SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS PDDU

PRODUTO 3

PROPOSIÇÕES PARA O SISTEMA DE DRENAGEM

OUTUBRO DE 2021 - Revisão 3

JARAGUÁ DO SUL PREFEITURA

SAMAE JARAGUÁ DO SUL

EVOLUA AMBIENTAL ENGENHARIA E ARQUITETURA

PREFEITURA MUNICIPAL DE JARAGUÁ DO SUL

SAMAE – SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO

Rua Erwino Menegotti, nº 478 – Jaraguá do Sul - SC

CEP: 89254-000

Telefone: (47) 2106-9100

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS DO MUNICÍPIO DE JARAGUÁ DO SUL

PRODUTO 3: PROPOSIÇÕES PARA O SISTEMA DE DRENAGEM

OUTUBRO DE 2021

PREFEITURA MUNICIPAL DE JARAGUÁ DO SUL

SAMAE – SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO

Rua Erwino Menegotti, nº 478 – Jaraguá do Sul - SC

CEP: 89254-000

Telefone: (47) 2106-9100

SAMAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jaraguá do Sul
Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas –2021.
163 pg.: il.color. 30 cm

Esta obra é um dos produtos referentes ao Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas de Jaraguá do Sul - SC

1. Medidas estruturais; 2. Medidas não estruturais; 3. Drenagem sustentável; 4. Uso e ocupação do solo; 5. Macrodrenagem; 6. Microdrenagem. 7. Modelo de cobrança.

Realização

PREFEITURA MUNICIPAL DE JARAGUÁ DO SUL

Rua Walter Marquardt, nº 1111 – Jaraguá do Sul – SC - CEP: 89259-565
Telefone: (47) 2106-8000

Antidio Aleixo Lunelli
Prefeito Municipal

SAMAE – SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO

Rua Erwino Menegotti, nº 478 – Jaraguá do Sul – SC - CEP: 89254-000
Telefone: (47) 2106-9100

Ademir Izidoro
Diretor Presidente do SAMAE

Empresa Contratada

EVOLUA AMBIENTAL ENGENHARIA E ARQUITETURA

CNPJ 16.697.255/0001-95
End.: Rua Gil Stein Ferreira, nº 357, sala 706, Itajaí - SC.
CEP 88301-210
Fone: 47 99231 5400 | e-mail: contato@evoluaambiental.com.br

(em branco)

ÍNDICE GERAL

Produto 1

DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE DRENAGEM

Produto 2

PROGNÓSTICO DO SISTEMA DE DRENAGEM

Produto 3

PROPOSIÇÕES PARA O SISTEMA DE DRENAGEM

Produto 4

PROGRAMA MUNICIPAL DIRETOR DE DRENAGEM

Produto 5

MANUAL DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

(em branco)

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO 14

2 CONTEXTUALIZAÇÃO 16

2.1 MEDIDAS ESTRUTURAIS 20

2.1.1 Reservatório de amortecimento de cheias 22

2.1.2 Parque linear ribeirinho 24

2.1.3 Banhados construídos (*Wetlands)* 26

2.1.4 Recuperação da mata ciliar e renaturalização de rios 28

2.1.5 Armazenamento temporário – estruturas de infiltração 32

2.1.6 Microrreservatórios 34

2.1.7 Telhados verdes 35

2.1.8 Jardins de Chuva 38

2.1.9 Pavimentos permeáveis 40

2.1.10 Retardamento de escoamento 41

2.1.11 Diques, comportas e estações elevatórias 42

2.1.12 Bocas-de-lobo e poços de visitas 45

2.2 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS OU ESTRUTURANTES 48

2.2.1 Controle do uso e ocupação do solo 49

2.2.2 Reuso e retenção de água pluvial 50

2.2.3 Manutenção dos dispositivos do sistema de drenagem 51

2.2.4 Medidas de controle e Fiscalização 52

2.2.5 Educação ambiental 53

2.2.6 Criação de parques 53

2.2.7 Previsão de cheias e alerta ao risco de desastres 54

2.3 COBRANÇA PELOS SERVIÇOS DE DRENAGEM URBANA 55

2.3.1 Mercado 56

2.3.2 Cobrança 57

2.3.3 Instrumentos Tributários 59

2.4 MODELOS TEÓRICOS E PRÁTICOS DE COBRANÇA 61

2.4.1 Metodologia 1 – Prefeitura de Santo André/SP (1997) 61

2.4.2 Metodologia 2 – Tucci (2002) 62

2.4.3 Metodologia 3 – Nascimento *Et Al*. (2006) 65

2.4.4 Metodologia 4 – Gomes *Et Al*. (2008) 65

2.4.5 Metodologia 5 – Tasca (2016) 67

3 OTIMIZAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS 71

3.1 ESTUDO HIDROLÓGICO 71

3.2 MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA NA MACRODRENAGEM 75

3.2.1 Análise da bacia do Rio Itapocu 76
3.2.2 Resultados da calibração e verificação 78
3.2.3 Análise do impacto do reservatório 81
3.2.4 Análise da bacia do rio Jaraguá 82
3.2.5 Análise do impacto das medidas estruturais 84
3.2.6 Ponderações sobre o estudo hidrológico 86
3.3 MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA NA REDE DE MICRODRENAGEM 88
3.3.1 Avaliação de galerias de água pluvial 89
3.3.2 Resultados 91
3.3.3 Ponderações sobre a modelagem matemática aplicada 98

4 PROPOSIÇÕES DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS DE CONTROLE 100
4.1 PARQUES PARA AMORTECIMENTO DE CHEIAS 100
4.1.1 Projeto dos parques urbanos 101
4.2 ESTUDO PARA IMPLANTAR COMPORTA NO RIO JARAGUÁ 110
4.3 RECUPERAÇÃO DE MATA CILIAR 110
4.4 IMPLANTAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RUAS “PERMEÁVEIS” 110
4.5 ADEQUAÇÃO DAS BOCAS-DE-LOBO 116
4.6 MELHORIAS OPERACIONAIS NO SISTEMA DE MICRODRENAGEM 117
4.7 OBRAS A SEREM IMPLANTADAS POR MICROBACIA 117

5 PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS DE CONTROLE 120
5.1 CONTROLE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO 120
5.2 REFORMULAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO 121
5.3 BASES PARA UM PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL 127
5.4 CRIAÇÃO DE UNIDADES DE PRESERVAÇÃO 128
5.5 PREVISÃO DE CHEIAS E ALERTA AO RISCO DE DESASTRES 128
5.6 LEGISLAÇÃO VOLTADA AO MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS 129
5.7 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS A SEREM INCORPORADAS 131

6 DEMONSTRATIVO ECONÔMICO-FINANCEIRO 135
6.1 OBTENÇÃO DE RECURSOS POR MEIO DE REPASSES, FINANCIAMENTOS E TRIBUTAÇÃO ESPECÍFICA 135
6.2 PROPOSIÇÃO DE MODELO DE COBRANÇA 137

7 LEVANTAMENTO DE 50 KM DE REDES DE MICRODRENAGEM 139

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Reservatório de detenção 23
Figura 2 - Praça Celso Luft na cidade de Porto Alegre - RS 24
Figura 3 – Parque Linear 1º de Maio – Belo Horizonte 25
Figura 4 – Reservatório do Paço Municipal de Mauá 26
Figura 5 - *Wetland* construído no Rio *Huangpu*, Xangai 28
Figura 6 – Bioengenharia para estabilização de margem de rio 31
Figura 7 - Parque *Bishan-Ang Mo Kio* - Singapura 32
Figura 8 – Estruturas de infiltração 33
Figura 9 – Esquema de captação de água de chuvas em cisterna 34
Figura 10 – Microrreservatórios de Santo André - SP 35
Figura 11 - Camadas de um telhado verde 36
Figura 12 - Telhado verde na Cia Hering em Blumenau - SC 37
Figura 13 - Jardim de Chuva – projeto panorâmico 38
Figura 14 - Jardim de chuva implantado na cidade de Nova York 39
Figura 15 - Pavimentos intertravados permeáveis 40
Figura 16 – Pavimentos permeáveis 41
Figura 17 – Instalações para retardamento de escoamento 42
Figura 18 – Pôlders Jardim Romano e Vila Itaim 43
Figura 19 – Canal do Tamandaré – Belém - PA 44
Figura 20 – Bacia de Detenção Cedrolandia 45
Figura 21 - Tipos de boca-de-lobo 46
Figura 22 - Bocas-de-lobo combinadas 47
Figura 23 – Boca-de-lobo com cesta para retenção de resíduos sólidos 48
Figura 24 - Fluxograma metodológico para avaliação do impacto de medidas estruturais 71
Figura 25 - Hidrograma de cheia observado e modelado para os eventos de 2008 e 2009 (Rio Novo, Corupá, SC) 79
Figura 26 - Hidrograma de cheia observado e modelado para os eventos de 2008 e 2009 (Rio Itapocu, Jaraguá do Sul, SC) 80
Figura 27 - Hidrograma de cheia observado e modelado para o evento de 2014 (rio Itapocu, Jaraguá do Sul, SC) 81
Figura 28 - Hidrogramas de cheia e impacto do reservatório na redução do risco de inundação do rio Itapocu 82
Figura 29 - Discretização espacial da bacia do rio Jaraguá e componentes hidrológicos (interface do HEC-HMS) 84
Figura 30 - Impacto do reservatório de redução de risco de inundação no rio Itapocu 85
Figura 31 - Traçado e dimensão da galeria na Avenida Marechal Deodoro da Fonseca 92
Figura 32 - Traçado e dimensão da galeria na Rua Cel. Bernardo Grubba 93

Figura 33 - Traçado e dimensão da galeria na Rua Quintino Bocaiuva e Rua José Albus 95
Figura 34 - Traçado e dimensão da galeria na João Planinchek 96
Figura 35 – Levantamento ruas Estanislau Ayroso a João Planincheck 97
Figura 36 - Traçado provável e cotas topográficas obtidas no levantamento cadastral: destaque para os dados inconsistentes com o GEOPORTAL 98
Figura 37 – Lixeiras aéreas e embutidas 124
Figura 38 – Tipos de coleta 125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Itens apoiáveis com recursos da OGU 20
Quadro 2 – Formas de precificação 59
Quadro 3 – Tipos de tributos 60
Quadro 4 - Principais resultados da Urape aplicada ao município de Santo Amaro da Imperatriz 69
Quadro 5 - Valores para coeficiente de escoamento superficial (C) em função do uso e da ocupação do solo 90
Quadro 6 - Estimativa de área de implantação e revitalização de ruas permeáveis por microbacia urbana 111
Quadro 7 - Estimativa de bocas-de-lobo a serem substituidas por microbacia urbana 116
Quadro 8 - Estimativa de obras de microdrenagem por microbacia urbana 118
Quadro 9 - Proposição das medidas estruturais de controle 118
Quadro 10 – Proposição das medidas não estruturais de controle 132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Definição da Urape para Santo Amaro da Imperatriz - SC 68
Tabela 2 - Taxas por Urapes 68
Tabela 3 - Impacto da taxa de drenagem na renda mensal 69
Tabela 4 - Modelos utilizados para estimativa da vazão e propagação da onda de cheia 75
Tabela 5 - Parâmetros calibrados do modelo ARIMAX 77
Tabela 6 - Parâmetros hidrológicos da bacia do rio Novo 78
Tabela 7 - Características dos reservatórios previstos na bacia do rio Jaraguá 86
Tabela 8 - Localização das galerias avaliadas 88
Tabela 9 - Local: Avenida Marechal Deodoro da Fonseca, Centro, Jaraguá do Sul 94

Tabela 10 - Local: Rua Cel. Bernardo Grubba, Centro, Jaraguá do Sul 94

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Mapa de monitoramento hidrológico..... 73

LISTA DE PRANCHAS

Prancha 1 - Propostas de paisagismo e cobertura vegetal 103
Prancha 2 - Propostas de utilização de pisos diversos 104
Prancha 3 - Propostas de utilização de pisos diversos 105
Prancha 4 - Modelo de faixa de ciclismo 107
Prancha 5 - Projeto dos modelos de ruas e calçadas..... 113
Prancha 6 - Projeto dos modelos de ruas e calçadas..... 114
Prancha 7 - Projeto dos modelos de ruas e calçadas..... 115

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1 - Análise da microdrenagem da microbacia Francisco de Paula.
Apêndice 2 - Levantamento cadastral da microdrenagem da microbacia Francisco de Paula.

