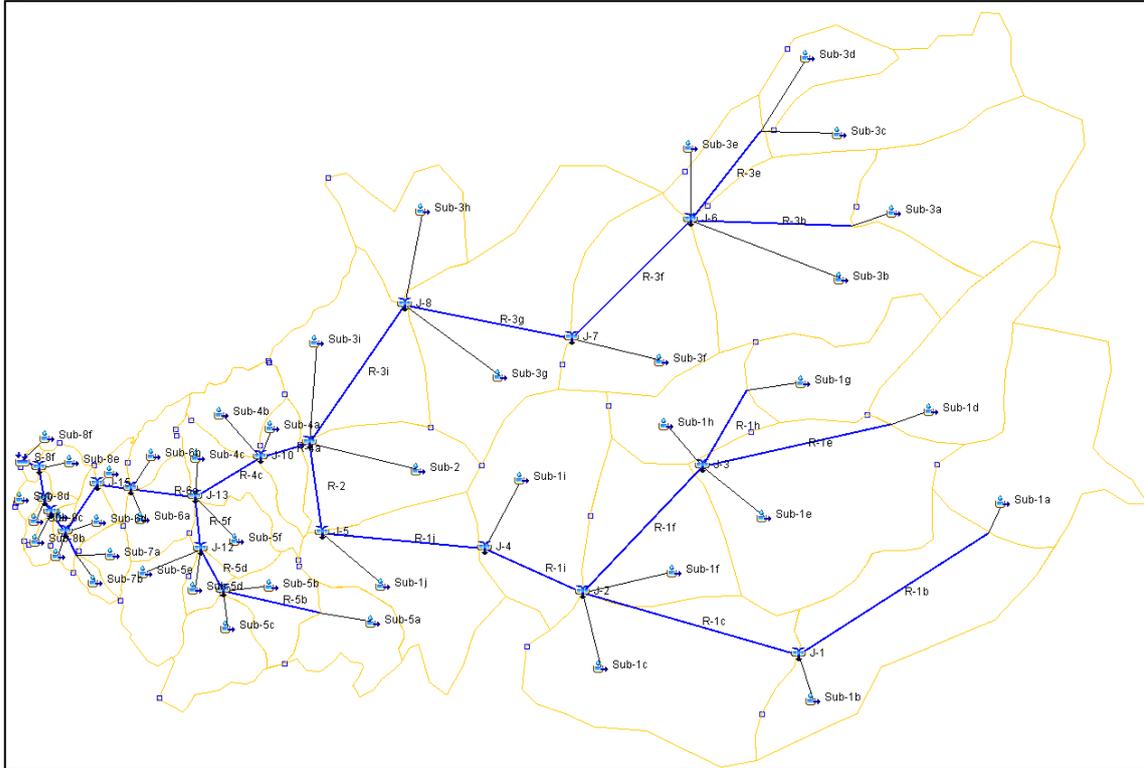
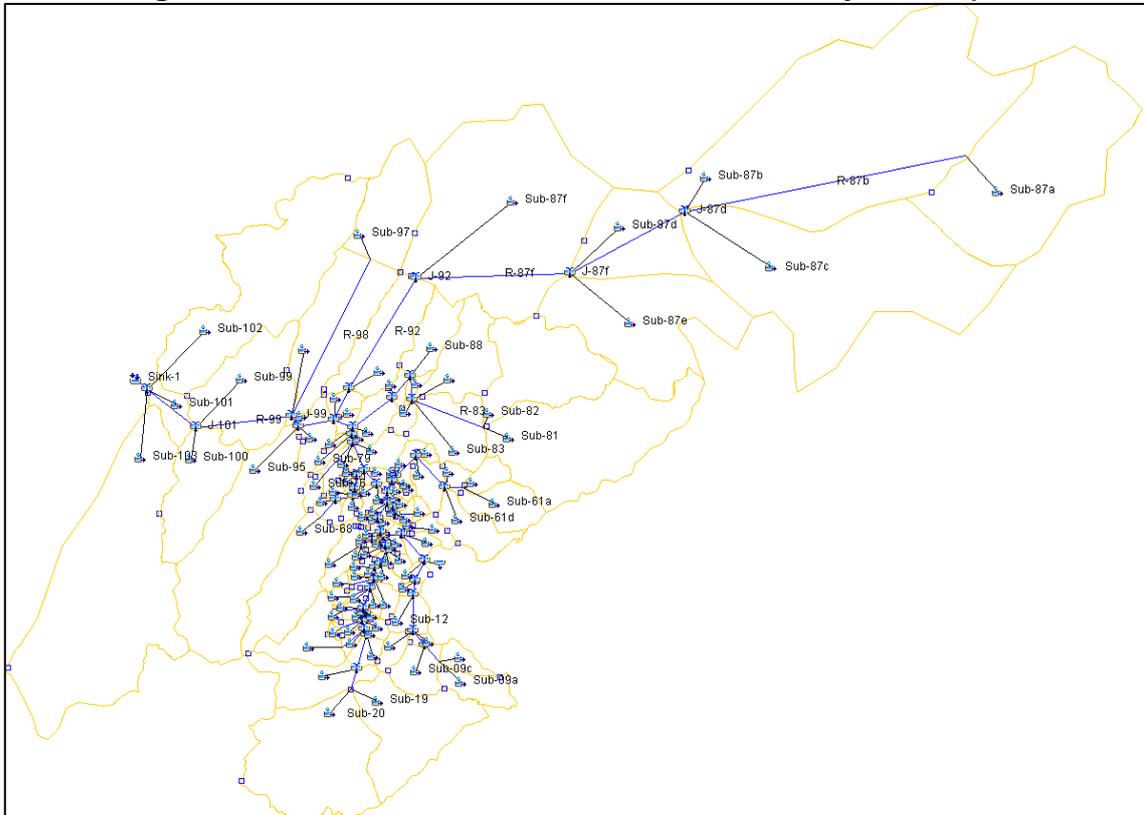


Figura 9: Diagrama Unifilar – Bacia rio do Peixe – Área de jusante (Bacias B a Q).



A tabela a seguir sintetiza as características por sub-bacia, calculados conforme os critérios e parâmetros de projetos apresentados no RP2.



Tabela 3: Características das Sub-bacias.

Sub-bacia	Área (km2)	% Área imp. (2020)	CN 2020	CN 2025	CN 2035	CN 2045	Extensão Canal (m)	Declividade	Velocidade (m/s)	Vel. Área Inc. (m/s)	Tc (min)	Lag Time	Observação
BACIA DO RIO DO PEIXE - ÁREA DE MONTANTE													
Sub-1a	26,26	4,02	65,75	65,76	65,78	65,79	12000	0,007	1	2	186,05	186,05	Cabeceira não urbanizada
Sub-1b	29,9	4,02	65,75	65,76	65,78	65,79	9000	0,002	1	2	75	74,17	Área incremental
Sub-1c	34,36	4,02	65,75	65,76	65,78	65,79	10000	0,024	1	2	83,33	83,33	Área incremental
Sub-1d	18,46	4,02	65,75	65,76	65,78	65,79	9000	0,026	1	2	88,14	88,14	Cabeceira não urbanizada
Sub-1e	35,45	4,02	65,75	65,76	65,78	65,79	9500	0,005	1	2	79,17	89,58	Área incremental
Sub-1f	19,12	4,02	65,75	65,76	65,78	65,79	6300	0,014	1	2	52,5	51,25	Área incremental
Sub-1g	13,78	4,02	65,75	65,76	65,78	65,79	8000	0,028	1	2	78,91	78,91	Cabeceira não urbanizada
Sub-1h	11,94	4,02	65,75	65,76	65,78	65,79	4000	0,008	1	2	33,33	43,33	Área incremental
Sub-1i	24,25	4,02	65,75	65,76	65,78	65,79	3900	0,019	1	2	32,5	82,92	Área incremental
Sub-1j	21,07	4,02	65,75	65,76	65,78	65,79	8000	0,012	1	2	66,67	58,33	Área incremental
Sub-2	14,466	3,7	65,64	65,65	65,65	65,65	3519	0,037	2,25	2	29,33	48,18	Área incremental
Sub-3a	26,43	3,79	65,67	65,68	65,68	65,68	8920	0,023	1	2	91,94	91,94	Cabeceira não urbanizada
Sub-3b	36,24	3,79	65,67	65,68	65,68	65,68	7033	0,011	1	2	58,61	74,3	Área incremental
Sub-3c	19,98	3,79	65,67	65,68	65,68	65,68	12870	0,02	1	2	128,14	128,14	Cabeceira não urbanizada
Sub-3d	6,64	3,79	65,67	65,68	65,68	65,68	7100	0,03	1	2	69,99	69,99	Cabeceira não urbanizada
Sub-3e	6	3,79	65,67	65,68	65,68	65,68	4939	0,012	1	2	41,16	42,25	Área incremental
Sub-3f	23,85	3,79	65,67	65,68	65,68	65,68	7220	0,008	1	2	60,17	80,92	Área incremental
Sub-3g	33,66	3,79	65,67	65,68	65,68	65,68	9116	0,012	1	2	75,97	102,15	Área incremental
Sub-3h	11,7	3,79	65,67	65,68	65,68	65,68	5398	0,041	2,25	2	49,92	49,92	Cabeceira não urbanizada
Sub-3i	18,88	3,79	65,67	65,68	65,68	65,68	8409	0,026	1	2	70,08	64,2	Área incremental
Sub-4a	4,31	3,74	65,66	65,66	65,66	65,65	1765	0,005	1	2	14,71	33,19	Área incremental
Sub-4b	5,92	3,74	65,66	65,66	65,66	65,65	4000	0,105	2,25	2	27,68	27,68	Cabeceira não urbanizada
Sub-4c	6,17	3,74	65,66	65,66	65,66	65,65	2700	0,021	1	2	22,5	36,25	Área incremental
Sub-5a	7,86	3,75	65,66	65,66	65,66	65,66	4870	0,067	2,25	2	38,18	38,18	Cabeceira não urbanizada
Sub-5b	6,2	3,75	65,66	65,66	65,66	65,66	3650	0,024	1	2	30,42	36,04	Área incremental
Sub-5c	7,46	3,75	65,66	65,66	65,66	65,66	4500	0,068	2,25	2	35,8	35,8	Cabeceira não urbanizada
Sub-5d	2,01	3,75	65,66	65,66	65,66	65,66	1815	0,08	2,25	2	15,13	15,86	Área incremental
Sub-5e	5,21	3,75	65,66	65,66	65,66	65,66	4250	0,104	2,25	2	29,1	29,1	Cabeceira não urbanizada
Sub-5f	6,63	3,75	65,66	65,66	65,66	65,66	2185	0,03	1	2	18,21	31,6	Área incremental
Sub-6a	5,36	3,78	65,67	65,67	65,67	65,67	2455	0,008	1	2	20,46	33,98	Área incremental
Sub-6b	3,06	3,78	65,67	65,67	65,67	65,67	4000	0,124	2,25	2	25,93	25,93	Cabeceira não urbanizada
Sub-6c	1,86	3,78	65,67	65,67	65,67	65,67	1150	0,009	1	2	9,58	20,79	Área incremental
Sub-6d	2	3,78	65,67	65,67	65,67	65,67	2000	0,013	1	2	16,67	20	Área incremental
Sub-7a	2,307	3,82	65,69	65,69	65,69	65,68	2000	0,182	2	2	13,11	13,11	Cabeceira não urbanizada
Sub-7b	0,949	3,82	65,69	65,69	65,69	65,68	1500	0,243	2	2	9,4	9,4	Cabeceira não urbanizada
Sub-7c	0,797	3,82	65,69	65,69	65,69	65,68	1000	0,067	1,5	2	8,33	13,61	Área incremental
Sub-8a	0,521	3,8	65,68	65,68	65,68	65,68	825	0,006	1	2	6,88	9,52	Área incremental



Sub-bacia	Área (km2)	% Área imp. (2020)	CN 2020	CN 2025	CN 2035	CN 2045	Extensão Canal (m)	Declividade	Velocidade (m/s)	Vel. Área Inc. (m/s)	Tc (min)	Lag Time	Observação
Sub-8b	0,937	3,8	65,68	65,68	65,68	65,68	1800	0,064	1,5	2	18,03	18,03	Cabeceira não urbanizada
Sub-8c	0,946	3,8	65,68	65,68	65,68	65,68	690	0,006	1	2	5,75	14,54	Área incremental
Sub-8d	1,036	3,8	65,68	65,68	65,68	65,68	1150	0,009	1	2	9,58	8,96	Área incremental
Sub-8e	1,903	3,8	65,68	65,68	65,68	65,68	1550	0,1	1,5	2	13,57	13,57	Cabeceira não urbanizada
Sub-8f	0,526	3,8	65,68	65,68	65,68	65,68	680	0,009	1	2	5,67	8,5	Área incremental
BACIA DO RIO DO PEIXE - ÁREA DE JUSANTE													
9a	1,516	3,85	65,69	65,7	65,7	65,69	3900	0,116	2,25	2	26,06	26,06	Cabeceira não urbanizada
9b	3,004	3,85	65,69	65,7	65,7	65,69	1500	0,295	2,25	2	8,72	8,72	Cabeceira não urbanizada
9c	3,142	3,85	65,69	65,7	65,7	65,69	1600	0,013	1	2	13,33	20,83	Área incremental
10	1,223	4,04	65,76	65,76	65,76	65,76	1680	0,062	2,25	2	17,36	17,36	Cabeceira não urbanizada
11	0,421	3,91	65,71	65,72	65,72	65,71	480	0,013	1	2	4	10,29	Área incremental
12	1,907	3,97	65,73	65,73	65,73	65,73	1470	0,015	1	2	12,25	13,21	Área incremental
13	0,423	4,12	65,78	65,79	65,79	65,78	650	0,003	1	2	5,42	7,21	Área incremental
14	0,619	5,85	66,37	66,38	66,38	66,36	1020	0,013	1	2	8,5	14,67	Área incremental
15	1,203	9,57	67,61	67,64	67,64	67,59	1750	0,003	1	2	14,58	13,92	Área incremental
16	1,053	5,15	66,13	66,14	66,14	66,12	1760	0,066	2,25	2	880	880	Cabeceira urbanizada
17	0,137	22,29	89,3	89,33	89,33	89,27	520	0,037	2,25	2	4,33	4,21	Área incremental
18	0,616	33,32	90,53	90,58	90,58	90,5	840	0,001	1	2	7	9,65	Área incremental
19	12,837	3,92	65,72	65,72	65,72	65,72	6900	0,069	2,25	2	49,46	49,46	Cabeceira não urbanizada
20	19,146	4,16	65,8	65,8	65,8	65,8	6400	0,046	2,25	2	54,47	54,47	Cabeceira não urbanizada
21	5,719	3,77	65,67	65,67	65,67	65,67	1000	0,001	1	2	8,33	42,17	Área incremental
22	1,235	4,76	66	66	66,01	65,99	1400	0,003	1	2	11,67	11,38	Área incremental
23	0,06	7,8	67,02	67,04	67,04	67,01	250	0,008	1	2	2,08	2,42	Área incremental
24	4,767	3,81	65,68	65,68	65,68	65,68	4250	0,099	2,25	2	29,63	29,63	Cabeceira não urbanizada
25	0,458	6,6	66,62	66,63	66,63	66,61	1400	0,009	1	2	11,67	8,63	Área incremental
26	0,666	5,12	66,12	66,13	66,13	66,11	300	0,003	1	2	2,5	10	Área incremental
27	0,255	4,52	65,92	65,92	65,93	65,92	570	0,281	2,25	2	4,22	4,22	Cabeceira não urbanizada
28	0,472	7,58	66,95	66,97	66,97	66,93	950	0,024	1	2	7,92	9,38	Área incremental
29	0,089	10,17	67,82	67,85	67,85	67,8	650	0,003	1	2	5,42	5,04	Área incremental
30	0,122	4,54	65,93	65,93	65,93	65,92	670	0,112	2,25	2	335	335	Cabeceira urbanizada
31	0,042	10,83	68,04	68,07	68,08	68,01	300	0,003	1	2	2,5	2,38	Área incremental
32	0,225	5,47	66,24	66,25	66,25	66,23	630	0,254	2,25	2	4,74	4,74	Cabeceira não urbanizada
33	0,478	7,82	67,03	67,05	67,05	67,01	900	0,04	2,25	2	7,5	7,75	Área incremental
34	0,483	7,25	66,84	66,85	66,86	66,82	720	0,002	1	2	6	7,58	Área incremental
35	0,433	4,9	66,05	66,05	66,05	66,04	1020	0,218	2,25	2	7,29	7,29	Cabeceira não urbanizada
36	0,374	13,05	68,79	68,83	68,83	68,75	970	0,031	2,25	2	8,08	5,3	Área incremental
37	1,045	4,96	66,07	66,07	66,07	66,06	1640	0	1	2	13,67	19,58	Área incremental
38	0,297	7,24	66,83	66,85	66,85	66,82	750	0,283	2,25	2	5,2	5,2	Cabeceira não urbanizada
39	0,478	25,97	89,71	89,75	89,75	89,68	1010	0,038	2,25	2	8,42	8,75	Área incremental
40	0,123	12,27	68,52	68,56	68,57	68,49	570	0,002	1	2	4,75	4,29	Área incremental



Sub-bacia	Área (km2)	% Área imp. (2020)	CN 2020	CN 2025	CN 2035	CN 2045	Extensão Canal (m)	Declividade	Velocidade (m/s)	Vel. Área Inc. (m/s)	Tc (min)	Lag Time	Observação
41	0,494	13,77	88,34	88,36	88,36	88,33	1060	0,169	2,25	2	8,27	8,27	Cabeceira não urbanizada
42	0,626	10,26	67,85	67,88	67,88	67,82	480	0,002	1	2	4	12,96	Área incremental
43	0,287	26,58	89,78	89,81	89,82	89,75	660	0,001	1	2	5,5	5,88	Área incremental
44	0,619	6,62	66,62	66,64	66,64	66,61	1250	0,06	2,25	2	625	625	Cabeceira urbanizada
45	0,081	19,21	88,95	88,98	88,98	88,93	270	0,002	1	2	2,25	3,13	Área incremental
46	0,276	51,63	92,58	92,66	92,66	92,53	950	0,085	2,25	2	475	475	Cabeceira urbanizada
47	0,101	48,16	92,19	92,27	92,27	92,14	380	0,003	1	2	3,17	3,88	Área incremental
48	0,049	38,46	91,11	91,16	91,17	91,07	195	0,002	1	2	1,63	2,23	Área incremental
49	1,995	3,83	65,69	65,69	65,69	65,68	2450	0,081	2,25	2	20,95	20,95	Cabeceira não urbanizada
50	0,224	8,41	67,23	67,25	67,25	67,21	300	0,09	2,25	2	2,5	5,76	Área incremental
51	0,174	36,59	90,9	90,95	90,95	90,86	480	0,052	2,25	2	4	2,76	Área incremental
52	0,325	43,23	91,64	91,71	91,71	91,6	490	0,015	1	2	4,08	7,17	Área incremental
53	0,363	54,04	92,85	92,94	92,94	92,79	613	0,001	1	2	5,11	7,22	Área incremental
54a	0,095	23,57	89,44	89,47	89,47	89,42	470	0,245	2,25	2	3,84	3,84	Cabeceira não urbanizada
54b	0,152	23,57	89,44	89,47	89,47	89,42	400	0,145	2,25	2	3,33	3,24	Área incremental
55	0,394	54,26	92,88	92,96	92,96	92,82	795	0,001	1	2	6,63	7,06	Área incremental
56	0,451	9	67,42	67,45	67,45	67,4	670	0,113	2,25	2	6,77	6,77	Cabeceira não urbanizada
57	0,507	59,3	93,44	93,53	93,53	93,38	840	0,013	1	2	7	6,67	Área incremental
58	0,12	85	96,32	96,32	96,32	96,32	300	0,04	2,25	2	2,5	2,22	Área incremental
59	0,253	53,06	92,74	92,82	92,83	92,68	210	0,029	1	2	105	105	Cabeceira urbanizada
60	0,164	49,17	92,31	92,38	92,38	92,25	350	0,001	1	2	2,92	3,54	Área incremental
61a	4,19	3,8	65,68	65,68	65,68	65,68	4089	0,12	2,25	2	26,66	26,66	Cabeceira não urbanizada
61b	1,588	3,8	65,68	65,68	65,68	65,68	2568	0,003	1	2	76,08	76,08	Cabeceira não urbanizada
61c	0,931	3,8	65,68	65,68	65,68	65,68	945	0,203	2,25	2	7,88	8,83	Área incremental
61d	3,945	3,8	65,68	65,68	65,68	65,68	4812	0,072	2,25	2	36,89	36,89	Cabeceira não urbanizada
62	2,009	5,36	66,2	66,21	66,21	66,2	2280	0,009	1	2	19	17,67	Área incremental
63	0,403	3,92	65,72	65,72	65,72	65,72	1000	0,07	2,25	2	11,1	11,1	Cabeceira não urbanizada
64a	1,042	10,1	67,79	67,83	67,83	67,77	1500	0,009	1	2	12,5	13,33	Área incremental
64b	0,112	10,1	67,79	67,83	67,83	67,77	300	0,007	1	2	2,5	3,75	Área incremental
64c	0,161	10,1	67,79	67,83	67,83	67,77	530	0,13	2,25	2	5,36	5,36	Cabeceira não urbanizada
64d	0,128	10,1	67,79	67,83	67,83	67,77	550	0,038	2,25	2	4,58	3,1	Área incremental
64e	0,302	10,1	67,79	67,83	67,83	67,77	550	0,008	1	2	4,58	10,04	Área incremental
65	0,257	25,31	89,63	89,67	89,67	89,61	610	0,001	1	2	5,08	5,25	Área incremental
66	0,693	5,23	66,16	66,17	66,17	66,15	1850	0,095	2,25	2	15,88	15,88	Cabeceira não urbanizada
67	0,611	8,35	67,2	67,23	67,23	67,19	740	0,001	1	2	6,17	8,04	Área incremental
68	9,853	3,87	65,7	65,7	65,7	65,7	6000	0,07	2,25	2	44,17	44,17	Cabeceira não urbanizada
69	0,847	4,46	65,9	65,9	65,9	65,89	900	0,008	1	2	7,5	10,25	Área incremental
70	0,51	4,94	66,06	66,07	66,07	66,06	750	0,021	1	2	6,25	7,88	Área incremental
71	0,601	4,19	65,81	65,81	65,81	65,81	1200	0,131	2,25	2	10,04	10,04	Cabeceira não urbanizada
72	0,119	4,81	66,02	66,02	66,02	66,01	275	0,004	1	2	2,29	3,9	Área incremental



Sub-bacia	Área (km2)	% Área imp. (2020)	CN 2020	CN 2025	CN 2035	CN 2045	Extensão Canal (m)	Declividade	Velocidade (m/s)	Vel. Área Inc. (m/s)	Tc (min)	Lag Time	Observação
73	0,458	4,99	66,08	66,08	66,08	66,07	560	0,014	1	2	4,67	6,5	Área incremental
74	0,216	5	66,08	66,09	66,09	66,07	350	0	1	2	2,92	5,92	Área incremental
75	2,328	5,05	66,1	66,11	66,11	66,09	1600	0,001	1	2	13,33	19,33	Área incremental
76	0,833	3,93	65,72	65,72	65,72	65,72	660	0,37	2,25	2	4,25	4,25	Cabeceira não urbanizada
77	1,195	4,68	65,97	65,98	65,98	65,97	1970	0,012	1	2	37,3	37,3	Cabeceira não urbanizada
78	0,113	5,21	66,15	66,16	66,16	66,15	450	0,016	1	2	3,75	3,13	Área incremental
79	0,605	4,52	65,92	65,92	65,92	65,92	1700	0,114	2,25	2	13,84	13,84	Cabeceira não urbanizada
80	0,314	4,77	66	66,01	66,01	66	425	0,002	1	2	3,54	7,31	Área incremental
81	23,799	3,75	65,66	65,66	65,66	65,66	11000	0,064	2,25	2	72,88	72,88	Cabeceira não urbanizada
82	13,259	3,9	65,71	65,71	65,71	65,71	8000	0,065	2,25	2	56,54	56,54	Cabeceira não urbanizada
83	6,637	3,96	65,73	65,73	65,73	65,73	5700	0,007	1	2	47,5	36,58	Área incremental
84	6,967	4,03	65,75	65,75	65,75	65,75	5700	0,064	2,25	2	47,5	55,35	Área incremental
85	0,925	3,88	65,7	65,7	65,7	65,7	1650	0,077	2,25	2	15,74	15,74	Cabeceira não urbanizada
86	0,597	3,86	65,7	65,7	65,7	65,7	1300	0,002	1	2	10,83	12,25	Área incremental
87a	38,025	3,98	65,74	65,74	65,74	65,74	8194	0,041	2,25	2	68,6	68,6	Cabeceira não urbanizada
87b	66,329	3,98	65,74	65,74	65,74	65,74	15364	0,031	2,25	2	128,03	89,29	Área incremental
87c	47,398	3,98	65,74	65,74	65,74	65,74	17819	0,03	2,25	2	140,72	140,72	Cabeceira não urbanizada
87d	12,641	3,98	65,74	65,74	65,74	65,74	6786	0,01	1	2	56,55	47,44	Área incremental
87e	23,116	3,98	65,74	65,74	65,74	65,74	9361	0,046	2,25	2	73,03	73,03	Cabeceira não urbanizada
87f	42,859	3,98	65,74	65,74	65,74	65,74	15323	0,007	1	2	127,69	111,35	Área incremental
88	4,098	3,84	65,69	65,69	65,69	65,69	3600	0,049	2,25	2	34,26	34,26	Cabeceira não urbanizada
89	0,735	3,86	65,7	65,7	65,7	65,7	1100	0,002	1	2	9,17	8,67	Área incremental
90	2,286	4,18	65,8	65,81	65,81	65,8	2250	0,003	1	2	18,75	20,79	Área incremental
91	0,627	4,03	65,75	65,75	65,75	65,75	1335	0,001	1	2	11,13	11,4	Área incremental
92	9,178	3,86	65,7	65,7	65,7	65,7	11500	0,007	1	2	95,83	65,58	Área incremental
93	1,098	3,89	65,71	65,71	65,71	65,7	1350	0,001	1	2	11,25	12,71	Área incremental
94	2,678	4,27	65,84	65,84	65,84	65,83	2200	0	1	2	18,33	22,83	Área incremental
95	24,747	4,1	65,78	65,78	65,78	65,78	11000	0,043	2,25	2	84,62	84,62	Cabeceira não urbanizada
96	0,294	3,9	65,71	65,71	65,71	65,71	540	0,002	1	2	4,5	5,42	Área incremental
97	9,738	3,79	65,67	65,67	65,67	65,67	5650	0,056	2,25	2	45,99	45,99	Cabeceira não urbanizada
98	12,97	3,79	65,67	65,67	65,67	65,67	7700	0,006	1	2	64,17	51,42	Área incremental
99	13,189	3,9	65,71	65,71	65,71	65,71	6300	0,003	1	2	52,5	58,33	Área incremental
100	10,037	3,92	65,72	65,72	65,72	65,72	6500	0,068	2,25	2	47,37	47,37	Cabeceira não urbanizada
101	2,366	4,04	65,76	65,76	65,76	65,75	4700	0,006	1	2	97,14	97,14	Cabeceira não urbanizada
102	27,402	3,82	65,68	65,69	65,69	65,68	14200	0,028	1	2	121,61	121,61	Cabeceira não urbanizada
103	45,009	3,79	65,67	65,67	65,67	65,67	14300	0,031	2,25	2	117,17	117,17	Cabeceira não urbanizada
BACIA DO RIO DO CAMANDUCAIA													
214	15,67	3,98	65,74	65,74	65,74	65,74	8200	0,001	1	2	68,33	70,83	Área incremental
212	5,36	3,94	65,72	65,73	65,73	65,72	212	0,005	1	2	1,77	14,22	Área incremental
213a	16,87	3,87	65,70	65,70	65,70	65,70	6100	0,060	2,25	2	47,47	47,47	Cabeceira não urbanizada



Sub-bacia	Área (km ²)	% Área imp. (2020)	CN 2020	CN 2025	CN 2035	CN 2045	Extensão Canal (m)	Declividade	Velocidade (m/s)	Vel. Área Inc. (m/s)	Tc (min)	Lag Time	Observação
213b	9,41	3,87	65,70	65,70	65,70	65,70	6100	0,060	2,25	2	47,47	47,47	Cabeceira não urbanizada
209	2,15	4,02	65,75	65,75	65,75	65,75	3400	0,002	1	2	28,33	20,00	Área incremental
211	3,65	3,94	65,72	65,72	65,72	65,72	3950	0,024	1	2	48,45	48,45	Cabeceira não urbanizada
210	14,37	4,27	65,84	65,85	65,85	65,85	6200	0,025	1	2	67,27	67,27	Cabeceira não urbanizada
207	11,90	4,02	65,75	65,75	65,76	65,75	9350	0,006	1	2	158,91	158,91	Cabeceira não urbanizada
208	28,78	4,01	65,75	65,75	65,75	65,75	15500	0,032	2,25	2	123,86	123,86	Cabeceira não urbanizada
205	2,08	3,83	65,69	65,69	65,69	65,69	720	0,006	1	2	6,00	20,50	Área incremental
206	5,44	3,90	65,71	65,71	65,72	65,72	4300	0,047	2,25	2	39,66	39,66	Cabeceira não urbanizada
203	7,88	3,81	65,68	65,68	65,68	65,68	3600	0,004	1	2	30,00	38,75	Área incremental
204	10,54	3,79	65,67	65,67	65,67	65,67	6790	0,026	1	2	71,30	71,30	Cabeceira não urbanizada
201	4,42	3,79	65,67	65,67	65,67	65,67	3100	0,005	1	2	25,83	22,92	Área incremental
202	10,01	3,82	65,69	65,69	65,69	65,68	7400	0,042	2,25	2	63,27	63,27	Cabeceira não urbanizada
200a	100,96	4,01	65,75	65,69	65,69	65,68	18220	0,025	1	2	153,69	153,69	Cabeceira não urbanizada
200b	41,11	4,01	65,75	65,69	65,69	65,68	13629	0,034	2,25	2	109,91	109,91	Cabeceira não urbanizada
200c	11,67	4,01	65,75	65,69	65,69	65,68	4650	0,015	1	2	38,75	65,79	Área incremental
200d	23,2	4,01	65,75	65,69	65,69	65,68	12590	0,034	2,25	2	102,92	102,92	Cabeceira não urbanizada
200e	11,82	4,01	65,75	65,69	65,69	65,68	1827	0,216	2,25	2	15,23	52,37	Área incremental



Resultados – Vazões de Projeto

Os resumos de vazões máximas estimadas para as seções principais e pontos de interesse das bacias hidrográficas são apresentadas nas tabelas a seguir para os períodos de retorno – TR igual a 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Tabela 4: Rio do Peixe – Vazões máximas para os TR = 2, 5, 10, 25 50 e 100 anos (área de montante – Bacia A).

D = 4h	Q _{máx} (m ³ /s)					
Cenário	TR100	TR50	TR25	TR10	TR5	TR2
2020 (Atual)	457,50	394,20	328,70	237,10	162,00	66,60
2025	457,70	394,40	328,90	237,30	162,10	66,60
2035	457,90	394,60	329,10	237,40	162,20	66,70
2045	458,00	394,80	329,20	237,50	162,30	66,70

Tabela 5: Rio do Peixe – Vazões máximas para os TR = 2, 5, 10, 25 50 e 100 anos.

D = 4h	Q _{máx} (m ³ /s)					
Cenário	TR100	TR50	TR25	TR10	TR5	TR2
Atual (2020)	683.90	646.60	609.50	559.60	519.60	466.90
2025	684.10	646.80	609.70	559.80	519.80	467.10
2035	684.30	647.00	609.90	560.00	520.00	467.30
2045	684.40	647.10	610.00	560.10	520.10	467.40

Tabela 6: Afluentes do rio do Peixe – Vazões máximas para os TR = 2, 5, 10, 25 50 e 100 anos.

Sub-bacia	Duração Crítica (h)	Q _{máx} (m ³ /s)					
		100	50	25	10	5	2
Cenário Atual - 2020							
C	2	78.1	63.2	49.1	32	20.2	6.6
D	2	198.9	161	125.1	81.6	52.19	17.3
E*	0.5	26.4	23.7	21.1	17.5	14.6	10.3
F	1	25.4	22.2	19	14.8	11.6	7.2
G	2	67.9	55	42.7	27.7	17.5	5.8
H*	0.5	17.8	16	14.2	11.8	9.9	7
I	2	57.6	46.6	36.2	23.5	14.9	4.9
J	2	8.2	6.6	5.1	3.3	2.1	0.7
K	2	167.1	135	104.7	67.9	42.9	14.1
L	2	179.2	152.7	125.4	87.8	57.5	20.7
M	2	115.8	93.6	73	47.6	30	9.9
N	2	138.3	111.9	87	56.5	35.8	11.7
O	2	85.2	69.1	54	35.2	22.4	7.4
P	2	111.2	89.9	69.8	45.3	28.6	9.3
Q	2	188.7	152.5	118.4	76.9	48.5	15.8

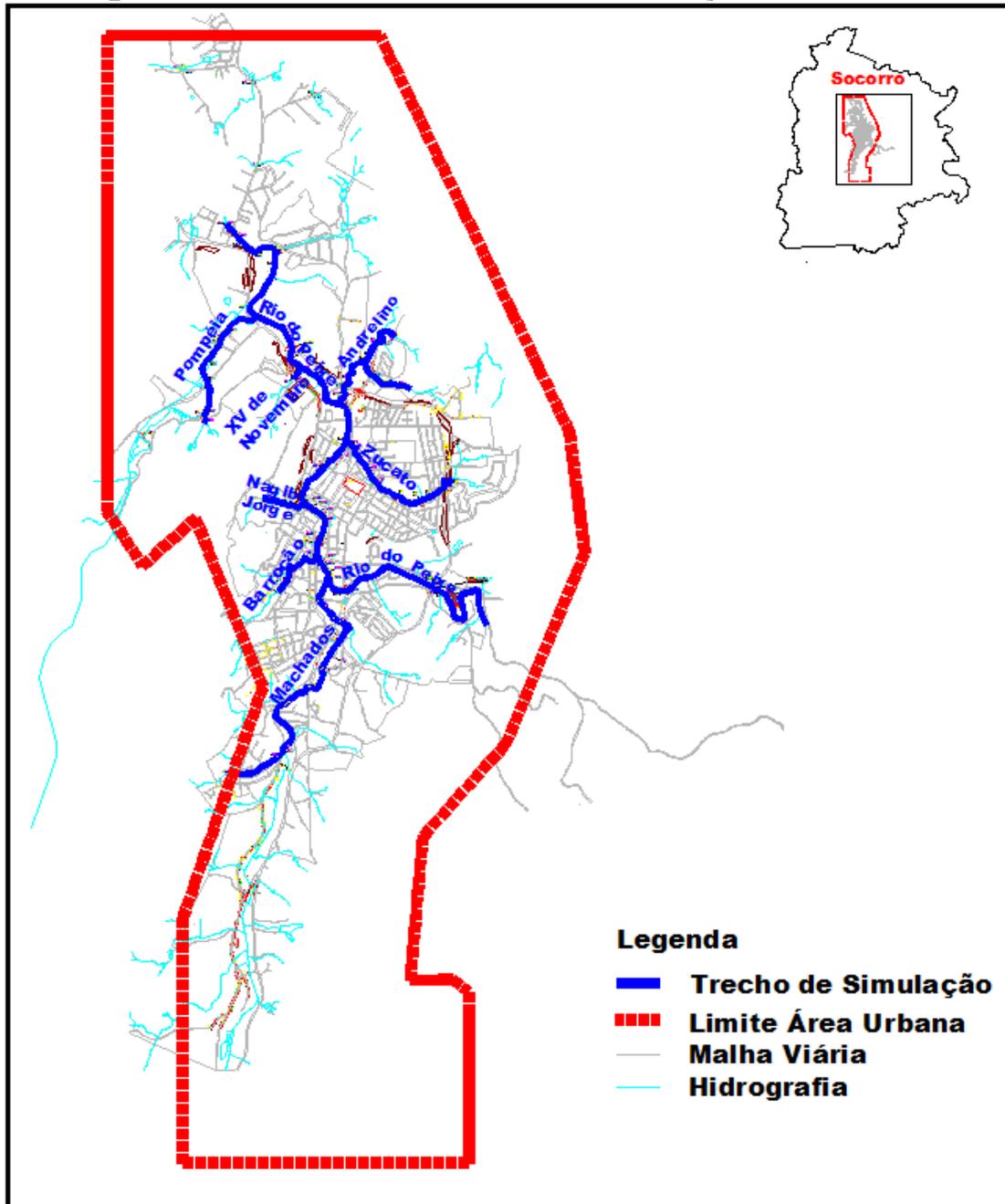
* Vazões calculadas pelo Método Racional Modificado, em virtude da área de drenagem ser inferior a 3 km².

3.2 Estudos Hidráulicos

O estudo hidráulico foi desenvolvido conforme critérios e parâmetros de projeto, apresentados no Relatório RP2. As simulações foram realizadas no modelo Hec-Ras, e os resultados obtidos serão apresentados a seguir.

A figura abaixo consolida os trechos simulados. Não foi possível simular todos os trechos juntos; desta forma, foram divididos em trechos menores e serão apresentados conforme nomenclatura da figura.

Figura 10: Trechos considerados nas simulações hidráulicas.