LISTA DE SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimentos *Portland*
ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACIJS	Associação Empresarial de Jaraguá do Sul
AIV	Parcela do solo impermeabilizada
ALESC	Assembleia Legislativa de Santa Catarina
APP	Área de Preservação Permanente
ARIMAX	Autoregressivo Integrado de Média Móvel para Variável Exógena
ARIS	Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento
ASLA	*American Society Of Landscape Architects*
BMP	*Best Management Practices*
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CDL	Câmara dos Dirigentes Lojistas
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CTN	Código Tributário Nacional
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre
EPA	*Environmental Protection Agency*
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
FUJAMA	Fundação Jaraguaense de Meio Ambiente
FURB	Fundação Universidade Regional de Blumenau
HEC-HMS	*Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System*
HUC	*Hidrograma Unitário de Clark*
IDF	Intensidade-Duração-Frequência
IMA	Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
LID	*Low Impact Development*
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
NBR	Norma Técnica Brasileira
NSE	Coeficiente de Nash-Sutcliffe
OCIS	Observatório da Cidadania e Intervenção Social
ODS	Objetivo do Desenvolvimento Sustentável
OGU	Orçamento Geral da União
PDDU	Plano Diretor de Drenagem Urbana
PE	Estado de Pernambuco
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMBH	Prefeitura Municipal de Belo Horizonte
PMPA	Prefeitura Municipal de Porto Alegre
POP	Procedimento Operacional Padrão
PPGEA	Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental
PR	Estado do Paraná
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
RS	Estado do Rio Grande do Sul
SAMAE	Serviço Autônomo de Águas e Esgoto de Jaraguá do Sul

SbN	Soluções Baseadas na Natureza
SC	Estado de Santa Catarina
SDE	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável
SEMASA	Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SP	Estado de São Paulo
SUDS	Sistemas Urbanos De Drenagem Sustentável
TD	Taxa de drenagem
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
URM	Unidade de Referência Municipal
WWAP	*World Water Assessment Programme*

1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório é parte integrante do Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas do Município de Jaraguá do Sul, Santa Catarina, no âmbito do contrato nº 015/2021 firmado entre o Serviço Autônomo de Águas e Esgoto de Jaraguá do Sul – Samae e a empresa Evolua Ambiental Engenharia e Arquitetura LTDA.

O Produto 3 – Proposições para o Sistema de Drenagem, foi elaborado seguindo as diretrizes e especificações do Termo de Referência e apresenta os estudos produzidos para o Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.

Esse documento apresenta as medidas estruturais e não estruturais para a melhoria dos serviços de drenagem pluvial e manejo das águas. Nessa etapa é apresentado o estudo que avalia o volume necessário para que reservatórios reduzam o risco de inundação no município de Jaraguá do Sul. A mensuração do impacto dessas estruturas foi realizada em uma seção no Rio Itapocu e outra no Rio Jaraguá. Os benefícios dessas medidas podem se estender a outras regiões a jusante das seções analisadas. O estudo se desenvolveu no âmbito do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas de Jaraguá do Sul, portanto, as medidas estruturais avaliadas se concentram dentro dos limites territoriais do município.

As medidas não estruturais são idealizadas com foco na gestão de drenagem sustentável, envolvendo atos a serem incorporados no Plano Diretor de Organização Físico Territorial de Jaraguá do Sul; reformulação do sistema de gestão dos serviços de drenagem; programa de educação ambiental; criação de unidades de preservação ambiental; instalação de sistema de precisão de cheia e alerta ao risco de desastre; adequação e atualização da legislação voltada ao manejo das águas pluviais; além da apresentação de opções para obtenção de recursos financeiros para sustentabilidade do setor.

O presente produto também tem por objetivo sugerir um modelo de cobrança pelos serviços de drenagem urbana. Como esse tipo de prática, que é ainda muito incipiente em território nacional, faz-se necessário iniciar com as características conceituais da cobrança, discutidas pela literatura econômica. Na sequência, são apresentados os instrumentos tributários brasileiros permitidos e aptos para a

cobrança do serviço de drenagem urbana. Também são apontados os principais modelos teóricos e práticos, tendo em vista as experiências brasileiras; assim como são apontados elementos para construção de um modelo de cobrança para o município de Jaraguá do Sul.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

A infraestrutura hídrica e acesso aos serviços adequados de saneamento são essenciais para o desenvolvimento sustentável e melhoria dos padrões de vida, a criação de empregos dignos e a maior inclusão social. No entanto, quando questões de água são negligenciadas, há risco de graves impactos negativos nas economias locais, nos meios de subsistência e nas populações, gerando-se resultados dispendiosos e catastróficos. Áreas como saúde humana, segurança alimentar e energética, urbanização e o crescimento industrial, são desafiadoras, e a gestão inadequada dos recursos naturais podem trazer danos não somente para a economia, como também para a sociedade; invertendo os benefícios esperados para a qualidade de vida.

Áreas urbanas possuem um denso e complexo sistema de serviços interconexos, e assim, possuem vários aspectos que contribuem para o risco de desastre. Estratégias e políticas públicas devem ser desenvolvidas visando o atendimento de cada aspecto, como parte de uma visão global. Possibilitando dessa forma a construção de cidades de tamanho, geografia e perfis diferentes, mas resilientes e com qualidade de vida (NAÇÕES UNIDAS, 2012).

Os principais responsáveis pelos riscos de desastres são: crescimento da população e densidade urbana, interferindo no uso e ocupação do solo; governança local fragilizada; inadequada gestão dos recursos hídricos, dos sistemas de drenagem e de resíduos sólidos; declínio dos ecossistemas por interferência antrópica; padrões de construção inseguros e falta de manutenção de infraestruturas; serviços de emergência descoordenados; efeitos adversos das mudanças climáticas que irão, provavelmente, aumentar inundações e outros desastres relacionados ao clima (NAÇÕES UNIDAS, 2012). A maioria dessas responsabilidades estão no nível de competência municipal. O investimento em estudos e planejamento tende a reduzir perdas e danos em caso de desastres e melhorar a qualidade de vida da população.

O rápido crescimento urbano tem provocado um aumento excessivo das superfícies impermeabilizadas sobre o solo original. Este fato contribui para a interrupção do ciclo hidrológico natural. Em zonas urbanas consolidadas, 90% das chuvas podem transformar-se em escoamento superficial, trazendo aumento da

vazão, inclusive em chuvas de curta duração e baixa intensidade. Este problema aumenta com o incremento dos padrões de chuva (FUNDACIÓN CONAMA, 2018).

As chuvas intensas são parte natural do processo hidrológico, no entanto, em áreas urbanas as atividades humanas alteram seus padrões de escoamento. O escoamento urbano pode trazer significante fontes de poluição. Assim, a qualidade de água pode ser afetada quando o escoamento carreia sedimentos e outros poluentes para rios, lagos, estuários e água subterrânea (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2004).

Os maiores impactos causados pelo incremento das chuvas intensas são: aceleração da velocidade e degradação dos canais; declínio da qualidade da água devido à lavagem de poluentes acumulados nas superfícies impermeáveis e aumento no assoreamento e erosão dos solos em áreas permeáveis devido ao aumento do escoamento; diminuição da reserva de água subterrânea, resultando em diminuição dos fluxos de tempo seco, água de menor qualidade nos canais durante as baixas vazões, aumento da temperatura da água nos canais e maior carga poluente anual; aumento das inundações; transbordamentos combinados de esgoto sanitário devido à infiltração e afluxo de águas pluviais, danos à vida aquática resultante do acúmulo de sólidos em suspensão, e aumento dos riscos para a saúde dos seres humanos devido ao resíduos sólidos, que também podem colocar em risco e destruir fontes alimentares ou habitats da vida aquática (MUTHUKRISHNAN et al., 2005).

As redes de esgoto públicas no Brasil são predominantemente em condutores livres, que dependem da gravidade para escoar os fluidos transportados. Em locais onde não há tratamento de esgoto, o efluente doméstico de uma bacia hidrográfica tende a ser direcionado para o canal de drenagem, que são corpos de água. Além do mais, habitações localizadas próximas ao canal, comumente lançam seus esgotos diretamente sobre ele (ALENCAR, 2017).

Além dos problemas de poluição do canal há os referentes aos sistemas convencionais de drenagem, que são: descargas dos sistemas unitários, contaminação difusa, custos da gestão centralizada, desperdício do recurso potencialmente aproveitável, incremento das vazões a jusante (PHILIP, 2011). Também há que adicionar os efeitos da mudança climática que pode causar períodos mais frequentes de chuvas intensas, conforme histórico dos últimos 30 anos no sul do Brasil (FUNDACIÓN CONAMA, 2018; MARENGO, 2014).

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2018) espera-se que haja aumento da frequência e severidade das enchentes e das secas, decorrentes das mudanças climáticas. Para reduzir os riscos das mudanças climáticas, uma das principais estratégias é a adaptação. A adaptação inclui a combinação da tecnologia, engenharia e das opções naturais; assim como medidas institucionais e sociais para conter os danos e explorar oportunidades da mudança climática (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2020).

Em um primeiro momento a ciência lidou com os problemas sociais decorrentes da inundação, como consequência houve o afastamento do ser humano da água. No entanto, atualmente ganha-se espaço a reintegração da água no ambiente urbano, com o intuito de promover uma convivência harmoniosa com esse recurso e o ser humano (ALENCAR, 2017). De acordo com ABES (2021) há vários conceitos utilizados para as técnicas de manejo de águas urbanas, como cidades esponja, infraestrutura verde e azul, LIDs (*Low Impact Development*), BMPs (*Best Management Practices)*, SUDS (sistemas urbanos de drenagem sustentável) e drenagem sustentável, sendo que o conceito mais atual e que tenta abranger todas as outras técnicas são as soluções baseadas na natureza (SbN). Todas essas técnicas visam migrar da drenagem para o manejo de águas pluviais. As SbN buscam reduzir a quantidade de superfícies impermeáveis e manejar a água pluvial na origem (FUNDACIÓN CONAMA, 2018); são sistemas de manejo de água, principalmente das chuvas, e planejamento urbano que visam reproduzir e restituir os processos hidrológicos antes do desenvolvimento urbano; como infiltração, filtração, armazenamento, transmissão, evapotranspiração; de modo que se considerem melhorias no tempo, local e quantidade de água disponível para as necessidades humanas (FUNDACIÓN CONAMA, 2018; WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2018).

Apesar dos grandes avanços das SbN, a gestão dos recursos hídricos depende muito da infraestrutura construída pelo ser humano, denominada cinza. A proposta é buscar um equilíbrio entre a infraestrutura cinza e a verde (baseada na natureza), de forma rentável e sustentável, levando-se em consideração os múltiplos objetivos e benefícios (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2018). Os sistemas de drenagem sustentável conseguem diminuir os escoamentos que são recebidos em coletores, tanques de captação de águas da chuva, além de reduzir o arraste de

sólidos; aumentando assim a resiliência dos sistemas convencionais (FUNDACIÓN CONAMA, 2018).

A drenagem sustentável das águas pluviais é concebida para fazer gestão dos riscos derivados dos escoamentos urbanos, tanto em quantidade como qualidade, assim como para melhora do meio ambiente e a harmonia paisagística da cidade; minimizando o impacto do desenvolvimento urbano. A sugestão é promover a distribuição da chuva na totalidade do território urbanizado, integrada com espaços públicos e edificações, aproveitando a operatividade da paisagem natural, especialmente a vegetação. Desta forma, permite-se captar água com máxima qualidade e com maior cota altimétrica, o que facilita o seu aproveitamento (FUNDACIÓN CONAMA, 2018).

Um sistema de drenagem mais integrado entende a água das chuvas como um recurso e busca infiltrá-la para recarregar os aquíferos e assim gradualmente manterem os corpos d'água. Assim há a percepção desta água como uma fonte para utilização. A água muitas vezes deve ser tratada, pois possui poluentes atmosféricos e do arraste das superfícies por onde escoa. Este tratamento pode ser descentralizado e em sistemas naturais por meio do solo, lagoa e vegetação. O sistema de drenagem urbano integrado é planejado para melhorar a paisagem e prover meios de recreação. Além de restaurar e proteger os ecossistemas urbanos para manter e melhorar os habitats naturais (TORRES, 2020).

Cabe destacar que o ODS 11 (Objetivo do Desenvolvimento Sustentável) se propõe a "Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis". Isso só será possível por meio de ações que reduzam o impacto ambiental negativo das cidades, que apoiem os vínculos econômicos, sociais e ambientais positivos entre as zonas urbanas e rurais, e redobrem os esforços para proteger o patrimônio natural e cultural. Agendas internacionais como a Nova Agenda Urbana (Hábitat II) inclui cada vez mais temas ambientais em suas metas, principalmente para melhorar a sustentabilidade e resiliência das cidades (FIGUEROA-ARANGO, 2020).

Para tornar as cidades mais resilientes e com boa qualidade de vida, é de extrema relevância um bom sistema de drenagem pluvial e manejo de águas urbanas. Para a viabilização e bom funcionamento desse sistema, medidas estruturais e não

estruturais devem ser adotadas pelos responsáveis, em conjunto com os munícipes por meio de gestão participativa e compartilhamento de responsabilidades.

2.1 MEDIDAS ESTRUTURAIS

Medidas estruturais são compostas por obras e intervenções físicas em infraestrutura de saneamento, apoiando a ampliação do segmento, como obras de contenção, drenagem e até mesmo retaludamento das áreas de encosta (PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO, 2019). As medidas estruturais tendem a evitar a ocorrência de inundações, enquanto as medidas não estruturais trabalham para reduzir prejuízos e melhorar a convivência da comunidade em relação às enchentes (BERTONI, TUCCI, 2003). As medidas estruturais possuem a finalidade de aumentar o volume de água pluvial infiltrada, armazenada e evapotranspirada, por meio da aceleração, retardamento ou desvio do escoamento superficial.

O Ministério do Desenvolvimento Regional lançou em 2020 o Manual para Apresentação de Propostas para Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável de Manejo das Águas Pluviais; cujo objetivo é orientar os estados e municípios quanto a apresentação de propostas técnicas, visando recurso do Orçamento Geral da União (OGU), com a finalidade de apoiar sistema de drenagem sustentável, por meio de ações estruturais e não estruturais. Os princípios adotados no manual do MDR indicam que as ações nesse segmento sejam de tal forma “que se traduz em soluções mais eficazes e econômicas quando comparadas às soluções tradicionais de drenagem urbana” (BRASIL, 2020). O Quadro 1 expõe os itens apoiáveis para acesso aos recursos do OGU.

Quadro 1 – Itens apoiáveis com recursos da OGU

Itens apoiáveis	Descrição
Reservatório de amortecimento de cheias	É uma estrutura que acumula temporariamente as águas pluviais com a função de amortecer as vazões de cheias e reduzir os riscos de inundações a jusante. Quando mantido seco na estiagem, o reservatório é chamado de reservatório (ou bacia) de *detenção*. Quando o reservatório mantém um volume permanente de água, é chamado de reservatório (ou bacia) de *retenção*
Parque linear ribeirinho	Parque implantado em uma faixa ao longo de um rio, córrego ou canal. Tem múltiplas funções, sendo a principal delas, proteger a zona ribeirinha contra ocupações irregulares que possam vir a confinar o corpo de água e reduzir a largura da área destinada à inundação

Itens apoiáveis	Descrição
Parque isolado associado a reservatório de amortecimento de cheias ou área para infiltração de águas pluviais	Trata-se de um parque situado em posição estratégica na bacia hidrográfica... concebido de modo a promover a infiltração das águas de chuva e contar com lagos que, além da função ornamental, devem ser projetados para amortecer o escoamento
Recuperação de áreas úmidas (várzeas)	São obras que visam recompor as áreas de inundação natural de rios e córregos. Podem ser associadas aos parques lineares e se aplicam geralmente às áreas ribeirinhas alteradas ainda não densamente ocupadas... restabelecer as áreas naturais de inundação com efeitos positivos na redução das inundações a jusante
Banhados construídos (*wetlands*)	*Wetlands* são zonas de transição situadas no trajeto das águas que escoam por uma bacia, entre as regiões mais altas e os talvegues... funcionam como bacias de retenção e de infiltração, reduzindo as vazões e os volumes de cheia
Restauração das margens	Refere-se à estabilização e recomposição de margens de rios e canais rompidas pelo efeito da erosão, *piping*, sobrecarga do maciço, colapso de estruturas de contenção, dentre outros motivos
Recomposição de vegetação ciliar	Consiste na recuperação da vegetação ao longo da faixa de APP quando a vegetação tiver sido removida por ação antrópica
Renaturalização de rios e córregos	Aplicada em conjunto com a implantação de parques lineares e consiste em promover as condições necessárias para que o curso de água recupere suas condições naturais. Os benefícios principais alcançados com essa técnica são a redução dos picos de cheia, a diminuição dos processos erosivos, a melhoria da qualidade da água e o restabelecimento do ecossistema
Bacias de contenção de sedimentos	São reservatórios ou tanques implantados em pontos estratégicos do sistema de drenagem (geralmente nos pontos de quebra de greide ou de inflexão de declividade) que, através da redução da velocidade de escoamento, promovem a sedimentação dos sólidos suspensos nas águas pluviais
Dissipadores de energia	São estruturas que têm como finalidade a redução da energia do escoamento para proteger, contra a erosão, os trechos a jusante de trechos canalizados
Adequação de canais para retardamento do escoamento	Consiste em intervenções na calha de canais com a finalidade de reduzir a velocidade do escoamento e, assim retardar os picos de cheia, reduzindo os riscos de inundação a jusante
Desassoreamento de rios e córregos	Obras de limpeza e remoção de sedimentos acumulados para o aumento da capacidade de escoamento
Canalização de córregos	Quando associada a obras e ações não-estruturais que priorizem a retenção, o retardamento e a infiltração das águas pluviais. Da mesma forma que os sistemas de galerias, a canalização de córregos pode causar a transferência de inundações para jusante além de outros impactos negativos e, portanto são necessárias medidas mitigadoras que reduzam esses impactos

Itens apoiáveis	Descrição
Sistemas para aproveitamento das águas pluviais	São sistemas que permitem a reutilização das águas pluviais armazenadas em reservatórios de amortecimento ou microrreservatórios. As utilizações típicas são: lavagem de pisos, rega de jardins, bacias sanitárias, circuitos industriais de refrigeração e outros usos que não exijam a utilização de água potável
Controle de enchentes e erosão provocados pela dinâmica fluvial	Construção de espigões, muros de proteção, diques de contenção para controle dos danos causados pela dinâmica fluvial
Estações elevatórias, diques e comportas	Quando fizerem parte do sistema de macrodrenagem, em especial em *polders* e regiões litorâneas
Ampliação, reabilitação e/ou reconstrução de unidades de drenagem subdimensionadas	Desde que esgotadas as possibilidades de adoção de ações de que promovam o amortecimento das vazões de pico, a redução do escoamento superficial e da velocidade
Obras de microdrenagem complementares	Canaletas gramadas ou ajardinadas; Valas de infiltração; Trincheiras de infiltração; Poços de infiltração; Microrreservatórios; Coberturas ajardinadas de edifícios
Serviços preliminares	Como placas de obras, tapumes, limpeza e cercamento de área e instalação de canteiro de obras
Outras obras complementares	Pavimentações, guias, sarjetas, sarjetões, implantação de sistema de alerta, urbanização de caráter complementar, remanejamento/adequações em interferências com redes de energia elétrica, entre outros
Ações para viabilização das obras	Aquisição ou desapropriação de terreno, reassentamento de famílias, medidas de preservação ou compensação ambiental, medidas não estruturais

Fonte: Adaptado de Ministério do Desenvolvimento Regional (2020)

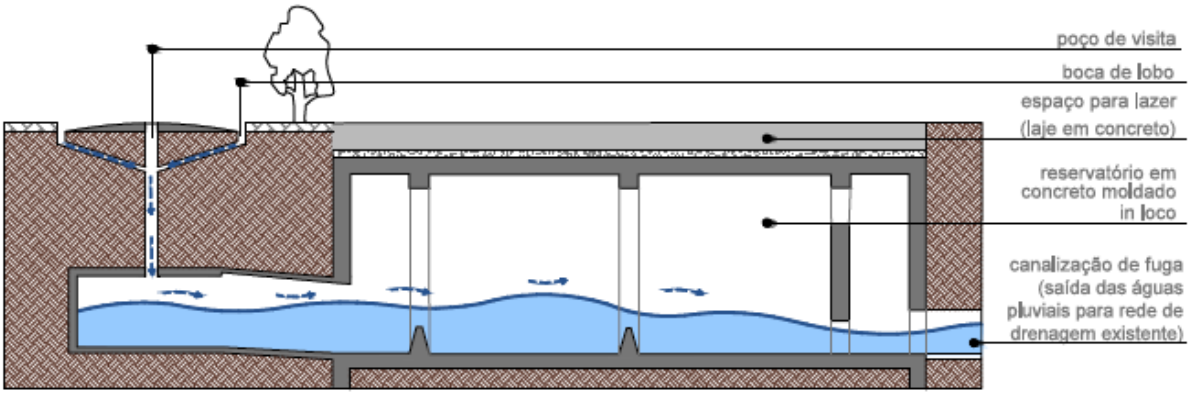
2.1.1 Reservatório de amortecimento de cheias

Os reservatórios de amortecimento de cheias são estruturas que servem para acumular temporariamente as águas pluviais, controlando a vazão do canal e contribuindo para a redução de inundações a jusante do local instalado, assim como na bacia hidrográfica que está inserida. Os reservatórios de retenção são também chamados de “piscinões” pois permanecem cheios formando lagos, captam um elevado volume de água pluvial, que posteriormente é utilizado depois para fins menos nobres. Já os reservatórios de detenção são estruturas que após o período da chuva, desaguam seu volume pluvial na rede de drenagem, permanecendo vazio durante períodos sem chuva (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2012).