CENÁRIO ATUAL – 2020

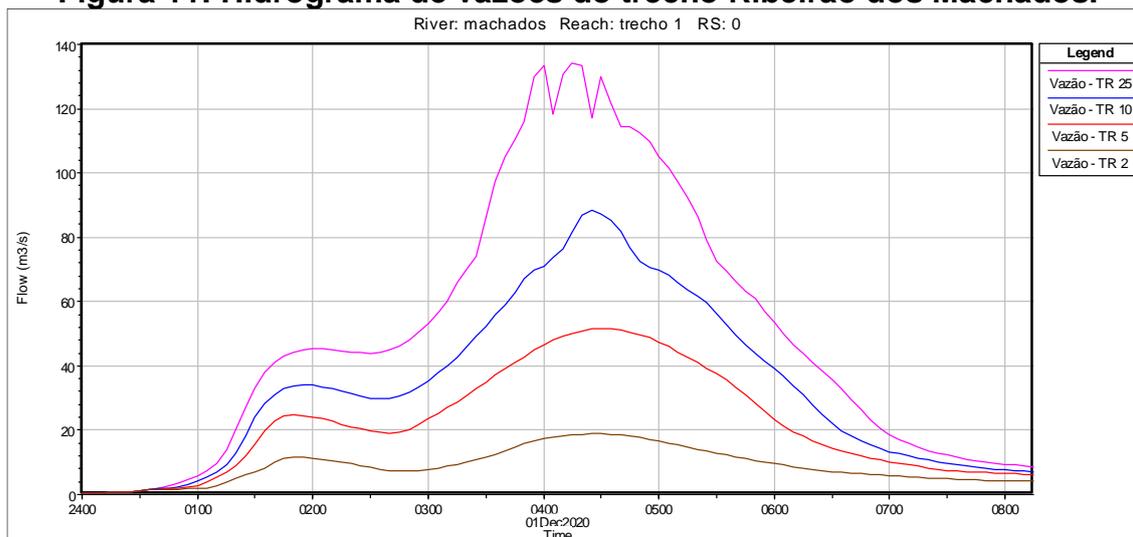
O cenário atual considera a urbanização atual, para o ano de 2020. As vazões de entrada no modelo hidráulico foram obtidas a partir das simulações do modelo hidrológico. As informações de seção transversal dos trechos, bem como das travessias, foram baseadas nos arquivos de topografia realizados.

As condições de contorno adotadas para a seção final de cada trecho simulado foram as declividades respectivas. Apenas nas situações onde foi considerado remanso, a condição de contorno adotada foi a altura do nível d’água.

3.2.1 Córrego dos Machados

A partir da simulação para o Ribeirão dos Machados, obteve-se os hidrogramas apresentados a seguir, para a seção final do canal. Neste ponto, a vazão apresentada já considera o amortecimento ocorrido ao longo do trecho. Os períodos de retorno analisados foram de 2 até 25 anos.

Figura 11: Hidrograma de vazões do trecho Ribeirão dos Machados.



As figuras a seguir representam a configuração das travessias simuladas.

Figura 12: Ponte rua Voluntários da Pátria.

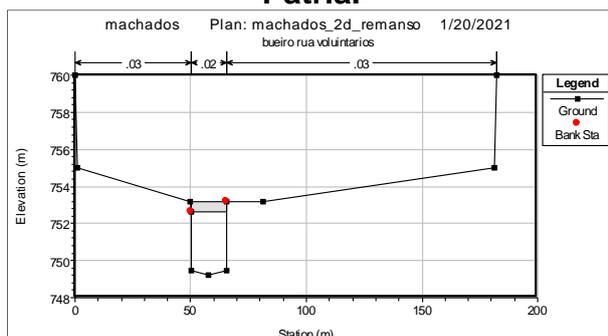


Figura 13: Ponte da rua Tiradentes.

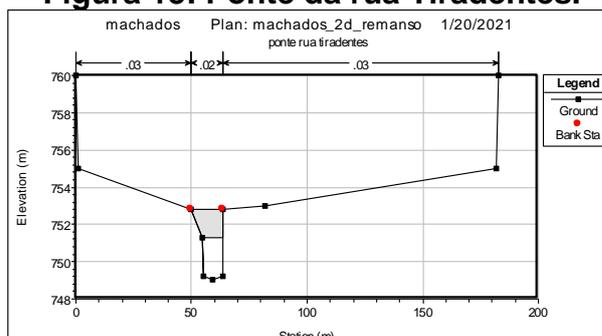




Figura 14: Ponte da rua Joaquim Souza Pinto.

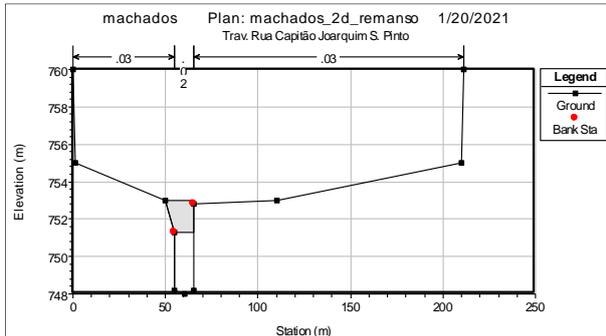


Figura 15: Ponte da rua João Leonadelli.

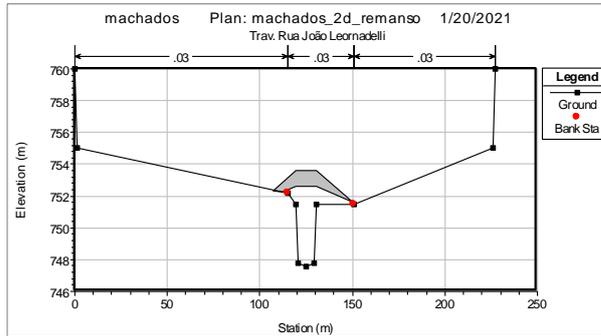
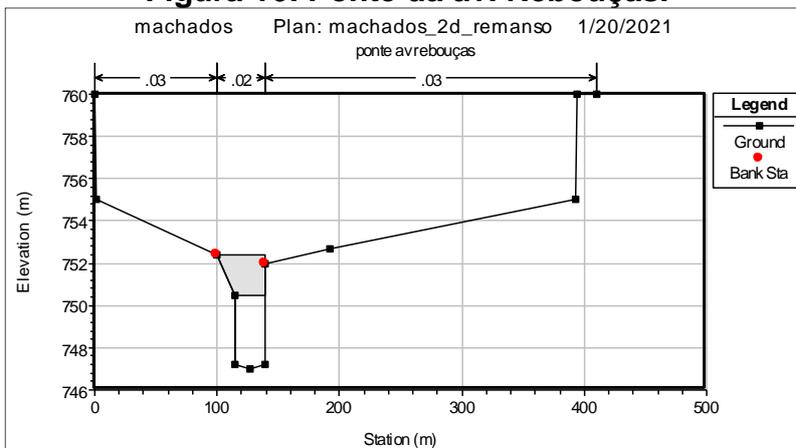
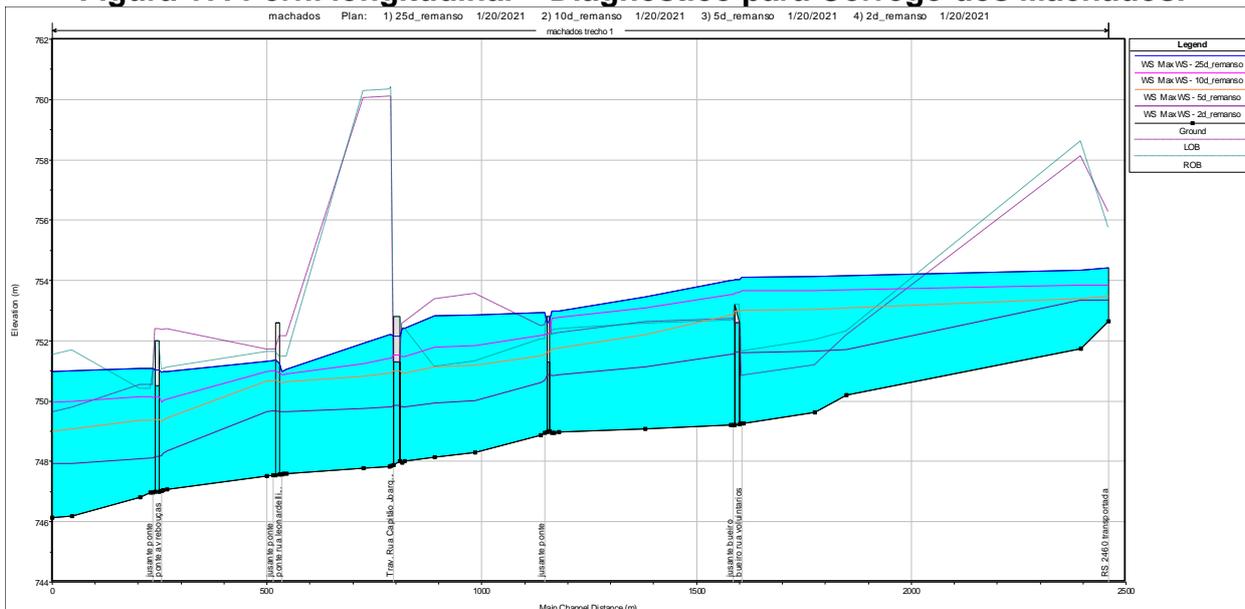


Figura 16: Ponte da av. Rebouças.



A seguir, apresenta-se o perfil longitudinal do canal. Os primeiros 500 metros (montante) apresentam um escoamento sem extravasamento, para períodos de retorno de até 25 anos.

Figura 17: Perfil longitudinal – Diagnóstico para Córrego dos Machados.



Em torno da primeira travessia, já ocorre um transbordamento a partir do TR 2 anos na margem esquerda do canal, e para TR 5 anos, em ambas as margens. No trecho final,



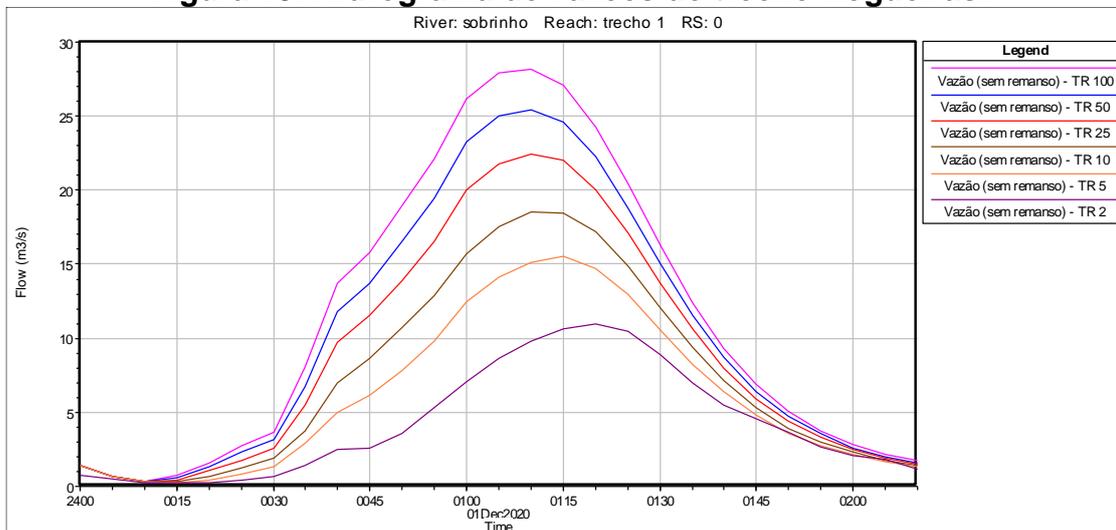
as duas últimas travessias aparentam ser suficientes para escoar o volume de água de TRs até 25 anos, de modo que o nível d'água não atinge o topo do canal.

A jusante da última travessia, observa-se que ocorre um pequeno transbordamento a partir do TR 10 anos. Ressalta-se que a condição de contorno adotada para a seção final foi o nível de remanso do rio do Peixe, condição que condiciona a altura da lâmina d'água no canal: nos 500m finais, o nível da água eleva-se até ficar mais alto que o nível do escoamento natural.

3.2.2 Córrego dos Nogueiras

Para o trecho do Córrego dos Nogueiras (Barrocão), o hidrograma resultante na seção final do canal é apresentado na figura a seguir, para todos os TRs.

Figura 18: Hidrograma de vazões do trecho Nogueiras.



A figura a seguir apresenta os níveis d'água adotados como condição de remanso para a seção final. Posteriormente, tem-se as seções nas travessias.

Figura 19: Condição de contorno de jusante: altura do nível d'água do rio do Peixe.

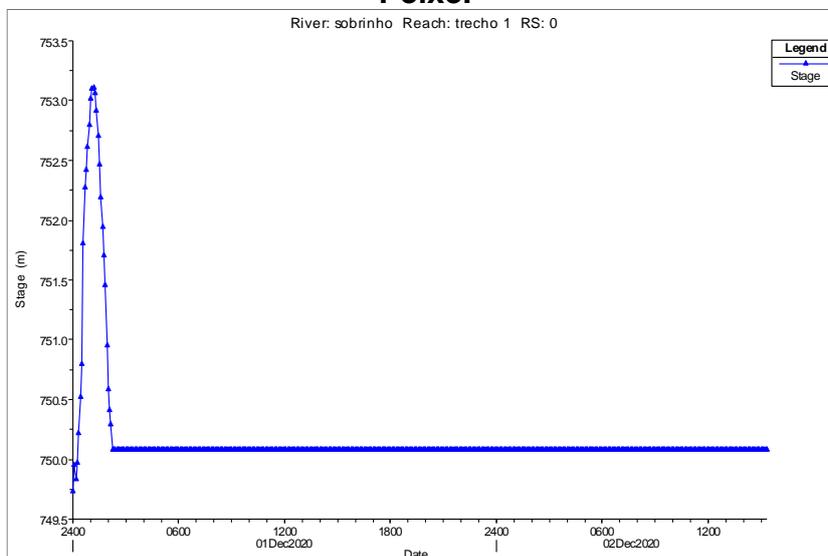




Figura 20: Travessia RS 442 - Trecho de montante.

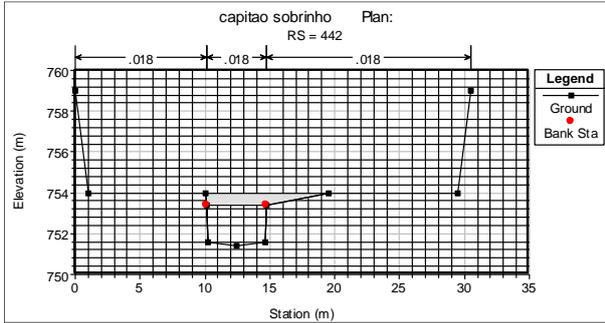


Figura 21: Travessia RS 392 - Trecho de montante.

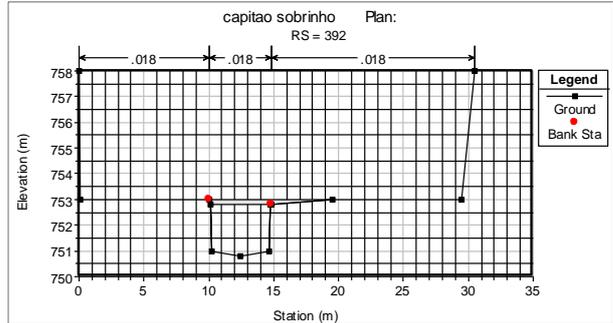


Figura 22: Travessia RS 266 - Trecho de montante.

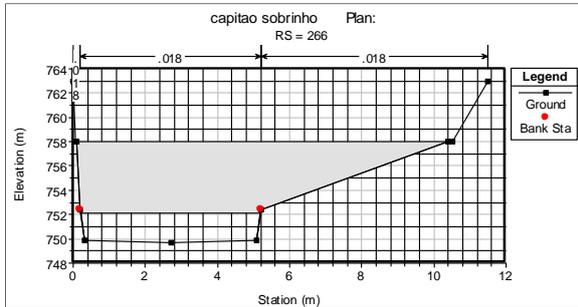


Figura 23: Bueiro RS 213 - Trecho jusante.

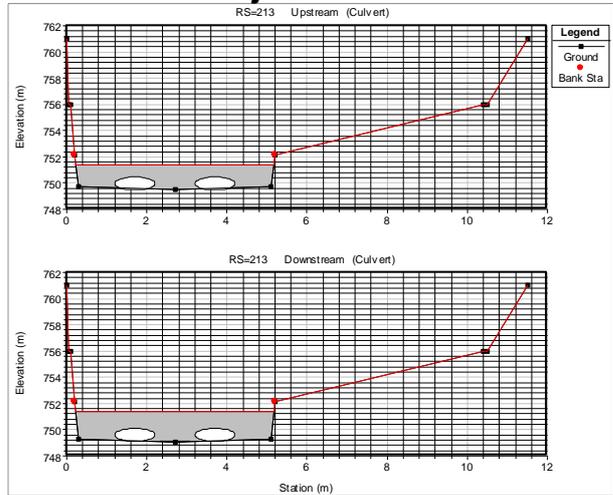
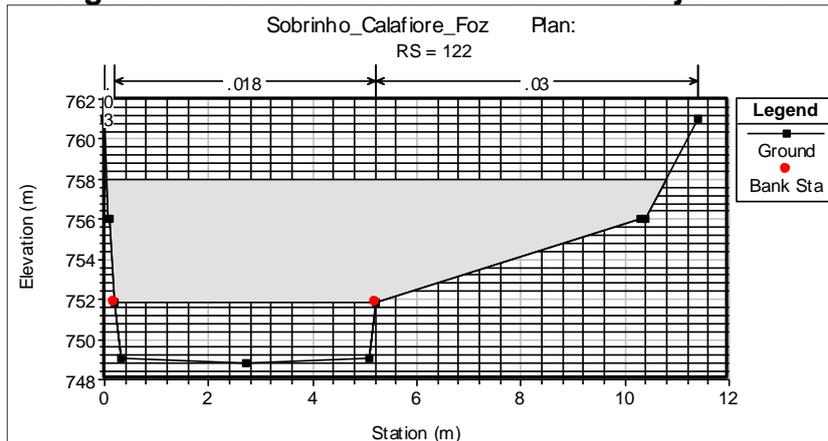


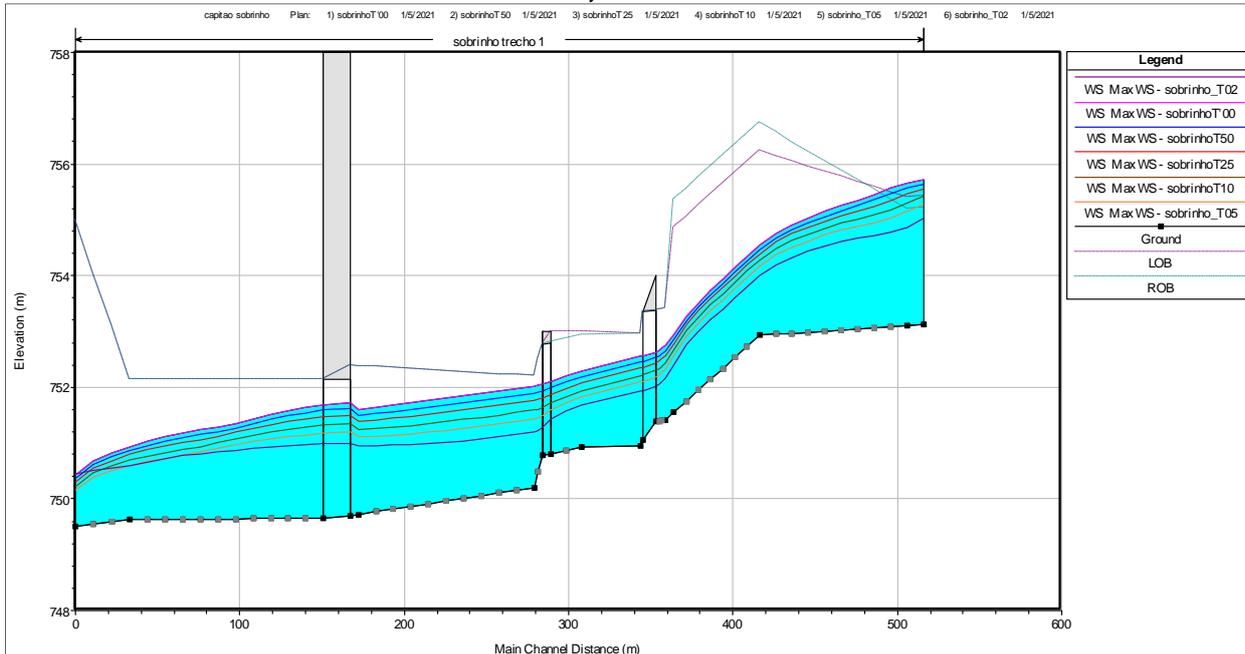
Figura 24: Travessia RS 122 - Trecho de jusante.



O perfil longitudinal a seguir (condição de contorno: declividade normal) apresenta o canal com escoamento dentro dos limites máximos, sem apresentar extravasamento; apenas nos primeiros 20 metros iniciais, ocorre um transbordamento a partir do TR 10 anos.

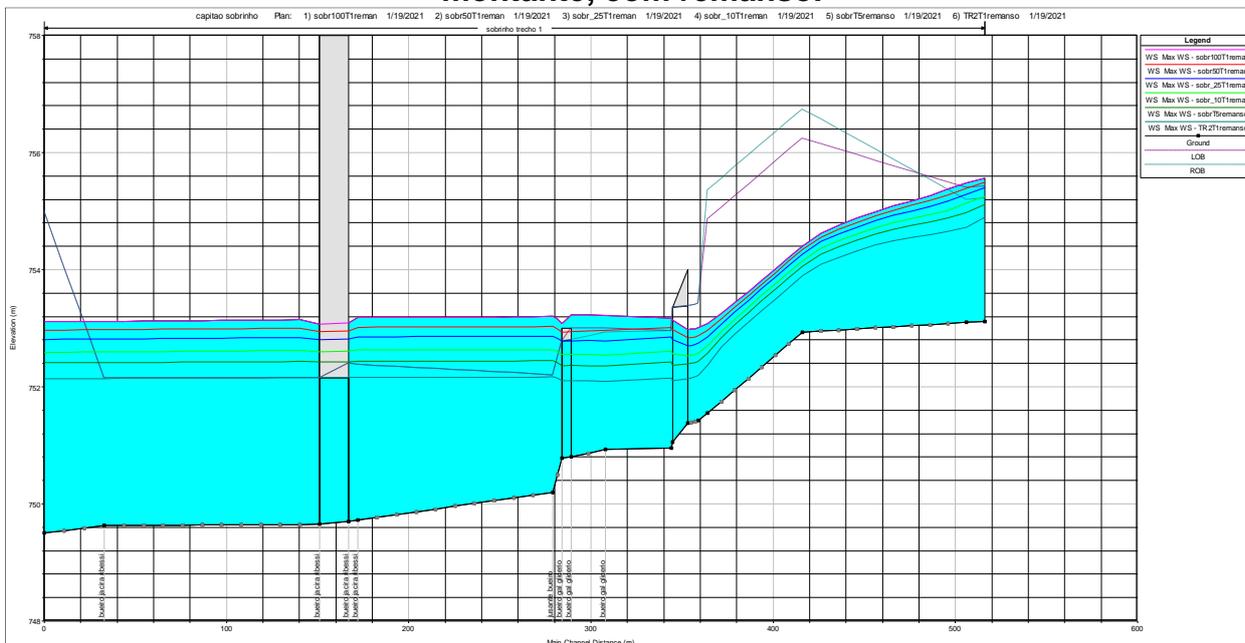


Figura 25: Perfil longitudinal – Diagnóstico para Córrego Nogueiras – Trecho de montante, sem remanso.



Para o perfil a seguir (condição de contorno: remanso), observa-se que mais da metade do canal recebe influência do trecho de jusante, pois há elevação dos níveis d’água até a primeira travessia de montante que superam os níveis do escoamento natural.

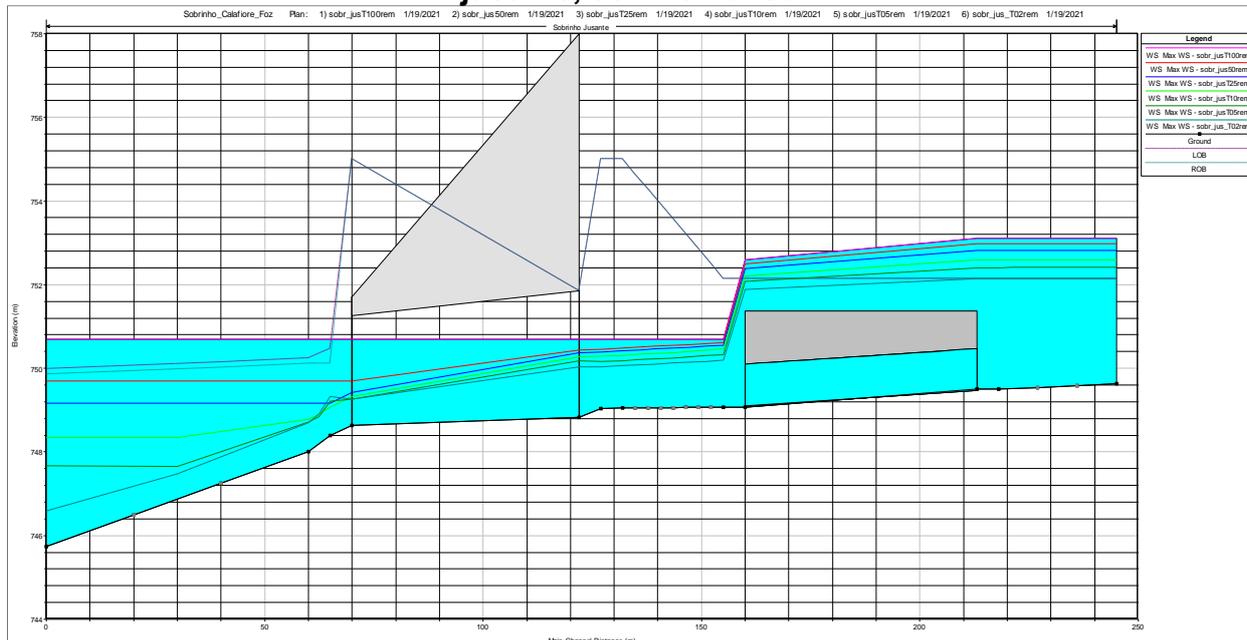
Figura 26: Perfil longitudinal - Diagnóstico para Córrego Nogueiras – Trecho de montante, com remanso.



O período de retorno de 2 anos é o único cenário em que não ocorre extravasamento, mesmo com a influência do remanso. Para TR 5 anos, já ocorre transbordamento de aproximadamente 0,5m.



Figura 27: Perfil longitudinal - Diagnóstico para Córrego Nogueiras – Trecho de jusante, com remanso.

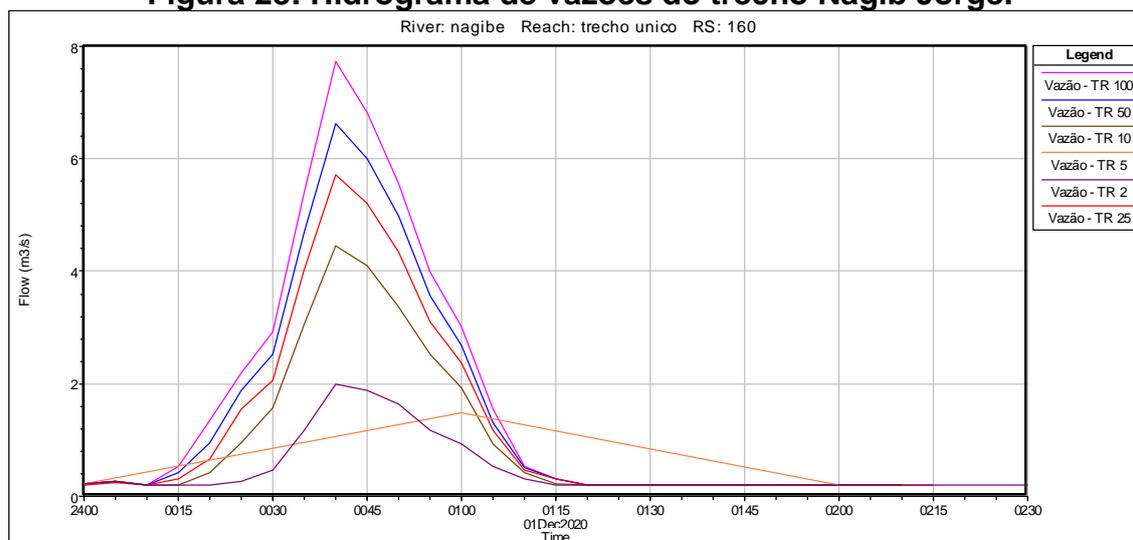


O trecho de jusante, perfil da figura anterior, mostra uma elevação dos níveis d’água no início do trecho, indicando que há um represamento provavelmente em função do bueiro, mas que pode sofrer influência também do nível da água do rio do Peixe, uma vez que os níveis estão acima das cotas dos bueiros em todos os TRs.

3.2.3 Córrego da rua Nagib Jorge

O trecho de simulação para o córrego da rua Nagib Jorge possui o hidrograma de vazões a seguir, para a seção final do canal, para todos os TRs avaliados.

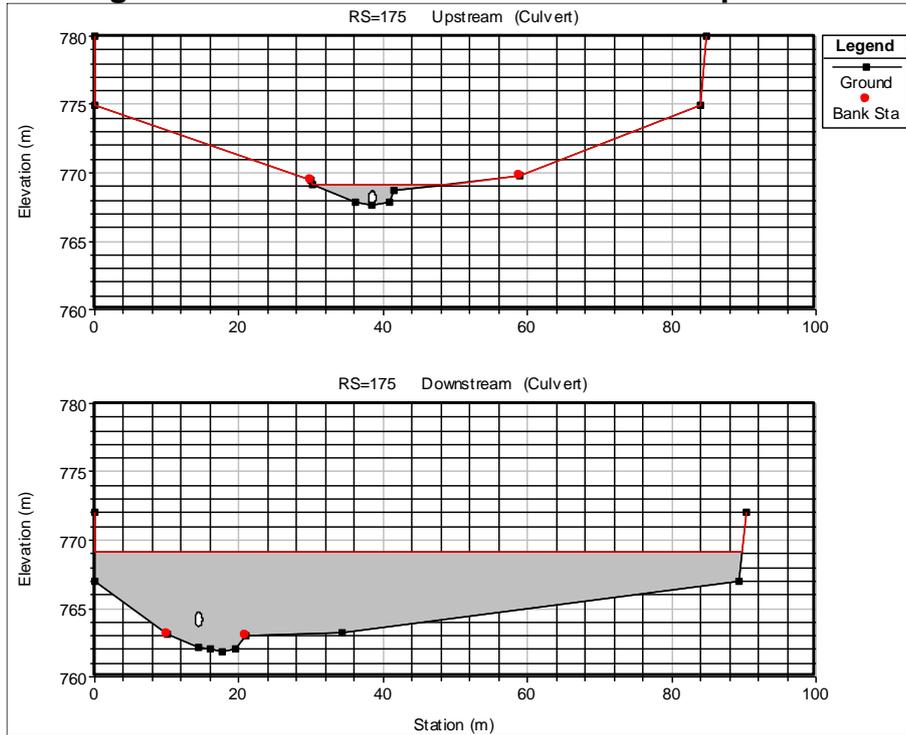
Figura 28: Hidrograma de vazões do trecho Nagib Jorge.



A estrutura da travessia é apresentada a seguir. Possui uma extensão de 10 metros ao longo do canal, e cota de topo igual a 769.19m. A galeria tubular possui diâmetro de 1,0m e extensão de 10m.

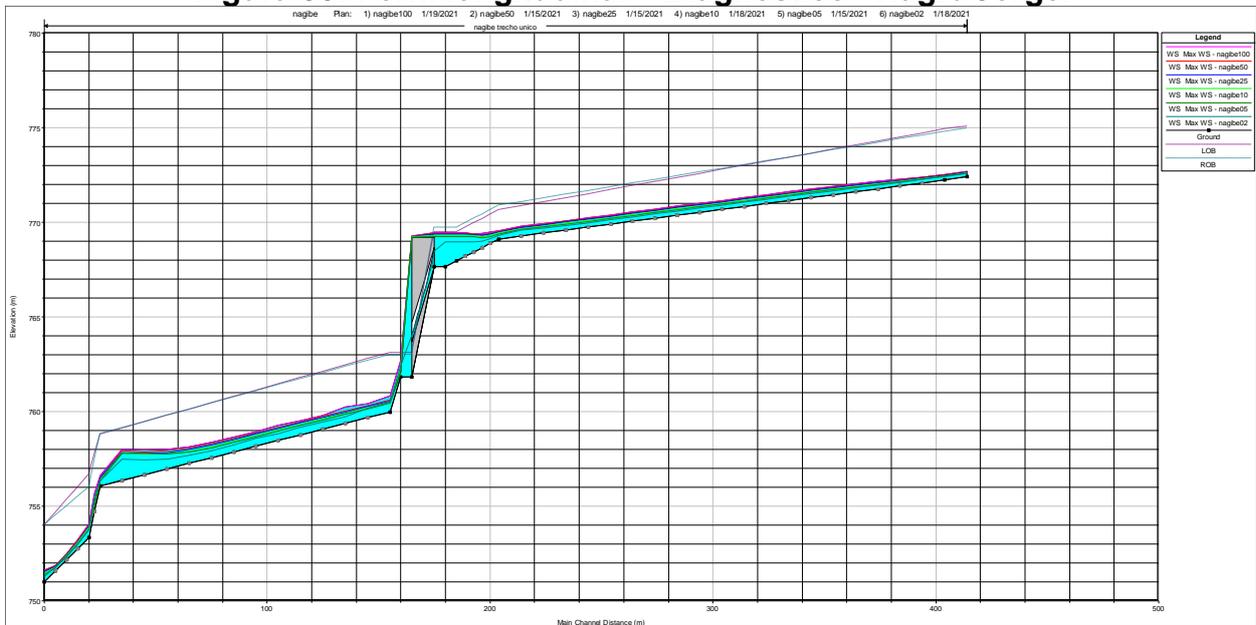


Figura 29: Bueiro da rua Cel. Florêncio Espiridião.



O perfil longitudinal do canal é apresentado a seguir. A metade inicial do canal possui um escoamento com um nível de folga de no mínimo 1 metro, aproximadamente, para todos os TRs. Em torno da travessia, a galeria é suficiente para escoar os volumes dos períodos de retorno de até 2 anos.

Figura 30: Perfil longitudinal – Diagnóstico - Nagib Jorge.

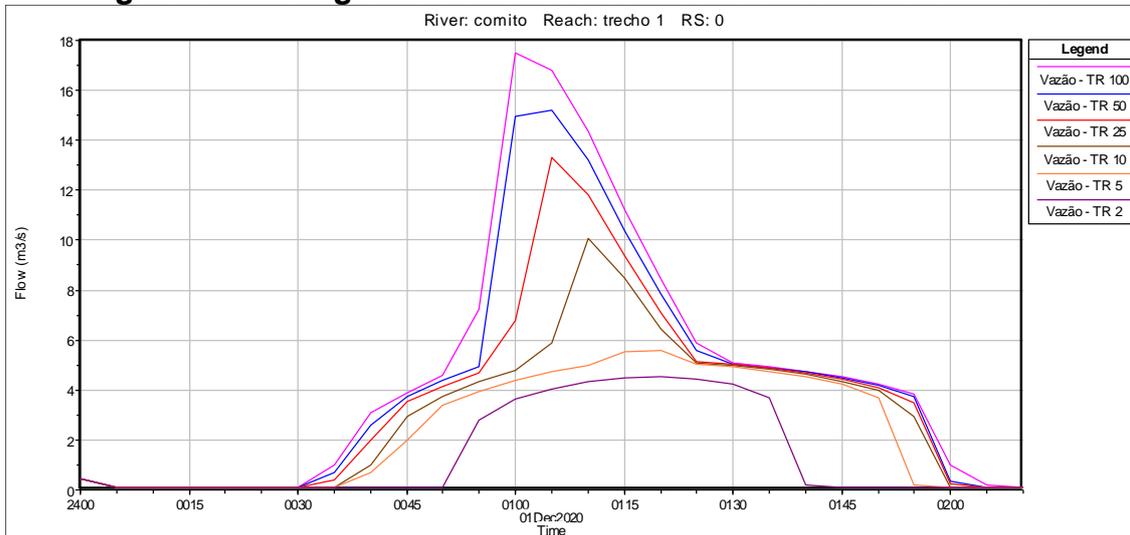




3.2.4 Córrego da av. José Maria de Faria

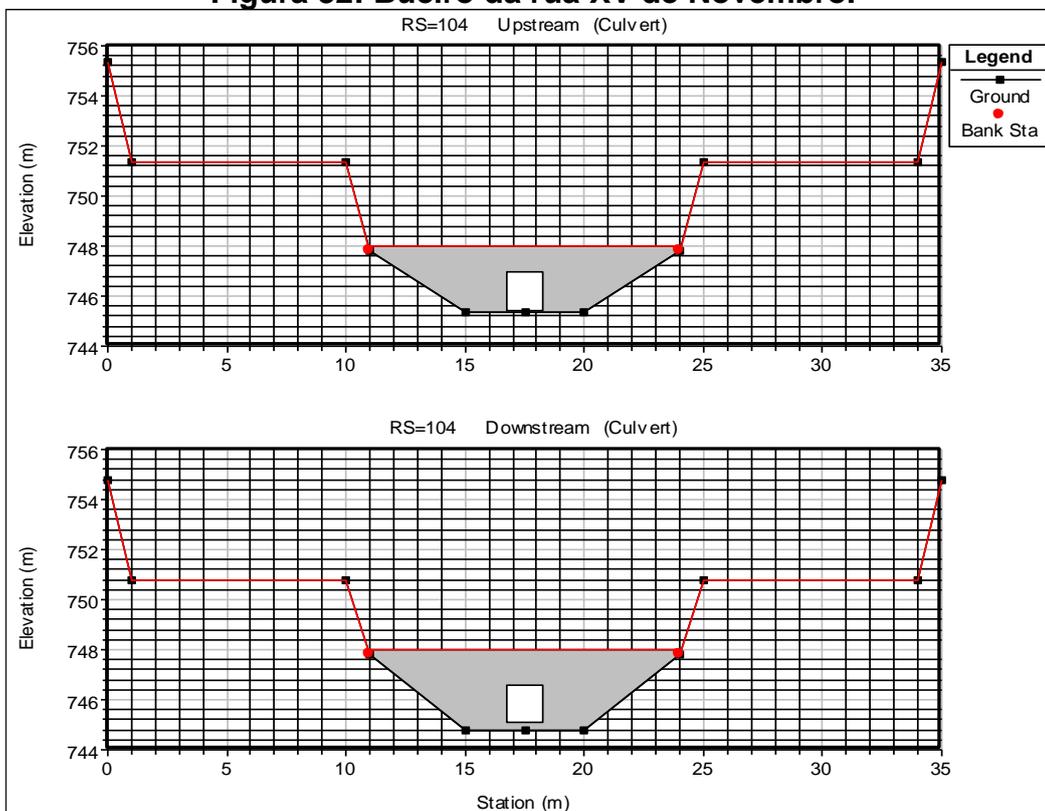
O córrego da av. José Maria de Faria (av. XV de Novembro) foi simulado e o hidrograma das vazões resultantes na seção final é apresentada na figura a seguir, considerando os períodos de 2 a 100 anos.