Essas estruturas podem ser alocadas em áreas já degradadas e ociosas, altamente impermeabilizadas e com elevado índice de densidade demográfica, pois podem ser estruturas subterrâneas, conforme Figura 1, cobertas ou a céu aberto.

Assim, essas estruturas entram em consonância com a área implantada. O reservatório a céu aberto, em momentos de seca, pode ser utilizado como praça e/ou quadra de esporte; ou quando for subterrâneo, as áreas cobertas também se encaixem em uso público para prática de esportes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, [201-a]).

Figura 1 – Reservatório de detenção



Fonte: Associação Brasileira De Cimento *Portland* [201-a]

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) de Porto Alegre, RS, indicou a construção de um reservatório de detenção da bacia hidrográfica no Arroio de Areia. Implantada a obra em 2010, hoje a Praça Celso Luft é uma área verde, com local de lazer e práticas de esporte e também um reservatório subterrâneo com capacidade para retenção de 6000 m³ de água pluvial, que desagua no Arroio Areia. A Figura 2, mostra o projeto inicial e a sua execução, onde a obra de engenharia cinza não interfere na zona verde proposta (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 201-).

Figura 2 - Praça Celso Luft na cidade de Porto Alegre - RS

Fonte: Associação Brasileira De Cimento Portland [201-a]

2.1.2 Parque linear ribeirinho

Parques lineares são áreas ao longo de rios e córregos que servem para proteger a zona ribeirinha, restaurando então as várzeas, protegendo contra erosão e ocupação irregular. Em momentos de cheia dos rios, quando ocorre elevados índices pluviométricos, essas áreas são alagadas, permitindo o aumento da zona de inundação, sem que haja prejuízo humano. Já em momentos de seca, essas áreas são utilizadas para lazer e prática de esportes, reintegrando esse espaço ao convívio da sociedade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, [201-b]).

Os parques lineares são multifuncionais. Promovem benefícios na esfera ambiental, com o intuito de preservar áreas de vales de rios, contribuem para o saneamento local, qualidade das águas subterrâneas, preservação de áreas protegidas e da sua biodiversidade. Também melhoram a qualidade de vida, pois

contribuem para a melhoria da qualidade do ar e oferecem espaços abertos para práticas de esportes e recreação (MORA, 2013).

No Brasil há diversas experiências com parques lineares como os existentes na região metropolitana de São Paulo, na bacia do Alto Tietê, criados a partir do Plano Diretor da cidade, no ano de 2002. Os parques lineares foram criados com o objetivo principal de melhorar a infraestrutura da drenagem pluvial, o controle das enchentes e o aumento de áreas verdes. São produtos desse plano o parque linear do Canivete, que está compreendido em uma área de 46 km², e o com uma superfície de drenagem de mais de 5.000 km².

O Parque Linear 1º de Maio, Figura 3, localizado na região norte de Belo Horizonte - MG, foi inaugurado em 2008. Essa era uma importante demanda da região que sofria com enchentes e com a má qualidade das águas do córrego. Além dos benefícios ambientais, o projeto incorporou uma área de lazer para a população local, que era outra carência da região. Essa é uma obra do Programa DRENURBS de Belo Horizonte.

Figura 3 – Parque Linear 1º de Maio – Belo Horizonte

Fonte: Adaptado de Prefeitura de Belo Horizonte (2020)

Além dos parques lineares, há alternativa de instalação de parques isolados, ou *off line*, associados a reservatório de amortecimento de cheias ou área para

infiltração de águas pluviais. Estes são estrategicamente alocados em pontos da bacia hidrográfica, com finalidade de aumentar a área permeável. No entanto, não são implantados no entorno do rio, o escoamento superficial é transferido para essa unidade e não para o eixo fluvial. O diferencial está no controle da vazão de entrada e no momento de inundação do parque. O reservatório do Paço Municipal de Mauá, Figura 4, localizado na região metropolitana de São Paulo, foi construído as margens do córrego Taboão em 1999, com capacidade para armazenar 136.000 m³ de água pluvial, e reduziu as inundações na região do Paço Municipal, sobretudo na Vila Santa Cecília e Vila Magini. É um reservatório isolado e utilizado como campo de futebol e prática de outros esportes e está passando por estudos para ampliação da capacidade de reservação volumétrica (PREFEITURA DE MAUÁ, 2019).

Figura 4 – Reservatório do Paço Municipal de Mauá

Fonte: Adaptado de Prefeitura de Mauá (2019)

2.1.3 Banhados construídos (*Wetlands)*

Wetlands naturais são áreas normalmente inundadas, habitat de plantas aquáticas, que removem naturalmente os poluentes desse local, além de serem um ponto que retém elevado volume de água, devido as características naturais do solo. Comumente, essas áreas são drenadas com o avanço da urbanização, porém, voltam a inundar em momentos de chuvas com alto índice pluviométricos (SALATI, 2012). São áreas de transição entre o sistema terrestre e aquático, onde ocorrem processos de autodepuração, onde a água, solo e plantas formam um ecossistema equilibrado, com degradação da matéria orgânica e reciclagem dos nutrientes (POCAS, 2015 apud ANJOS, 2003).

Com a adoção de tecnologias é possível criar banhados construídos com as mesmas funcionalidades de *wetlands*, em locais de trajeto de escoamento das águas pluviais, entre as regiões mais altas e seus talvegues. Esses pontos funcionam como bacias de retenção e de infiltração, reduzindo as vazões e volumes de cheias, restaurando ecossistemas naturais e promovendo o tratamento natural de águas poluídas dos sistemas de drenagem (AMERICAN SOCIETY OF LANDSCAPE ARCHITECTS, 2010).

Em Xangai, na China, a orla do Rio *Huangpu* sofreu danos ao longo dos anos com degradação e contaminação por uma empresa siderúrgica, como cais de porto e bota-fora de resíduos da construção civil. Suas águas durante anos foram consideradas como a pior qualidade de águas fluviais do país, inadequada para contato humano, além da região ser constantemente assolada com alagamentos devido as flutuações diárias do rio. Em 2010 o espaço foi recriado com a construção de uma área úmida de 1,7 km de comprimento, com diferentes tipos e profundidade de solo e de plantas, alinhadas ao paisagismo e à renovação desse meio ambiente, Figura 5. Esse *wetland* foi produzido para tratamento da água do rio, e como proteção às áreas ribeirinhas do rio, além promover um novo espaço cultural, paisagístico, com baixa manutenção e alto desempenho (AMERICAN SOCIETY OF LANDSCAPE ARCHITECTS, 2010).

Figura 5 - *Wetland* construído no Rio *Huangpu*, Xangai

Fonte: American Society of Landscape Architects (2010)

2.1.4 Recuperação da mata ciliar e renaturalização de rios

Várzea é a região que margeia o leito do rio, que fica inundada em períodos de cheia. É a planície de inundação, de largura variável, e com a função de amortização das cheias, regulação da capacidade de absorção e do tempo de detenção das águas dos rios, sendo assim reservatórios naturais. A Lei nº 12.651/2012, define área de várzea de inundação como “áreas marginais a cursos d’água que permite o escoamento da enchente” e ainda, faixa de passagem de inundação como sendo “área de várzea ou planície de inundação adjacentes a cursos d’água que permite o escoamento da enchente”.

A Lei nº 12.651/2012, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e discorre em seu Art. 3º, inciso II que

> Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a

> biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Todo o município deve manter sua mata ciliar de acordo com o Código Florestal que a delimita como área de preservação permanente, tanto em zonas rurais como urbanas. As faixas marginais dos cursos de água natural (desde a borda da calha do leito regular), devem ser mantidos em largura mínima de:

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

Essas são áreas naturalmente alagáveis instituindo um mecanismo de contenção e drenagem na medida em que possibilitam a retenção de água e controlam a velocidade de escoamento do rio em épocas de cheia e a cobertura vegetal aumenta a evapotranspiração. Quando é retirada, a tendência é de aumentar o volume escoado, impactando tanto nas cheias quanto no período de estiagens, aumentando a variabilidade das vazões. O aumento da velocidade acarreta em erosão no solo e nas margens de rios, com implicações ambientais pelo transporte de sedimentos e seus agregados, podendo contaminar os rios a jusante e diminuir a sua seção, alterando o balanço de carga e transporte dos rios.

O uso dos sistemas aquáticos para as atividades humanas acarretou impactos diretos ou indiretos na qualidade de vida dos rios e suas biotas. Em processos de retificação, canalização ou aterramento das margens, ocorre a extinção dessa mata e por consequência, suas funcionalidades são perdidas.

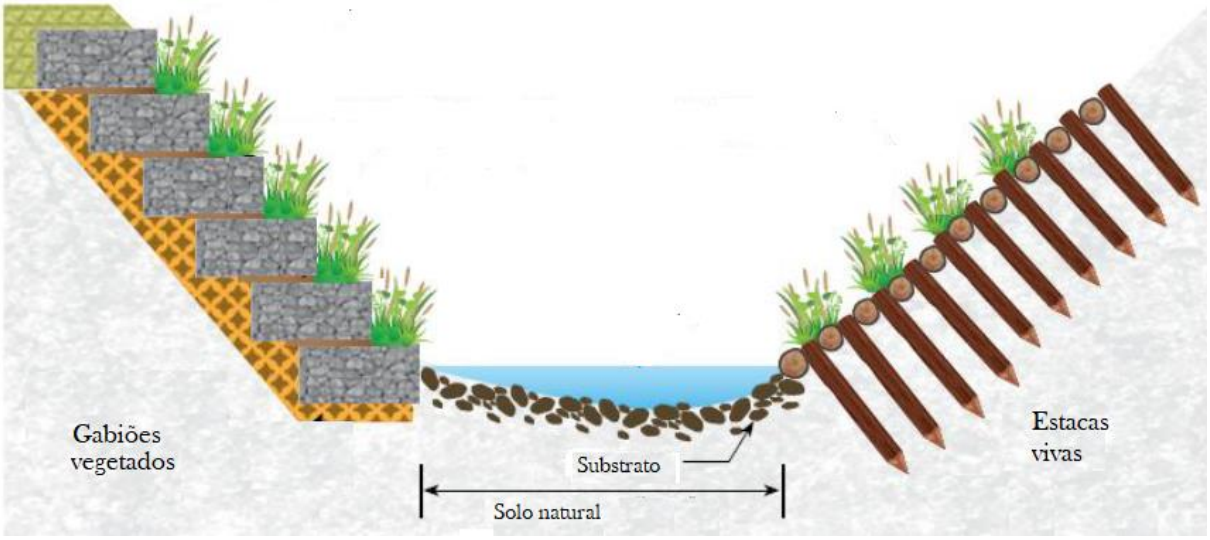
Obras para restauração de margem referem-se à estabilização e recomposição de margens de rios e canais rompidas pelo efeito da erosão, *piping*, sobrecarga do maciço, colapso de estruturas de contenção, dentre outros motivos. Os serviços de restauração de margens incluem: retaludamento, revegetação, revestimento e estruturas de contenção. Deverá ser dada preferência a soluções que não envolvam

estruturas pesadas. Sempre que for viável deverão ser utilizadas técnicas de renaturalização, procurando-se recompor as condições naturais do corpo de água (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021).