Figura 31: Hidrograma de vazões do trecho José Maria de Faria.



A estrutura do bueiro é apresentada a seguir, com as seções de montante (upstream) e jusante (downstream). A galeria possui formato em caixa, com 1,5m de altura e 1,5m de largura, e 14m de extensão.

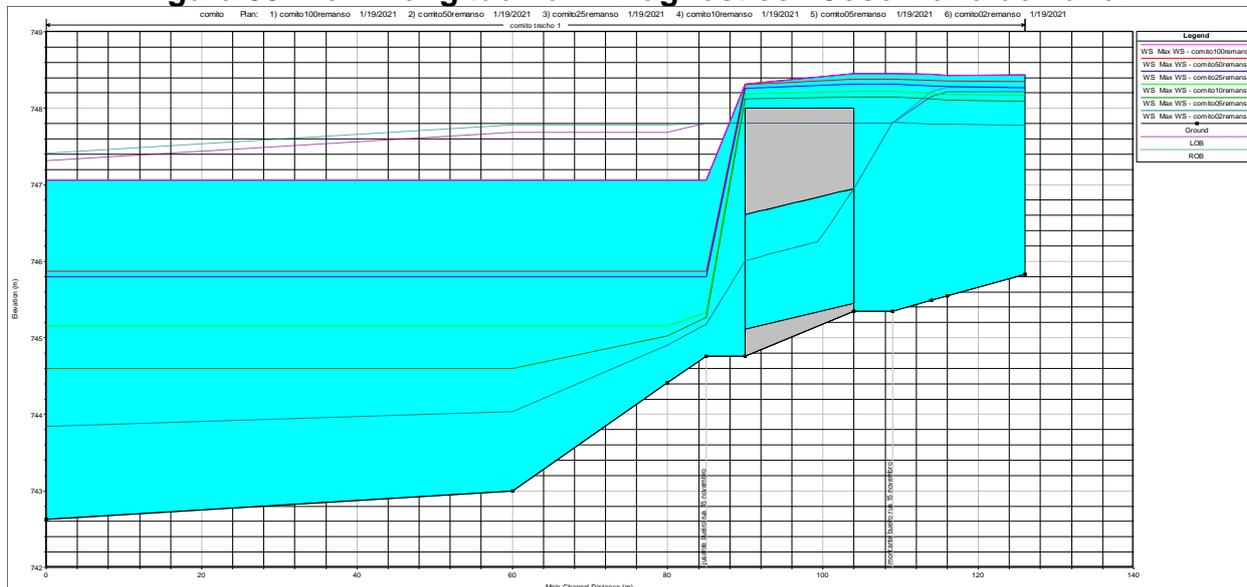
Figura 32: Bueiro da rua XV de Novembro.





O perfil do trecho é apresentado a seguir, onde observa-se que a montante do bueiro, ocorre um transbordamento no canal para todos os períodos de retorno simulados. Apenas para o TR 2 anos, o nível d'água não atinge o topo da travessia.

Figura 33: Perfil longitudinal – Diagnóstico - José Maria de Faria.

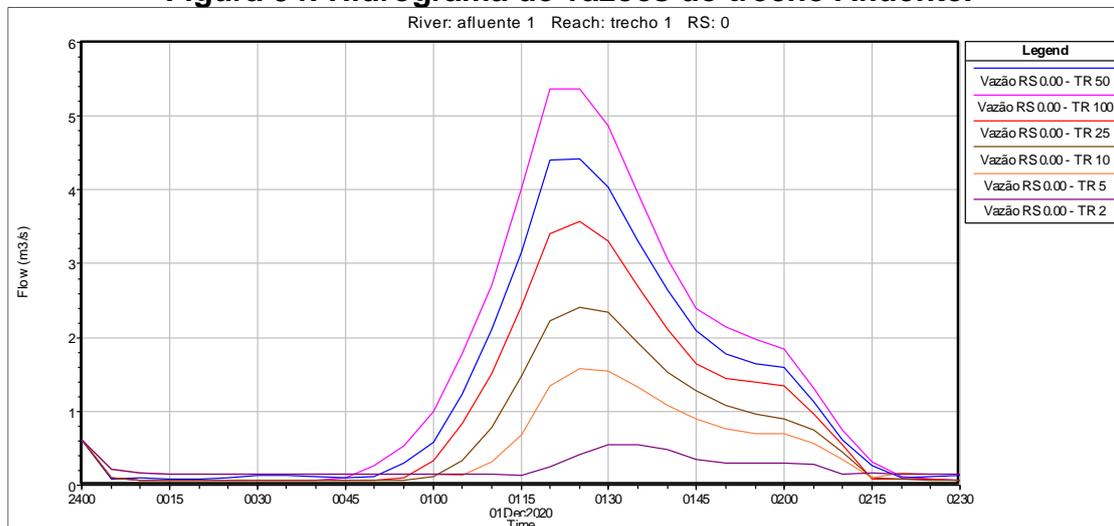


A jusante do bueiro, o fluxo d'água permanece dentro dos limites máximos do topo do canal para todos os períodos de retorno, mantendo um limite de segurança. Neste caso, sugere-se que o bueiro esteja represando a água, com provável influência no escoamento proveniente do remanso do rio do Peixe.

3.2.5 Córrego da rua Andreilino Souza Pinto (jusante)

O trecho da rua Andreilino Souza Pinto foi dividido em duas partes: o curso principal, Andreilino, e a contribuição lateral, chamada de Afluente. A primeira parte simulada foi a do Afluente, e a vazão resultante no trecho final foi lançada como contribuição lateral no curso principal. Os períodos de retorno avaliados foram de 2 a 100 anos. A figura a seguir apresenta os hidrogramas de vazão no final do trecho do Afluente.

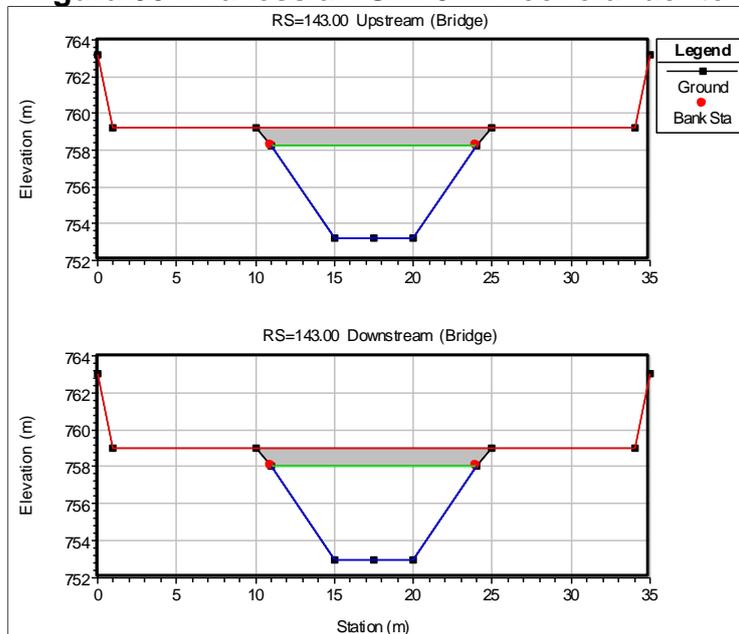
Figura 34: Hidrograma de vazões do trecho Afluente.





As figuras a seguir apresentam os perfis longitudinais do Afluente, considerando as situações com e sem a estrutura do bueiro, a fim de se avaliar o comportamento do fluxo da água no trecho em ambos os casos.

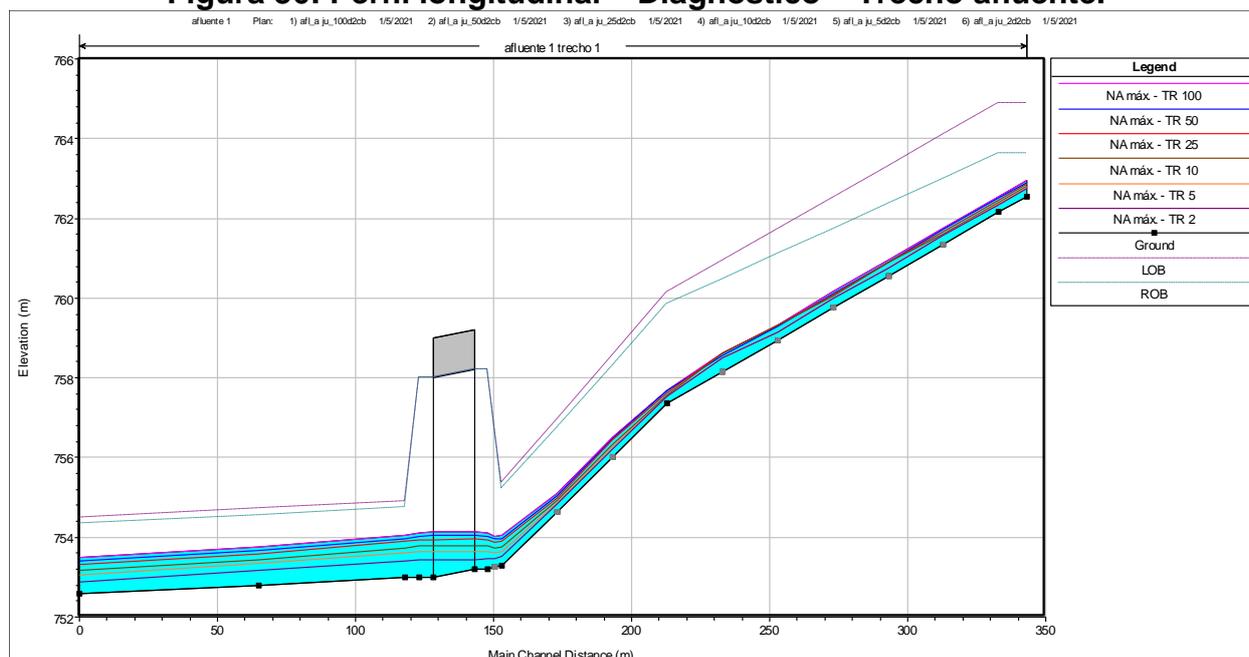
Figura 35: Travessia RS 143 – Trecho afluente.



A estrutura da travessia do Afluente é apresentada na figura anterior. A cota de topo é igual a 759.21m, e a cota inferior igual a 758.21m, para a seção de montante (upstream). A travessia possui uma extensão de 15m ao longo do canal. Para a seção de jusante (downstream), a cota de topo é de 759m e a cota inferior igual a 758m.

Observa-se que todos os níveis d’água máximos permanecem dentro do canal em toda a extensão do trecho. As margens de topo do canal são identificadas pelos tracejados LOB (esquerda) e ROB (direita).

Figura 36: Perfil longitudinal – Diagnóstico – Trecho afluente.





A presença do bueiro não interfere no fluxo do canal de forma significativa. Preserva-se uma folga de segurança em torno de 1 metro em toda a extensão do canal.

A figura a seguir apresenta os hidrogramas de vazões para o trecho do córrego da rua Andreilino Souza Pinto Jusante. Posteriormente, as seções com as configurações dos bueiros existentes.

Figura 37: Hidrograma de vazões do trecho Andreilino Jusante.

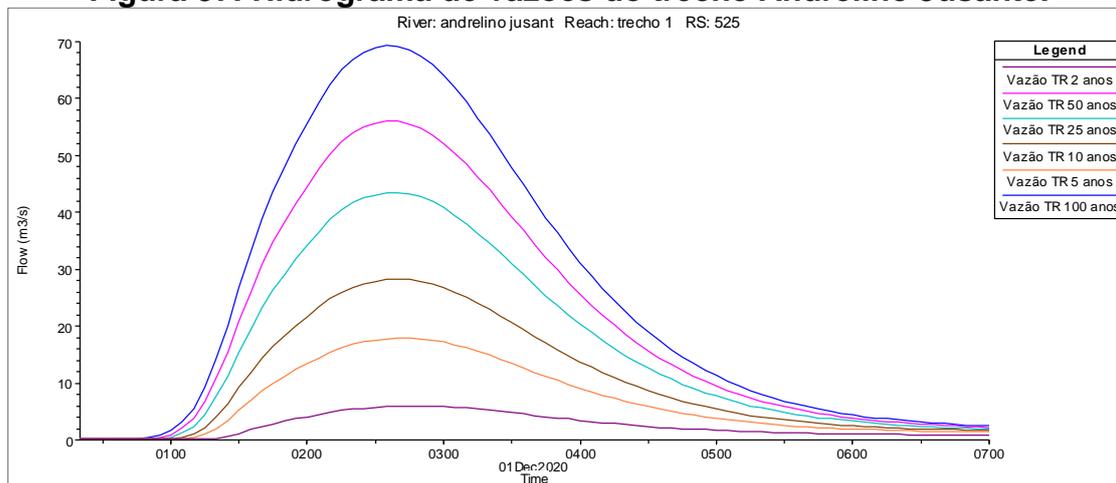


Figura 38: Bueiro da Rod. Pompeu Conti.

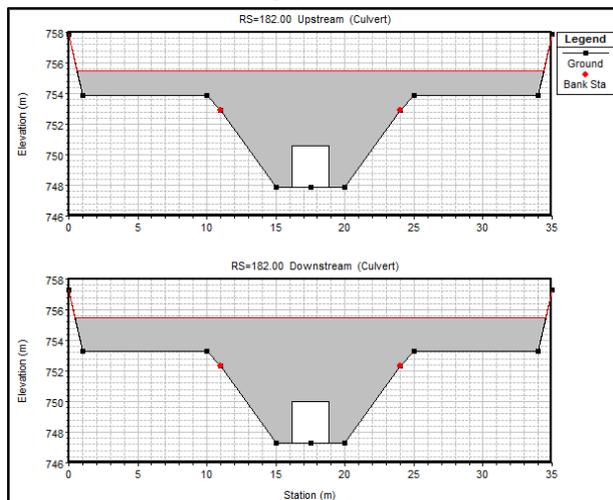
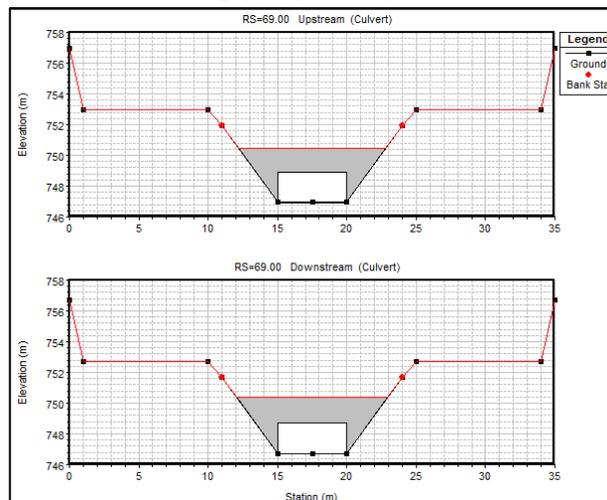


Figura 39: Bueiro da rua Andreilino Souza Pinto.



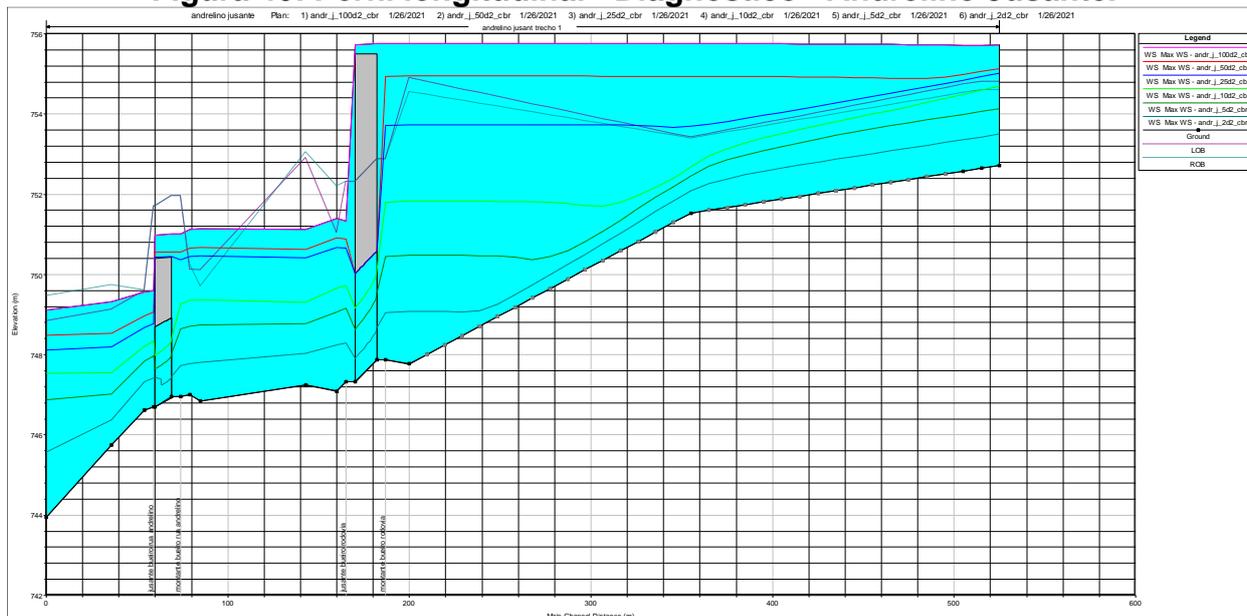
O bueiro da Rod. Pompeu Conti possui formato em caixa, com dimensões de 2,70m x 2,70m e 12m de extensão. O bueiro da rua Andreilino Souza Pinto, em formato retangular, possui 5,0m de base e 2,0m de altura, com 9,0m de extensão.

A figura a seguir apresenta o perfil longitudinal do canal. A vazão que chega do trecho afluente foi considerada através de lançamento lateral de vazão de entrada.

Para períodos de retorno de até 10 anos, o conjunto hidráulico é suficiente para manter o escoamento dentro do canal. A partir de recorrências iguais ou superiores a 25 anos, ocorrem pontos de extravasamento.



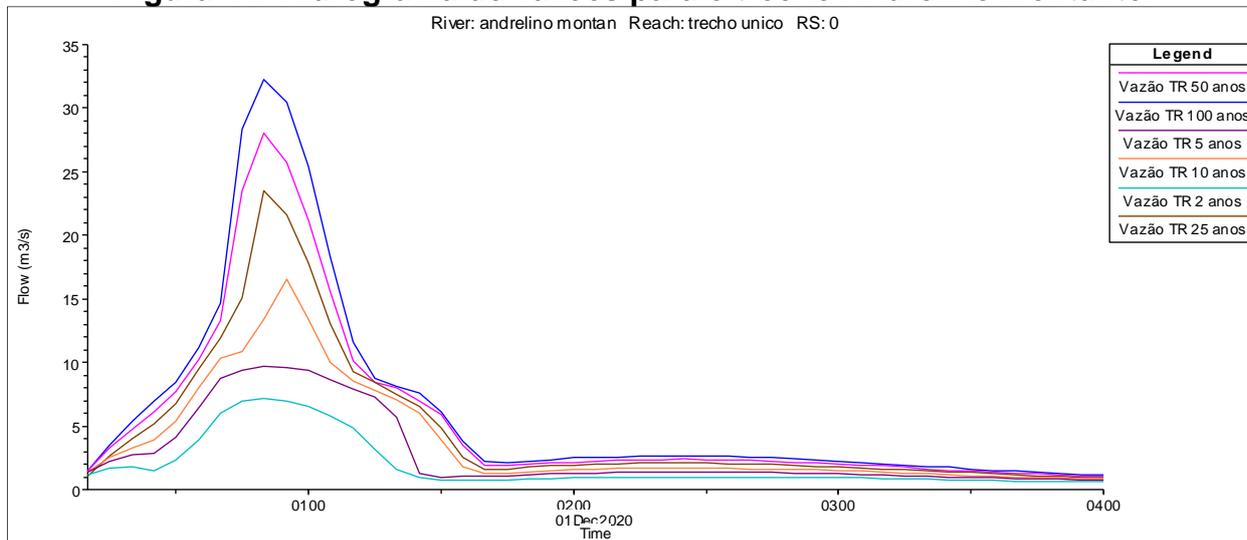
Figura 40: Perfil longitudinal - Diagnóstico - Andrelino Jusante.



3.2.6 Córrego da rua Andrelino Souza Pinto (montante)

A figura a seguir apresenta os hidrogramas de vazões utilizados para as simulações do córrego da rua Andrelino Souza Pinto Montante.

Figura 41: Hidrograma de vazões para o trecho Andrelino Montante.



As figuras a seguir apresentam as configurações dos bueiros do canal.



Figura 42: Bueiro da rua Valentim Cesar Tafner.

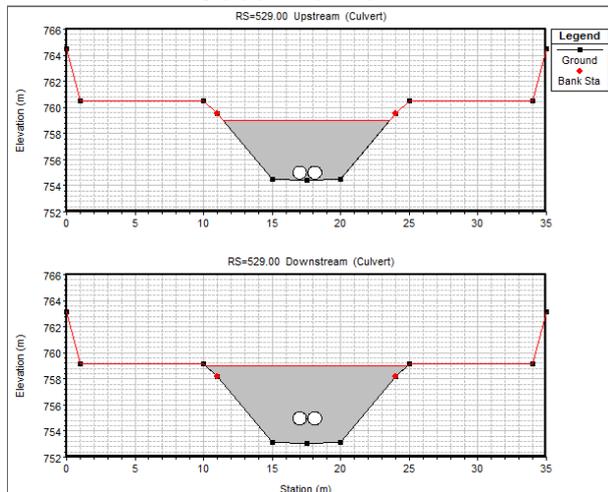
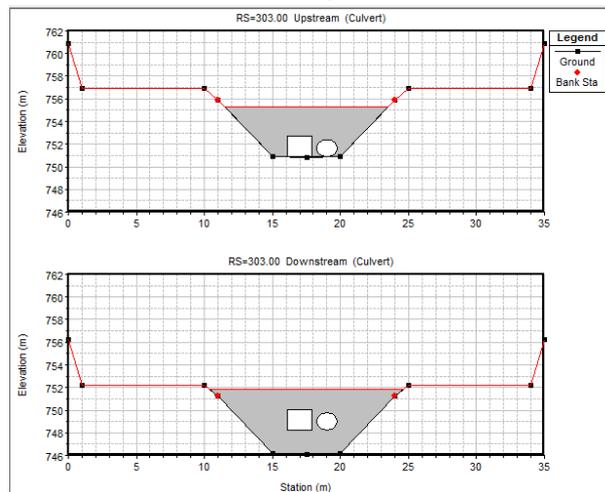
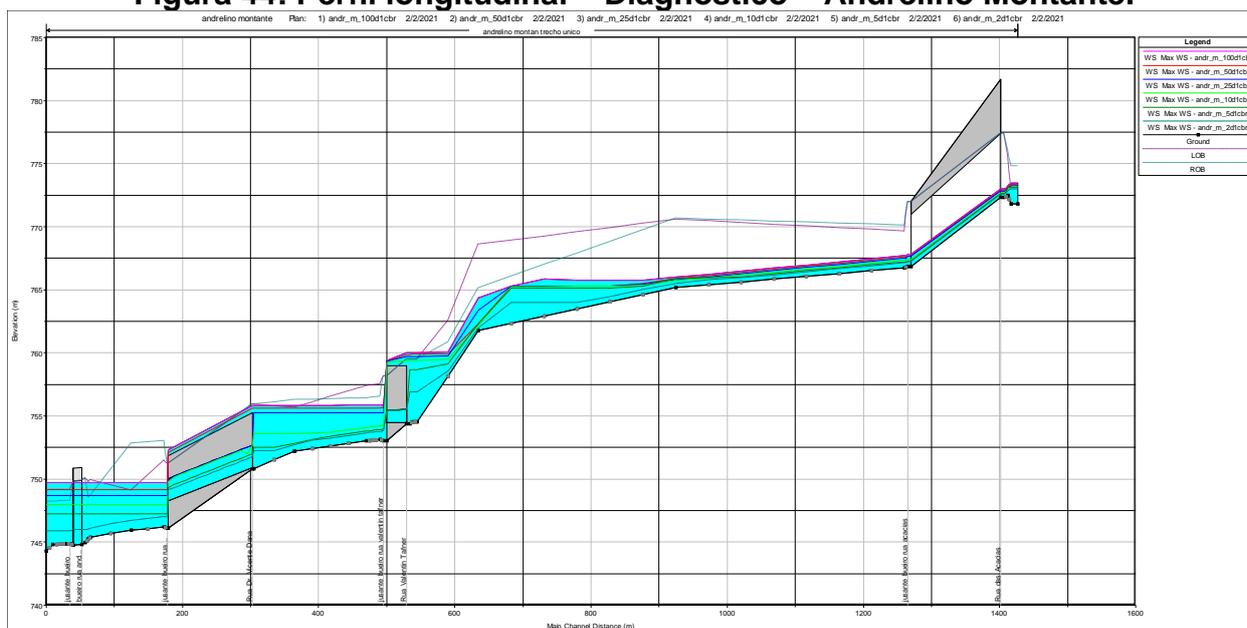


Figura 43: Bueiro da rua Vicente D'Ana.



O perfil longitudinal a seguir apresenta os níveis d'água resultantes. Observa-se que ocorre extravasamento nos bueiros das ruas Valentim Cesar Tafner (montante) e Vicente D'Ana (jusante).

Figura 44: Perfil longitudinal – Diagnóstico – Andreilino Montante.

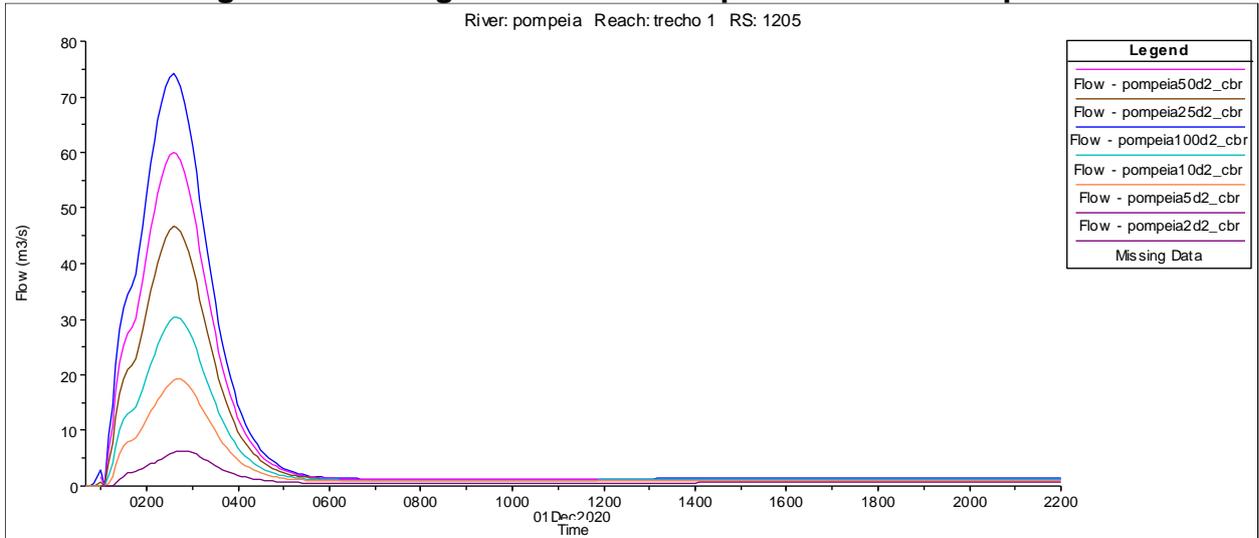


3.2.7 Córrego Estrada da Pompéia

A figura a seguir apresenta os hidrogramas de vazões utilizados nas simulações.



Figura 45: Hidrogramas de vazões para o trecho Pompéia.



As figuras a seguir apresentam as configurações das travessias simuladas. Posteriormente, os perfis longitudinais apresentam as lâminas d'água.

Figura 46: Bueiro Pompéia.

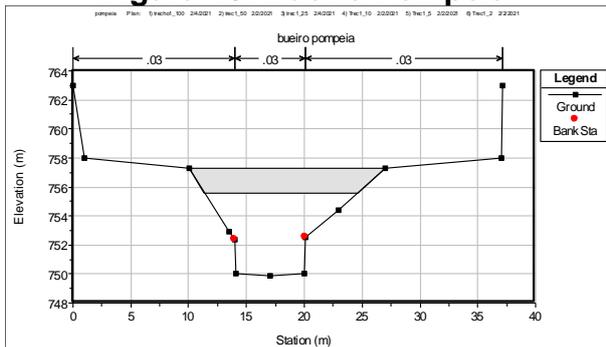


Figura 47: Bueiro RS 496.

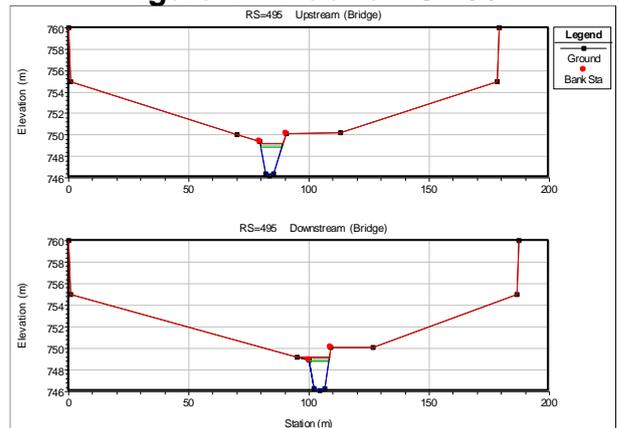


Figura 48.: Bueiro RS 372.

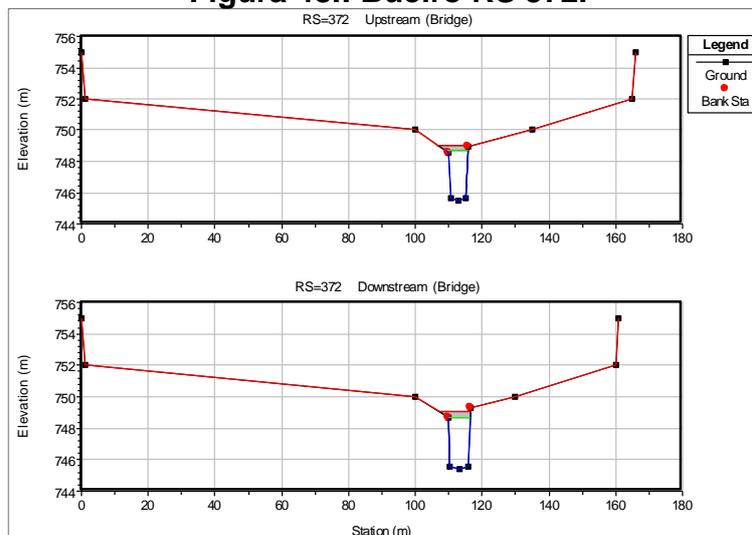




Figura 49: Perfil longitudinal – Diagnóstico – Pompéia Parte 1.

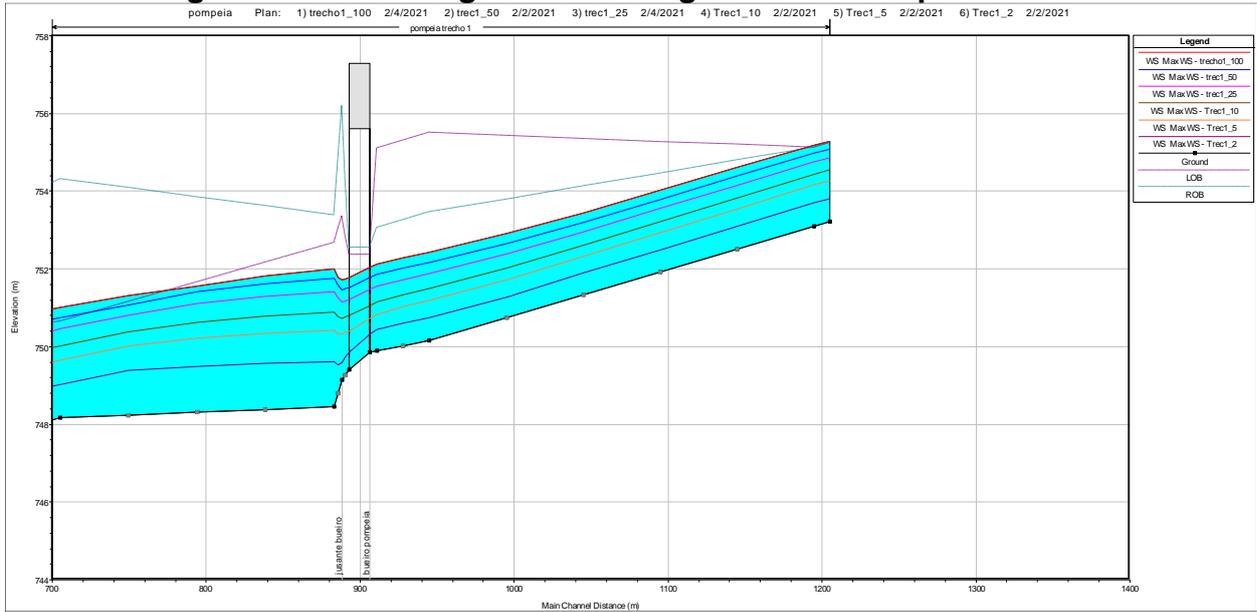


Figura 50: Perfil longitudinal – Diagnóstico – Pompéia Parte 2.

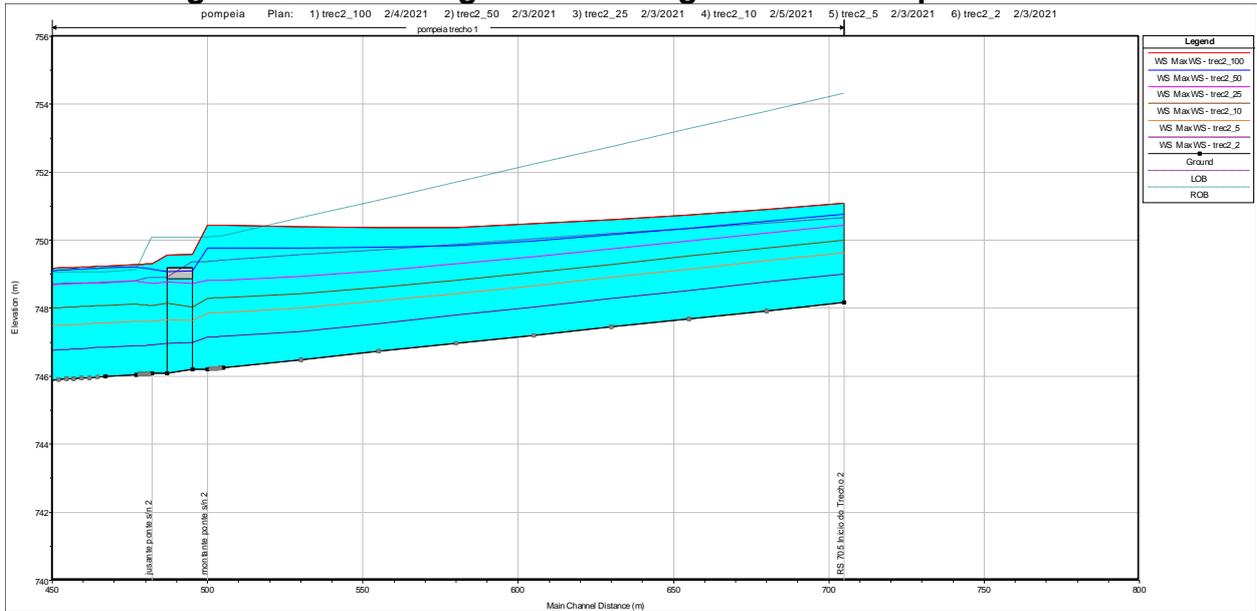
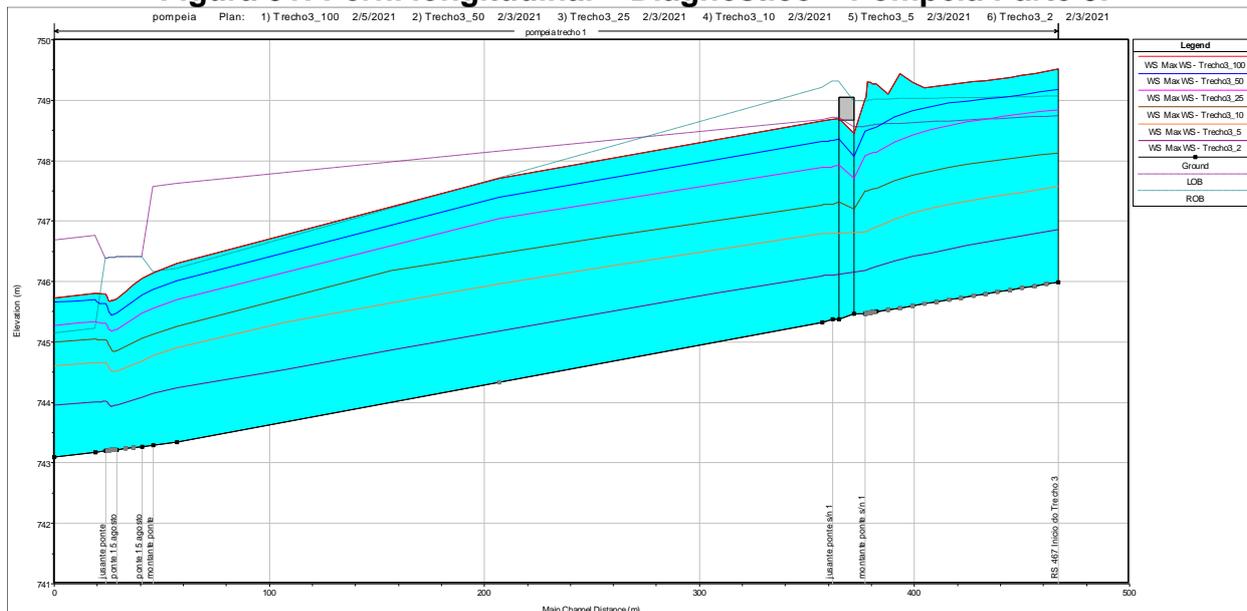




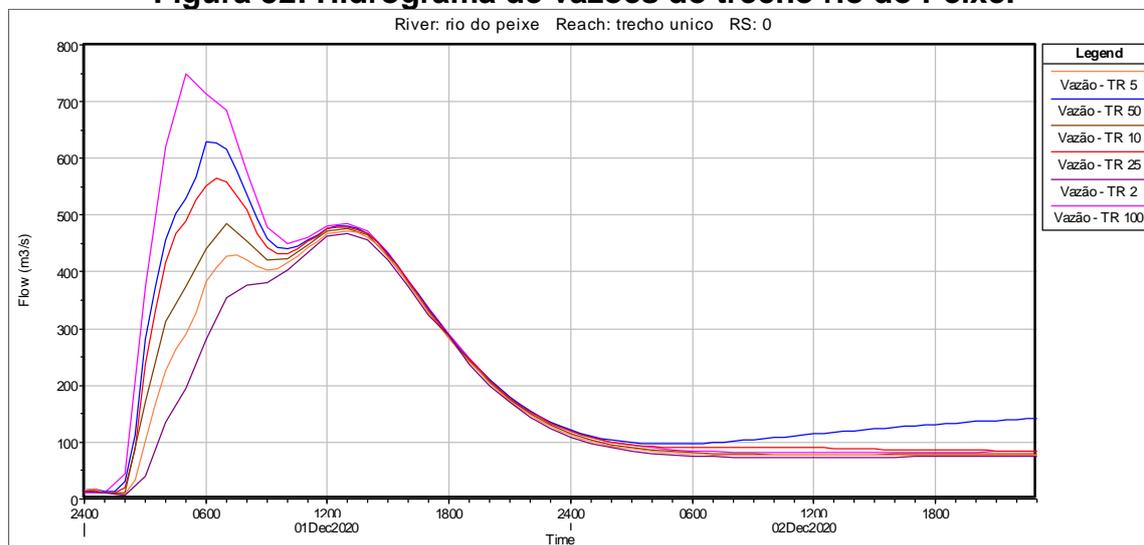
Figura 51: Perfil longitudinal – Diagnóstico – Pompéia Parte 3.



3.2.8 Rio do Peixe

A simulação para o rio do Peixe contempla o canal ao longo de sua extensão de 6.000m, e foi avaliado o comportamento para todos os períodos de retorno. As vazões resultantes na seção final do canal são apresentadas na figura a seguir.

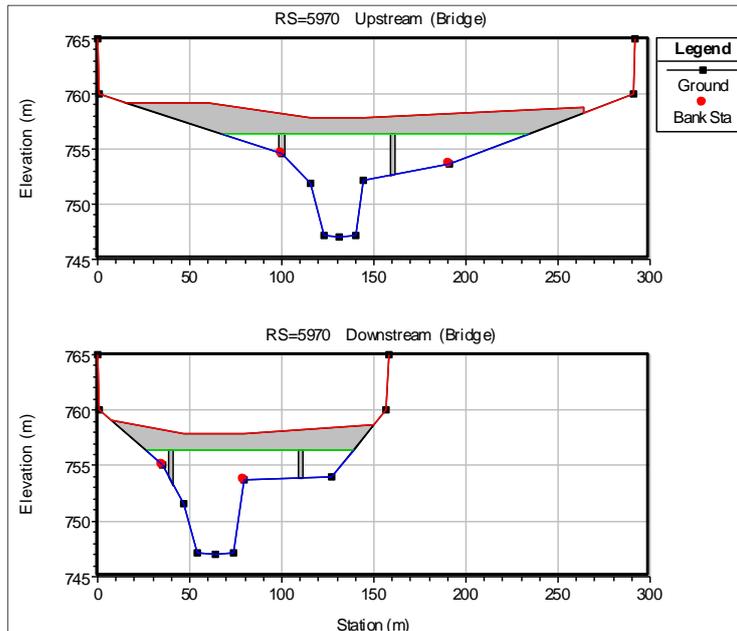
Figura 52: Hidrograma de vazões do trecho rio do Peixe.



As estruturas das travessias são apresentadas nas figuras a seguir. A travessia da Rod. Capitão Bardoino foi alocada na RS 5970. Possui dois pilares verticais de sustentação, conforme segue, e extensão de 10 metros. A cota mais alta é igual a 759,25m e a mais baixa igual a 756,40m.

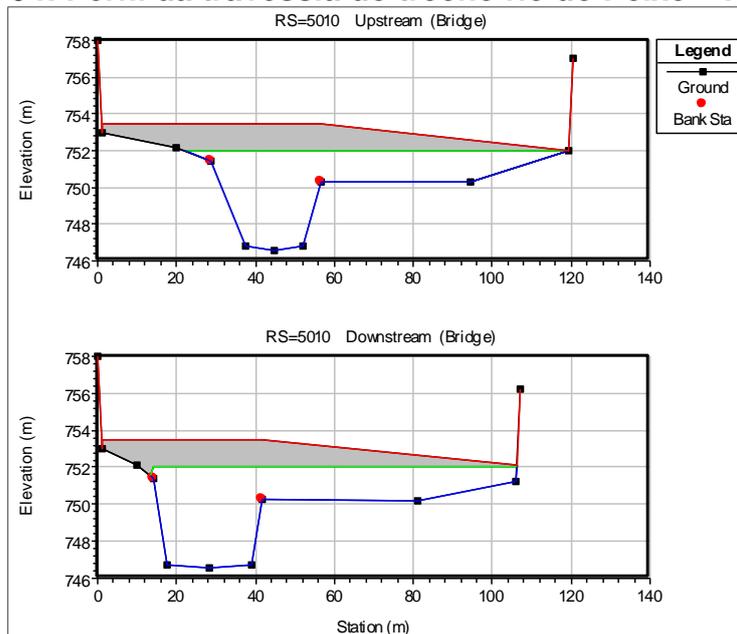


Figura 53: Perfil da travessia do trecho rio do Peixe – RS 5970.



A travessia da rua Irmãos Picarelli foi alocada na RS 5010. Possui extensão de 10 metros, e a cota mais alta é igual a 753,50m. A cota inferior é igual a 752,00m.

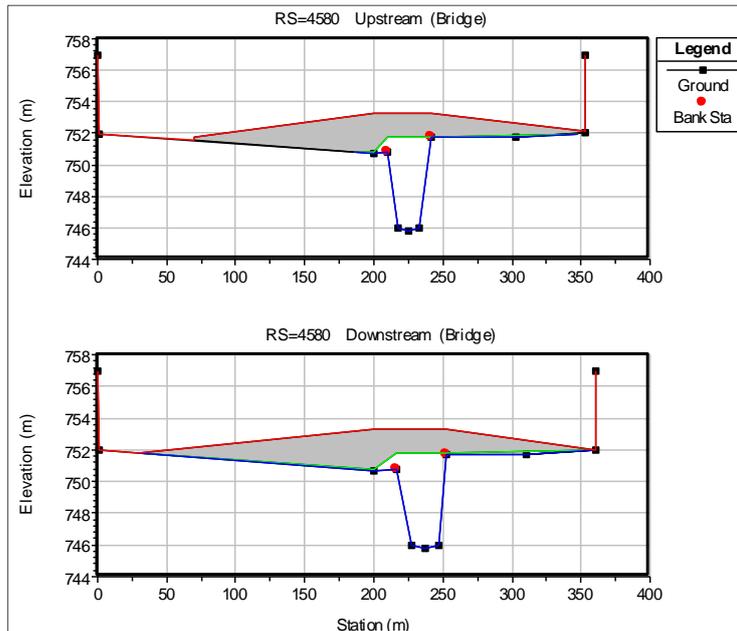
Figura 54: Perfil da travessia do trecho rio do Peixe – RS 5010.



A travessia da rua Capitão Sobrinho foi alocada na RS 4580. Possui extensão de 10 metros e a cota mais alta da travessia é igual a 753,30m. A cota inferior é igual a 751,80m.

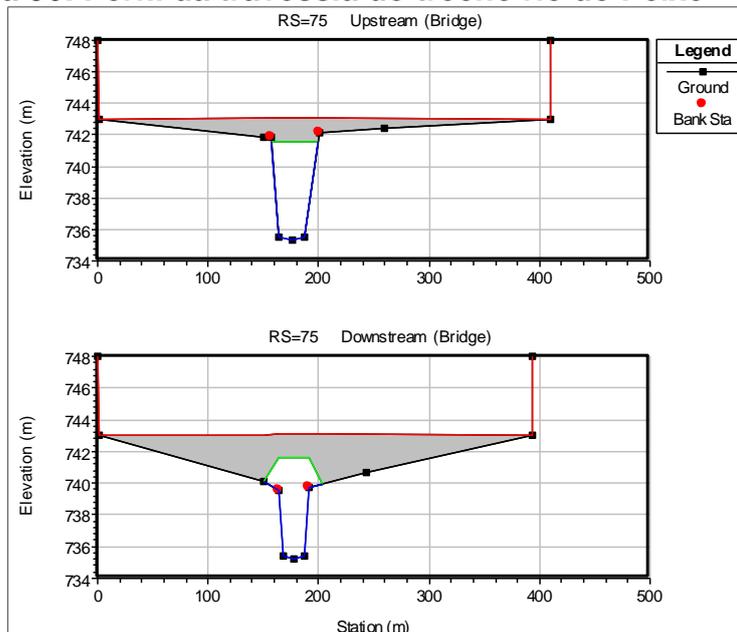


Figura 55: Perfil da travessia do trecho rio do Peixe – RS 4580.



A travessia da rua Justino Tovazi foi alocada na RS 75. Possui extensão de 10 metros, sendo a cota mais alta igual a 743,10m e a mais baixa igual a 739,80m.

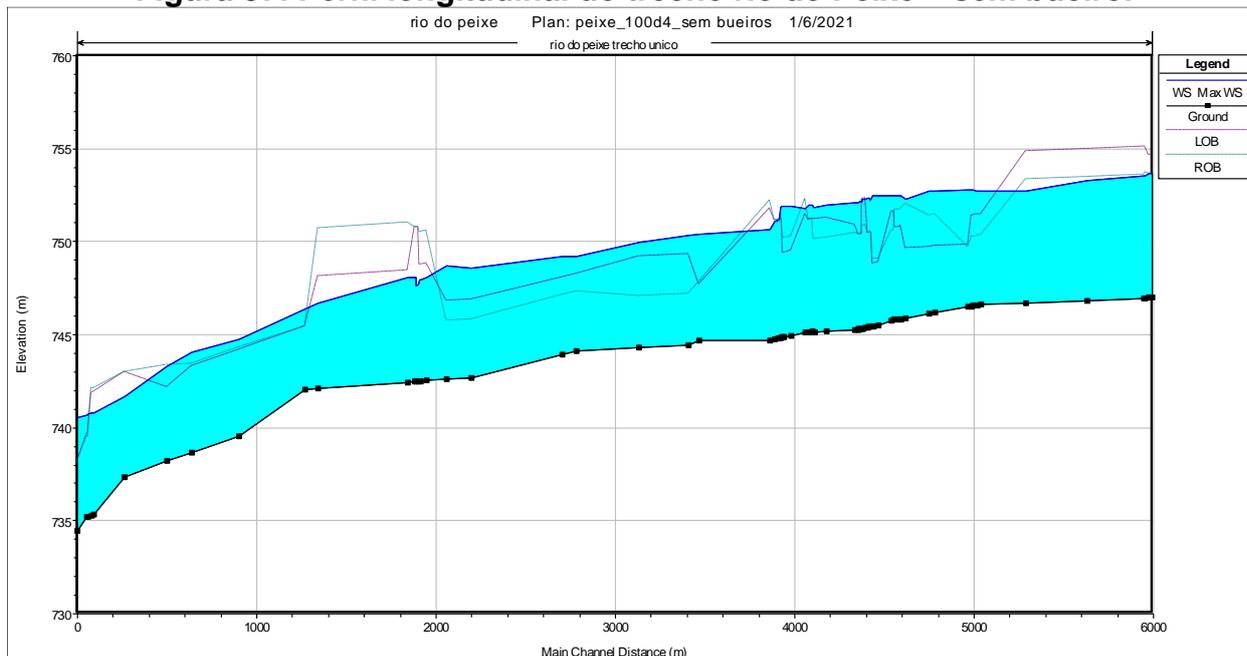
Figura 56: Perfil da travessia do trecho rio do Peixe – RS 75.



As figuras a seguir mostram os resultados das simulações para as situações do canal sem e com as travessias existentes. Na situação sem as travessias, foi avaliado o período de retorno de 100 anos, conforme segue. O canal apresenta trechos de alagamento em quase toda a sua extensão.

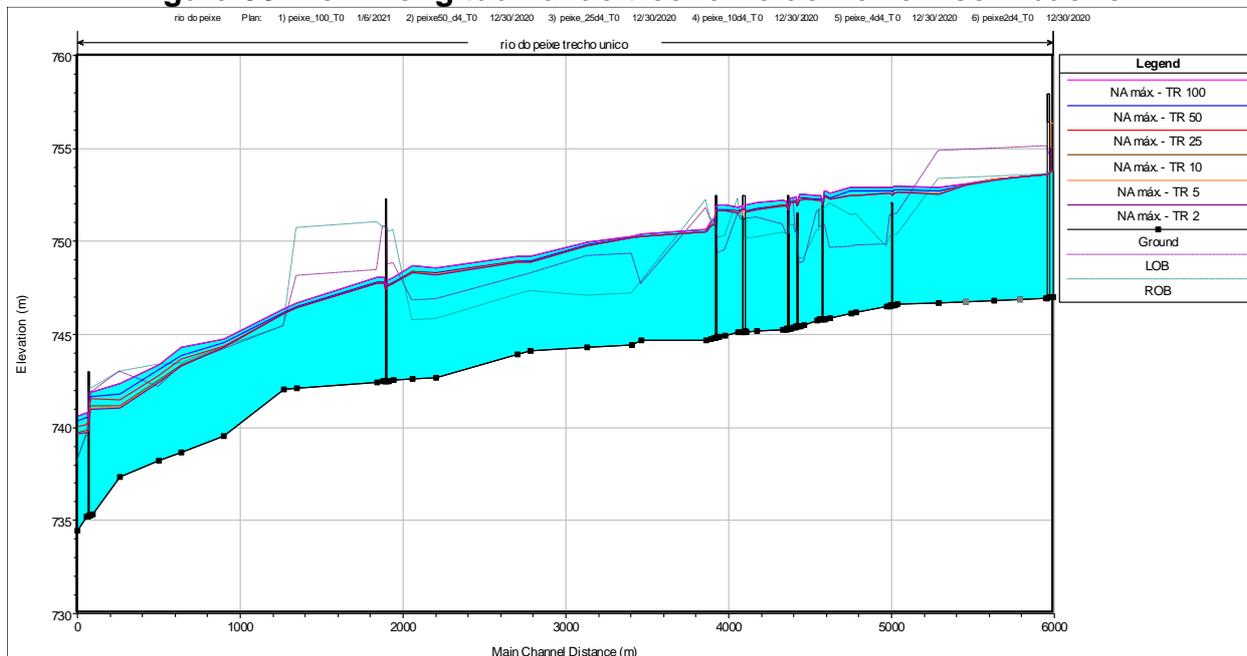


Figura 57: Perfil longitudinal do trecho rio do Peixe – sem bueiro.



Na situação com as travessias, foram simulados todos os períodos de retorno. As lâminas d’água são bastante semelhantes ao longo do canal, para todos os TRs, com exceção do trecho final, onde é possível verificar um maior distanciamento entre elas. A declividade deste trecho final também é mais elevada do que o restante do canal.

Figura 58: Perfil longitudinal do trecho rio do Peixe – com bueiro.



Nas duas situações, com e sem as travessias, para o TR 100 anos observa-se que os níveis máximos dentro do canal são bastante semelhantes. Ressalta-se que as seções adotadas para o canal são as mesmas, o que difere é a presença ou ausência da estrutura das travessias apenas.

4 MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS

A proposição de medidas decorre da formulação de um diagnóstico conclusivo acerca da situação atual da macrodrenagem, envolvendo todos os canais e respectivos pontos de interferências notáveis, os trechos e pontos críticos de inundações conhecidas, as áreas livres com características apropriadas à implantação de estruturas hidráulicas, entre outros.

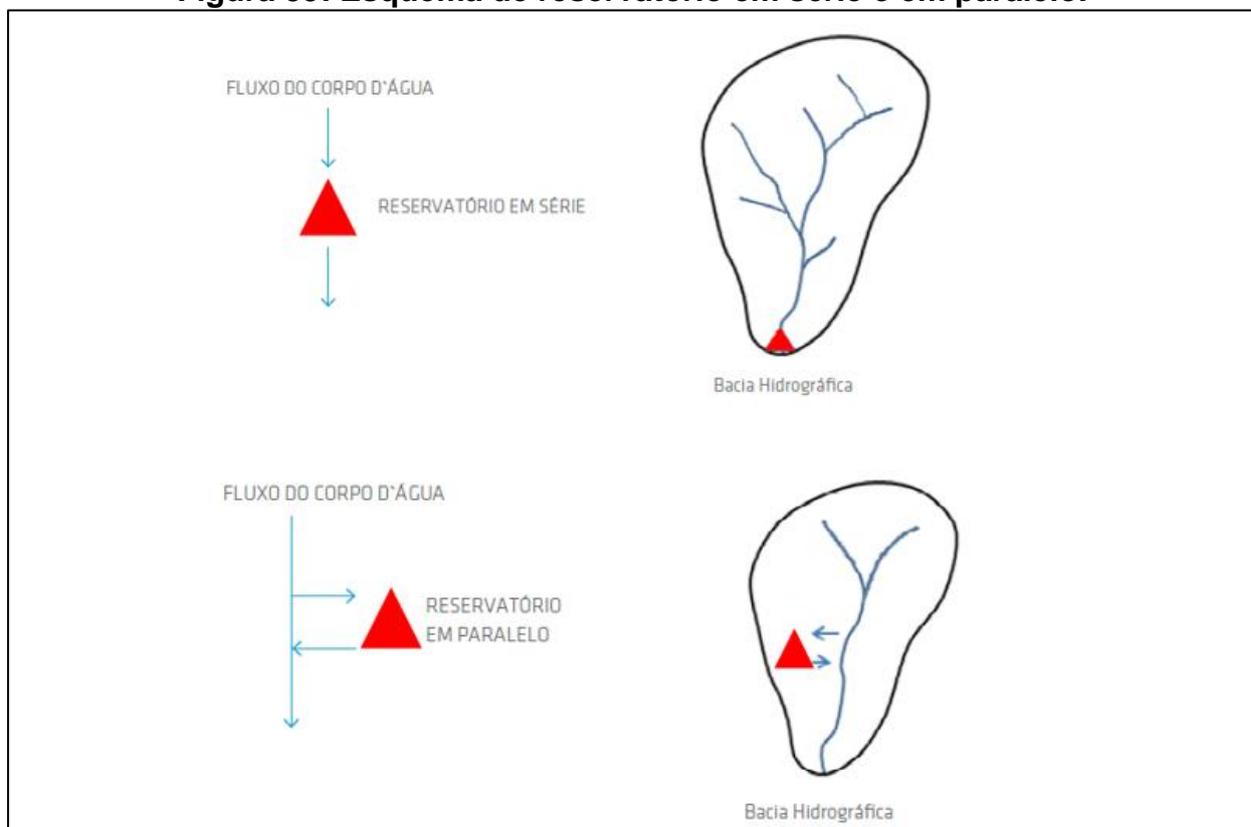
Além da avaliação diagnóstica considerando a situação atual da macrodrenagem, é realizado, também, o prognóstico das condições futuras de uso e ocupação do solo e seus reflexos sobre os escoamentos pluviais, de forma a avaliar ou prever futuras ocorrências negativas para o sistema.

4.1 Medidas Estruturais Convencionais

4.1.1 Reservatórios de retenção – Piscinões

Os reservatórios de retenção, popularmente conhecidos como piscinões, são as denominações dadas aos reservatórios de controle de cheias que atuam no amortecimento dos picos de vazão. Essas estruturas têm como objetivo armazenar uma parte do volume do hidrograma da bacia que retorna ao curso d'água após a passagem da onda de cheia. Essas estruturas podem ser classificadas quanto à sua configuração em relação ao curso d'água como: em série (*in-line*) e em paralelo (*off-line*).

Figura 59: Esquema de reservatório em série e em paralelo.



Fonte: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland.



A seleção da configuração de um reservatório, *in-line* ou *off-line*, é baseada pela disponibilidade de área para a construção da estrutura. Em regiões com maior disponibilidade de área é usual a utilização de reservatórios em série; já em regiões mais densamente ocupadas, usualmente opta-se por construir um reservatório em paralelo que pode armazenar volumes maiores. No entanto, quando o fundo do reservatório é mais profundo que o leito do córrego há a necessidade de utilização de bombas para o esvaziamento do reservatório, o que encarece a implantação, operação e manutenção da estrutura.

Com relação ao adequado funcionamento dessas estruturas faz-se necessário a manutenção frequente devido à presença de resíduos sólidos, como também de sedimentos, pois o acúmulo desses materiais contribui para a redução da capacidade de armazenamento do reservatório e favorece a proliferação de agentes causadores de doenças e de mau cheiro.

4.1.2 Canalização

A canalização, ou retificação de canais, é um tipo de obra adotado para a melhoria das condições hidráulicas dos cursos d'água, através do aumento da velocidade de escoamento. Os materiais utilizados para revestimento podem ser de concreto, gabião, pedra argamassada, entre outros.

O aumento da velocidade de escoamento, no entanto, resulta em volumes maiores nos trechos de jusante dos canais. No intuito de se minimizar a transferência dos impactos para jusante, quando possível, as canalizações podem ser associadas à implantação de reservatórios, conforme **item 4.1.1** anterior.

4.2 Propostas de Medidas Estruturais Convencionais

4.2.1 Intervenções propostas para o Córrego dos Machados

- Ampliação das Travessias

Ampliação das pontes das ruas Voluntários da Pátria, Tiradentes e Joaquim de Souza Pinto para seção retangular com base igual a 15,00m e altura mínima (vão) de 3,50m, e extensão de 10,0m.

Implantação de seção retangular (15,00m x 3,50m - mínimo) sob a ponte da rua João Leonardelli.

- Canalização de Córrego em Seção Retangular de Concreto Armado

Implantação de canal em concreto Seção 15,00m x 3,50m (mínimo) no trecho de 257,0m entre as pontes das ruas Voluntários da Pátria e Tiradentes.

Ajuste do perfil longitudinal no trecho junto da ponte da rua Tiradentes.

- Canalização de Córrego em Seção Trapezoidal Revestida com Grama

Implantação de canal com seção trapezoidal com base igual a 12,00m e altura variável (3,50m mínimo):

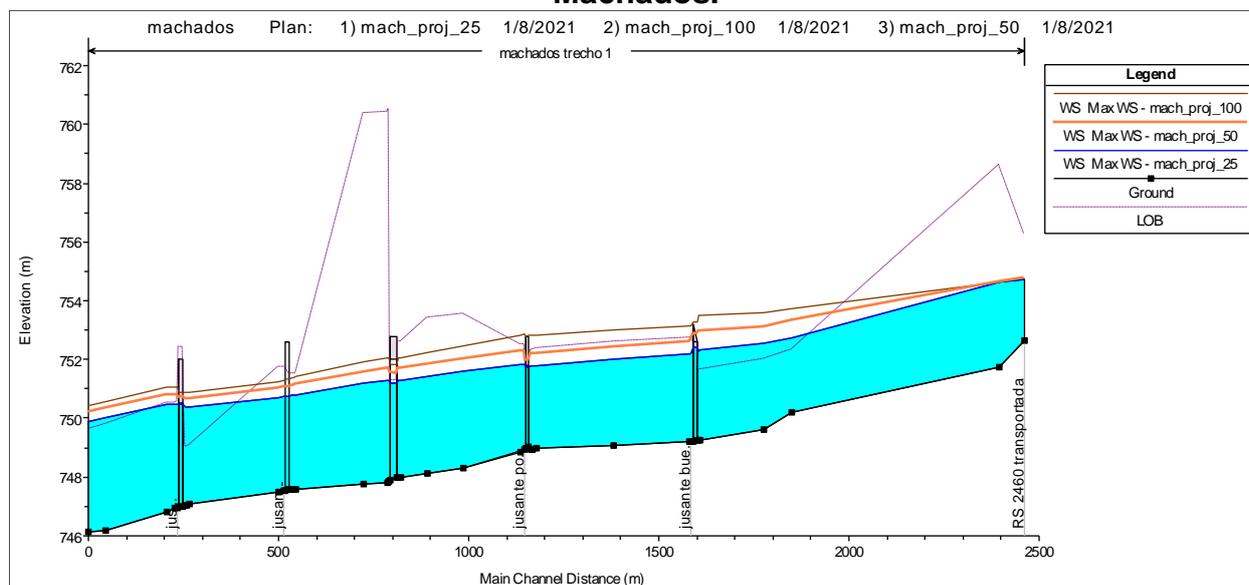


- ✓ 339,0m entre as pontes das ruas Tiradentes e Joaquim de Souza Pinto
- ✓ 265,0m entre as pontes das ruas Joaquim de Souza Pinto e João Leonardelli
- ✓ 270,0m entre as pontes da rua João Leonardelli e Av. Rebouças

- Melhorias junto a ponte da Av. Rebouças

Implantação de muros-ala em concreto armado - seção variável conforme a transição entre o canal e a seção sob a ponte e revestimento de fundo do canal no trecho, e 12,0m de extensão.

Figura 60: Perfil longitudinal com intervenções propostas - Córrego dos Machados.



O conjunto de obras garantirão proteção integral para cheias de até TR 25 anos. Para cheias com TR da ordem de 50 anos a ponte da rua Tiradentes terá nível d’água incidindo sobre a superestrutura, porém, sem galgamento.

Garante-se o pleno escoamento para cheias maiores de até TR = 100 anos, para os trechos mais a jusante. As pontes das ruas Voluntários da Pátria e Tiradentes podem sofrer galgamento durante cheias desse porte.

- Bacia de Detenção de Montante – Reservatório Machados – R-1

A área mínima da bacia de detenção R-1 proposta deverá ser de 11.000 m² e volume de acumulação aproximado de 35.000 m³ (para altura da ordem de 5,00m). Sua configuração será do tipo “off-line”, ou seja, o reservatório deverá dispor de estação de bombeamento de águas pluviais.

Objetivo: Área de compensação de drenagem tendo em vista a tendência de adensamento da urbanização no trecho de montante da bacia. Deverá atuar no abatimento do pico de vazões mantendo-se igual as condições de escoamento a jusante.

Planejada para médio - longo prazo, como forma de não comprometer as ações estruturais a serem implementadas nos trechos de jusante.

Figura 61: Reservatório Machados – R-1.



- Reservatórios Adicionais

Incremento de proteção para o trecho entre as pontes das ruas Voluntários da Pátria e Tiradentes para cheias com TR superiores a 50 anos.

Reservatório Machados - R-2 e R-3:

- Reservatórios com áreas da ordem de 11.000 m² e 2.600 m² (ambos com altura da ordem de 5,00m), com volumes estimados de 35.000 m³ e 8.000 m³.

Figura 62: Reservatório Machados - R-2 e R-3.



4.2.2 Intervenções propostas para o Córrego dos Nogueiras

- Verificação e Regularização do Trecho a Jusante da Rua José Ângelo Calafiore

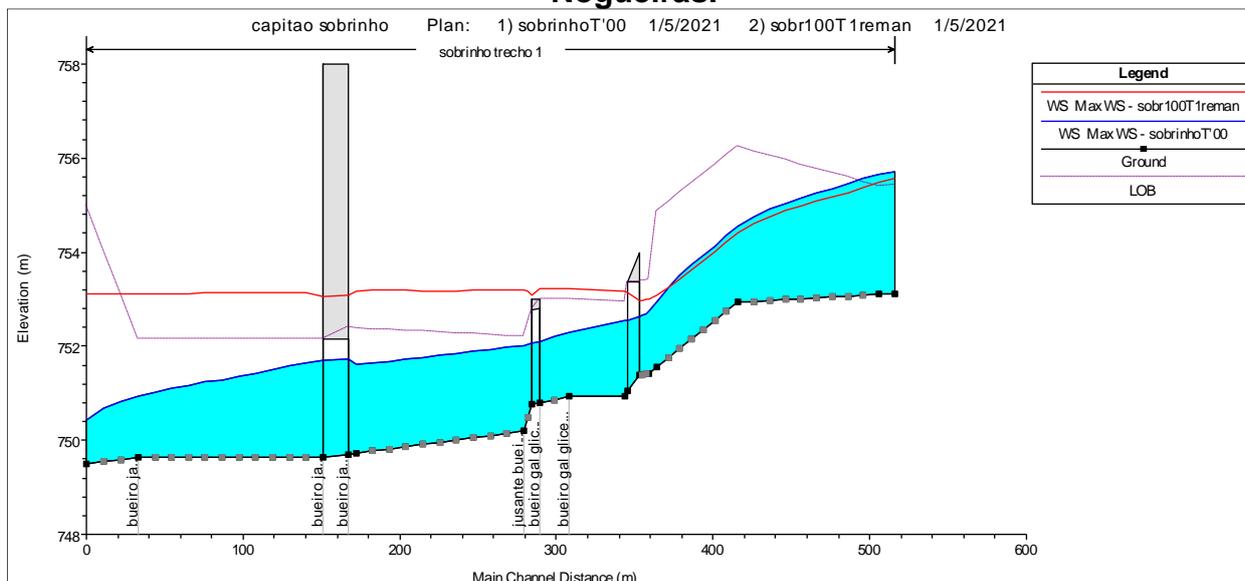
Para o trecho de canal - seção retangular em concreto, com traçado existente após a rua José A. Calafiore até a saída da galeria na rua 13 de maio, deverão ser realizadas:

- Campanha de inspeção de dimensões e situação estrutural, principalmente, nos trechos confinados e/ou cobertos por edificações.
- Contratação de televisionamento do trecho de cerca de 51,00m onde a galeria encontra-se sob edificações, para confirmação de seção transversal e situação estrutural.
- Ações corretivas a serem propostas e empreendidas após a campanha de televisionamento.
- Correções e ajustes de traçado no trecho de cerca de 32,00 m a jusante da rua José A. Calafiore até o início da galeria (sob edificações).
- Reconstrução de cerca de 15,00m de canal, seção retangular em concreto, para melhoria de traçado com amenização de curvatura (atualmente com cerca de 90°).

- Ampliação do Bueiro-Galeria sob a Rua José Angelo Calafiore

Substituição da tubulação existente (Φ 1,00m) para galeria retangular fechada com largura de 5,00m e altura de 2,00m.

Figura 63: Perfil longitudinal com intervenções propostas – Córrego dos Nogueiras.



A ampliação do bueiro-galeria elimina a propagação de níveis elevados para montante, garantindo o escoamento sem extravasamentos nos trechos de montante (entre as ruas General Glicério e Jacira L. Ribessi).

Sem a ampliação a linha de inundação é propagada para montante chegando até a ponte da rua General Glicério.

- Regularização do Talvegue Natural a Montante da Rua General Glicério

Implantação de canal com seção trapezoidal revestido com grama, mantendo largura da base mínima igual a 3,00m e altura mínima de 2,50m, e 100m de extensão.

4.2.3 Intervenções propostas para o Córrego da rua Nagib Jorge

Não são propostas intervenções para o trecho a montante da rua Florêncio Espiridião.

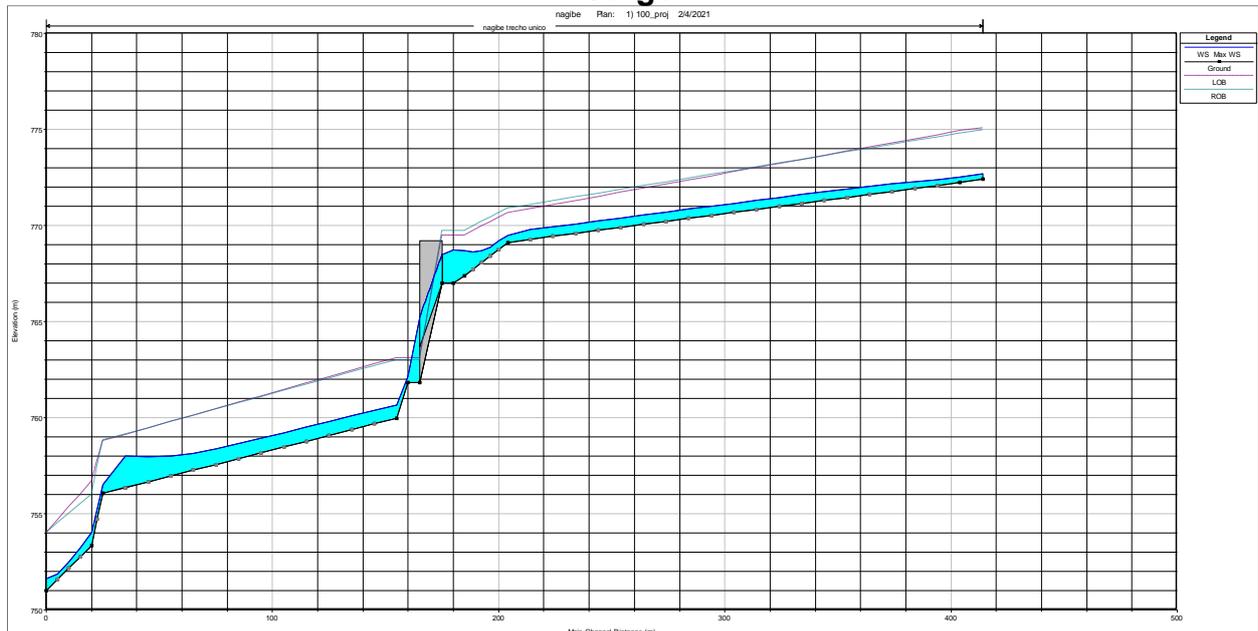
- Ampliação do Bueiro sob a Rua Florêncio Esperidião

Implantação de bueiro retangular em concreto armado (BSCC) com dimensões iguais a 2,00m x 1,50m e declividade (máxima) igual a 1,0%. Extensão de 25m.

- Regularização do Canal Existente entre as ruas Florêncio Esperidião e XV de Agosto

Implantação de dissipador em degraus, ajustados a um canal retangular em gabião tipo caixa com largura variando de 3,00m, logo a jusante do bueiro, até 5,00m no final do trecho, e altura de 2,50m. O canal em gabião terá extensão da ordem de 80,00m para permitir a implantação de degraus (altura máxima igual a 0,50m) com fator 1:4 (V:H).

Figura 64: Perfil longitudinal com intervenções propostas - Córrego da rua Nagib Jorge.



4.2.4 Intervenções propostas para o Córrego da av. José Maria de Faria

- Regularização do canal a montante e jusante do bueiro da rua XV de Agosto, com eliminação de interferências e desassoreamento.

Canalização em com seção trapezoidal revestido com grama, no trecho de 237,00m a montante da rua XV de Agosto. Seção trapezoidal com largura de base igual a 3,50m e altura mínima de 2,50m.

- Ampliação do Bueiro sob a Rua XV de Agosto

Implantação de bueiro retangular em concreto armado (BSCC) com dimensões iguais a 3,00m x 2,00m e declividade (máxima) igual a 1,0%.

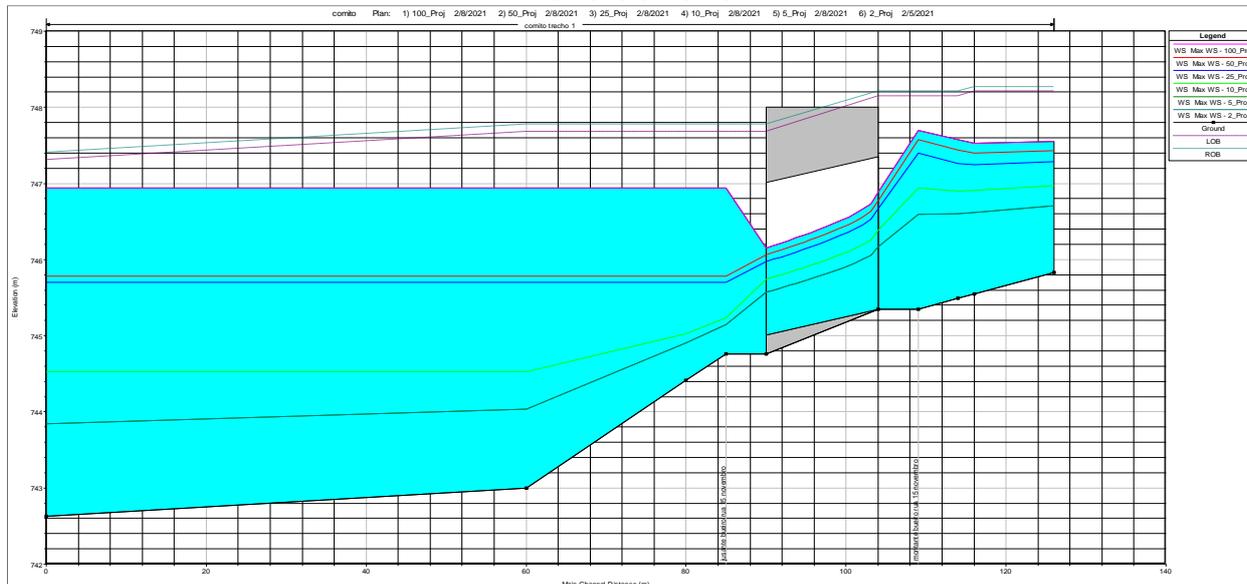
Implantação de muros-ala em concreto no emboque e desemboque do bueiro e muro de testa (altura maior que 0,50m) na seção de emboque.