Recuperação de área de várzea são obras que visam recompor as áreas de inundação natural de rios e córregos, de recuperar a sua capacidade produtiva em relação ao meio ambiente, e todas suas funções primárias. Podem ser associadas aos parques lineares e se aplicam geralmente às áreas ribeirinhas alteradas ainda não densamente ocupadas. A restauração de áreas ribeirinhas é importante para restabelecer as áreas naturais de inundação com efeitos positivos na redução das inundações a jusante, na redução das cargas poluidoras de fontes difusas e à restauração do ecossistema ribeirinho (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021).

A recuperação ambiental através da bioengenharia de solos pode ser implantada associando materiais naturais como sementes e estacas, com materiais inertes como pedras e madeiras, que contribuem para estabilizar, proteger e recompor as margens dos cursos dos rios. A bioengenharia utiliza dos processos ambientais naturais (elementos naturais, vivos e inertes) e recursos naturais, Figura 6, com ênfase na relação custo-benefício, que apresenta vantagens quando comparadas as obras convencionais de engenharia. Assim, o diferencial da bioengenharia está na criação de condições favoráveis ao desenvolvimento da vegetação; uso de material e mão-de-obra local, dispensa de maquinário pesado em algumas obras; melhor relação custo-benefício (SOLERA, 201-).

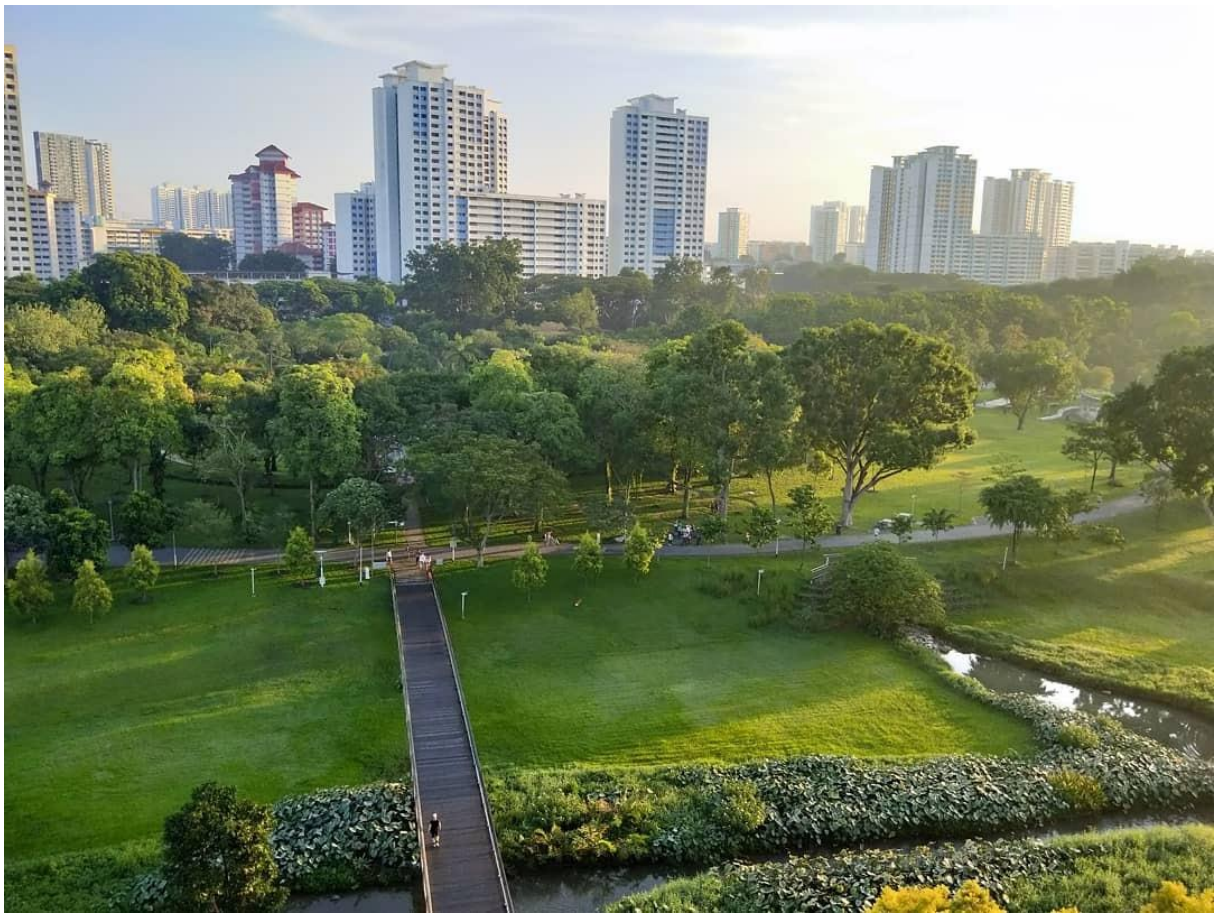
Figura 6 – Bioengenharia para estabilização de margem de rio



Fonte: Adaptado de Martin (2011)

Beyer e *Anderson* (2020) apresentam um exemplo de Singapura onde, no passado, o Rio *Kallang* foi canalizado a fim de evitar enchentes locais, porém se tornou também uma divisão simbólica da cidade. Inaugurado em 2012, o Parque *Bishan-Ang Mo Kio*, Figura 7, reintegrou esse rio à cidade, recuperando o ambiente natural e a biodiversidade local. Esse projeto faz parte de uma iniciativa a longo prazo para ampliar os cursos d'água do país. A Universidade Nacional de Singapura fez a análise de custo-benefício e demonstrou que a reconstrução da canalização do Rio *Kallang* custaria US$ 94 milhões, enquanto a renaturalização da área ficou em US$ 50 milhões, além do mais, o espaço recebe cerca de 3 milhões de visitantes ao ano, o que gera uma renda de US$ 74 milhões.

Figura 7 - Parque *Bishan-Ang Mo Kio* - Singapura



Fonte: Beyer e Anderson (2020)

2.1.5 Armazenamento temporário – estruturas de infiltração

Em lotes urbanos ou ao longo de ruas e rodovias, são utilizadas estruturas dimensionadas para ajudar no escoamento superficial das águas pluviais. Estas armazenam temporariamente um determinado volume de chuva, que posteriormente será desaguado nos aquíferos, ajudando na sua recomposição e evitando o excesso de água nos sistemas de drenagem.

Uma das opções são as valas de infiltração, Figura 8a, que são dispositivos com menor profundidade e com inclusão de vegetação, construída ao longo de rodovias, estacionamentos, áreas verdes residências, entre outros. Auxiliam no paisagismo, além da drenagem pluvial. São áreas com velocidade reduzida de infiltração e armazenando de água durante períodos de chuvas intensas (BEUX, OTTONI, 2015). A trincheira de infiltração, Figura 8b, são estruturas lineares com forma alongada, otimizada para lotes urbanos. Essas permitem o uso paisagístico com

acabamento em seixo rolado e plantas ornamentais (BEUX, OTTONI, 2015). Há ainda os poços de infiltração, Figura 8c, que são dispositivos pontuais, preenchido com brita e revestido com manta geotêxtil, geralmente são instalados em locais para captar as águas provenientes dos telhados (SANTOS, 2016).

Figura 8 – Estruturas de infiltração

a) Vala de infiltração

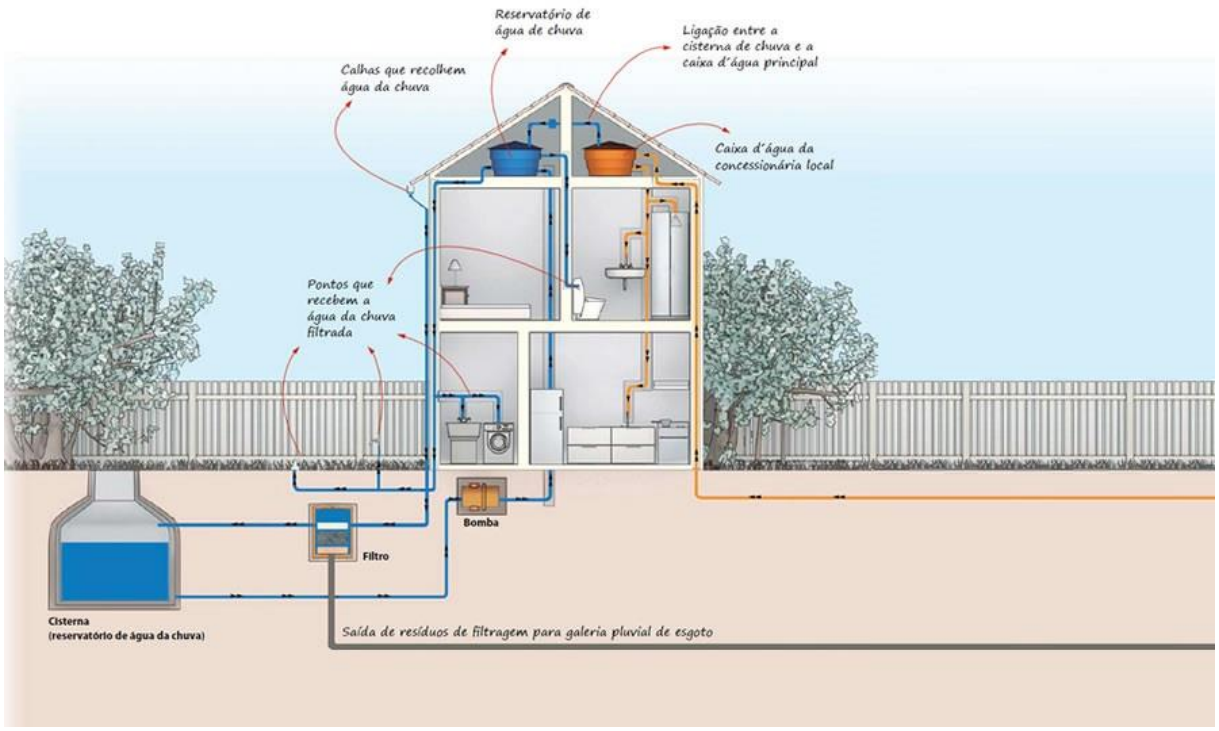
b) Trincheira de infiltração

c) Poço de infiltração

Faixas gramadas e o uso de jardins no entorno desses dispositivos, auxiliam na infiltração das águas pluviais, desacelerando o escoamento superficial e reduzindo os picos de vazão. Todos esses dispositivos necessitam de uma manutenção constante em relação ao controle da vegetação e da colmatação pelas altas cargas de sedimentos. Mesmo assim são considerados de baixo custo, de fácil implantação e com boa relação custo-benefício (AGOSTINHO; POLETO, 2012).