- Canal de Desemboque no Rio do Peixe

Regularização e limpeza do leito do canal existente a jusante da rua XV de Agosto. Extensão aproximada de 32,00m, com seção trapezoidal revestida com grama e base de 3,0m e altura de 2,50m.



Figura 65: Perfil longitudinal com intervenções propostas – Córrego da av. José Maria de Faria.



4.2.5 Intervenções propostas para o Córrego da rua Andreilino Souza Pinto (jusante)

➤ Avaliação

O sistema atual tem capacidade para escoar cheias de até TR 50 anos, com algumas ocorrências:

- Os trechos a montante dos bueiros da Rodovia Pompeu Conti e Rua Andreilino de Souza Pinto estão sujeitos a ocorrências de níveis d'água elevados, porém sem que o leito das vias seja atingido. No entanto, os níveis d'água ficam muito próximos das cotas das vias.
- A velocidade do escoamento é muito alta no trecho situado entre os dois bueiros.

- Ampliação do Bueiro da Rodovia Pompeu Conti

Para o atendimento a cheias de superiores a TR 50 e até TR 100 anos o sistema existente requer a ampliação dos bueiros da Rodovia.

Nesse intervalo de vazões máximas o nível d'água ultrapassa a cota do leito da Rodovia, requerendo uma ampliação mínima com a duplicação da seção existente. O bueiro existente tem seção retangular fechada com dimensões iguais a 2,70m x 2,70m. Propõe-se a duplicação deste bueiro, mantendo-se as dimensões atuais.

A ampliação mínima mantém controlada as sobrelevações a montante do bueiro da Rodovia, porém, sem que o leito da via seja atingido e, ainda, com um algum alívio das vazões para jusante.

Cabe ressaltar que essa ampliação sempre obriga a ampliação do bueiro de jusante, já que o amortecimento decorrente da sobrelevação de nível d'água, na configuração atual, alivia as vazões a jusante, garantindo um funcionamento pleno para o bueiro da rua Andreilino S. Pinto.



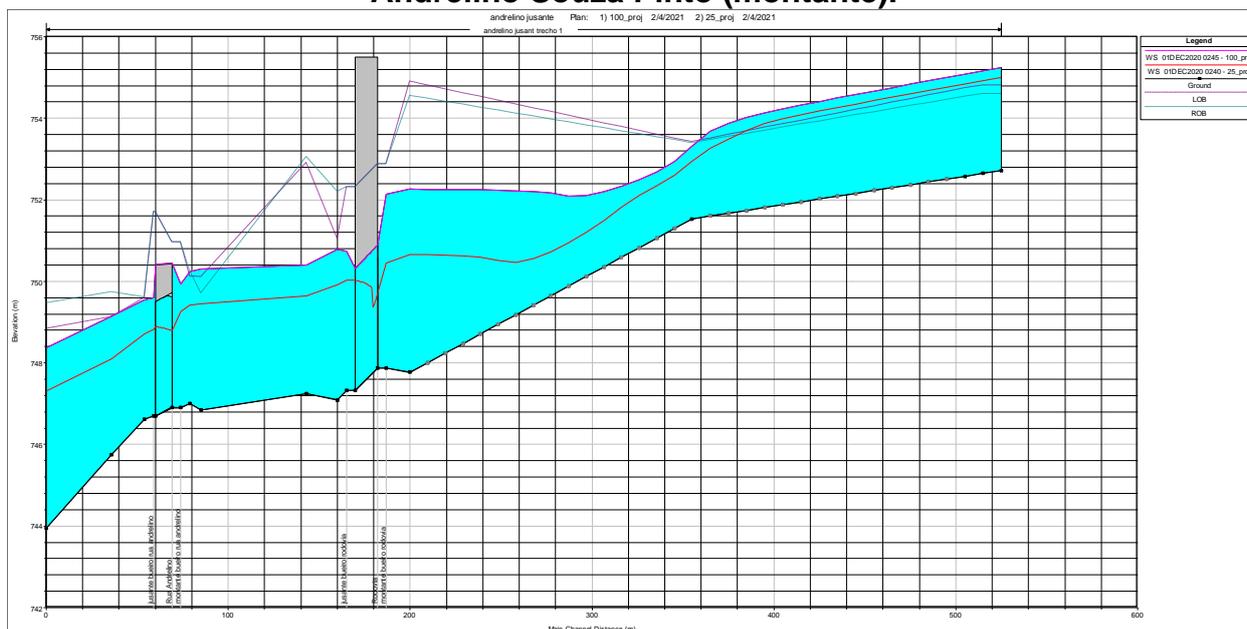
- Ampliação do Bueiro da Rua Andreilino Souza Pinto

Havendo ampliação na capacidade do bueiro de montante haverá necessidade de ampliação do bueiro da rua Andreilino Souza Pinto.

Esse bueiro tem capacidade para o escoamento de cheias com TR de até 50 anos, na hipótese de não ampliação do bueiro de montante (Rodovia).

Para suportar vazões com TR de até 100 anos, ou em caso de qualquer aumento na capacidade de vazão do bueiro de montante, este requer ampliação para uma seção de escoamento útil igual a 7,50mx 2,50m, com 20,0m de extensão e muro ala.

Figura 66: Perfil longitudinal com intervenções propostas – Córrego da rua Andreilino Souza Pinto (montante).



4.2.6 Intervenções propostas para o Córrego da rua Andreilino Souza Pinto (montante)

- Ampliação do Bueiro da Rua Vicente D’Ana e Canal de Montante

Implantação de uma galeria adicional, dimensões iguais a 2,0m x 2,0m e extensão de 80,0m com alas, com traçado paralelo a galeria existente e perfil longitudinal ajustado à geometria do canal de montante e jusante.

Regularização de traçado e seção do canal existente a montante do emboque do bueiro e a saída do bueiro da rua Valentim Cesar Tafner. O Canal Projetado deverá ter seção trapezoidal com taludes revestidos com grama e largura da base igual a 5,00m e altura mínima de 2,50m, com declividade longitudinal ajustada ao perfil existente e 220,0m de extensão.

- Ampliação do Bueiro da Rua Valentim Cesar Tafner

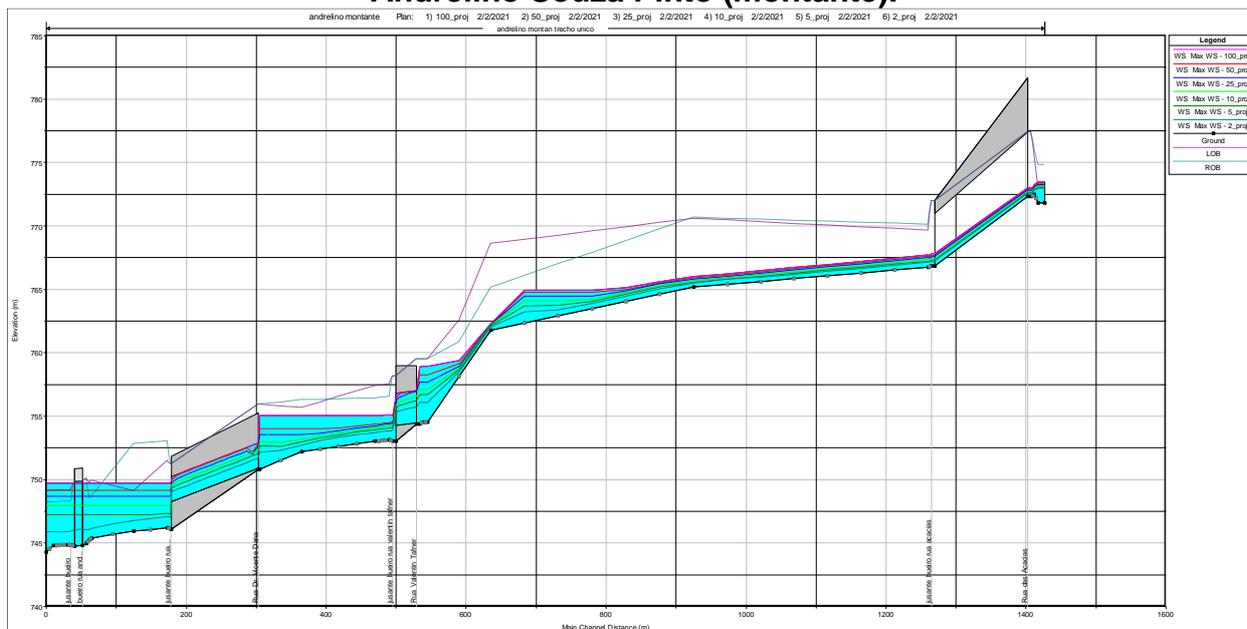
Substituição de uma das linhas de tubos existentes - diâmetro 1,00m, por uma galeria retangular, 2,50m x 2,50m, com traçado e perfil longitudinal ajustado ao da tubulação substituída – 40,0m de extensão.



- Canalização a Montante do Bueiro da Rua Andreilino de Souza Pinto

Implantação de Muro Ala em concreto armado, em uma extensão mínima de 15,00m, no emboque do bueiro visando melhor acomodação do fluxo hídrico durante as cheias. O traçado das alas deve propiciar uma transição mais equilibrada entre o alinhamento da travessia existente e o canal de montante.

Figura 67: Perfil longitudinal com intervenções propostas – Córrego da rua Andreilino Souza Pinto (montante).



4.2.7 Intervenções propostas para o Córrego Estrada da Pompéia

➤ Avaliação

Não são detectáveis insuficiências hidráulicas no trecho de montante - desde a seção inicial até a ponte da Estrada Municipal da Pompéia, inclusive, para cheias com TR até 100 anos.

Registre-se, somente, a existência de um desnível acentuada entre a seção de saída da ponte e o canal natural a jusante (desnível de quase 1,00m).

No trecho entre as pontes da Estrada Municipal da Pompéia e a ponte s/n (próximo a Recreat), o canal natural existente suporta vazões com TR até 100 anos, porém, escoando com altas alturas da lâmina d'água (sem problemas na situação atual dada a inexistência de edificações / infraestrutura no entorno).

Já a ponte da rua s/n têm sua capacidade extrapolada a partir de vazões com TR 50 anos.

No trecho entre a ponte da rua s/n e rua João Ramalho o canal existente (inclusive o trecho final canalizado em seção retangular com largura igual a 5,00m e confinado entre muros de edificações) têm capacidade para escoar vazões de TR 100 anos, porém, com lâminas líquidas da ordem de ou superiores a 3,00 m considerando cheias a partir de TR 50 anos.



Para a ponte da rua João Ramalho, as altas lâminas d'água no trecho logo a montante, diminuem sua capacidade, havendo galgamentos do leito da ponte para a cheia de TR 100 anos. Nesse caso, a pequena retenção e amortecimento para as cheias mais extremas que ocorre na ponte de montante, permite que as vazões de TR 50 anos sejam plenamente escoadas (seções das pontes aproximadamente semelhantes).

Todo o trecho a jusante da rua João Ramalho tem capacidade para o escoamento das cheias com TR até 100 anos. Vale observar que a lâmina d'água no trecho de canal é igual ou superior a 3,00m e que a seção hidráulica sob a ponte da Av. XV de Agosto é menor que as de montante (largura igual a 4,00m). A não detecção de ocorrências negativas nessa localidade deve-se a alta declividade do trecho repercutindo em velocidades de escoamento superiores a 4,0 m/s no emboque da ponte.

➤ Propostas

- Implantação de degraus de dissipação na saída da ponte da Estrada Municipal da Pompéia.

Para ajustar o desnível existente propõem-se a implantação de degraus em gabião tipo saco, em uma extensão de 10,00m (2 degraus de 0,35m cada) junto ao leito do canal existente.

- Canalização em seção trapezoidal revestida com grama.

Canalização do trecho de 257,00m entre as pontes da Estrada Municipal da Pompéia e da rua s/n. O canal terá largura da base igual a 5,00m e taludes laterais com inclinação 1,0V:1,5H e altura mínima igual a 3,00m e declividade igual a 0,0025 m/m.

- Ampliação da ponte da rua s/n

Substituição da ponte existente para L=15,0m e C=8,0m, com altura igual a 3,50m.

Implantação de seção retangular sob a ponte com dimensões mínimas iguais a 5,50mx3,00m e 10,0m de extensão. A seção pode ser construída com paredes laterais em gabião tipo caixa e fundo revestido com gabião tipo saco. As laterais recebem camada de argamassa de cimento e areia em toda a extensão.

Implantação de muros-ala em concreto (extensão igual a 5,00m) na entrada e saída da ponte.

- Canalização em seção retangular entre as pontes das ruas s/n e João Ramalho.

Canalização em gabião tipo caixa, sem revestimento de fundo, ao longo de 18,0m, com largura igual a 5,50m e altura mínima igual a 3,00m.

- Ampliação da ponte da rua João Ramalho.

Substituição da ponte existente para L=15,0m e C=7,0m, com altura igual a 3,50m.

Implantação de seção retangular sob a ponte com dimensões mínimas iguais a 5,50mx3,00m. A seção pode ser construída com paredes laterais em gabião tipo caixa e fundo revestido com gabião tipo saco. As laterais recebem camada de argamassa de cimento e areia em toda a extensão.

Implantação de muros-ala em concreto (extensão igual a 5,00m) na entrada e saída da ponte.



- Canalização em seção retangular entre as pontes da rua João Ramalho e Av. XV de Agosto

Canalização em gabião tipo caixa, sem revestimento de fundo, ao longo de 270,00, com largura igual a 5,50m e altura igual a 3,00m. Paredes laterais revestidas com argamassa de cimento e areia.

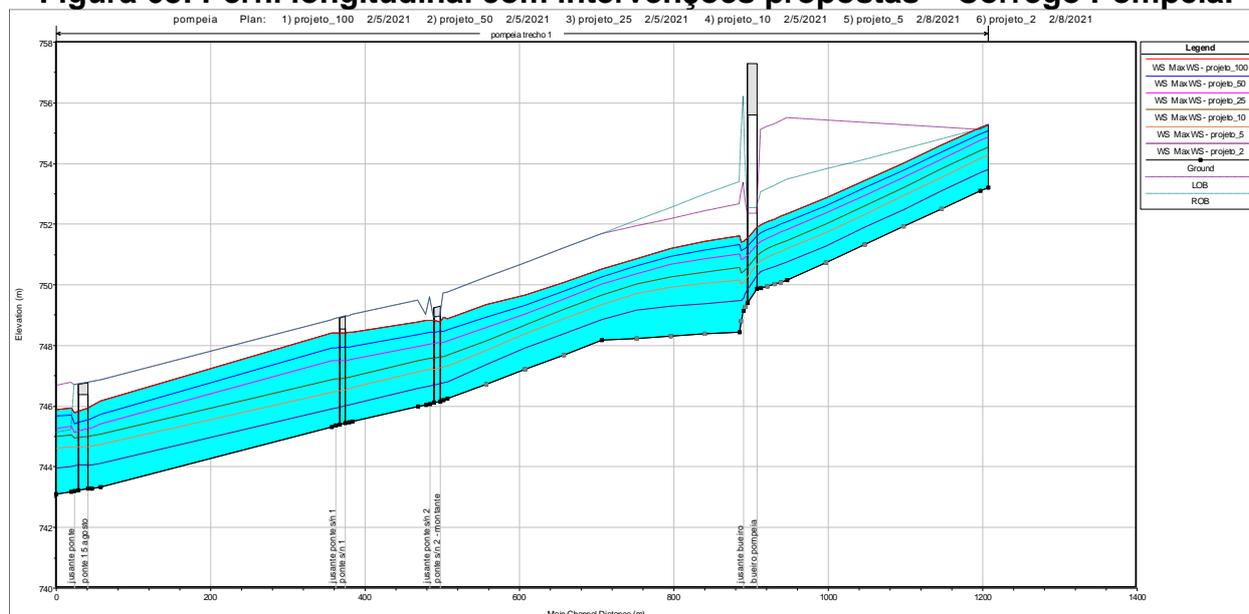
- Ampliação da ponte da Av. XV de Agosto

Substituição da ponte existente para L=15,0m e C=12,0m, com altura igual a 3,50m.

Implantação de seção retangular sob a ponte com dimensões mínimas iguais a 5,50mx3,00m e 12,0m de extensão. A seção pode ser construída com paredes laterais em gabião tipo caixa e fundo revestido com gabião tipo saco. As laterais recebem camada de argamassa de cimento e areia em toda a extensão.

Implantação de muros-ala em concreto (extensão igual a 5,00m) na entrada e saída da ponte.

Figura 68: Perfil longitudinal com intervenções propostas – Córrego Pompéia.



4.3 Medidas Estruturais Não Convencionais ou Compensatórias

As medidas estruturais não convencionais consistem basicamente na retenção e infiltração das águas precipitadas, de forma que se possa retardar a liberação das águas pluviais. Essas medidas compensatórias não se aplicam ao presente estudo, porém, são alternativas recomendadas para futuros empreendimentos e novas áreas de expansão urbana. Desta forma, maiores detalhamentos serão apresentados no ANEXO I.

4.4 Medidas Não Estruturais

Na gestão das águas pluviais e do controle dos riscos de inundação, as medidas não estruturais voltam-se para a proposição de diretrizes de proteção e métodos de minimização dos riscos, com ênfase na gestão integrada da bacia hidrográfica. Essas



medidas são embasadas em ações de gestão, legislação e educação ambiental, conforme apresentado na tabela a seguir.

4.4.1 Gestão

Planejamento

Planejamento - Planejamento Integrado

A gestão sustentável das águas pluviais requer, num primeiro momento, a gestão integrada de diferentes níveis de decisão, a saber:

- Estadual: entidades que atuam com os recursos hídricos e o meio ambiente;
- Bacia Hidrográfica: Comitês e Agências de Bacia/Unidades Executivas;
- Municipal: nesta escala, as decisões envolvem a jurisdição dos municípios e as suas ações locais e setoriais.

Entretanto, de forma geral, a gestão das águas pluviais tem se dado de forma fragmentada e com pouco foco no conjunto das cidades, concentrando suas ações e decisões em problemas pontuais. O desenvolvimento de um planejamento preventivo também é raramente observado.

A visão contemporânea, por outro lado, se insere em outra perspectiva, conforme já comentado. Dessa forma, prevê a integração das diversas esferas e níveis de gestão, bem como o planejamento integrado da drenagem urbana e do manejo das águas pluviais com os demais componentes do sistema urbano.

Tabela 7: Exemplos de medidas não estruturais para a gestão das águas pluviais urbanas.

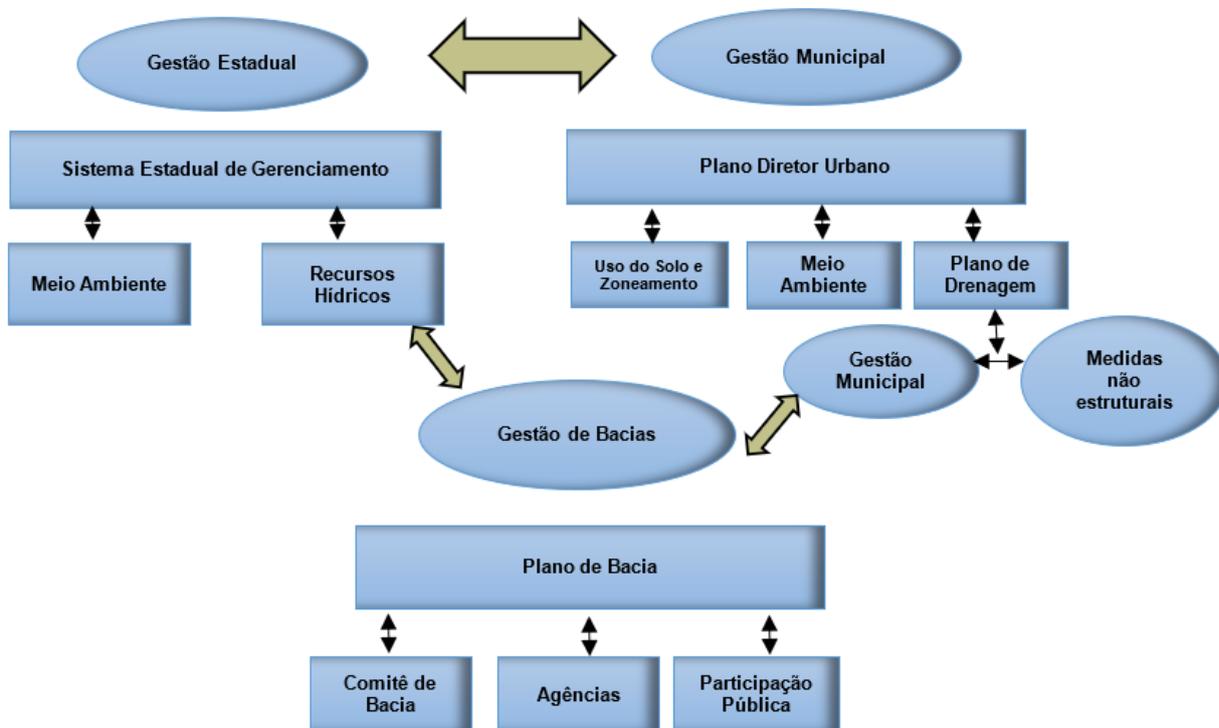
Temáticas		Medidas	Função
Gestão	Planejamento	Planejamento Integrado	Articulação entre planos setoriais e intermunicipais, visando o controle da drenagem urbana e dos eventos indiretos como: erosão, desmatamento, escorregamento, assoreamento e densificação urbana
		Plano Diretor de Drenagem	Entre outros produtos, a produção do manual de drenagem para orientar profissionais que planejam e projetam intervenções no sistema de drenagem urbana
	Plano de Ação de Emergência	Fiscalização	Fiscalização sobre as questões intervenientes, direta e indiretamente, nos sistemas de drenagem urbana
		Mapa de Risco de Inundação	Identificação das áreas com risco de inundação
		Monitoramento, Previsão e Alerta	Monitoramento dos pontos de controle de nível de água, identificando os inícios dos processos de inundação
		Sistema de Informações	Informação e integração com as instituições intervenientes
		Sinalizações e Orientações de Alerta	Identificação e orientações quanto aos locais suscetíveis a inundações. Ordenamento do fluxo de veículos e pessoas
Legislação	Leis Específicas	Uso e Ocupação do Solo ¹ /Zoneamento de Áreas de Risco ²	¹ Regulamentação da ocupação e impermeabilização do solo, como também diretrizes para o controle da drenagem urbana ² Descrição dos usos permissíveis para cada zona identificada no mapa de risco
		Áreas de Restrições Ambientais	Preservação de áreas, como consequência obtêm-se a diminuição dos efeitos de escoamento superficial
		Estatuto da Cidade	Intervenção em áreas consolidadas – redução da densidade e aumento da permeabilidade
Educação Ambiental		Comunicação	Divulgação do correto funcionamento das estruturas de escoamento de águas pluviais urbanas e o uso adequado dessas
		Treinamento	Auxiliar e treinar técnicos e comunidade para contribuírem para a gestão de águas pluviais urbanas

Fonte: PDDU Jacareí, 2012



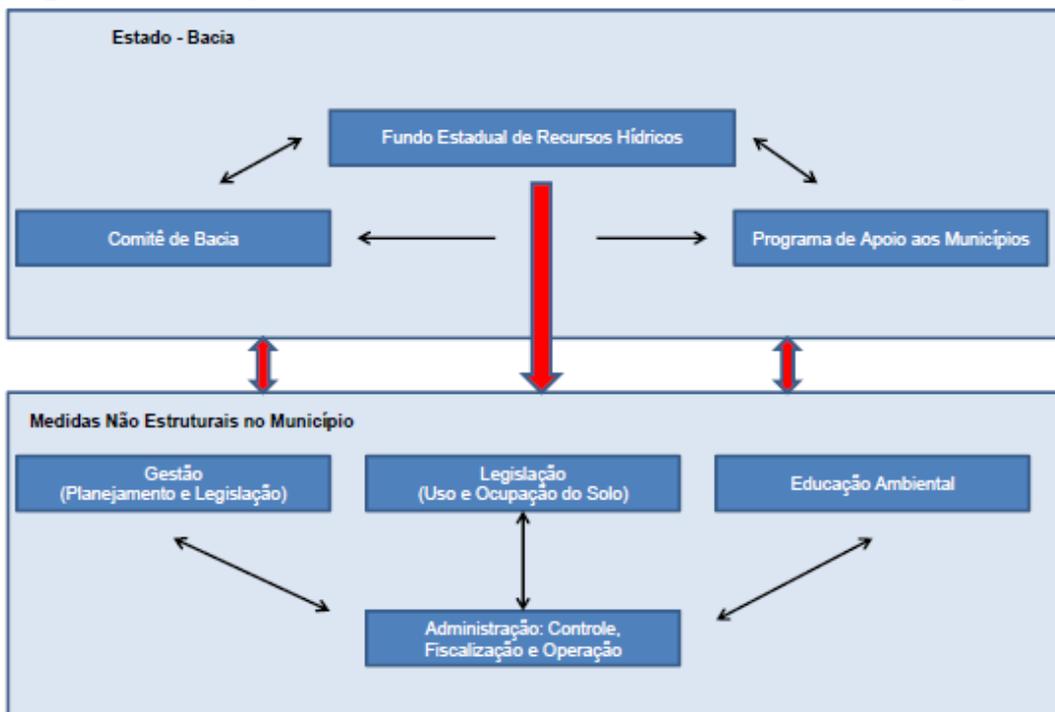
As figuras a seguir procuram ilustrar a integração dos diferentes níveis de gestão e a sua relação com a adoção de medidas não estruturais.

Figura 69: Integração dos Níveis de Gestão.



Fonte: Adaptado do Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Alto Iguaçu (2002).

Figura 70: Relação entre medidas não estruturais e níveis de gestão.



Fonte: Adaptado do Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Alto Iguaçu (2002)



Planejamento - Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU)

Os Planos Diretores de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais têm por objetivo criar mecanismos para administrar a infraestrutura urbana relacionada à gestão das águas pluviais, tendo por base a bacia hidrográfica, o zoneamento urbano e as estruturas de macro e micro drenagem. A partir da compatibilização entre as tendências de ocupação do solo e a infraestrutura, planeja-se a distribuição das águas no tempo e no espaço, buscando-se evitar perdas econômicas e melhorar as condições de saúde e do meio ambiente nas cidades.

Cabe, portanto, aos PDDU:

- Propor alternativas de controle do uso e da ocupação do solo, incluindo o zoneamento das áreas de risco e a redução da impermeabilização do solo;
- Evitar que novos empreendimentos venham ampliar as cheias naturais;
- Estabelecer diretrizes de macrodrenagem com a proposição de medidas estruturais e não estruturais para que os riscos de inundação sejam minimizados;
- Criar parques lineares ao longo das várzeas de inundação natural não ocupadas;
- Proteger as cabeceiras dos rios contra o assoreamento e para a preservação da qualidade da água.

Além dos aspectos ora listados, o PDDU deve apresentar um manual de drenagem para orientação dos profissionais responsáveis pelo planejamento e elaboração de projetos de intervenção no sistema de drenagem urbana, o qual deve contemplar:

- Variáveis hidrológicas dos projetos de drenagem urbana;
- Alguns elementos hidráulicos;
- Aspectos da ocupação urbana relacionados com a drenagem urbana;
- Legislação e regulamentação associada;
- Critérios de Avaliação e controle do impacto da qualidade da água.

De acordo com a Lei 11.445/2007, que institui a Política Nacional do Saneamento Básico, é de responsabilidade do titular dos serviços de saneamento – Estado ou municípios – a tarefa de planejar as ações relacionadas ao saneamento básico, dentre elas os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Sendo assim, dentre outras atribuições, as instituições responsáveis pelo planejamento devem 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.

Planejamento - Fiscalização

A fiscalização envolve as atividades de acompanhamento, monitoramento, controle ou avaliação, visando garantir o cumprimento das normas e regulamentos editados pelo poder público e a utilização, efetiva ou potencial, do serviço público.

De acordo com o PDMAT-3, a fiscalização deve “garantir o cumprimento de normas e procedimentos que expressem a aplicação das diretrizes de gestão das águas pluviais”,



assim como “garantir o cumprimento da utilização, aplicação e efetivação das medidas não estruturais estabelecidas”.

Considerando que a prevenção contra os riscos de inundação envolve o estabelecimento de leis de uso e ocupação do solo; a determinação de áreas de risco; e a construção de obras, a fiscalização assume papel crucial no que tange à verificação do seu cumprimento.

Plano de Ação e Emergência

Em situações de emergência, os planos de ação visam articular os sistemas e estruturas institucionais de alerta de enchentes e de defesa civil. Para tanto, estruturam um conjunto de medidas de prevenção de acidentes, possibilitando uma convivência menos vulnerável com situações de anormalidade associadas a processos de natureza hidrológica. Em geral, esses planos contemplam:

- Mapa de riscos de inundação;
- Monitoramento, previsão e alerta;
- Sistema de informações;
- Sinalizações e orientações de alerta.

Plano de Ação e Emergência - Mapa de riscos de inundação

O mapa de riscos de inundação trata-se de uma ferramenta empregada para a identificação de áreas de risco, devendo ser confeccionado a partir de:

- Nivelamento de régua a zero absoluto;
- Topografia da região no mesmo referencial absoluto da régua;
- Estudo de probabilidade de inundações de níveis para uma seção na proximidade da região;
- Níveis de inundação, ou marcas ao longo da região, que permitam a definição da linha d'água;
- Cadastramento das obstruções ao escoamento ao longo do trecho (pontes, edifícios, estradas, etc).

A ocorrência de inundações associa-se a fatores naturais e antrópicos que, uma vez combinados, podem potencializar os eventos de inundação e aumentar o seu risco. Exemplos desses fatores são, de um lado, a pluviometria, o relevo, a forma da bacia, o gradiente hidráulico do rio e a dinâmica do escoamento pluvial; e, de outro, a impermeabilização do solo, as obras e intervenções na bacia e nos seus cursos d'água, os processos de erosão e assoreamento.

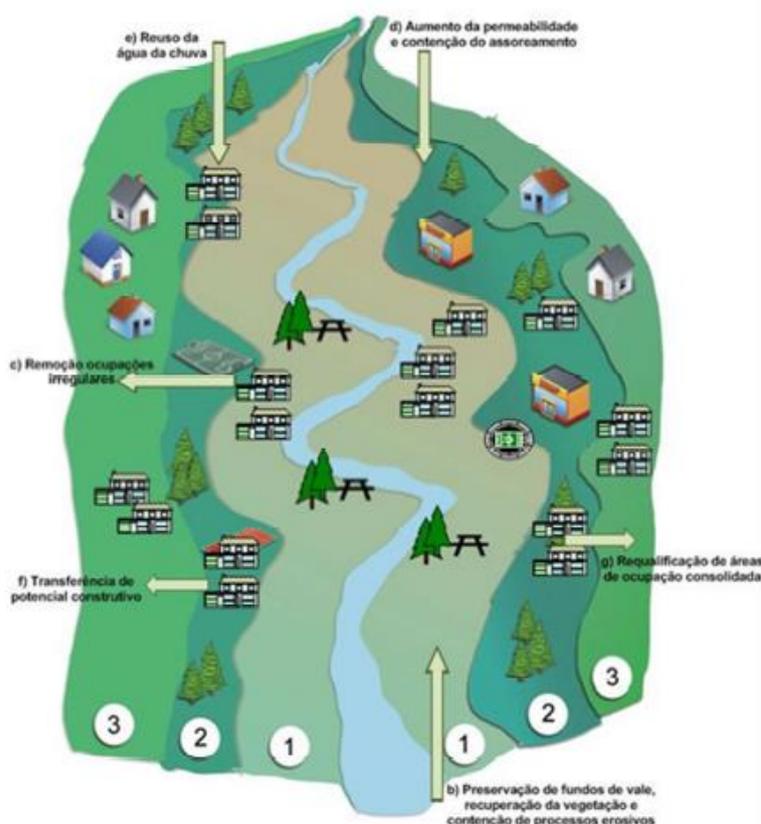
Frente a essas condições, é fundamental o zoneamento de áreas de risco, tendo como base a legislação de uso e ocupação do solo. Por sua vez, a aplicação da legislação segundo as zonas de risco deve considerar:

- Construção do mapa de risco;
- Preservação de fundos de vale, recuperação da vegetação e contenção de processos erosivos;
- Remoção de ocupações irregulares;
- Aumento da permeabilidade e contenção de assoreamento;
- Reuso da água de chuva;
- Transferência de potencial construtivo;
- Requalificação de áreas de ocupação consolidada.

A aplicação da legislação relacionada ao zoneamento de risco é exemplificada na figura a seguir, onde tem-se:

- Região 1 – zona de passagem da enchente: permite o escoamento das águas;
- Região 2 – zona com restrições: susceptível à inundação;
- Região 3 – zona de baixo risco: pequena probabilidade de ocorrência de inundação.

Figura 71: Aplicação da legislação nas zonas de risco.



Fonte: Tucci (2006)⁵

⁵ TUCCI, Carlos. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Brasil, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: Ministério das Cidades, 2006.



A definição das regiões em questão deve-se dar a partir da identificação dos potenciais locais de risco de inundação presentes no município, por meio do reconhecimento do perigo efetivo ou potencial ao qual estão sujeitos. Esta identificação permitirá a análise de cenários de risco de acordo com o tipo de processo e a vulnerabilidade da ocupação instalada, a partir (i) da frequência e magnitude do processo hidrológico e (ii) do alcance, extensão e impactos associados ao processo.

Plano de Ação de Emergência - Sistema de monitoramento, previsão e alerta

O Sistema de monitoramento, previsão e alerta visa à divulgação de informações antecipadas – através de pessoas e instituições – para que a população exposta a ameaças tenha tempo suficiente para tomar as ações necessárias para evitar ou reduzir o risco e para prepararem uma resposta efetiva. Tal sistema se insere em contextos de gestão de riscos e desastres, integrando as fases de conhecimento do risco; monitoramento e previsão; disseminação de informação e resposta.

No caso das inundações, este sistema permite a sua previsão ao longo de pontos críticos, considerando a coleta e a análise de dados de entidades diversas ligadas à meteorologia, geologia, hidrologia, etc, assim como o repasse dessas informações e das previsões hidrológicas para a Defesa Civil, o Corpo de Bombeiros e a Polícia Militar.

Basicamente, consiste em um sistema de prontidão e monitoramento contínuo das condições meteorológicas, climáticas e dos escoamentos fluviais de uma bacia hidrográfica, envolvendo a mobilização de recursos humanos, tecnológicos e infraestrutura com o objetivo de produzir e divulgar informações às entidades de interesse (a exemplo da Defesa Civil), face à iminência, ocorrência ou evolução de situações de risco para a comunidade. A partir deste repasse de informações, podem ser planejadas as ações e intervenções preventivas ou de mitigação.

Modelos de previsão

Os modelos de previsão estão relacionados às rotinas de aquisição e tratamento de dados e informações que permitam aos operadores do sistema obter resultados da situação atual e da evolução de um evento hidrometeorológico, prevendo-se os seus respectivos efeitos sobre a rede de macrodrenagem.

Alerta

Trata-se da comunicação de uma emergência às entidades públicas de gestão territorial, proteção, organização e defesa civil, a qual deve ser acompanhada das informações necessárias para a caracterização plena da situação de risco. Geralmente, o alerta é comunicado por meio de boletins.

Os manuais operativos do sistema de alerta devem definir as entidades e os responsáveis a receberem o comunicado, assim como prever a sua hierarquização.

Aviso

Corresponde à comunicação de um potencial ou eminente risco de ocorrência de uma situação de emergência a uma determinada comunidade ou região, a partir do sistema de alerta.



Níveis de alerta

Referem-se à classificação de situações de acordo com os níveis de risco e respectivos efeitos esperados, em grau de gravidade crescente. Cada nível de alerta deve estar associado à situação que o define, assim como as ações e procedimentos a serem realizados.

Frente a esse cenário, cabe à Defesa Civil a responsabilidade de coordenar e supervisionar as ações de defesa civil, assim como manter e atualizar informações específicas; elaborar e implementar programas e projetos; prever recursos orçamentários para as ações assistenciais; capacitar recursos humanos; providenciar a distribuição e o controle de suprimentos; e propor a decretação ou homologação de situação de emergência ou de estado de calamidade pública. Suas ações devem se desenvolver nas seguintes fases:

- Preventiva: preparação da população, sendo realizada em situações de normalidade;
- Socorro: condução de vítimas aos hospitais;
- Assistencial: encaminhamento de flagelados a locais e abrigos seguros, com a provisão de medicamentos, agasalhos e alimentos;
- Recuperativa: retorno à normalidade e, se possível, execução de obras com caráter corretivo (para recuperação da área atingida pelo desastre) e preventivo (buscando-se evitar a ocorrência de eventos futuros adversos).

Em termos de legislação, no âmbito federal a Lei nº 12.608/2012 institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) e dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC). Dentre os seus objetivos, destacam-se: a promoção da integração entre políticas setoriais; o estímulo ao ordenamento da ocupação do solo urbano e rural; e o combate à ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis e de risco, assim como a promoção da realocação da população nelas residente.