Cisternas são unidades de armazenamento de águas de chuva, coletadas de pontos estratégicos de uma determinada construção, podendo ser semienterrados ou elevados, exemplificadas na Figura 9. Essas unidades podem ser utilizadas para armazenamento temporário ou para posterior uso. A ABNT NBR 15527:2007 define a fórmula para cálculo do volume de água a ser recolhido, de acordo com a área de coleta e o coeficiente de escoamento superficial da cobertura. Quando possuir finalidade de armazenamento temporário, após o período das chuvas o volume coletado pode ser lançado na rede de galeria de águas pluviais, e ainda ser infiltrado todo ou parcialmente no terreno. Quando instalada para fins de reuso, essa água não pode ser utilizada para consumo humano, nem animal, pois carregam poluentes e sujeira dos telhados, como terra e fezes de animais. No entanto, pode ser utilizada para fins menos nobres como limpeza geral de pisos, lavar calçadas e carros, regar plantas ou ainda em vasos sanitários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

Figura 9 – Esquema de captação de água de chuvas em cisterna



Fonte: Autran Consultoria (2018)

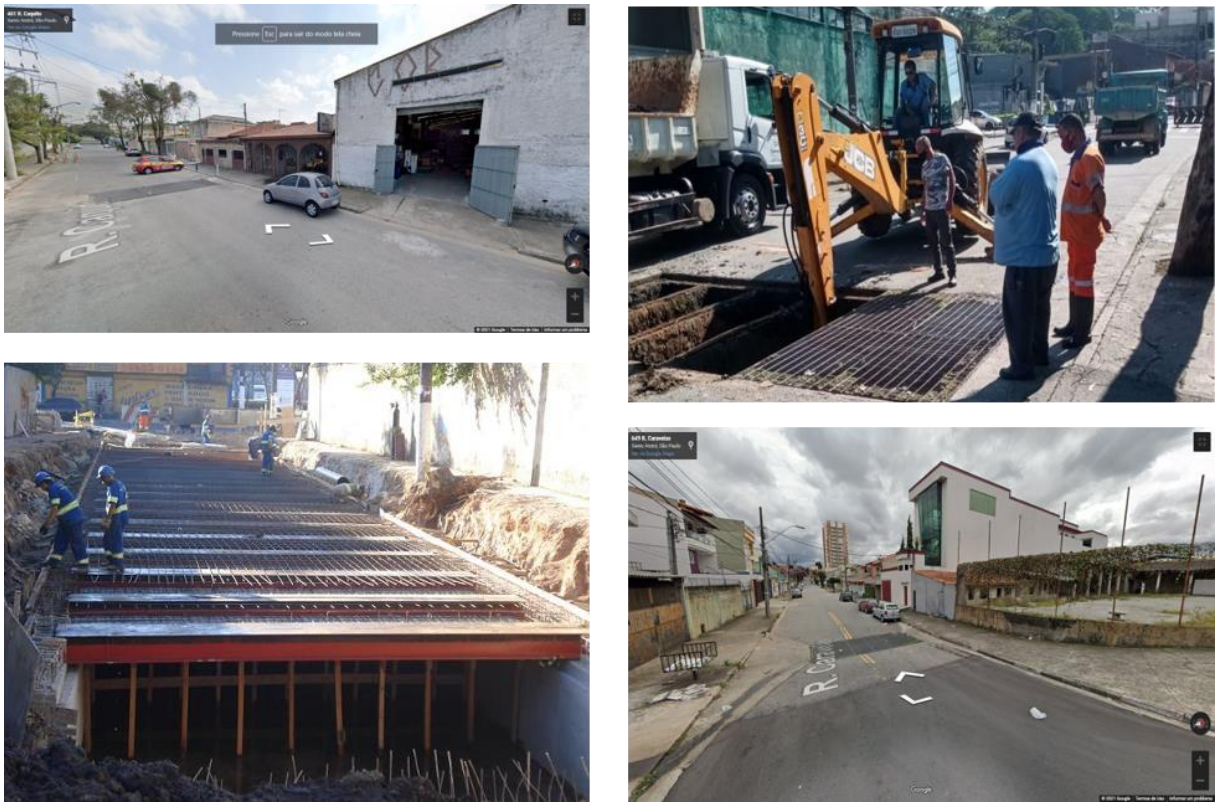
2.1.6 Microrreservatórios

Microrreservatórios são estruturas de detenção utilizadas com maior ênfase em bacias de contribuição pequena e para chuvas com baixo período de retorno. São instalados em arcabouços subterrâneos recebendo águas pluviais superficiais, diminuindo picos de vazão a jusante. Essa estrutura pode ser utilizada para armazenar água de chuva, de modo que esse volume seja usado posteriormente como proteção contra incêndio, irrigação de praças e limpeza das ruas. Por serem subterrâneos, causam pouca interferência no entorno, podendo estar localizados em pátios públicos e particulares, em áreas de estacionamentos ou em condomínios habitacionais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, [201-c]).

O município de Santo André, na grande São Paulo, elaborou seu Plano Diretor de Drenagem Urbana em 1998 e desde então vem estruturando o sistema de drenagem urbana visando a minimização dos danos das enchentes. Com 44 pontos de áreas inundáveis, Santo André possui sete reservatórios de amortecimento de chuvas, ou piscinões, com capacidade de reservação de 500.300 m³, além de sete microrreservatórios, conhecidos como piscininhas. Essas unidades menores, Figura

10, possuem capacidade volumétrica total de 4.510 m³ e estão localizadas no córrego Guarará, sob ruas de menor movimento e constantemente passam por limpeza de suas unidades (SERVIÇO MUNICIPAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL DE SANTO ANDRÉ, [201-]).

Figura 10 – Microrreservatórios de Santo André - SP



Fonte: Google Street View (2019)

2.1.7 Telhados verdes

O telhado verde é um sistema que irá drenar a água pluvial, armazenando água no seu substrato, que será utilizado pelas plantas e retorna ao ciclo hidrológico por meio da transpiração e evaporação. Essas estruturas auxiliam na redução do consumo da energia elétrica, pois amenizam o calor no interior da edificação; auxiliam na redução das ilhas de calor nos grandes centros urbanos e melhoram a gestão de água pluviais. Esse habitat criado no telhado das edificações adiciona espaço verde à estas, recriando espaços cinzas, assim como podem ser compostos com outras tecnologias verdes como painéis solares fotovoltaicos (BIOGUIA, 2019).

Os telhados verdes são sobreposições de diversas camadas sobre uma superfície estrutural. Geralmente compostos por membrana impermeabilizante,

sistema de drenagem, substrato (meio de crescimento da vegetação) e plantas, construído na cobertura das edificações, Figura 11 (SILVA, 2017).

Figura 11 - Camadas de um telhado verde

Fonte: Ambiente Brasil (2019)

Os telhados verdes são divididos em intensivos e extensivos. Os telhados verdes extensivos possuem uma camada de substrato estreita, entre 7,5 e 12 cm, por isso são eleves. A vegetação utilizada geralmente possui boa resistência à seca, desta forma geralmente não se utiliza sistema de irrigação, sendo mais simples e de baixa manutenção (SILVA, 2017).

Enquanto os telhados verdes intensivos possuem maior camada de substrato o que faz com que a estrutura tenha mais peso sobre a edificação, suportam vegetação de médio e grande porte, mas precisam de maior manutenção. Também facilitam a formação de ecossistemas mais complexos (SILVA, 2017).

Os telhados verdes atuam de forma direta e local, auxiliando na redução das vazões de pico e do escoamento superficial. A umidade do solo representa o fator com maior influência para a eficiência dessas estruturas na redução do coeficiente de escoamento superficial. Cabe salientar que a inclinação também atua de forma importante para a capacidade de retenção de água, pois interfere na velocidade de escoamento e na manutenção da umidade do solo. Em regiões com chuvas frequentes, os telhados verdes com maior inclinação apresentam maior eficiência (BONSERE, 2019).

É importante que haja mobilização do poder púbico para o uso dessa ferramenta. Pode-se fazer uso de legislação que inclua e regulamente a adoção do telhado verde em novas edificações e na substituição das antigas coberturas convencionais, por meio da inclusão no código de obras e planos diretores (BONSERE, 2019).

Apesar de não ter normas técnicas sobre a operação de telhados verdes no Brasil, há diversos municípios que criaram leis para fomentar e incentivar o uso dessa técnica. Em Itu (SP) é obrigatória a instalação de telhados verdes em edificações com mais de três pavimentos (CÂMARA DE VEREADORES DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE ITU, 2013). Em Recife (PE) as edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não habitacionais com mais de 400 m² de cobertura devem prever a instalação de telhado verde para sua aprovação (RECIFE, 2015). Em Blumenau (SC) o uso de telhado verde nas construções reduz em 50% a necessidade da porção máxima de área permeável (GOVERNO MUNICIPAL DE BLUMENAU, 2018). A Figura 12 apresenta o telhado verde instalado em uma indústria do município de Blumenau.

Figura 12 - Telhado verde na Cia Hering em Blumenau - SC

Fonte: Prefeitura Municipal de Blumenau (2018)

2.1.8 Jardins de Chuva

Formado por sistemas de biorretenção, jardins de chuva são estruturas rasas sem pavimentação, que recebem a água do escoamento superficial de telhados, calçadas e do pavimento impermeável, Figura 13. As águas pluviais passam por processo de filtração e adsorção dos poluentes, e infiltrarão no solo de onde poderá ser encaminhado para a reposição dos aquíferos ou descarregada nos sistemas de microdrenagem (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTOS PORTLAND, [202-d]).

Figura 13 - Jardim de Chuva – projeto panorâmico

Fonte: Biblus (2020)

Essas estruturas fazem parte do paisagismo das ruas e reincorporam a natureza ao cotidiano das cidades. Além das funções previstas para o manejo das águas pluviais como a redução do volume de escoamento superficial, redução da demanda do sistema de drenagem jusante, aumento da recarga dos aquíferos e redução dos índices de inundação da bacia hidrográfica a qual está inserida.

Deve-se levar em consideração que essas estruturas irão ocupar uma área das calçadas e vias de movimentação de pedestres. Assim, indica-se para locais com baixo tráfego de veículos e com calçadas largas. Ou ainda em pátios e estacionamentos públicos e privados, sem a presença de instalações subterrâneas como rede de água e esgoto, luz e telefone.

Nesses jardins de chuva devem ser plantadas vegetação típica da região e cuidar com a profundidade das raízes que essas produzirão. Quanto maior a diversificação de plantas, maior o índice de nutrientes, minerais e metais que serão absorvidos. São estruturas que proporcionam mudança na dinâmica do sistema de drenagem, e o uso das plantas atraem pássaros, borboletas e outros animais polinizadores, contribuindo para o paisagismo das ruas. Além de diminuir pontos de alagamentos nas ruas, o que contribui para a qualidade de vida do entorno.