Em nível estadual, o Decreto 7.550/1976 cria o Sistema Estadual de Defesa Civil de São Paulo, o qual foi reorganizado mediante a publicação do Decreto nº 40.151, no ano de 1995. O sistema em questão possui uma Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC) subordinada diretamente ao Governador do Estado, sendo dirigida pelo Coordenador Estadual de Defesa Civil, constituindo-se no órgão central de defesa civil do Estado de São Paulo.

Plano de informação pública

Este plano deve prever os meios de contato, os momentos e o conteúdo da comunicação a ser veiculada para as comunidades, contendo instruções e/ou ações de prevenção e informações sobre a eventual presença de agentes e autoridades no local.

Também os órgãos de comunicação devem ser devidamente informados quanto à situação detectada; as ações e medidas em curso; os locais de acolhimento provisório ou assistência; endereço e telefones de contato; etc.

Plano de Ação de Emergência - Sistema de Informações

O objetivo de um sistema de informações é reunir todas as informações relacionadas ao sistema de drenagem municipal, permitindo o cadastro e a manipulação de dados, assim como consultas e análises. Segundo o PDMAT-3, “um sistema de informações pode ser considerado como a principal ferramenta que dá subsídio para o acompanhamento dos programas, projetos e ações” voltados para a gestão das águas pluviais urbanas e dos riscos de inundação.

Ainda de acordo com o Plano em questão, a organização dos serviços de drenagem deve se dar mediante a manutenção e o gerenciamento de um sistema de informações que contemple, minimamente:

- Indicadores de drenagem, série histórica e metas futuras associadas a prazos;
- Informações sobre obras, programas, licitações, projetos, estudos e campanhas planejadas e em andamento associadas aos indicadores e suas metas, com informações necessárias ao seu acompanhamento;
- Indicadores de acompanhamento econômico-financeiro necessários para avaliar a sustentabilidade dos serviços de drenagem;
- Informações sobre os prestadores de serviço responsáveis pela operação e manutenção de todas as estruturas hidráulicas e equipamentos de apoio à drenagem.

Sistema de Informações

As sinalizações de alerta têm o objetivo de identificar áreas susceptíveis a inundações e orientar a população sobre as ações a serem tomadas em casos de situação de risco.

A figura a seguir apresenta exemplos de placas de sinalização instaladas na cidade de Belo Horizonte com tal finalidade.

Figura 72: Placas de alerta instaladas na cidade de Belo Horizonte pela Prefeitura Municipal.



Quanto às formas de orientação de alerta, pode ser citado o papel dos agentes de trânsito na orientação de pedestres e motoristas, buscando-se evitar o acesso a pontos de inundação e alagamento.



4.4.2 Legislação

Leis Específicas

A legislação é uma medida não estrutural que tem por objetivo disciplinar o desenvolvimento urbano buscando a minimização dos seus impactos sobre as águas pluviais. Sendo assim, procura restringir a ocupação de áreas de risco de inundação, assim como reduzir o escoamento superficial, a fim de retardar os picos de vazão de cheia. Para tanto, as diretrizes e restrições a serem seguidas devem ser previstas na legislação municipal e integradas ao Plano Diretor de Drenagem Urbana do município, como:

- Plano Diretor;
- Lei de Uso e Ocupação do Solo;
- Zoneamento de áreas de risco de inundação;
- Áreas de restrições ambientais;
- Estatuto da Cidade.

Leis Específicas - Plano Diretor

O Plano Diretor Municipal, segundo o Estatuto da Cidade, é o instrumento básico de orientação da política de desenvolvimento e de ordenamento urbano dos municípios. Seu objetivo é orientar as ações do Poder Público visando compatibilizar os interesses coletivos e garantir, de forma mais justa, os

benefícios da urbanização, assim como o direito à cidade e à sua gestão democrática.

Dentre as diretrizes estabelecidas pelo Plano Diretor, os principais rebatimentos na drenagem relacionam-se com:

- A delimitação do macrozoneamento de uso do solo;
- As orientações para a legislação correlata (Uso e Ocupação do Solo; Perímetro Urbano; Parcelamento do Solo; Código de Obras);
- A delimitação das áreas de aplicação dos instrumentos do Estatuto das Cidades;
- As diretrizes específicas relacionadas à drenagem (áreas livres, conservação e preservação, arborização, permeabilidade do solo, etc).
- Estatuto da Cidade.

Leis Específicas - Lei de Uso e Ocupação do Solo

A Lei de Uso e Ocupação do Solo visa ao estabelecimento de critérios e diretrizes para a ocupação e o uso do solo nas cidades, orientando o seu crescimento a partir da perspectiva de minimização dos impactos sobre as áreas ambientalmente frágeis e do controle das densidades demográficas, com o objetivo de garantir o desenvolvimento da cidade de forma equilibrada e sustentável. Deve, portanto, considerar:



- Restrições à ocupação das áreas de riscos de inundação;
- Redução do escoamento superficial.

Tais restrições devem ser planejadas e previstas na legislação municipal e integradas ao Plano Diretor de Drenagem Urbana do município.

Leis Específicas - Zoneamento de áreas de risco de inundação

O zoneamento de áreas de risco de inundação trata-se de uma setorização territorial que tem por objetivo definir um conjunto de regras para a sua ocupação, de acordo com o nível de risco a que as áreas estão sujeitas, visando à minimização de perdas materiais e humanas decorrentes dos eventos de cheias. Sendo assim, a partir da identificação dos níveis de risco a que estão sujeitas, torna-se possível a definição de um conjunto de regras para restringir a sua ocupação, de acordo com o mapeamento a ser apresentado no **item 4.5.8** e respaldo na lei de uso e ocupação do solo, devendo orientar:

- A preservação de áreas com restrições ambientais;
- A remoção de ocupações irregulares;
- O aumento da permeabilidade;
- A contenção de processos erosivos e de assoreamento.

Leis Específicas - Áreas de restrições ambientais

Áreas de restrições ambientais são aquelas cuja ocupação deve ser condicionada às restrições estabelecidas em legislação específica, dada às condições de risco que oferecem à ocupação ou à necessidade de proteção de elementos naturais.

Leis Específicas - Estatuto da Cidade

O Estatuto da Cidade, instituído pela Lei Federal nº 10.257/2001, vem legitimar o direito à cidade, regulamentando os artigos 182 e 183 da Constituição Federal. Dentre outros aspectos, prevê:

- A garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;
- A proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído;
- A regularização fundiária e a urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda mediante o estabelecimento de normas especiais de urbanização, uso e ocupação do solo e edificação, consideradas a situação socioeconômica da população e as normas ambientais.

A lei em questão também determina que o Plano Diretor seja o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, devendo contemplar, no tocante à drenagem urbana, a adoção de soluções alternativas às medidas estruturais de



intervenção, assim como a criação de parques lineares ao longo de cursos d'água e a adoção de medidas voltadas para a sua recuperação.

No tocante às áreas ocupadas das cidades, os instrumentos previstos no Estatuto permitem, por exemplo:

- Incentivar a redução de densidades por meio da transferência de potencial construtivo;
- Aumentar a permeabilidade a partir do emprego do direito de preempção, reservando áreas de risco ou de interesse público para a implantação de parques, praças ou unidades de conservação;
- Utilizar a possibilidade de operações consorciadas para requalificação de áreas vulneráveis a inundação.

4.4.3 Educação Ambiental

De forma a melhorar a gestão dos sistemas de drenagem urbana e dos eventos críticos de inundação, é fundamental a conscientização da população sobre o tema. Sendo assim, é essencial a realização de atividades de educação ambiental, as quais devem contemplar, dentre outras ações, a comunicação social e o treinamento, conforme descrito a seguir.

Educação Ambiental - Comunicação

Os planos de comunicação social devem integrar o planejamento e a gestão de eventos críticos, promovendo meios para que a população diretamente atingida conheça os riscos aos quais está sujeita e esteja preparada para agir, visando à minimização de perdas materiais e humanas.

Para um maior alcance e efetividade, os planos de comunicação devem ser elaborados em parceria com a população, como parte de um processo participativo de conscientização e de disseminação de conhecimento acerca de riscos e de minimização de impactos.

Estes planos devem ter divulgação ampla, intensa e permanente, contendo informações objetivas sobre os seguintes aspectos:

- Mapeamento de áreas de risco;
- Procedimentos e cuidados a serem adotados na ocorrência de chuvas intensas;
- Rotas alternativas para acesso a abrigos e locais de maior segurança.

Educação Ambiental - Treinamento

A existência de um sistema educativo eficaz, responsável por gerir e difundir uma cultura de prevenção, traduz-se no melhor instrumento para a redução de desastres. A capacitação e o treinamento de equipes municipais e de demais agentes locais com responsabilidade no gerenciamento de riscos, assim como a disseminação de informação e conhecimento sobre situações de risco à população – visando aumentar a

percepção e a participação comunitária na busca de soluções – é fundamental para o alcance do objetivo proposto.

A realização de cursos, oficinas e manuais – com vistas a orientar e capacitar equipes municipais e a população a atuar frente a situações de risco – são exemplos de atividades a serem desenvolvidas com tal finalidade, devendo abranger o seguinte conteúdo: identificação dos perigos; vulnerabilidades; medidas de prevenção e mitigação; legislação e sistemas de alerta.

Como exemplo de iniciativa com a finalidade de capacitação e treinamento, pode-se citar a criação dos Núcleos de Alerta de Chuva – NACs, pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Tais núcleos são formados por agentes voluntários que recebem capacitação para atuar em conjunto com a Defesa Civil nos casos de chuvas fortes e inundações, emitindo sinais de alerta para a comunidade onde moram. Seu objetivo é a prevenção de desastres e a redução de prejuízos em ocorrências de inundações. Como parte do seu treinamento incluem-se aulas de primeiros socorros, amarrações de corda e procedimentos de segurança em caso de chuva.

A seguir, são apresentados exemplos de medidas não estruturais que podem ser adotadas em Socorro, de acordo com as diretrizes anteriormente mencionadas.

- **Filtro de resíduos sólidos**

Os filtros de resíduos sólidos são caixas plásticas instaladas nas bocas de lobo, esses dispositivos possuem como função conter os resíduos para evitar entupimentos e assim otimizar a eficiência das galerias de drenagem.

Figura 73: Filtro de resíduos sólidos.

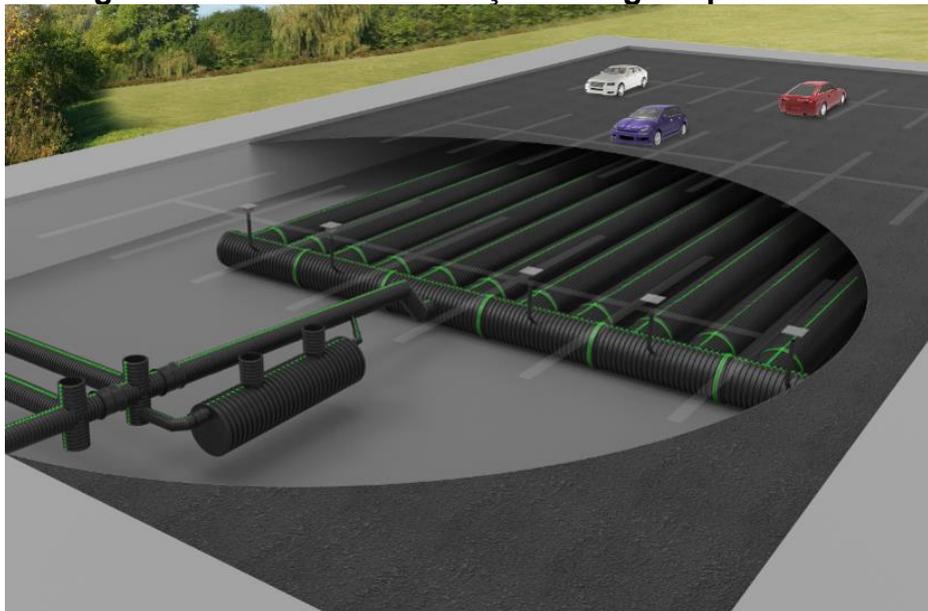


Fonte: DAE-SCS.

- **Sistema de retenção / detenção**

Uma das formas de reter/deter as águas pluviais antes de atingirem o sistema de drenagem é a implantação de reservatórios. Atualmente, há no mercado uma tecnologia constituída de uma série de tubos conectados lado a lado, que atua como tanque subterrâneo, conforme figura a seguir.

Figura 74: Sistema de retenção/ de águas pluviais.



Essa tecnologia possui duas formas de funcionamento, apresentadas a seguir, sendo que há a possibilidade de sistema combinado.

- Sistema de retenção: retêm as águas pluviais e no decorrer do tempo, essas se infiltram no solo;
- Sistema de detenção: captura as águas pluviais temporariamente e permitem que elas sejam liberadas de modo controlado, para o sistema de drenagem ou para os cursos d'água.

Também há outros exemplos de medidas de retenção das águas pluviais que são apresentados nas figuras a seguir.

Figura 75: Regulamentações (incentivos e/ou restrições) no zoneamento municipal para aumento da permeabilidade nos lotes urbanos.



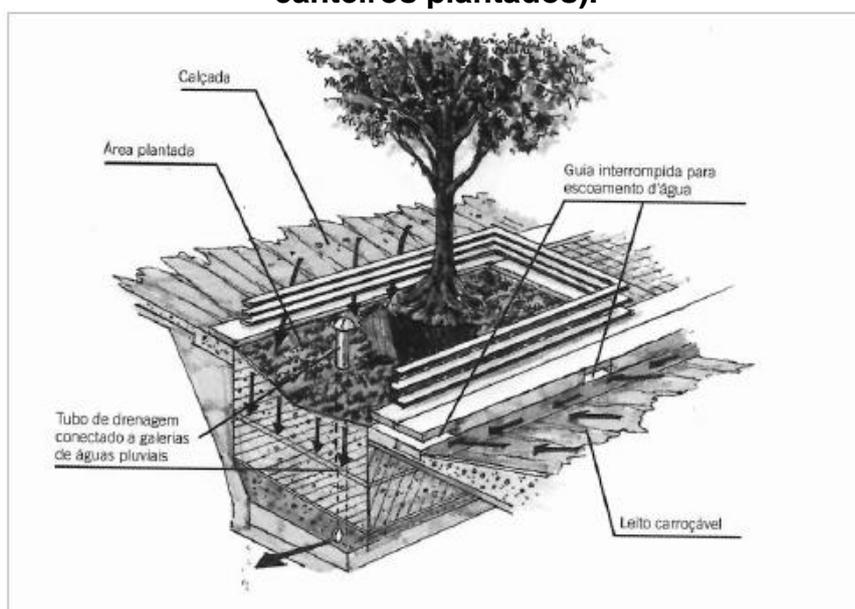
Fonte: Sergio Conde Caldas e Levisky Arquitetos Associados em PiniWEB (2010) *apud* PDMAT-3 (2012).

Figura 76: Pisograma; Biorretenção em áreas comuns (áreas de lazer, estacionamentos, jardinetes).



Fonte: Nate Cormier, ASLA, LEED AP, Senior Landscape Architect at SvR Design Company (2010); Clickobra (2012); Aflalo & Gasperini em PiniWEB (2010) *apud* PDMAT-3 (2012).

Figura 77: Biorretenção nas calçadas (condução das águas pluviais para os canteiros plantados).



Fonte: GORSKI, M.C.B. (2010) *apud* PDMAT-3 (2012).

Figura 78: Biorretentores de águas pluviais em jardins, canteiros e valetas



Fonte: Nate Cormier, ASLA, LEED AP, Senior Landscape Architect at SvR Design Company (2010) *apud* PDMAT-3 (2012).

4.5 Propostas de Medidas Não Estruturais

Nesta seção, serão apresentadas as propostas de ações não estruturais para o município de Socorro. A tabela a seguir sintetiza todas as 12 medidas propostas, associando cada ação sugerida à sua área de abrangência, e posteriormente, cada uma será detalhada individualmente.

Tabela 8: Plano de macrodrenagem do município de Socorro – Proposta de ações não estruturais.

Tipologia	Área de Abrangência		Descrição/Natureza da Ação Não-Estrutural
	Âmbito	Localidades	
Planejamento	Local	Todas as áreas do município	Atualização do "Plano Municipal de Contingência - Inundações e Deslizamentos" (atual Diretiva US6 - versão 1), além de normas, instruções, comunicados e legislações associadas, incorporando - dentre outros elementos - (i) as novas áreas sujeitas a inundação, identificadas no Plano Diretor de Macrodrenagem de Socorro por meio de modelagem hidráulica-hidrológica; (ii) revisão dos critérios para ativação do PLAMCON (chuva superior a 80mm; nível igual ou superior a 2m medido pela régua do rio do Peixe, Ribeirão dos Machados, Ribeirão do Oratório e Rio Camanducaia, monitorado pela Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil)
Gestão	Local	Todas as áreas sujeitas a inundação no município, já identificadas pelo IPT e novas áreas identificadas no Plano Diretor de Macrodrenagem de Socorro por meio de modelagem hidráulica-hidrológica	Ampliação das ações de fiscalização e educação ambiental (Diretiva US-7) - mantendo o controle e gerenciamento das situações de perigo nas áreas de risco já identificadas (IPT) e incluindo as novas áreas identificadas pelo Plano Diretor de Macrodrenagem - mediante o envolvimento das comunidades aí residentes, realização de campanhas de conscientização, comunicações (distribuição de cartilhas, palestras, manutenção de canal de comunicação, campanhas na mídia), treinamentos, entre outras iniciativas
Gestão	Local	Todas as áreas do município	Apresentação do Plano Diretor de Macrodrenagem à Coordenadoria da Defesa Civil, a todas as Secretarias, órgãos e entidades vinculadas ao Plano Municipal de Contingência, para fins de (i) disseminação de conhecimentos, responsabilidades e controle/gestão de riscos e desastres; e (ii) promoção da integração intersetorial e interinstitucional (sobretudo quanto aos temas de erosão, desmatamento, escorregamento, assoreamento, proteção ambiental e densificação urbana)
Gestão	Local	ZEU - Zona de Expansão Urbana, delimitada no Anexo II do Plano Diretor (LC 109/2006)	Disciplinamento do processo de ocupação do solo da ZEU - Zona de Expansão Urbana (constante do Anexo II ao Plano Diretor do Município da Estância de Socorro - Lei Complementar Nº 109/ 2006), por meio de ações fiscalizatórias e emissão de autorizações vinculadas à existência de infraestrutura de drenagem e de saneamento



Tipologia	Área de Abrangência		Descrição/Natureza da Ação Não-Estrutural
	Âmbito	Localidades	
Gestão	Local	Todas as áreas do município	Implementação de um Sistema de Comunicação de Alertas de Riscos ou de Emergências do Município (envio de mensagens de SMS, Whatsapp, entre outros mecanismos), com o cadastramento das famílias residentes, comércios, indústrias, prédios públicos e demais proprietários de imóveis, identificando referências (telefones, celulares, redes sociais, etc) que possam ser acionadas pelo Sistema. Esse Sistema visará a divulgação de informações antecipadas – através de pessoas e instituições – para que a população exposta a ameaças tenha tempo suficiente para tomar as ações necessárias para evitar ou reduzir o risco e para prepararem uma resposta efetiva
Gestão	Local	Todas as áreas sujeitas a inundação no município (estudo IPT) e novas áreas (Plano Diretor de Macrodrenagem de Socorro)	Criação de sistema de sinalização, com a Identificação e orientações quanto aos locais suscetíveis a inundações, voltado à prevenção de riscos e ao ordenamento do fluxo de veículos e pessoas
Técnico (Drenagem)	Local	Todas as áreas do município	Elaboração de um "Manual de Drenagem", com orientações a profissionais responsáveis pelo planejamento e elaboração de projetos de intervenção no sistema de drenagem urbana, contemplando (i) variáveis hidrológicas dos projetos de drenagem urbana; (ii) elementos hidráulicos; (iii) aspectos da ocupação urbana relacionados com a drenagem urbana; (iv) Legislação e regulamentação associada; (v) critérios de avaliação e controle de impactos; (vi) condicionantes das seções de controle de vazão
Gestão	Local	Todas as áreas do município	Institucionalização do zoneamento das manchas de inundação do município, geradas pela modelagem hidráulico-hidrológica do Plano Diretor de Macrodrenagem, com subsequente adequação das legislações municipais (urbanísticas e ambientais, principalmente), visando estabelecer normas e regras específicas para ocupação das áreas sujeitas à inundação

Tipologia	Área de Abrangência		Descrição/Natureza da Ação Não-Estrutural
	Âmbito	Localidades	
Técnico (Ambiental)	Local	Áreas propostas para Reservas Legais no Município (que estejam em conformidade com a legislação e art. 19 do Plano Diretor)	Análise e Formalização (aprovação e averbação) das reservas legais do município, em conformidade com as Propostas dos Cadastros Ambientais Rurais (CAR), ampliando as áreas protegidas e vegetadas no município (APA Piracicaba/Juqueri-Mirim e Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN Parque Ecológico Anauá)
Técnico (Uso e Ocupação do Solo)	Local	Todas as áreas do município, especialmente as ZEUs - Zonas de Expansão Urbana, delimitada no Anexo II do Plano Diretor (LC 109/2006)	Estudos técnicos para a criação de incentivos à implantação de empreendimentos e construções sustentáveis (nos termos das diretrizes do Plano Diretor, das políticas ambientais locais e da Lei de Parcelamento e Uso do Solo e Zoneamento – Lei Complementar Nº 120/2007), que contemplem soluções drenagem e absorção de águas pluviais combinando elementos naturais e construídos
Gestão	Local	Todas as áreas do município	Atualização de Estudo Técnico, Econômico e Socioambiental para a sustentabilidade financeira e operacional - no longo prazo - do Sistema de Drenagem do Município (adoção de conceitos de distritos de drenagem, taxas de drenagem urbana, seguros, entre outros mecanismos)
Planejamento e Gestão	Regional	UGHRI 09, Municípios de Montante e Jusante do rio do Peixe e todas as áreas do Município de Socorro (Áreas Urbanas e Rurais)	Integração do Plano Diretor de Macrodrenagem de Socorro ao Plano de Bacia (e/ou Plano de Drenagem Regional), com a (i) identificação de seções de controle e Distritos de Drenagem relevantes da bacia; (ii) integração dos Planos de Contingência (local e regional); e (iii) integração dos sistemas de alerta (municípios de montante e jusante)



4.5.1 Atualização do PLAMCON - Plano Municipal de Contingência – Inundações e Deslizamentos

Descrição

A ação propõe a atualização das bases legais que norteiam os trabalhos para gestão do município, no intuito de contribuir para que sua administração se torne mais eficiente, uma vez que estará mais alinhada com as mudanças ocorridas ao longo do tempo. Desta forma, sugere-se a atualização do “Plano Municipal de Contingência – Inundações e Deslizamentos”, além das normas, instruções, comunicados e legislações associadas.

Tipologia e abrangência

Planejamento, no âmbito local. Aplicável a todas as áreas do município.

Detalhamento

O Plano Municipal de Contingência – Inundações e Deslizamentos (PLAMCON) estabelece os procedimentos que devem ser adotados pelos órgãos responsáveis/envolvidos pelas respostas à ocorrência de emergências e desastres; além de recomendar e padronizar as questões relacionadas ao monitoramento, alerta, alarme e resposta, no intuito de se reduzir os danos e prejuízos decorrentes.

O PLAMCON foi desenvolvido partindo-se da análise, avaliações e mapeamentos de risco apresentados no Relatório Técnico nº 136.366-205, elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), e também dos cenários de risco classificados como prováveis e relevantes desastres.

No plano, são apresentadas detalhadamente as áreas de risco identificadas e organizadas por tipo: 7 áreas com risco de deslizamento e 2 áreas com risco de inundação. A tabela a seguir consolida todas as áreas de risco do plano e relata uma breve descrição sobre a situação de cada área. Associa, também, um grau de risco a cada uma delas, classificando-as de acordo com sua a gravidade.

Tabela 9: Identificação das áreas de riscos para o município de Socorro - PLAMCON.

Área	Local	Tipo de risco	Grau do risco	Descrição da área
1	Jd. Santa Cruz	Deslizamento	R4 - Muito alto	Acesso pela Rua Gregorina de Faria Alexandroni. Área localizada em base de encosta, com moradias de padrão construtivo mediano em alvenaria. Local parcialmente adensado, taludes mais íngremes estão vagos, e alternadamente recobertos por vegetação e construções. Lotes vagos com acúmulo de lixo e detritos lançados pela própria população.
2	Centro	Deslizamento	R4 - Muito alto	Acesso pela Rua Marechal Floriano Peixoto. Cortes executados na base da encosta, para implantação de moradias, descalçaram um muro de divisa, gerando instabilidade - mesmo com os muros de contenção construídos.
3	Centro	Deslizamento	R3 - Alto	Acesso pela Av. XV de Agosto. Junto ao logradouro, há a presença de taludes de corte cuja declividade é bastante acentuada (subverticais), e também estão sendo contruídos edificações residenciais.
4	Abadia	Deslizamento	R3 - Alto	Acesso pela Rua João Leonardeli. Junto ao logradouro existem edificações, onde ocorre a deposição de lixo, entulho e detritos na base dos taludes de corte. Estes taludes são parcialmente protegidos por vegetação e possuem declividade elevada.
5	Jd. Carvalho	Deslizamento	R3 - Alto	Acesso pela Rua Rufino Rodrigues da Silva. Encosta com declividade da ordem de 45°, cujas moradias foram construídas sobre patamares de corte e aterros subverticais com até 4m, e padrão construtivo considerado popular a mediano.
6	Centro	Deslizamento	R3 - Alto	Acesso pela Rua Dr. Luiz Pizza. Local com densidade ocupacional média, com algumas edificações localizadas na base da encosta (taludes com até 10m de altura e angulações subverticais). Não foram observados sistemas de drenagem superficial na encosta.
7	São Bento	Deslizamento	R3 - Alto	Acesso pela Rua Nagib Jorge. Encosta com densidade ocupacional baixa e declividade da ordem de 45°. Moradias em padrão construtivo popular, sendo que não foram observados sistemas de drenagem superficial tampouco estruturas de contenção de taludes. Presença de trincas nas moradias, nos terrenos e degraus de abatimento.
8	Nogueiras	Inundação	R3 - Alto	Área de risco com extensão aproximada de 6km. A população é bastante penalizada quando ocorrem os eventos de inundação, com prejuízos à infraestrutura existente e às atividades locais. Espera-se para o local a ocorrência recorrente de inundações, com lâminas de água de até 4m de altura. Presença de erosão nas proximidades e de solapamento de margem.
9	Oratório	Inundação	R3 - Alto	Área de risco com extensão aproximada de 5km, abrangendo a área rural do Bairro do Oratório, paralela à Estrada Vicinal. O sistema viário que cruza a estrada vicinal não possui pavimentação nem sistema de drenagem. Nesta área de risco já foram destruídas cerca de três pontes de pequeno porte. Espera-se a ocorrência de inundações nos períodos de chuva com lâminas de até 2m de altura. Presença de erosão nas proximidades bem como solapamento de margem; obstrução ou diminuição de vazão ao longo do canal.



As duas áreas sujeitas a inundação identificadas no plano estão nos bairros Nogueiras e Oratório, abrangendo extensões de 6km e 5km, respectivamente. Em ambas há a presença de erosão nas proximidades e solapamento de margens. Nos períodos chuvosos, é esperado a elevação das lâminas d'água entre 2m e 4m de altura.

Neste cenário, a população é bastante penalizada, pois ocorrem prejuízos à infraestrutura local, como a destruição de pontes, conforme ocorreu em algumas. As atividades locais também comprometidas e/ou paralisadas, como o comércio, moradias, prestação de serviços, agrícolas e indústrias oleiras.

Desta forma, entende-se a necessidade de se identificar as regiões que passam por situações semelhantes para que se possam adotar as medidas cabíveis. A partir do plano, sugere-se então, como parte desta primeira medida não estrutural, a atualização do PLAMCON a partir da:

- (i) inclusão das novas áreas sujeitas a inundação, identificadas no Plano Diretor de Macrodrenagem de Socorro por meio da modelagem hidráulico-hidrológica

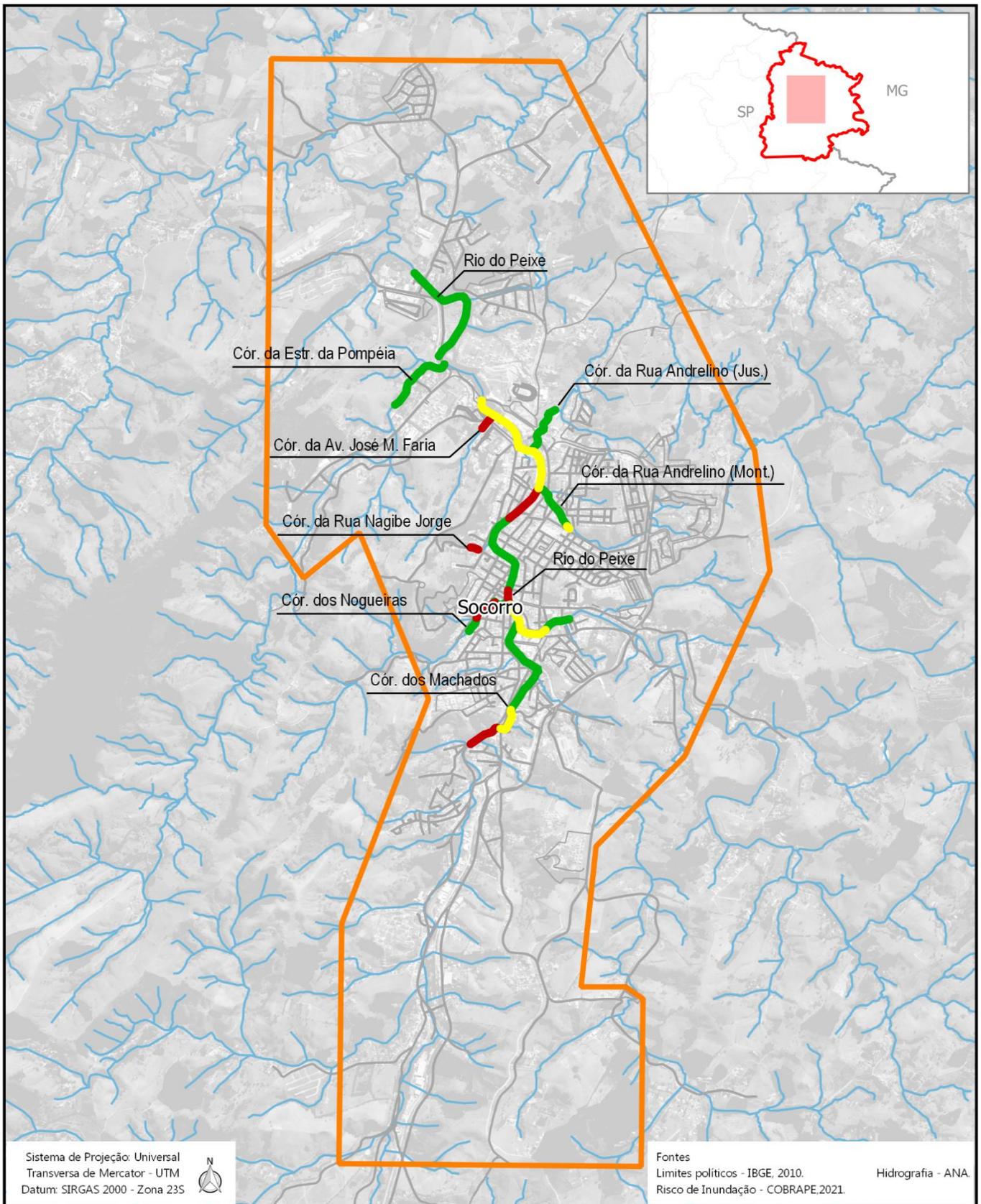
As áreas sujeitas a alagamentos, apresentadas no PLAMCON, foram para os bairros do Nogueiras e Oratório, conforme detalhado em tabela anterior. No entanto, durante a verificação dos córregos na modelagem hidráulica-hidrológica para o Plano Diretor do município, foram identificadas áreas adicionais que apresentam problemas quanto ao escoamento para alguns períodos de retorno.

Sugere-se, então, que o PLAMCON seja atualizado, contemplando as novas áreas identificadas na modelagem. A figura a seguir apresenta os trechos simulados na modelagem hidráulico-hidrológica e os respectivos níveis de risco identificados para cada um.

Os trechos suscetíveis foram classificados de acordo com o risco probabilístico de ocorrência associado, conforme segue:

- Alto risco: para trechos onde o potencial de ocorrência das inundações esteja associado a vazões com período de retorno inferiores a 5 anos;
- Médio risco: para trechos onde o potencial de ocorrência das inundações esteja associado a vazões com período de retorno inferiores a 10 anos;
- Baixo risco: para trechos onde o potencial de ocorrência das inundações esteja associado a vazões com período de retorno superiores a 25 anos;

Ressalta-se que para a caracterização dos riscos apresentada no mapa *Áreas de Risco de Inundações* a seguir foi considerada a situação atual da rede de macrodrenagem, ou seja, com as estruturas de drenagem existentes.



Legenda

- Perímetro Urbano Atual
- Vias Perímetro Urbano
- Hidrografia
- Limite Municipal Socorro
- Limite Estadual

Níveis de Risco de Inundação

- Risco Alto
- Risco Médio
- Risco Baixo



COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP
UNIDADE DE NEGÓCIO NORTE – DIRETORIA Metropolitana – M

Elaboração do Plano de Macrodrenagem Urbanas no Município de Socorro – SP

Título

Mapa - Áreas de Risco de Inundações

Versão
00

Escala Numérica
1:40000

Folha
01/01



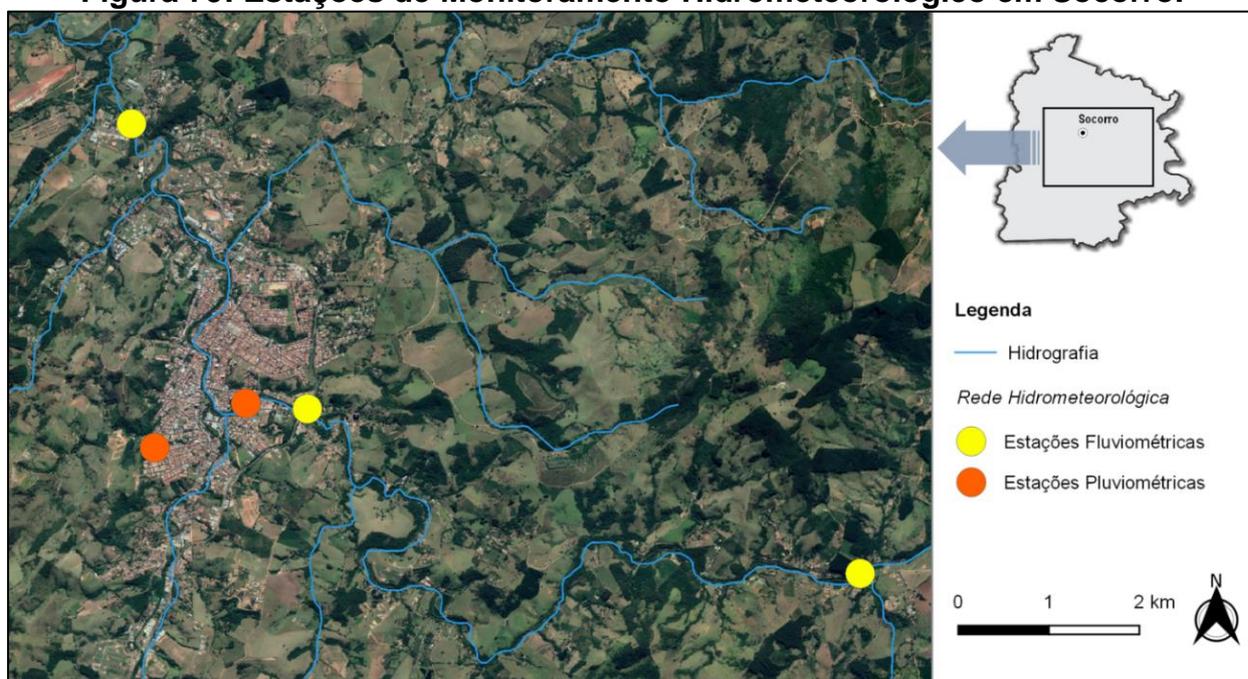
- (ii) revisão dos critérios para ativação do PLAMCON

Segundo informações constantes no Hidroweb, banco de dados acessível através do website da Agência Nacional de Águas (ANA), o município de Socorro conta com cinco estações de monitoramento hidrometeorológico cujas informações são de livre acesso. Conforme ilustrado na figura a seguir, dentre essas estações, temos:

- 2 estações pluviométricas: 1 próxima à confluência do Rio do Peixe com o ribeirão dos Machados, e 1 adjacente ao cruzamento das ruas Ariodante Beneduzi e José Pereto, também na bacia do ribeirão dos Machados

- 3 estações fluviométricas, todas localizadas no Rio do Peixe, sendo 1 a montante da área urbana, 1 inserida em área urbana, ligeiramente à montante do ponto de confluência do ribeirão dos Machados, e 1 mais a jusante, em ponto onde o rio do Peixe se aproxima da SP-147.

Figura 79: Estações de Monitoramento Hidrometeorológico em Socorro.



Apesar de todas as estações constarem como “ativas” no Hidroweb, suas séries históricas indicam que não há recebimento constante de informação, e os dados disponíveis relativos às estações fluviométricas se referem exclusivamente à qualidade das águas, não havendo informações de monitoramento quantitativo no município.

Conforme estabelecido no PLAMCON, os critérios para a sua ativação são:

- a precipitação monitorada for igual ou superior a 80mm;
- o nível monitorado do rio do Peixe, Ribeirão dos Machados, Ribeirão do Oratório e Rio Camanducaia for igual ou superior a 2m, pela régua de medição; e
- houver a ocorrência de deslizamentos e inundações identificadas por meio de vistoria in loco.



Desta forma, sugere-se um acompanhamento e inspeção das estações de monitoramento para verificação da regularidade em seus funcionamentos, bem como a possibilidade de ampliação de funcionalidade das estações fluviométricas, incluindo captura de informações quantitativas.

Recomenda-se a revisão dos critérios estabelecidos para ativação do PLAMCON, considerando as novas áreas de inundação abordadas no item (i) anterior, para verificar a necessidade de se manter ou alterar os critérios para ativação do plano.

Por fim, orienta-se a atualização de qualquer norma, instruções, comunicados e legislações que estejam associadas ao PLAMCON ou que faça referência ao mesmo.

4.5.2 Ampliação das ações de fiscalização e educação ambiental

Descrição

Ampliação das ações de fiscalização e educação ambiental (Diretiva US-7) – mantendo o controle e gerenciamento das situações de perigo nas áreas de risco já identificadas (IPT) e incluindo as novas áreas identificadas pelo Plano Diretor de Macrodrenagem – mediante o envolvimento das comunidades aí residentes, realização de campanhas de conscientização, comunicações (distribuição de cartilhas, palestras, manutenção de canal de comunicação, campanhas na mídia), treinamentos, entre outras iniciativas.

Tipologia e abrangência

Gestão, no âmbito local. Aplicável a todas as áreas sujeitas a inundação no município, já identificadas pelo IPT, e novas áreas identificadas no Plano Diretor de Macrodrenagem de Socorro por meio de modelagem hidráulica-hidrológica

Detalhamento

Entre as principais causas dos deslizamentos de terra na região estão as declividades elevadas, chuvas intensas e/ou prolongadas, os padrões de ocupação (com cortes e aterros instáveis), infraestrutura precária e construções vulneráveis.

A falta de conhecimento é um grande aliado para a intensificação dos desastres e respectivos prejuízos decorrentes. Desta forma, é de grande importância que a população tenha ciência dos riscos agregados à área em que vivem, para que possam adotar comportamentos e ações que contribuam para a sua própria segurança.

Ações são realizadas no município para mostrar para a população a necessidade de mudança de hábitos para minimizar os riscos originados pelos movimentos de terra e inundações, e para ensinar a observar sinais de riscos de deslizamentos. As áreas contempladas foram as identificadas pelo estudo do IPT e listadas na tabela anterior '*Identificação das áreas de riscos para o município de Socorro - PLAMCON*'.

Anualmente, as residências situadas nessas áreas são inspecionadas e os moradores são orientados sobre como agir em casos de ocorrências desses desastres. A Defesa Civil também distribui panfletos com indicações de ações que ajudam a minimizar principalmente os riscos de deslizamento, como por exemplo o plantio de grama e capim nas encostas do terreno para facilitar a penetração das raízes no solo, tornando-o mais



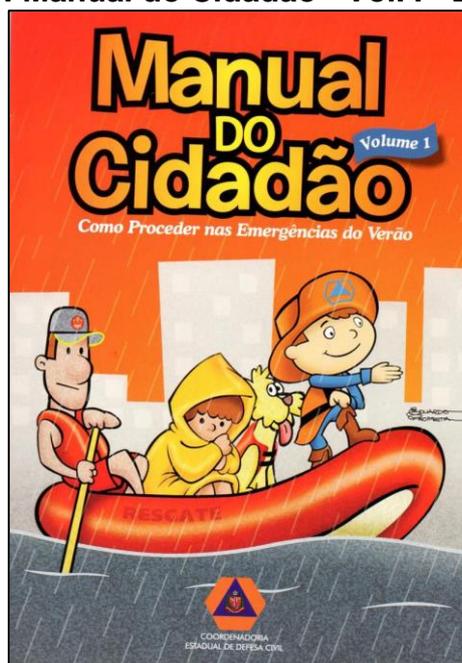
firme; já as árvores de porte grande devem ser evitadas, pois acumulam muita água no solo contribuindo para o deslizamento.

Figura 80: Folder “Como evitar deslizamentos”.



Fonte: Prefeitura de Socorro, Diretiva US7.

Figura 81: Manual do Cidadão - Vol. I - Enchentes.



Fonte: Prefeitura de Socorro, Diretiva US7.

As figuras anteriores mostram os materiais utilizados nos trabalhos de divulgação e conscientização.

Primeiramente, apresenta-se uma cópia do folder distribuído “Como evitar deslizamentos”. Além das dicas para minimizar os riscos de deslizamentos, há também informações para orientar a identificação de sinais de perigo, como inclinações anormais, presença de trincas e rachaduras, e constatação de água mais barrenta que o normal. Por último, sinaliza o que deve ser feito, como evacuação imediata do local e busca por abrigo sem perigo de deslizamento; os telefones a serem chamados em casos de emergências são apresentados em destaque, facilitando a rápida localização no momento em que houver necessidade.

Posteriormente, apresenta-se a capa do “Manual do Cidadão – Como proceder nas emergências do verão”, volume I.

A partir de então, sugere-se que as ações sejam expandidas para todas as áreas de risco adicionais, em alinhamento com as áreas com risco de inundação identificadas no Plano Diretor e apresentadas resumidamente no item 1.1.1 anterior. Medidas como o envolvimento da comunidade, campanhas de conscientização, meios de comunicação (distribuição de cartilhas, palestras, manutenção de canal de comunicação, campanhas na mídia), treinamentos, entre outras iniciativas, podem ser intensificadas/implementadas.

Por fim, sugere-se também a ampliação das iniciativas de educação ambiental, uma vez que o descarte inadequado dos resíduos prejudica o escoamento, principalmente através do entupimento de bueiros e desvios do fluxo do escoamento.

Figura 82: Sinalização na ponte da rua Capitão Sobrinho, Socorro/SP, jan/2021.



Figura 83: Sinalização na rua Agostinho de Oliveira, Socorro/SP, jan/2021.



As figuras anteriores mostram parte dessas campanhas de conscientização, localizadas no município de Socorro. As fotos foram tiradas durante vistoria técnica realizada em janeiro/2021. Ambas as sinalizações foram instaladas ao lado dos cursos d'água; a primeira localiza-se em uma travessia do rio do Peixe, e a segunda, na margem de um afluente do rio do Peixe, o córrego da rua Andreilino Souza Pinto / Otavio Zucato.

Visíveis e objetivas, as sinalizações estão bastante adequadas e de fácil identificação pela população, estimulando comportamentos concordantes à ação. Ampliar os locais para descarte de resíduos também são favoráveis, como cestos e tambores para depósito do lixo, pois aumentando a facilidade para o descarte adequado é esperado que se reduzam os descartes em locais impróprios.

4.5.3 Apresentação do Plano Diretor de Macrodrenagem à Coordenadoria da Defesa Civil, Secretarias, órgãos e entidades vinculadas ao Plano Municipal de Contingência

Descrição

Apresentação do Plano Diretor de Macrodrenagem à Coordenadoria da Defesa Civil, a todas as Secretarias, órgãos e entidades vinculadas ao Plano Municipal de Contingências, para fins de disseminação e integração de conhecimentos, responsabilidades e controle/gestão.

Tipologia e abrangência

Gestão, no âmbito local. Aplicável a todas as áreas do município.



Detalhamento

Esta terceira ação não estrutural propõe a apresentação do Plano Diretor de Macrodrenagem do município a Coordenadoria da Defesa Civil, todas as Secretarias, órgãos e entidades vinculadas ao Plano Municipal de contingências, para fins de:

- (i) disseminação de conhecimentos, responsabilidades e controle/gestão de riscos e desastres; e
- (ii) promoção da integração intersetorial e interinstitucional (sobretudo quanto aos temas de erosão, desmatamento, escorregamento, assoreamento, proteção ambiental e densificação urbana).

Considera-se de suma importância a integração e participação das partes interessadas, de forma que ocorram complementações pertinentes e tornando a gestão mais eficiente. Desta forma, recomenda-se, por exemplo, a utilização de apresentações/palestras associados a debates ou reuniões, onde permita-se a manifestação dos participantes.

4.5.4 Disciplinamento do processo de ocupação do solo da ZEU – Zona de Expansão Urbana

Descrição

Disciplinamento do processo de ocupação do solo da ZEU – Zona de Expansão Urbana (constante do Anexo II ao Plano Diretor da Estância de Socorro – Lei Complementar nº 109/2006), por meio de ações fiscalizatórias e emissão de autorizações vinculadas à existência de infraestrutura de drenagem e de saneamento.

Tipologia e abrangência

Gestão, no âmbito local. Aplicável a ZEU – Zona de Expansão Urbana, delimitada no Anexo II do Plano Diretor (LC 109/2006).

Detalhamento

O mapa a seguir ilustra a organização da zona urbana do município de Socorro, pretendida pela Lei de Parcelamento e Uso do Solo e Zoneamento do Município de Socorro, conforme as seguintes zonas:

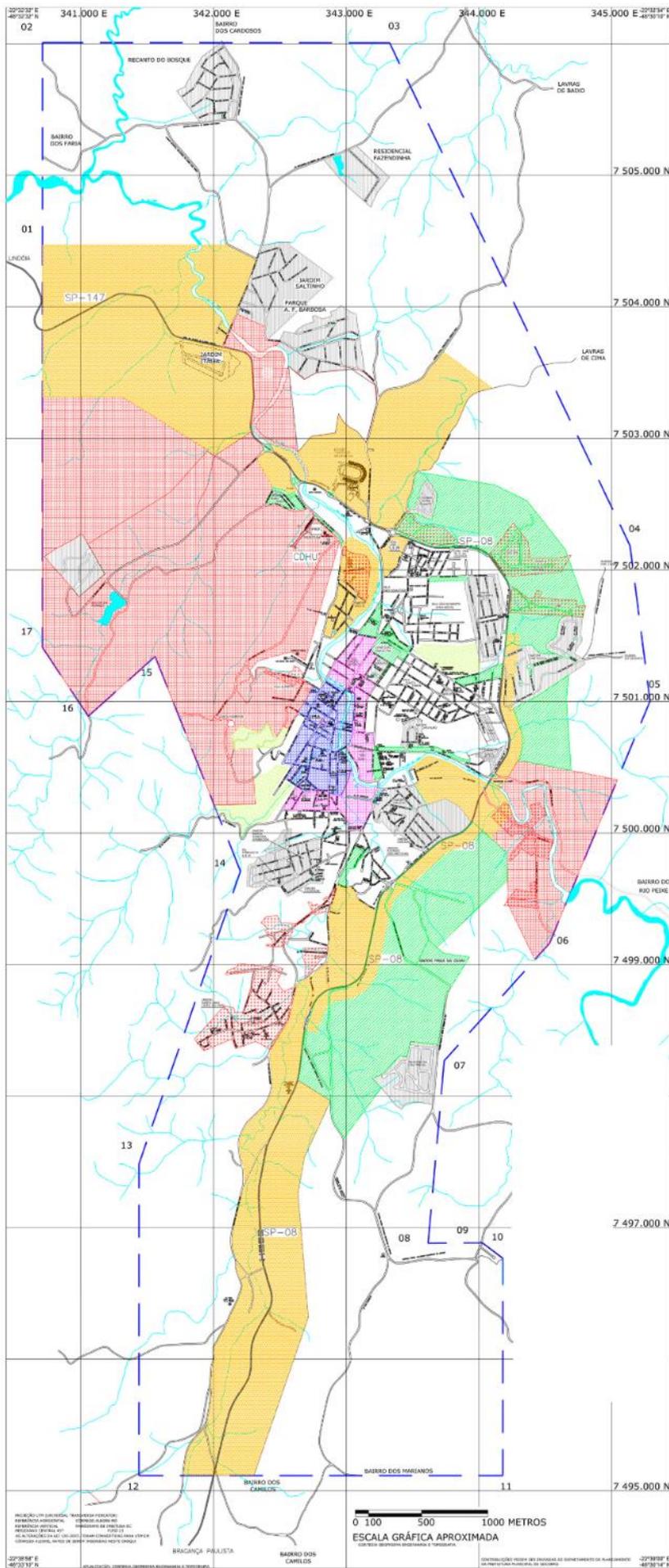
- Zona de Atividades Centrais (ZAC): área de alta densidade com maior número de estabelecimentos comerciais e de prestadores de serviços;
- Zona Histórica Central (ZHC): área delimitada pelas suas características históricas, com proteção por legislação especial;
- Zona de Atividades Industriais (ZAI): áreas com condições favoráveis à implantação de indústrias;
- Zona Predominantemente Residencial (ZPR): área residencial caracterizada por residências uni e multifamiliares e suas construções acessórias, como comércios e serviços de âmbito local de média e baixa densidades. Vale destacar, que essa zona é dividida em três grupos que se diferenciam por parâmetros urbanísticos;



- Zona Estritamente Residencial (ZER): área residencial caracterizada pela presença unicamente de residências unifamiliares, suas construções acessórias, e pequenos comércios e serviços de âmbito local de baixa densidade;
- Área de Proteção Ambiental (APA): áreas que apresentam ecossistemas em diferentes estágios de regeneração, demandando ações de conservação e proteção ambiental;
- Zona Especial de Interesse Social (ZEIS): áreas destinadas à recuperação urbanística e ambiental, através da regularização fundiária por assentamento irregular já existente e produção de Habitação de Interesse Social-HIS, incluindo a provisão de equipamentos sociais e culturais, espaços públicos, serviço e comércio de caráter local; e
- Zona de Expansão Urbana (ZEU): áreas onde são incentivadas ocupações de todas as categorias de uso.

A seguir:

Mapa 2: Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo do município de Socorro – SP.



**CROQUI INDICATIVO
 ZONEAMENTO DE USO
 E OCUPAÇÃO DO SOLO
 LEI Nº 120/2007
 PLANO DIRETOR MUNICIPAL
 E ALTERAÇÕES INCLUSIVE PROJETO DE LEI**

-  ZONA DE ATIVIDADE CENTRAL
-  ZONA ESTRITAMENTE RESIDENCIAL
-  ZONA HISTÓRICA CENTRAL
-  ZONA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL
-  ZONA DE ATIVIDADES INDÚSTRIAS
-  ZONA PREDOMINANTEMENTE RESIDENCIAL-1
-  ZONA PREDOMINANTEMENTE RESIDENCIAL-2
-  ZONA PREDOMINANTEMENTE RESIDENCIAL-3
-  ZONA DE INTERESSE SOCIAL
-  PERIMETRO URBANO ATUAL

Fonte: Lei Complementar Nº 120/2007, com últimas atualizações conforme Lei Complementar Nº 221/2014, de 26 de novembro de 2014

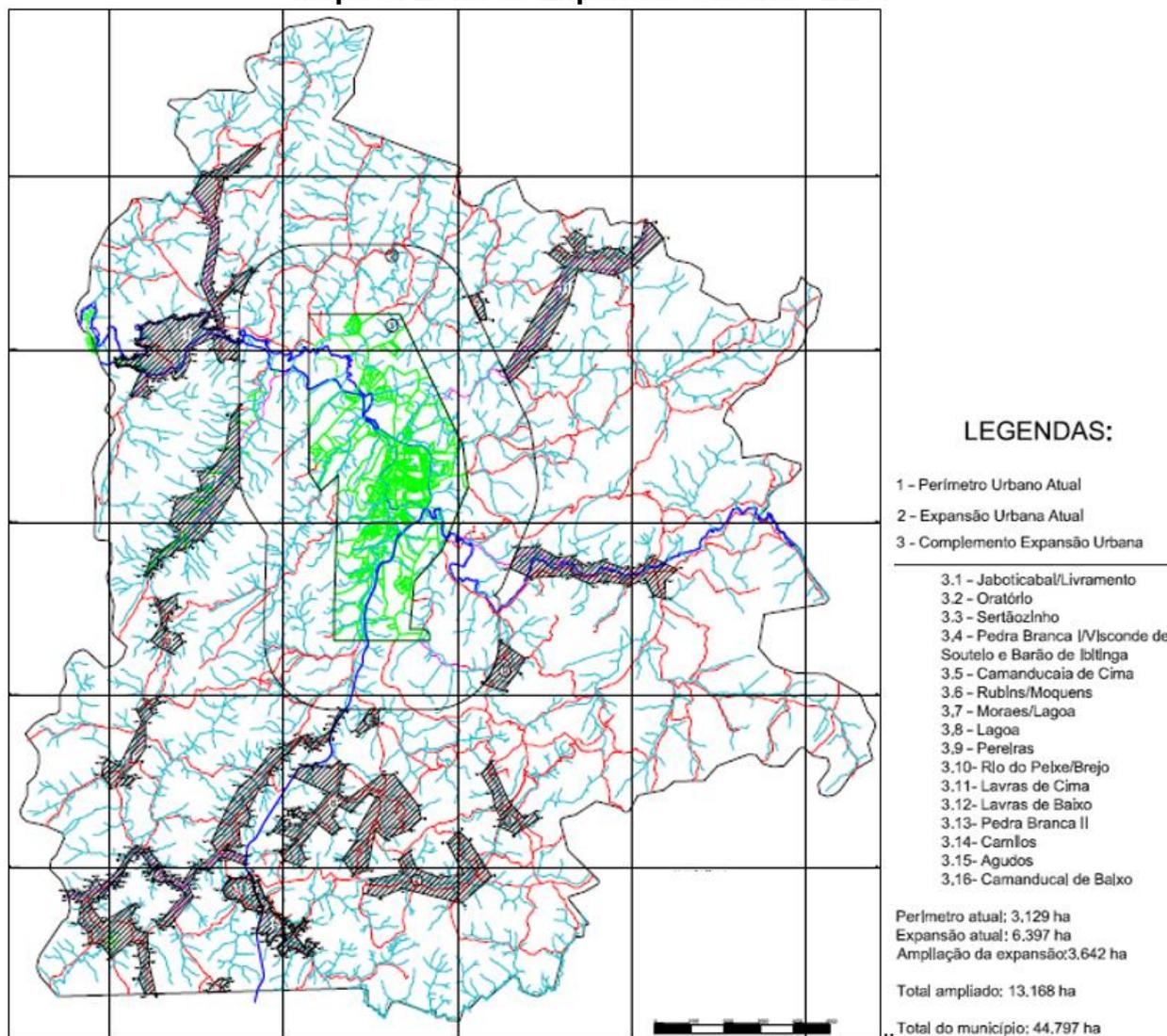


No Plano de Ações Estratégicas, Anexo IV do Plano Diretor do Município (PDM), foi promovida a ocupação dos vazios e regiões subutilizadas, porém, compatibilizando o uso e ocupação, e o aproveitamento dos terrenos com a capacidade da infraestrutura e equipamentos, tendo em vista a salubridade, segurança da população e a qualidade do meio ambiente.

Desta forma, o PDM do município de Socorro definiu a Zona de Expansão Urbana (ZEU), que já abarca certas áreas ocupadas, a fim ampliar a área urbanizada de forma limitada e ordenada, onde são incentivadas ocupações de todas as categorias de uso, como residências uni e multifamiliares, comércios, serviços de âmbito local e geral, e indústrias, obedecendo as condições favoráveis para implantação.

A ZEU abrange um perímetro de 2 km do perímetro da Zona Urbana, e 16 áreas destacadas em meio ao município, as quais são objeto de regularização fundiária. Toda área não compreendida pela Zona Urbana e Zona de Expansão Urbana, corresponde à Zona Rural do município. A figura a seguir retrata a delimitação dessas áreas.

Mapa 3: Zona de Expansão Urbana - ZEU.



Fonte: Anexo II ao Plano Diretor do Município da Estância de Socorro (Lei Complementar Nº 109/2006)



Sugere-se o disciplinamento do processo de ocupação do solo da ZEU, de forma que sejam respeitadas as delimitações apresentadas anteriormente, e extraídas do Anexo II do Plano Diretor da Estância de Socorro – Lei Complementar nº 109/2006. Objetiva-se manter a ocupação dentro do limite da zona de expansão, não sendo permitido, portanto, novas ocupações urbanas em meio a zonas rurais, assim como, de forma a conter ocupações sobre áreas não dotadas de infraestrutura e saneamento, topos de morros, ou em APAs.

Para tanto, poderão fazer uso de atividades com funções fiscalizatórias e emissão de autorizações vinculadas à existência de infraestrutura de drenagem e de saneamento, contribuindo para manter a ocupação da ZEU sob controle.

4.5.5 Implementação de um Sistema de Comunicação de Alertas de Risco e/ou Emergência

Descrição

Implementação de um Sistema de Comunicação de Alertas de Riscos ou de Emergências do Município, com o cadastramento das famílias residentes que possam ser acionadas através do sistema.

Tipologia e abrangência

Gestão, no âmbito local. Aplicável a todas as áreas do município.

Detalhamento

A proposta refere-se à implementação de um sistema para a comunicação e alertas para divulgação de riscos e/ou emergências, através do envio de mensagens via SMS/Whatsapp entre outros mecanismos. O cadastramento poderia ser realizado para todas as famílias residentes, comércios, indústrias, prédios públicos e demais proprietários de imóveis, identificando referências (telefones, celulares, redes sociais, etc) que possam ser acionadas pelo sistema. Esse Sistema visará a divulgação de informações antecipadas – através de pessoas e instituições – para que a população exposta a ameaças tenha tempo suficiente para tomar as ações necessárias para evitar ou reduzir o risco e para prepararem uma resposta efetiva.

De acordo com a Defesa Civil do Estado de Santa Catarina, os sistemas de aviso e alerta estão contidos no âmbito da gestão de riscos e desastres. Os avisos são emitidos quando um evento (meteorológico ou hidrológico) está ocorrendo, é iminente ou provável. Os alertas são gerados a partir de dados observados, e objetivam alertar sobre um perigo ou risco eminente, no curto prazo, de forma que a defesa civil fique de prontidão. Normalmente, são utilizados dados de monitoramento em tempo real, tais como estações pluviométricas e/ou fluviométricas.

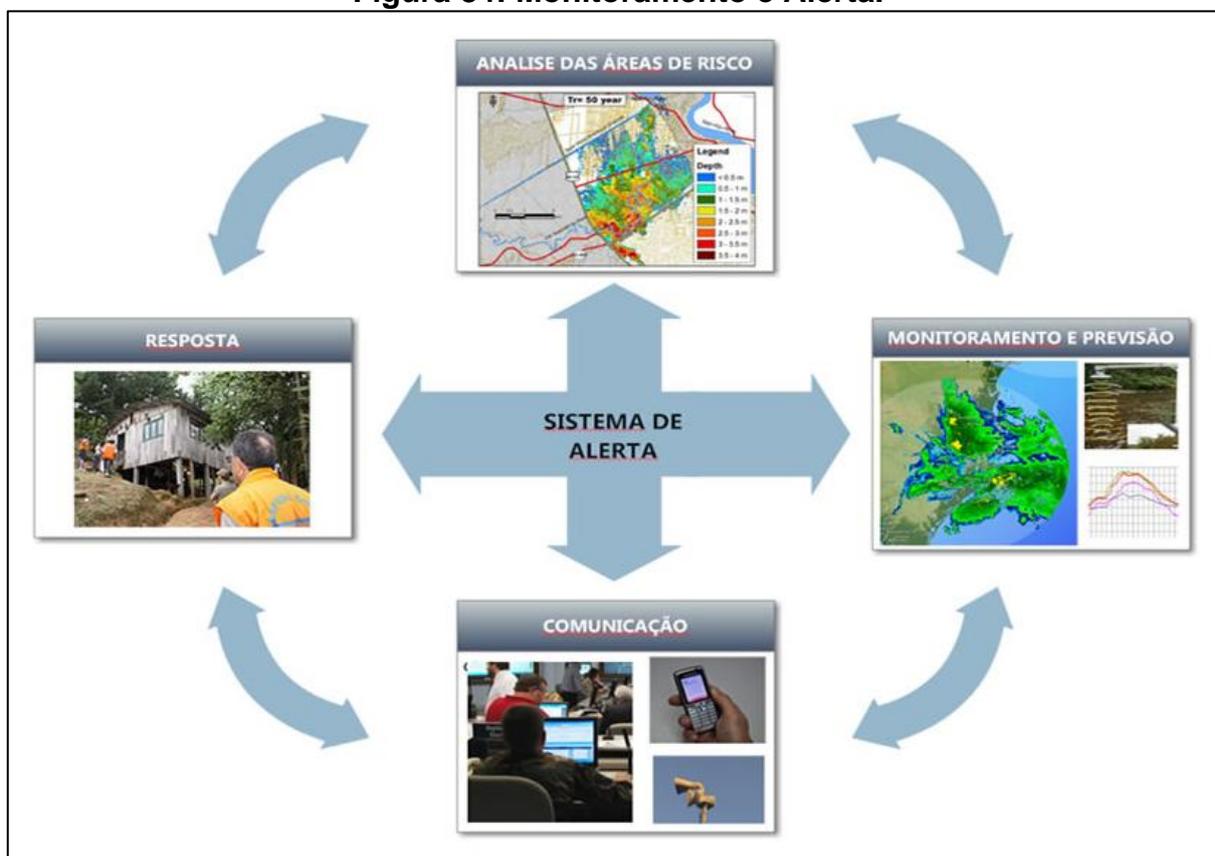
Os sistemas de alerta são estruturados com base na integração de quatro elementos:

- Conhecimento do risco: contemplam as informações essenciais para priorizar as estratégias de mitigação e prevenção e designar os sistemas de alerta antecipadamente;

- Monitoramento e previsão: fornecem estimativas antecipadamente sobre os potenciais riscos aos quais as comunidades, economia e meio ambiente estão sujeitos;
- Disseminando informação: os sistemas de comunicação são necessários para disseminar mensagens, com avisos e alertas, sobre as áreas propensas aos desastres. As mensagens precisam ter clareza, simplicidade e confiabilidade, para que possam ser entendidas por todos os públicos;
- Resposta: os pontos chave para um sistema de alerta eficiente são a coordenação, boa governança e planos e ação adequados, bem como a percepção pública e educação.

A figura a seguir ilustra o esquema com a estrutura desses quatro elementos apresentados.

Figura 84: Monitoramento e Alerta.



Fonte: Defesa Civil do Estado de Santa Catarina.

Segundo a Defesa Civil do Estado de São Paulo, a prática de emitir alertas para a população é bastante comum em países como Estados Unidos e Japão, locais com frequentes furacões e terremotos. Em São Paulo, a prática pode salvar vidas em casos de chuvas fortes, enchentes, deslizamentos, incidência de raios entre outros.

Desde 16/11/2017, qualquer cidadão que resida no Estado de São Paulo pode efetuar o cadastro para receber os alertas de riscos de desastres naturais, por mensagens de texto (curtas, com até 160 caracteres) direto no celular e de forma gratuita. A vantagem desse método é a acessibilidade em todos os aparelhos, inclusive nos modelos mais simples.



O cadastro funciona da seguinte maneira: basta enviar um SMS para o número 40199 com o CEP de interesse e o serviço informará sobre os possíveis riscos na região do CEP informado (é possível cadastrar mais de um CEP).

A princípio, a proposta seria para a implementação de um sistema semelhante ao adotado pela Defesa Civil para o Estado de São Paulo, porém, de forma mais específica para o município de Socorro, de forma a atender ao máximo os riscos locais e pontuais. Outra sugestão seria através de aplicativos de mensagens, como o Whatsapp, Telegram, Messenger, etc. Nesse caso, o pacote de dados é necessário, diferentemente do SMS.

Além das mensagens, é possível também a utilização de alertas sonoros, como o uso de autofalantes espalhados pelo local, de forma que o som se propague atingindo toda a população de interesse.

Por fim, reitera-se a importância de se associar à implantação do sistema de alerta, um plano de ação de contingências e emergências aos desastres. Conforme apresentado no Plano Municipal de Saneamento Básico de Socorro, contingências estão associadas a possibilidade de que algo eventualmente aconteça, e deve ser estudada e planejada com antecedência, visando a mitigação ou eliminação dos seus impactos com o menor dano possível ao sistema. As emergências estão associadas a situações críticas com ocorrência de perigo, e devem ser estudadas e planejadas para serem enfrentadas, visando a proteção das pessoas, bens e ao meio ambiente.

Para elaboração do plano de ação de contingências e emergências, orienta-se que sejam consideradas questões como:

- pré-seleção de abrigos, como escolas, igrejas, centros esportivos, etc;
- rotas de fuga entre os abrigos, através de vias não sujeitas à inundações;
- centros de apoio e logística, com o suporte de padarias, supermercados, etc;
- grupos de apoio, como clubes de rádio amadores, Rotary Clube, etc; e
- hierarquização de comando, via prefeito, chefe da defesa civil, etc.

4.5.6 Criação de um Sistema de Sinalização para os locais suscetíveis às inundações

Descrição

Criação de um sistema de sinalização, com identificação e orientação quanto aos locais suscetíveis à inundações, voltado à prevenção de riscos e ao ordenamento do fluxo de veículos e pessoas.

Tipologia e abrangência

Gestão, no âmbito local. Aplicável a todas as áreas sujeitas a inundação no município, as já identificadas pelo IPT e as novas áreas identificadas no Plano Diretor de Macrodrenagem de Socorro por meio de modelagem hidráulica e hidrológica.

Detalhamento

Sugere-se a adoção de um sistema de sinalização para fácil identificação pela população dos locais de risco, propensos principalmente a deslizamentos e inundações. Pode-se

elaborar a criação de sinalizadores de identificação para instalação nos locais de risco, e orientação quanto ao fluxo nesses locais, considerando possibilidade de desvios e rotas alternativas, tanto de pedestres quanto de veículos.

O município de Belo Horizonte, por exemplo, utilizou como referência a Carta de Inundação de Belo Horizonte que aponta para 90 áreas com risco de inundação, e instalou 975 placas priorizando as áreas com maior fluxo de trânsito na cidade. A figura a seguir ilustra as placas instaladas.

Figura 85: Sinalização em áreas com risco de inundação em Belo Horizonte/MG.



Fonte: G1, Hoje em dia.

Em caso de emergência, consta na parte vermelha os números da Defesa Civil e do Corpo de Bombeiros para contato.

Para o município de Socorro, sugere-se a implantação de sinalizações ao longo dos locais suscetíveis às inundações, utilizando como base as áreas de risco identificadas no Plano Diretor de Macrodrenagem e apresentadas resumidamente no item 'Atualização do PLAMCON - Plano Municipal de Contingência – Inundações e Deslizamentos'.

A partir do plano, pode-se iniciar o mapeamento dos pontos mais estratégicos para instalação das sinalizações. A prioridade inicial seriam as áreas cujo fluxo de pessoas seja considerável e as que apresentam riscos mais altos, ou seja, onde haveriam os maiores prejuízos à população e ao município.

O ideal é que os elementos de sinalização sejam:

- de fácil visualização, tanto por pedestres quanto por pessoas em veículos
- textos simples e objetivos
- orientação sobre como proceder em emergências ou número de contato
- pode ser utilizado imagens explicativas
- visíveis em qualquer luminosidade (dia ou noite)



- instalação em locais de fluxo considerável de pedestres/veículos

O objetivo é a rápida identificação dos locais de risco pela população. Portanto, quanto mais simples e visível, maiores são as chances de se alcançar o maior número de pessoas para conhecimento dessas áreas.

4.5.7 *Elaboração de um “Manual de Drenagem”*

Descrição

Elaboração de um “Manual de Drenagem”, com orientações a profissionais responsáveis pelo planejamento e elaboração de projetos de intervenção no sistema de drenagem urbana, contemplando (i) variáveis hidrológicas dos projetos de drenagem urbana; (ii) elementos hidráulicos; (iii) aspectos da ocupação urbana relacionados com a drenagem urbana; (iv) Legislação e regulamentação associada; (v) critérios de avaliação e controle de impactos; (vi) condicionantes das seções de controle de vazão.

Tipologia e abrangência

Técnico (drenagem), no âmbito local. Aplicável a todas as áreas do município.

Detalhamento

Conforme Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do município de São Paulo (vol. I - 2012), em relação a outras características voltadas para melhorias urbanas, o sistema de drenagem possui uma particularidade: independentemente de existir ou não um sistema de drenagem adequado, sempre ocorrerá o escoamento das águas pluviais. Ocorre que a qualidade desse sistema é o fator que determinará se os benefícios ou prejuízos decorrentes serão maiores ou menores à população.

Dito isto, um plano de drenagem urbana é fundamental, pois volta-se para o futuro de forma a orientar as ações e processos decisórios em relação aos problemas das inundações. Entretanto, a qualidade do plano depende da consideração de muitos outros fatores, como aspectos institucionais, legais, culturais, gerenciais, econômicos, políticos, fiscais, entre outros.

Ainda de acordo com o Manual de Drenagem de São Paulo, é possível diminuir os custos e aumentar os benefícios através de estudos e planejamento. Projetos com canais abertos em substituição às tubulações enterradas, por exemplo, possuem menor aporte de investimentos. Construção de reservatórios de retenção a montante e construção de parques com fins de inundação periódica são outras alternativas a ser consideradas. Outro fator a ser avaliado é a urbanização em áreas mais altas, que pode resultar em aumento do volume de água pluvial escoado para as áreas mais baixas.

A principal vantagem de se realizar o planejamento para o sistema de drenagem e manejo de águas pluviais é a possibilidade de menores custos associados a melhores resultados. Consequentemente, estudos tardios ou projetados com objetivos de curto prazo repercutirá sempre negativamente para a sociedade.

Desta forma, sugere-se a elaboração de um Manual de Drenagem para o município, que terá como finalidade orientar os profissionais responsáveis pelos estudos e projetos a serem desenvolvidos, através do fornecimento de instruções e padronização dos



procedimentos técnicos. A partir de então, será possível proporcionar à população condições de segurança mais favoráveis, quando da ocorrência de eventos chuvosos.

Recomenda-se que o Manual considere e apresente:

- Parâmetros hidrológicos para os projetos de drenagem urbana
- Parâmetros hidráulicos
- Aspectos da ocupação urbana relacionados com a drenagem urbana
- Legislação e regulamentação associada
- Critérios de Avaliação e controle do impacto da qualidade da água
- Condicionantes das seções de controle de vazão

4.5.8 Institucionalização do zoneamento das manchas de inundação do município

Descrição

Institucionalização do zoneamento das manchas de inundação do município, geradas pela modelagem hidráulico-hidrológica do Plano Diretor de Macrodrenagem, com subsequente adequação das legislações municipais (urbanísticas e ambientais, principalmente), visando estabelecer normas e regras específicas para ocupação das áreas sujeitas à inundação.

Tipologia e abrangência

Gestão, no âmbito local. Aplicável a todas as áreas do município.

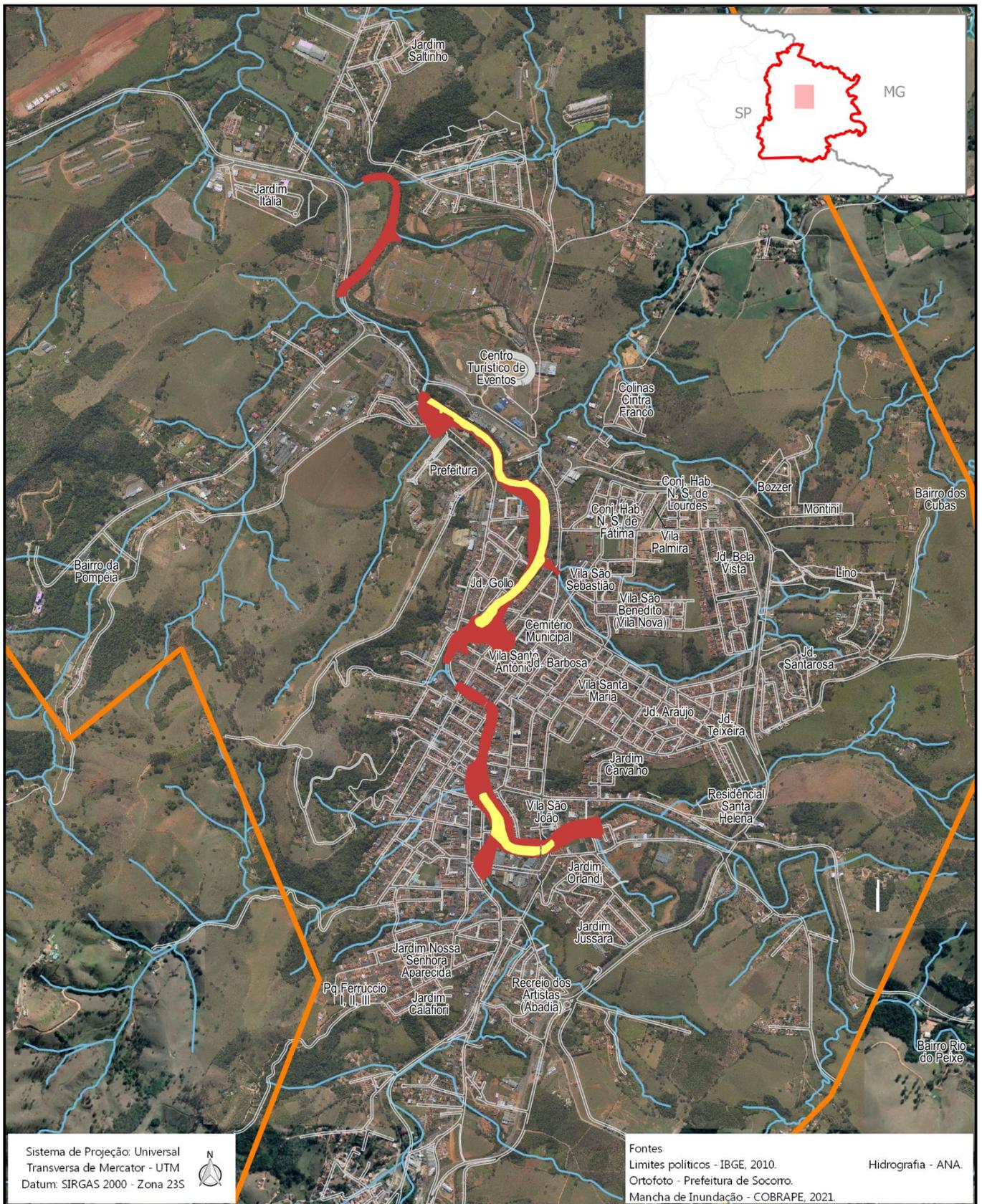
Detalhamento

O zoneamento das áreas de risco de inundação tem por objetivo definir um conjunto de regras para a sua ocupação, de acordo com o nível de risco associado e visando à minimização de perdas materiais e humanas. Para tanto, orienta-se que haja a preservação das áreas que possuem restrição ambiental, a remoção das ocupações em condição irregular, o aumento da permeabilidade e a contenção dos processos de erosão e de assoreamento.