Em Nova *York* o governo local pretende implantar 9 mil jardins de chuva em suas calçadas e passeios, Figura 14. Estima-se absorver 2 milhões de m³ de água, em contrapartida aos 70% do solo já impermeabilizado com a urbanização. Além disso, o governo local está preocupado com a qualidade do ar e o número de moradores com asma, acima da média entre os jovens. Assim, os jardins de chuva irão melhorar a qualidade de vida dos moradores da cidade de Nova *York* com a diminuição das áreas de alagamento, melhora da qualidade do ar e ornamentação das ruas (ROSA, 2019).

Figura 14 - Jardim de chuva implantado na cidade de Nova York

Fonte: Rosa (2019)

2.1.9 Pavimentos permeáveis

O pavimento permeável atende simultaneamente os esforços mecânicos e condições de rolamento, e sua estrutura propicia a percolação e/ou acúmulo temporário de água, sem causar dano à estrutura. A estrutura permeável é formada por várias camadas de material permeável: sub-base (material de granulometria aberta utilizado como reforço do subleito ou camada complementar à base); base (camada de granulometria aberta para resistir e distribuir os esforços que o pavimento for submetido, permitindo percolação e/ou acúmulo temporário de água, o revestimento permeável é construído sobre ela); camada de assentamento (quando for o caso) e por fim o revestimento permeável (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015).

O revestimento de pavimento intertravado permeável pode ser constituído por: (i) peças de concreto com percolação de água entre as juntas (Figura 15a); (ii) peças de concreto com percolação de água por áreas vazadas (Figura 15b); (iii) concreto permeável cuja percolação de água ocorre por ele (Figura 15c) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015).

Figura 15 - Pavimentos intertravados permeáveis

a) Concreto com junta alargada

b) Concreto com áreas vazadas

c) Concreto permeável

O revestimento de pavimento permeável também pode ser constituído por placas de concreto permeável, cuja percolação ocorre pelo concreto da placa, Figura 16a. O diferencial desse revestimento é por não apresentar intertravamento. Outra opção ainda é o pavimento revestido com concreto permeável moldado no local, Figura 16b, a percolação de água ocorre pelo concreto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015).

Figura 16 – Pavimentos permeáveis

a) Placa de concreto permeável

b) Concreto permeável moldado no local

2.1.10 Retardamento de escoamento

O aumento do volume de chuvas, advindas das mudanças climáticas, incide em um maior escoamento superficial. Em áreas com menor poder de infiltração, acarretam também em maior velocidade de escoamento, que ajudam na erosão nas áreas ribeirinhas. Para retardamento do escoamento superficial, além das estruturas de reservatórios de detenção, pode-se utilizar no leito dos rios estruturas como soleiras submersas, degraus, aumento da rugosidade de revestimento, ampliação da seção e redução da declividade. Além de diminuir a erosão das várzeas, diminuir a velocidade de escoamento faz com que diminua o fluxo das águas, contribuindo para uma melhora na infiltração. Quando em terrenos não antropizados, canalizam o excesso de água, mantendo lagoas que infiltram e recarregam os lençóis freáticos (COFFEEANDCLIMATE, [202?]).

As soleiras submersas são barramentos instalados abaixo da linha de água que promovem a elevação do seu nível, forçando a subida do fundo por assoreamento nesses locais. Recuperam em parte a declividade mais suave que existia antes do processo de erosão, facilitando assim o extravasamento para as planícies de inundação. No entanto, no caso dessas planícies estarem ocupadas esse efeito é negativo. As soleiras submersas são estruturas para dissipação da energia, para níveis suportáveis pela rede a jusante, podendo ser projetadas como escadas ou rampas com blocos. Os degraus reduzem a declividade do canal, quando a profundidade no canal de fuga for maior do que a profundidade de jusante do ressalto, um degrau (queda) no fundo do canal dever feito de forma a estabilizar o ressalto.

Com o aumento da rugosidade do revestimento é reduzida a velocidade de escoamento em virtude do maior atrito com a superfície dos revestimentos. A ampliação da seção e redução da declividade são técnicas adotadas para diminuir a velocidade de escoamento, como as apresentadas na Figura 17 (CARVALHO, 2009).

Figura 17 – Instalações para retardamento de escoamento

Fonte: Adaptado de Carvalho (2009)

2.1.11 Diques, comportas e estações elevatórias

Diques são muros verticais construídos em terra ou concreto com a finalidade de proteger as áreas ribeirinhas contra o extravasar do rio, permitindo uma proteção localizada dessa área. A essa área protegida dá-se o nome de pôlder. São comumente utilizados em cidades onde não há espaço livre no entorno dos rios para amortecimento das cheias e tem como função a proteção de zonas de cotas mais baixas, sujeitas à inundação. Porém, caso não seja corretamente projetado, ao diminuir a área do leito maior, tem-se o aumento do nível das águas dos rios, aumento da velocidade destas com consequente erosão das margens, agravando a situação de cheia a jusante (TUCCI, 2005).

O Jardim Romano e a Vila Itaim, localizados na zona leste de São Paulo, são regiões que sofriam constantemente com alagamentos e inundações, evento que em 2009 durou cerca de 3 meses (RAMOS, 2012). Na região do Jardim Romano foi instalado em 2015 um dique com pôlder, além de um reservatório, para delimitar o avanço do Rio Tietê. Em 2019 foi instalado um pôlder na Vila Itaim, Figura 18. Com essas unidades em funcionamento os alagamentos diminuíram, diminuindo as perdas

e danos, porém o uso da área como moradia, ainda impacta negativamente à população (SP1, 2020).

Figura 18 – Pôlders Jardim Romano e Vila Itaim

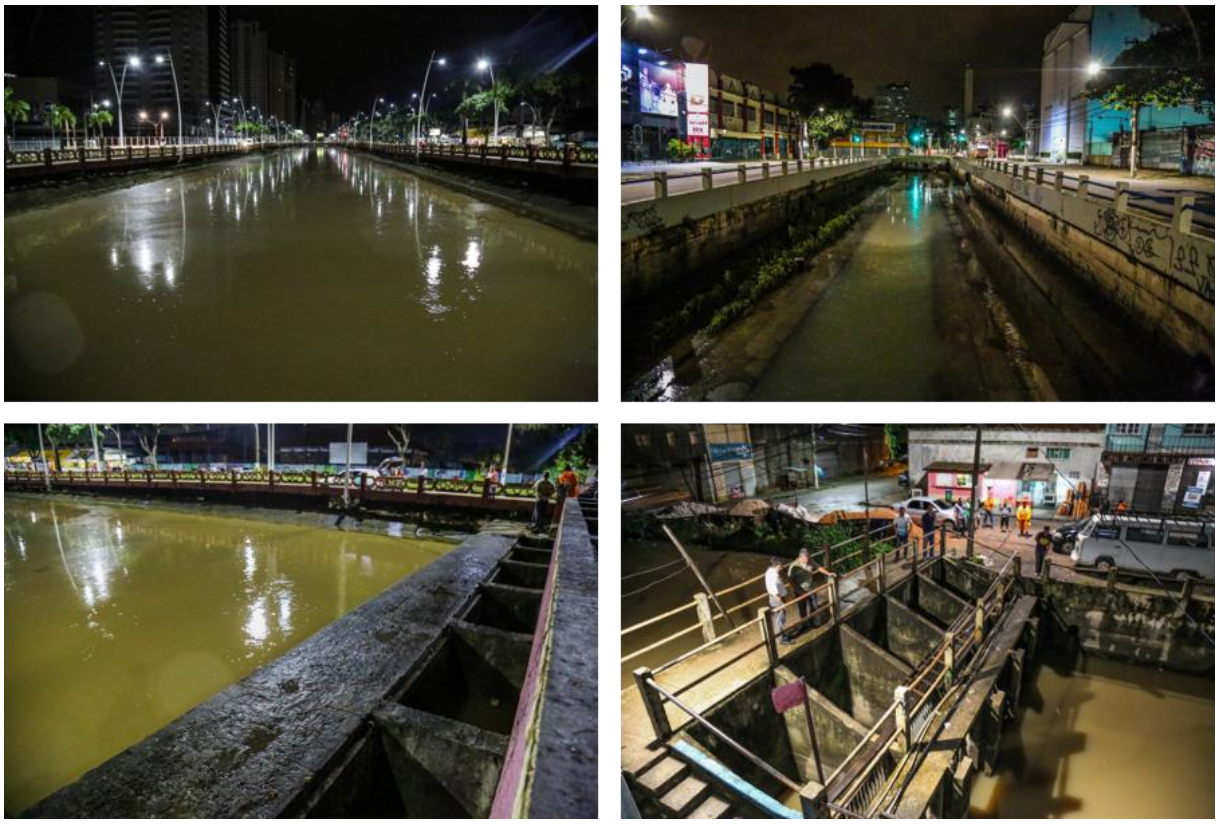
Fonte: Google Earth (2021)

Comportas são equipamentos hidrodinâmicos com finalidade de melhorar as condições de escoamento de águas de chuva. Esses equipamentos impedem ou regulam o fluxo d'água, podendo ser utilizados em conjunto com equipamentos para geração de energia, passagem de embarcação e regular níveis de rios. São utilizadas para controle de vazão, assim podem permanecer fechadas antes do nível d'água do exutório atingir a cota de descarga do canal. Mantido assim durante todo o período de pico da enchente, com abertura gradual assim que permitido a jusante, servindo então como um reservatório de detenção (NYLANDER, 2019).

O sistema de comportas do canal do Tamandaré, em Belém – PA, foi implantado para "minimizar o contrafluxo da entrada de água nos canais em decorrência da influência da maré e otimizar o uso dos volumes de canais e bacias de acumulação para receber o máximo volume de águas pluviais" (BELÉM, 2020, p. 24).

A bacia de Tamandaré direciona as águas pluviais até o canal de drenagem e devido a sua forma circular e pouco irregular, possui tendência à ocorrência de inundações, somada a intensa precipitação volumétrica local. Essas comportas foram instaladas na década de 1960 e são formadas por cinco células com gradeamento, para impedir a passagem dos resíduos sólidos. As unidades funcionam pela pressão hidrostática gerada pela elevação da maré, que impedem as inundações das vias próximas (NYLANDER, 2019). As imagens da Figura 19 apresentam o Canal do Tamandaré no início e fim do período da alta de maré e as comportas ali instaladas.