Conforme apresentado no capítulo 'Estudos Hidráulicos', alguns trechos apresentam insuficiência no escoamento com a estrutura de drenagem existente, resultando no extravasamento dos córregos de acordo com a intensidade e duração das chuvas.

De acordo com o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do município de São Paulo (vol. I - 2012), a partir do mapeamento desses trechos de inundação, é possível estimar os danos para cada área, através de informações sobre o uso e ocupação do solo e outros dados demográficos. Pode-se avaliar variáveis como o número de diferentes tipos de domicílios afetados e sistemas de infraestrutura, principalmente de transporte, além de se estimar os impactos na saúde pública.

O mapa a seguir apresenta a área de abrangência que a água alcança nos eventos de inundação. As manchas são apresentadas para os períodos de retorno de 10 anos (amarelo) e 100 anos (vermelho).



Legenda

- Perímetro Urbano Atual
- Limite Municipal Socorro
- Limite Estadual
- Vias Perímetro Urbano
- Hidrografia

Mancha de Inundação

- TR 10 anos
- TR 100 anos



COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP
UNIDADE DE NEGÓCIO NORTE – DIRETORIA Metropolitana – M

Elaboração do Plano de Macrodrenagem Urbanas no Município de Socorro – SP

Título

Mapa - Mancha de Inundação do Rio do Peixe

Versão
00

Escala Numérica
1:20000

Folha
01/01





Sugere-se que seja determinado um período de retorno de referência, no intuito de se nortear o desenvolvimento dos estudos e projetos. Como padrão internacional, é recomendado para estudos de macrodrenagem a adoção da recorrência de 100 anos. A partir do mapa anterior é possível comparar os danos a serem causados para TR10 e TR100 anos. Períodos intermediários afetarão áreas dentro dessas delimitações.

Desta forma, recomenda-se para o município a institucionalização do zoneamento das manchas de inundação, definidas através da modelagem hidráulico-hidrológica realizada, com subsequente adequação das legislações municipais (urbanísticas e ambientais, principalmente). O objetivo é estabelecer normas e regras específicas que contribuam para uma ocupação de forma ordenada, respeitando a preservação das áreas consideradas de risco inseridas na delimitação das manchas de inundação ou proximidades.

4.5.9 Análise e Formalização das reservas legais, visando ampliação das áreas protegidas e vegetadas do município

Descrição

Análise e formalização (aprovação e averbação) das reservas legais do município, em conformidade com as propostas dos Cadastros Ambientais Rurais (CAR), ampliando as áreas protegidas e vegetadas no município (APA Piracicaba/Juqueri Mirim e Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Parque Ecológico Anauá).

Tipologia e abrangência

Técnico (ambiental), no âmbito local. Aplicável a áreas propostas para Reservas Legais no município (que estejam em conformidade com a legislação e art. 19 do Plano Diretor).

Detalhamento

Os remanescentes vegetais no Estado de São Paulo estão vinculados à existência de Áreas Protegidas – aquelas delimitadas por leis específicas com o objetivo de conservar as características ambientais relevantes à proteção e à conservação da paisagem, da biodiversidade e dos recursos naturais locais.

Nesse conceito inserem-se as Unidades de Conservação - UCs, categorizadas, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (Lei Federal nº 9.985/2000) em de “Uso Sustentável” ou de “Proteção Integral”; e também aquelas abrangidas pelo Sistema de Informações e Gestão de Áreas Protegidas e de Interesse Ambiental do Estado de São Paulo (SIGAP), instituído pelo Decreto Estadual nº 60.302 de 2014: Áreas de Preservação Permanente (APPs); Áreas de Proteção de Mananciais (APMs); Reservas Florestais; Sítios Geológicos; Terras Indígenas; Florestas Públicas; dentre outras.

No município de Socorro inserem-se duas UCs de Uso Sustentável:

- uma parcela da APA Piracicaba/Juqueri-Mirim, instituída pelo Decreto nº 26.882/1987 e pela Lei Estadual nº 7.438/1991 e que abrange a bacia hidrográfica do rio Piracicaba e regiões da bacia do rio Juqueri Mirim, inclusive a bacia do Rio Camanducaia, de suas nascentes até a confluência do mesmo com o rio Jaguari – abrangendo toda a porção do município inserida na UGRHI 05-PCJ



- a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Parque Ecológico Anauá, reconhecida pela Resolução SMA nº 24/2009, com 1,88 hectares e totalmente inserida no município de Socorro.

Além dessas áreas, o Art. 12 da Lei Federal nº 12.651/2012 (novo Código Florestal) define que todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa a título de Reserva Legal, observados os percentuais mínimos estabelecidos por lei. No caso de propriedades rurais de Socorro, inserido em área de Mata Atlântica, o território que deve ser conservado com cobertura vegetal nativa equivale a 20% do imóvel, sendo admitido o cômputo de APPs no cálculo da área de Reserva Legal, desde que esteja conservada ou em processo de recuperação.

Segundo informações constantes no Cadastro Ambiental Rural (CAR), que consiste num registro público eletrônico obrigatório a todos os imóveis rurais e tem como finalidade a integração de informações ambientais dessas propriedades, a maior parte das Reservas Legais no município de Socorro constam como “propostas”, ainda sem aprovação e averbação.

A definição de Áreas Protegidas é relevante para a preservação da vegetação e, conseqüentemente, da qualidade ambiental. A manutenção de áreas vegetadas é essencial para a manutenção da qualidade das águas, a redução de processos erosivos, e para a redução de vazões de pico e ocorrência de cheias – consistindo, portanto, em importante medida não estrutural para a melhoria das condições de drenagem urbana. Além disso, a preservação ambiental valoriza a condição de Estância Hidromineral do município de Socorro e sua inserção no “Circuito das Águas”, importante atrativo turístico local.

Por fim, sugere-se a análise e formalização (aprovação e averbação) das reservas legais do município, em conformidade com as propostas dos Cadastros Ambientais Rurais (CAR), de forma que se possa viabilizar a ampliação das áreas protegidas e vegetadas no município.

4.5.10 Criação de incentivos à implantação de empreendimentos e construções sustentáveis

Descrição

Estudos técnicos para a criação de incentivos à implantação de empreendimentos e construções sustentáveis (nos termos das diretrizes do Plano Diretor, das políticas ambientais locais e da Lei de Parcelamento e Uso do Solo e Zoneamento – Lei Complementar nº 120/2007), que contemplem soluções de drenagem e absorção de águas pluviais combinando elementos naturais e construídos.

Tipologia e abrangência

Técnico (uso e ocupação do solo), no âmbito local. Aplicável a todas as áreas do município, especialmente as ZEUs – Zonas de Expansão Urbana, delimitada no Anexo II do Plano Diretor (LC 109/2006).



Detalhamento

O setor da construção civil é um dos que mais consomem recursos hídricos, energéticos e minerais, além de gerar quantidade expressiva de resíduos sólidos. Desta forma, é importante que se pense em soluções mais eficientes e ecológicas, caminhando rumo à sustentabilidade.

Muitos países da Europa, por exemplo, conseguiram alavancar a implantação da sustentabilidade em suas obras através da sua integração ao sistema de crédito, de forma que a análise de crédito e taxas de juros fiquem condicionadas aos índices de sustentabilidade do imóvel, por exemplo. Incentivos como desconto no IPTU e financiamentos subsidiados também foram adotados.

Construções mais sustentáveis utilizam-se de artifícios que ajudem a reduzir os impactos ambientais gerados, como por exemplo:

- eficiência energética, através do uso de energias limpas como a fotovoltaica e eólica;
- sistema de reaproveitamento de água, que diminui o consumo de água;
- gerenciamento adequado dos resíduos gerados, de forma que sejam reaproveitados na cadeia produtiva;
- utilização de materiais recicláveis, entre outros.

De acordo com o Sebrae, os principais benefícios de se adotar as construções sustentáveis são:

- 30% no consumo de energia elétrica;
- 35% na emissão de gases de efeito estufa;
- 50% no consumo de água;
- 50 a 80% no descarte de resíduos;
- 8 a 9% no custo operacional total da obra

A adoção de critérios dessa natureza, no entanto, envolve diversos aspectos relacionados a político-administrativa, institucional, técnica, operacional e econômico-financeira. Dessa forma, sugere-se que sejam realizados estudos para a criação desses incentivos à implantação de empreendimentos e construções sustentáveis (nos termos das diretrizes do Plano Diretor, das políticas ambientais locais e da Lei de Parcelamento e Uso do Solo e Zoneamento – Lei Complementar nº 120/2007), e que sejam aplicáveis às soluções de drenagem e absorção de águas pluviais.

4.5.11 Atualização de Estudo Técnico, Econômico e Socioambiental para a sustentabilidade financeira e operacional do Sistema de Drenagem do Município

Descrição

Atualização de estudo técnico, econômico e socioambiental para a sustentabilidade financeira e operacional – no longo prazo – do Sistema de Drenagem do município



(adoção de conceitos de distritos de drenagem, taxas de drenagem urbana, seguros, entre outros mecanismos).

Tipologia e abrangência

Gestão, no âmbito local. Aplicável a todas as áreas do município.

Detalhamento

No Plano Municipal de Saneamento Básico de Socorro – PMSBS (2015), foi realizado um estudo de Sustentabilidade Econômico-Financeira para os quatro componentes dos serviços de saneamento do município: água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem. A figura a seguir apresenta um resumo desse estudo.

Figura 86: Resumo dos estudos de sustentabilidade econômico-financeira segundo o PMSB - Período 2015-2034.

Componentes	Investimentos (R\$)	Despesas de Exploração (R\$)	Despesas Totais (R\$)	Receitas Totais (R\$)	Conclusões
Água	6.030.000,00	61.753.180,91	67.783.180,91	77.377.606,03	A princípio, o sistema é viável isoladamente, porém, deve-se atentar aos quatro primeiros anos, nos quais pode ser necessária arrecadação de recursos em outras instituições.
Esgoto	14.900.000,00	53.423.824,18	68.323.824,18	51.112.437,05	A princípio, o sistema não é viável. Somente com readequação tarifária ou com a obtenção de repasses a fundo perdido, o sistema tornar-se-á viável isoladamente.
Resíduos Sólidos	11.216.560,00	14.041.882,00	25.258.442,00	-	Atualmente não há receitas no sistema de resíduos sólidos assim, o sistema dependerá de recursos a fundo perdido para viabilização das proposições, em função dos altos investimentos necessários.
Drenagem	954.000,00	5.856.837,00	6.810.837,00	-	A princípio, o sistema não é viável. É necessária a criação de uma taxa pela prestação dos serviços e recursos a fundo perdido.
TOTAIS	33.100.560,00	135.075.724,09	168.176.284,09	128.490.043,08	

Nota DEX- valores brutos

Fonte: PMSBS, 2015.

Segundo consta no PMSBS, a análise da sustentabilidade econômico-financeira de cada um dos componentes está alinhada com o artigo 29 da Lei 11.445/2007, que estabelece que essa sustentabilidade pode ser assegurada através da cobrança pelos serviços, sempre que possível, e da seguinte forma:

- abastecimento de água e esgotamento sanitário, sob a forma de taxas, tarifas e outros preços públicos, podendo ser estabelecidos por tipo de serviço ou em conjunto;
- limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos, sob a forma de taxas, tarifas e outros preços públicos, de acordo com o regime de prestação de serviços/atividades; e



- manejo de águas pluviais urbanas, sob a forma de tributos (incluindo taxas), tarifas ou outros preços públicos, de acordo com o regime de prestação de serviços/atividades.

A figura a seguir mostra que as despesas totais com água e esgoto representam cerca de 81% dos serviços de saneamento municipal, enquanto resíduos sólidos e drenagem urbana representam 19% do total.

Figura 87: Incidências percentuais dos serviços de saneamento segundo o PMSB - Período 2015-2034.

Componentes	Investimentos (%)	Despesas de Exploração (%)	Despesas Totais (%)	Conclusões
Água	18%	46%	40%	Os investimentos em água são inferiores àqueles de esgoto; as despesas de exploração são levemente superiores, implicando uma % de despesa total praticamente igual à de esgoto.
Esgoto	45%	40%	41%	Verifica-se maior porcentagem de investimentos no sistema de esgotos, com menores despesas de exploração, resultando uma % de despesa total semelhante à de água.
Resíduos Sólidos	34%	10%	15%	Os investimentos são significativos em comparação com os demais, com despesas de exploração baixas, comparativamente aos sistemas de água e esgotos.
Drenagem	3%	4%	4%	Os investimentos previstos nesse sistema são baixos, ocorrendo, também, baixos custos de exploração relativamente aos outros sistemas.
TOTAIS	100%	100%	100%	-

Fonte: PMSBS, 2015.

Os dados relacionados aos custos unitários dos serviços, em termos de investimentos e despesas de exploração, são apresentados na figura a seguir.

Figura 88: Resumo de custos unitários dos serviços de saneamento segundo o PMSB - Período 2015-2034.

Componentes	Custos Unitários Atuais (R\$ /unidade)	Custos Unitários Estimados (R\$ /unidade)	Despesas Totais (R\$/domicílio/mês)
Água	2,27/m ³ faturado	2,27/m ³ faturado	37,36
Esgoto	1,73/m ³ faturado	2,42/m ³ faturado	34,84
Resíduos Sólidos	-	3,40/ hab./mês	10,20
Drenagem	-	1,27/hab./mês	3,81
TOTAIS			86,21

Fonte: PMSBS, 2015.

Desta forma, o estudo conclui que os investimentos em água e esgoto representam cerca de 63% dos serviços de saneamento, ao passo que resíduos sólidos e drenagem, representam menos de 40% do total previsto.

Os cálculos mostram também que a receita obtida através dos serviços de água são mais que suficientes para suprir as necessidades do serviço, e ainda poderiam contribuir para com o serviço de esgoto, que atualmente possui receita insuficiente para suprimento dos serviços.



Os custos com resíduos sólidos possuem montante razoável para adoção de solução individual, com proposta de criação de uma taxa mensal em torno de R\$ 10,20/domicílio para viabilizar o sistema conforme planejamento.

Os custos com drenagem urbana também possuem montante razoável para adoção de solução individual. Para que o sistema se torne sustentável, recomenda-se a criação de uma taxa de prestação de serviços (poderia ser inclusa em outra já existente).

Ressalta também a importância de se estabelecer valores resultantes que sejam compatíveis com a capacidade de pagamento da população local. E, visando a sustentabilidade para os sistemas de esgoto, resíduos e drenagem, o estudo também sugere a obtenção de recursos a fundo perdido.

Face ao exposto, sugere-se a atualização e aprofundamento do estudo de sustentabilidade econômico-financeira realizada, no intuito de se verificar a composição atual dos valores, de modo que seja direcionado também para a efetiva implementação de um sistema de receita, caminhando rumo à sustentabilidade dos serviços municipais.

4.5.12 Integração do Plano Diretor de Macrodrenagem de Socorro ao Plano de Bacia (e/ou Plano de Drenagem Regional)

Descrição

Integração do Plano Diretor de Macrodrenagem de Socorro ao Plano de Bacia (e/ou Plano de Drenagem Regional), com a (i) identificação de seções de controle e Distritos de Drenagem relevantes da bacia; (ii) integração dos Planos de Contingência (local e regional); e (iii) integração dos sistemas de alerta (municípios de montante e jusante).

Tipologia e abrangência

Planejamento e Gestão, no âmbito regional. Aplicável a UGRHI 09, Municípios de montante e jusante do rio do Peixe, e todas as áreas do município de Socorro (áreas urbanas e rurais).

Detalhamento

Os principais corpos hídricos do município de Socorro são o rio Camanducaia, afluente do rio Jaguari; e o rio do Peixe, principal afluente do rio Mogi Guaçu, que possui diversas cachoeiras quedas d'água no território de Socorro devido à sua topografia acidentada. Sendo assim, o município insere-se em duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) distintas:

- UGRHI 05 – PCJ (bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí), área do município que drena para o rio Camanducaia – correspondente a cerca de 22,3% do território total e de caráter essencialmente rural
- UGRHI 09 – MOGI, restante da área do município, que inclui a sede urbana, insere-se na bacia do rio do Peixe, afluente do rio Mogi Guaçu

Seguindo a linha de gestão sustentável das águas pluviais, é necessário, a princípio, a gestão integrada em diferentes níveis de decisão:



- Estadual, por meio das entidades responsáveis pelos recursos hídricos e meio ambiente;
- Bacia hidrográfica, através de comitês e agências de bacias / unidades executivas; e
- Municipal, sob jurisdição dos municípios e atividades locais e setoriais.

De modo geral, no entanto, a gestão das águas pluviais tem concentrado suas ações e decisões na resolução dos problemas de forma pontual. O planejamento preventivo também é raramente observado. Face ao exposto, se enaltece a necessidade de uma gestão que seja integrada ao Plano Diretor de Macrodrenagem de Socorro, e sugere-se a:

- (i) identificação de seções de controle e Distritos de Drenagem relevantes da bacia
- (ii) integração dos Planos de Contingência (local e regional)
- (iii) integração dos sistemas de alerta (municípios de montante e jusante)



ANEXO I – MEDIDAS ESTRUTURAIS NÃO CONVENCIONAIS

O papel das medidas estruturais não convencionais consiste basicamente na retenção e infiltração das águas precipitadas, com o objetivo de proporcionar o retardo da liberação das águas pluviais, como também a redução do escoamento superficial, reduzindo a probabilidade de inundações e possibilitando ganho na qualidade das águas pluviais urbanas.

Essas medidas podem ser classificadas em técnicas lineares e técnicas localizadas as informações gerais Da tabela a seguir apontam as características principais, funções e efeitos de algumas dessas medidas.

Tabela 10: Lista de medidas estruturais não convencionais.

CLASSIFICAÇÃO	MEDIDA	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL	VARIANTES	EFEITO	ÁREA DE APLICAÇÃO	
Técnicas compensatórias lineares	Trincheira	Reservatório linear escavado no solo preenchido com material poroso.	Infiltração (esgotamento por infiltração no solo)	Redução do volume de escoamento superficial	Versáteis, podem ser utilizadas em canteiros centrais, passeios, ao longo do sistema viário, junto a estacionamentos, jardins, terrenos esportivos e em áreas verdes em geral.	
			Detenção (esgotamento por um exutório)	Rearranjo temporal das vazões escoadas		
	Vala	Depressões escavadas no solo	Infiltração (esgotamento por infiltração no solo)	Redução do volume de escoamento superficial	Versáteis, podem ser utilizadas em canteiros centrais, passeios, ao longo do sistema viário, junto a estacionamentos, jardins, terrenos esportivos e em áreas verdes em geral.	
			Detenção (esgotamento por um exutório)	Rearranjo temporal dos hidrogramas		
	Pavimentos			Permeável	Redução da velocidade do escoamento superficial e infiltração de parte das águas pluviais	Ideal sua combinação com a adoção de uma estrutura de pavimento porosa
				Poroso	Amortecimento de vazões e alteração no desenvolvimento temporal nos hidrogramas	Estacionamentos, praças, ruas, avenidas, vias de pedestres, passeios, terrenos de esporte e outros.
Jardim de chuva/ canteiro pluvial	Depressões topográficas, existentes ou refeiçãoadas			Captação e filtragem das águas pluviais	Estacionamentos, áreas de uso residencial, áreas verdes.	
Biovaletas	Depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes, células ligadas em série			Filtragem das águas pluviais	Estacionamentos, áreas de uso residencial, áreas verdes.	
Técnicas compensatórias localizadas	Poço	Reservatório vertical e pontual escavado no solo	Infiltração no solo	Redução das vazões de pico e diminuição dos volumes de água direcionados para rede clássica de drenagem.	Áreas livres	
			Injeção no lençol subterrâneo			
	Telhado reservatório	Telhado com a função reservatório	Vazio	Retardo do escoamento pluvial da edificação	Edificações	
Preenchido com material poroso						
Reservatórios individuais (microreservatórios)	Pequenas estruturas de amortecimento			Retardo e/ou redução do escoamento pluvial de áreas impermeabilizadas	Lotes, loteamentos	

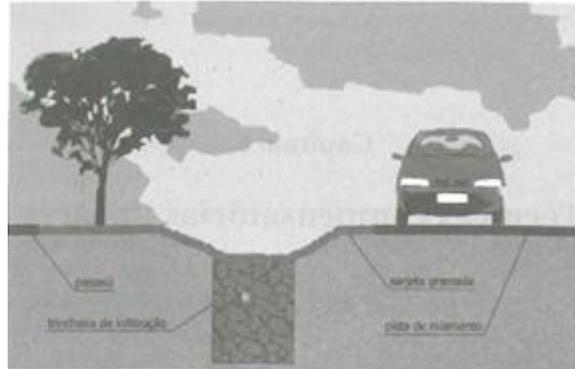
Complementando a tabela anterior, serão apresentadas a caracterização física de cada medida.

- **Trincheiras**

As trincheiras são dispositivos lineares (comprimento extenso em relação à largura e à profundidade) que recolhem o excesso superficial para promover sua infiltração e/ou o armazenamento temporário a figura a seguir apresenta o esquema de uma trincheira.



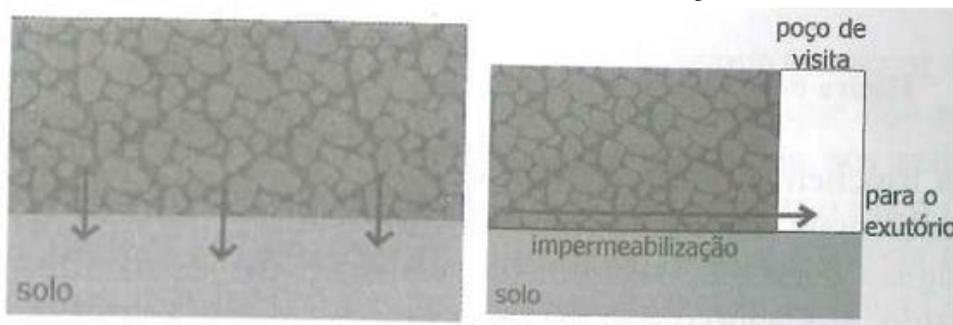
Figura 89: Esquema de trincheira.



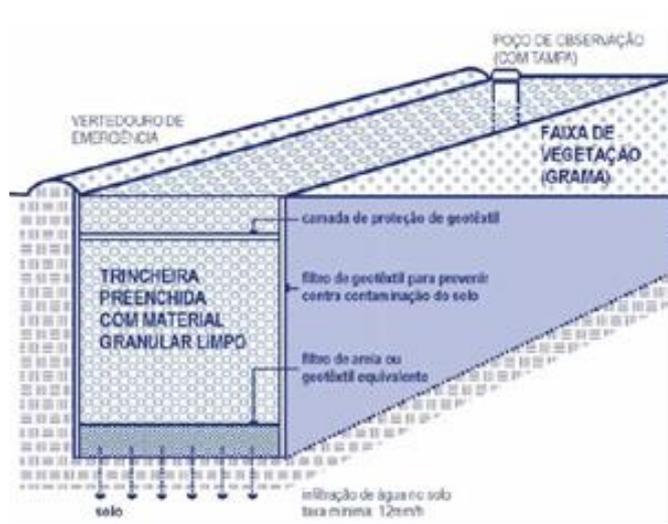
Fonte: Baptista, et.al. 2011⁶.

As trincheiras são preenchidas com material granular graúdo, geralmente pedra de mão, seixos ou brita. Há dois tipos de trincheiras que se diferem quanto ao esgotamento das águas: por infiltração no solo ou por meio de um dispositivo de deságue.

Figura 90: Trincheiras de infiltração.



Fonte: Baptista, et.al. 2011.



Fonte: Manual de Drenagem Urbana do Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba – 2002.

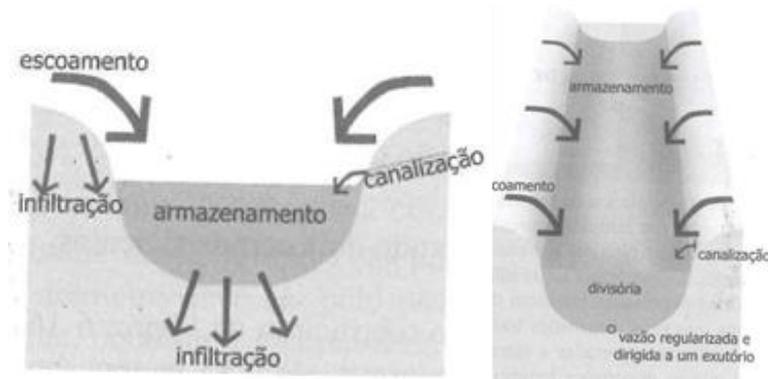
⁶ Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana 2ª Edição – 2011 – ABRH – Baptista, Márcio; Nascimento, Nilo; Barraud, Sylvie.

- **Valas**

As valas são dispositivos lineares (comprimento extenso em relação à largura à profundidade) com o objetivo de recolher as águas pluviais e efetuar seu armazenamento temporário e, eventualmente, favorecer sua infiltração.

Quanto ao esgotamento das águas pluviais, há duas maneiras: por meio de infiltração no solo local ou por deságue superficial, diretamente no corpo receptor, com ou sem dispositivo de controle, conforme figuras a seguir.

Figura 91: Vala de infiltração e vala de retenção, respectivamente.



Fonte: Baptista, et.al. 2011.

- **Pavimentos**

Como forma de controle da produção do escoamento superficial nos sistemas viários há a opção de implantação de pavimentos permeáveis e porosos, no entanto a adoção de pavimentos com superfície permeável, por si só, não apresenta um ganho significativo para os sistemas de drenagem. Para a obtenção de maior eficiência do sistema de drenagem há orientações de combinar esse tipo de pavimento com uma estrutura de pavimento porosa, permitindo a reserva temporária das águas pluviais em seu interior, com possibilidades de infiltração – figura a seguir.

Figura 92: Utilização de pavimento poroso em estacionamento.

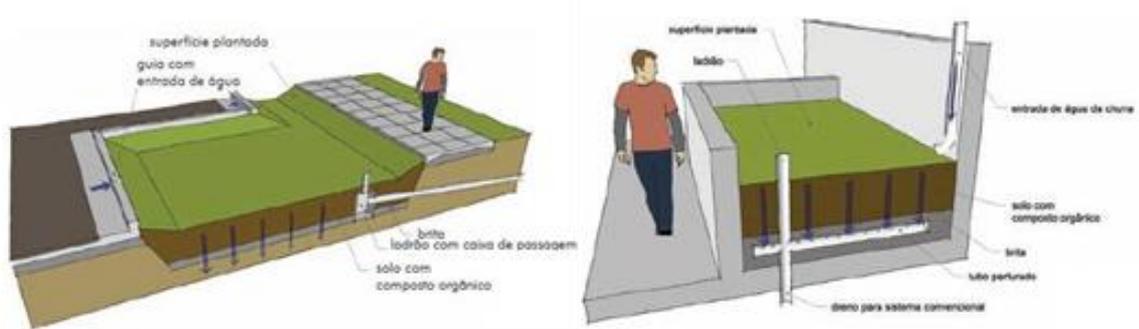


Fonte: Baptista, et.al. 2011.

- **Jardim de chuva / Canteiro Pluvial**

Os jardins de chuva são depressões topográficas, existentes ou reafeiçoadas especialmente para receberem o escoamento da água pluvial proveniente de telhados e demais áreas impermeabilizadas limítrofes. O solo, geralmente tratado com composto e demais insumos que aumentam sua porosidade, age como uma esponja a sugar a água, enquanto microrganismos e bactérias no solo removem os poluentes difusos trazidos pelo escoamento superficial. Os canteiros pluviais são muito parecidos com os jardins de chuva, porém compactados em locais menores. As figuras a seguir ilustram ambos.

Figura 93: Esquema de Jardim de chuva e Canteiro pluvial, respectivamente.

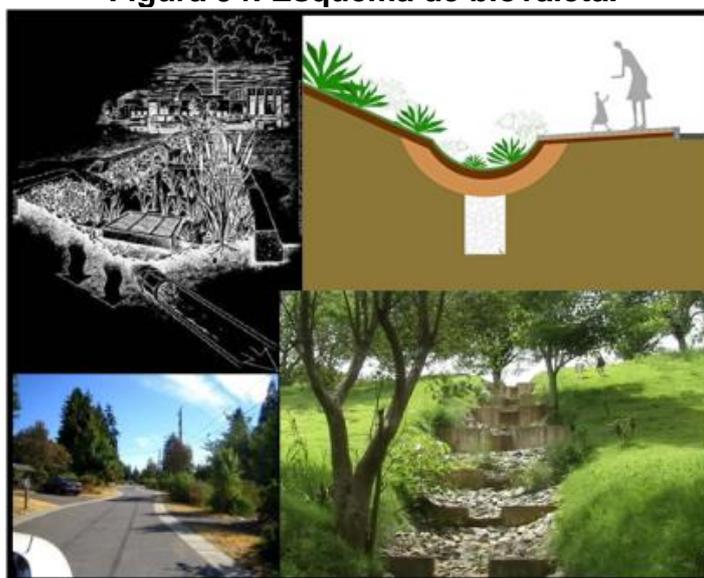


Fonte: Infra- estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana – Cormier, Nathaniel S.; Pellegrino, Paulo Renato Mesquita.

- **Biovaleta**

As biovaletas são semelhantes aos jardins de chuva, mas são normalmente longitudinais e nelas têm depressões com vegetação ou barreira artificial que limpa a água de chuva enquanto a valeta dirige para os jardins de chuva ou sistemas convencionais de drenagem. São implantadas em série de células, para que a água transborde de uma para outra, e neste transbordamento retarde a velocidade do escoamento, favorecendo a sedimentação de particulados que se encontram na água da chuva.

Figura 94: Esquema de biovaleta.



Fonte: USP.

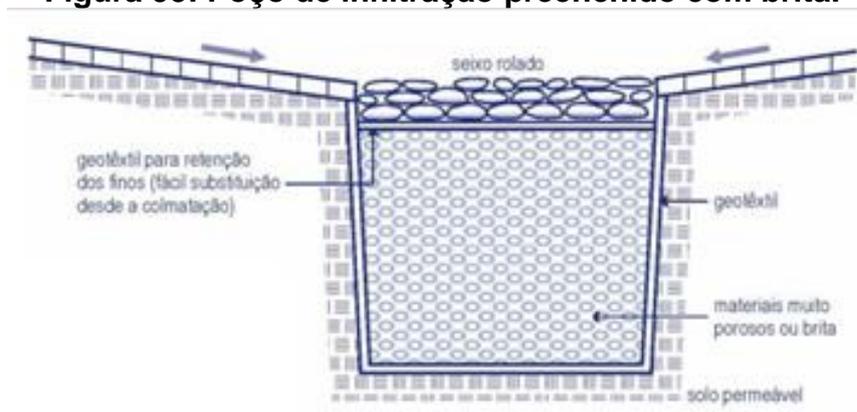
- **Grade Verde**

A grade verde é composta pela associação de diferentes modalidades, todas com a função de receber e reter as águas pluviais provenientes de superfícies impermeáveis. Também, respeitando as características hidrogeológicas locais, a cada uma das modalidades pode ser adicionada a possibilidade de infiltração (total ou parcial) das águas pluviais encaminhadas. Nos casos em que a infiltração não seja recomendável ou em que esta não seja integralmente viável, ocorre um posterior encaminhamento dos excessos para o sistema de drenagem do entorno (com hidrograma defasado e abatido). As grades verdes podem considerar as seguintes modalidades na sua composição:

- **Poços**

Os poços são dispositivos pontuais que permitem o esgotamento do escoamento superficial para dentro do solo. Construtivamente podem estar estruturados por preenchimento com brita (meio poroso) ou por revestimento estrutural fixando a parede interna e possibilitando o interior vazio.

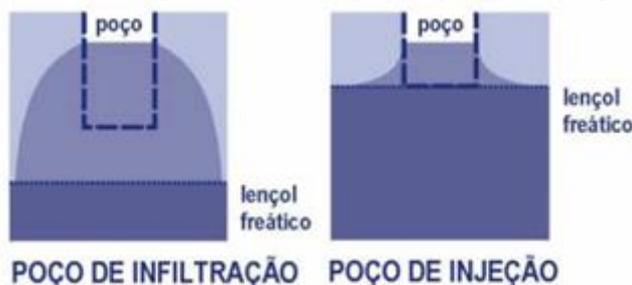
Figura 95: Poço de infiltração preenchido com brita.



Fonte: Manual de Drenagem Urbana do Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba – 2002.

Quando o lençol freático está a pouca profundidade, passa-se a chamar poço de injeção, pois ele adentra o lençol freático (fala-se nesse caso, de injeção do escoamento superficial diretamente no freático). A figura a seguir apresenta o esquema comparativo entre um poço de infiltração e um poço de injeção.

Figura 96: Poço de infiltração e poço de injeção.

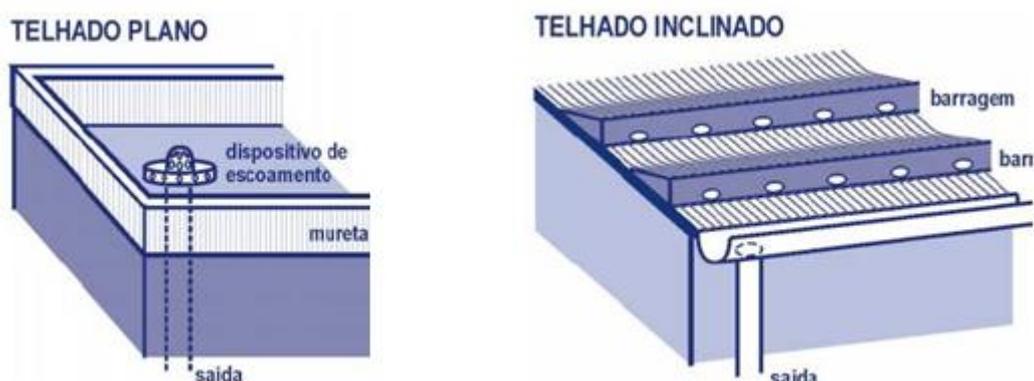


Fonte: Manual de Drenagem Urbana do Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba – 2002.

- **Telhado reservatório**

O telhado reservatório funciona como um reservatório que armazena provisoriamente a água das chuvas e a libera gradualmente para a rede pluvial, através de um dispositivo de regulação específico. Há dois tipos de telhado plano e inclinado representados na figura a seguir.

Figura 97: Telhados reservatórios.



Fonte: Manual de Drenagem Urbana do Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba – 2002.

O preenchimento com cascalho para conforto térmico é apropriado para uso em telhados reservatório, mas o volume de armazenamento diminui. Há também variantes que associam o papel de telhado reservatório com o de telhado jardim, com um preenchimento com solo e plantas também denominada Cobertura Verde Leve – CVL conforme a seguir.

Figura 98: Cobertura Verde Leve – CVL.



Fonte: Apresentação Sky Garden ENVEC.

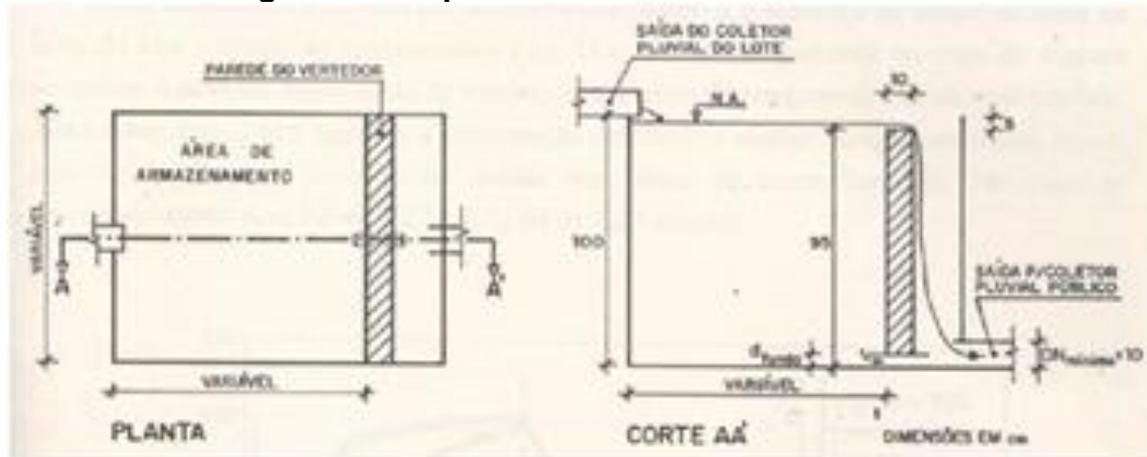
O ideal é que o telhado reservatório seja projetado juntamente com o projeto arquitetônico. Entretanto também é possível sua adaptação em edifícios existentes desde que haja condições estruturais para isso e se tomem os devidos cuidados quanto à impermeabilização.

- **Micro reservatório**

São pequenos reservatórios construídos para laminar as enxurradas produzidas em lotes urbanos residenciais e comerciais, em geral, são estruturas simples na forma de caixas

de concreto, alvenaria ou outro material, ou são escavados no solo, preenchidos com brita, e isolados do solo por tecido geotêxtil (semelhante a uma trincheira). A figura a seguir apresenta o esquema de um micro reservatório.

Figura 99: Esquema de um microrreservatório.



Fonte: Medidas não convencionais de reservação de água e controle da poluição hídrica em lotes domiciliares – Alfredo Akira Ohnuma Júnior – São Carlos 2008.

Micro reservatórios normalmente respondem a uma necessidade de atendimento de uma restrição legal de produção de escoamento pluvial no lote, especificada geralmente na forma de uma vazão de restrição.