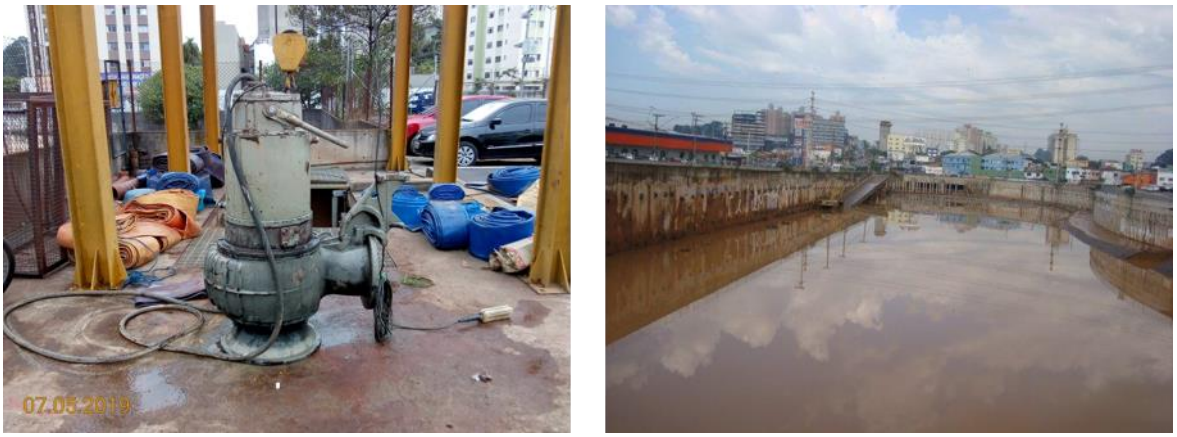
Figura 19 – Canal do Tamandaré – Belém - PA



Fonte: Agência Belém (2016)

Estações elevatórias são dispositivos que servem para conduzir a água pluvial de regiões com diferentes alturas, por meio de um sistema de bombas, realizando o recalque ou bombeamento da água para um canal ou obra que possibilite o armazenamento desse volume, ou seja, para um reservatório de detenção. O Piscinão Cedrolândia, localizado na Avenida Eliseu de Almeida, no Butantã, São Paulo - SP, recebe águas do córrego Pirajussara e Ribeirão Poá, devolvendo ao Ribeirão Pires por bombeamento, Figura 20.

Figura 20 – Bacia de Detenção Cedrolandia

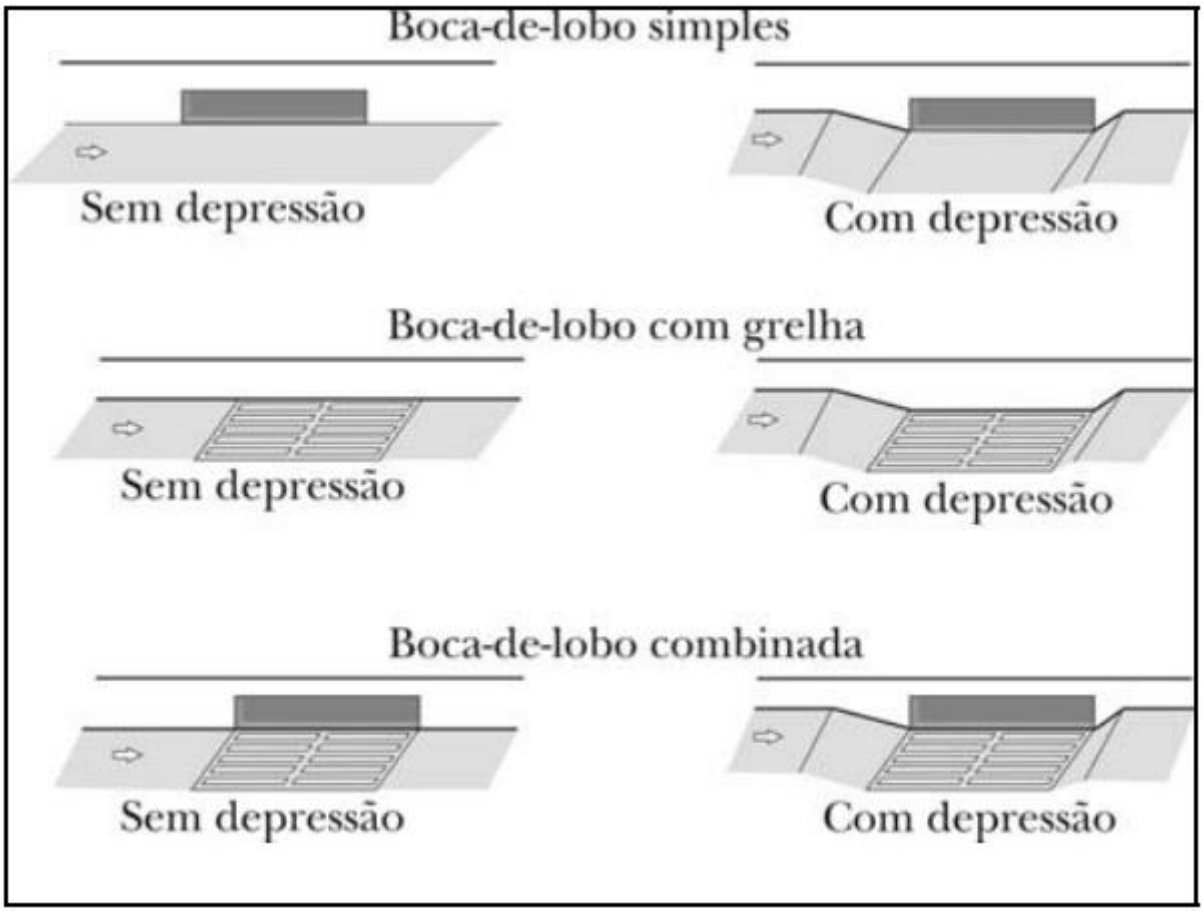


Fonte: Obracon Engenharia e Manutenção de Bombeamento (202?)

2.1.12 Bocas-de-lobo e poços de visitas

As bocas-de-lobo são equipamentos de capitação de água fluvial instalados juntos as sarjetas, que encaminham a água coletada para a rede de drenagem pluvial e dali para os rios. Podem ser classificadas em três grupos principais: bocas ou ralos de guias; ralos de sarjetas (grelhas); ralos combinados (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA/COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1980), com ou sem depressão (Figura 21). A água, ao se acumular sobre a boca-de-lobo com entrada pela guia, gera uma lâmina d'água mais fina que a altura da abertura no meio-fio, fazendo com que a abertura se comporte como um vertedouro de seção retangular. As bocas-de-lobo devem permanecer limpas e desobstruídas de folhas de árvore, materiais particulados ou de resíduos sólidos, para que não impeça o correto escoamento das águas.

Figura 21 - Tipos de boca-de-lobo



Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (1980)

O funcionamento hidráulico das bocas-de-lobo sofre influência das declividades transversais e longitudinais, da geometria da seção transversal e das rugosidades da sarjeta e da superfície do pavimento sobre a qual parte da água escoa. A forma de abertura da boca-de-lobo também interfere na quantidade de água captada. A boca ou ralos são consideradas de menor eficiência hidráulica, enquanto a grelha com depressão possui a maior eficiência. A combinada (Figura 22) possui maior eficiência se comparando com a grelha somente (COELHO; LIMA, 2011).

Figura 22 - Bocas-de-lobo combinadas

Fonte: Adaptado de Coelho, Lima (2011)

Anexo às bocas-de-lobo é possível a utilização de cestas, Figura 23, ou redes para retenção dos resíduos sólidos das sarjetas, que impedem o correto escoamento das águas. Esse sistema possui malha entre 5 e 20 mm, e pode ter a remoção dos resíduos sólidos acumulados a cada 4 ou 6 semanas, dependendo do volume que as cestas recebem. A limpeza das cestas é essencial para o correto funcionamento do sistema de drenagem e para impedir que esse material chegue aos rios, podendo ser instalados na reforma ou instalação de novas bocas-de-lobo

Figura 23 – Boca-de-lobo com cesta para retenção de resíduos sólidos

Fonte: Adaptado de Ciclo Vivo (2018)

Poços de visitas são dispositivos que fazem a interligação de trechos da rede de drenagem urbana, instalados em locais que ocorre mudança de diâmetro, nível ou diferença de direção. Esses poços são utilizados para diminuir a pressão de água, para que não comprometa a rede; assim como são utilizados para acesso as galerias, para manutenção da rede.

2.2 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS OU ESTRUTURANTES

De acordo com o Plansab (2019) as medidas não estruturais ou estruturantes são todas aquelas que atuam na esfera do aperfeiçoamento da gestão em todos os níveis, assim como na eficiência operacional e rotineira da infraestrutura já instalada; por meio do suporte político, gerencial e regulatório para a sustentabilidade econômica, social e ambiental da prestação dos serviços. As medidas não estruturais necessitam maior participação da comunidade, mas são de menor custo (KOBYAMA et al. 2019). Quando se associa medidas estruturais e não estruturais as soluções são mais eficazes do que quando estas são aplicadas isoladamente (VANELLI; KOBYAMA; MONTEIRO, 2020).

De acordo com o MDR (2020), as medidas não estruturais envolvem o controle do uso e ocupação do solo e devem ser incorporadas no Plano diretor do Município, englobando áreas de risco e diminuição da impermeabilização do solo; legislação para o manejo de água pluvial e controle de impactos decorrentes da urbanização; reformulação do sistema de gestão; obtenção de recursos por meio de tributação

específica, financiamentos e repasses; bases para um programa de educação ambiental e criação de parques, lineares ao longo das várzeas de inundação não ocupadas e nas cabeceiras dos rios principais para proteção contra o assoreamento e melhoria da qualidade de água. Essas medidas visam atacar as causas dos problemas (SANEAMENTO AMBIENTAL, 2020) e promover o desenvolvimento sustentável.

2.2.1 Controle do uso e ocupação do solo

A visão higienista que as água urbanas foram acometidas, utilizando-se de retificação, canalização e recobrimento, por exemplo; trouxe distanciamento entre as bases da sustentabilidade e os instrumentos da política urbana e a prática de engenharia. Refletindo-se assim, na ocupação desordenada do espaço urbano, sem respeito a capacidade de suporte do meio e por fim, originando diversos problemas, como o das águas urbanas (SOUZA; MORAES; BORJA, 2013).

A exclusão urbanística, representada pela ocupação ilegal, tem como consequência a falta de saneamento básico e o risco de enchentes e movimentos de massa. A origem dos problemas é o crescimento urbano ocorrer marginalmente aos planos, e estes estarem desvinculados à prática de gestão urbana, pois temas como saneamento e habitação social não recebem destaque (MARICATO, 2011 *apud* PEREIRA, 2017).

O ideal é que mesmo urbanizando as áreas, o ciclo hidrológico seja mantido e o máximo de água possível seja infiltrado, filtrado, armazenado e evapotranspirado. Desta forma, é importante que haja um planejamento prévio para permitir que essas ações ocorram. Medidas devem ser exigidas para que mesmo com a urbanização, a retenção de água no solo seja mantida, preferencialmente com as mesmas taxas de quando estava vegetado. Dentre as medidas pode-se elencar superfícies com vegetação como jardins, praças e parques; áreas impermeáveis desconectadas para que entre elas haja a infiltração/armazenamento de água; telhados verdes; jardins de chuva; uso de pavimentos permeáveis (SANEAMENTO AMBIENTAL, 2020).

Adicionalmente, o MDR (2020) elucida que municípios com apoio do governo federal para ações em drenagem urbana precisam implementar medidas não estruturais como utilização de pavimentações semipermeáveis em pátios de

estacionamentos, decreto de manutenção das vazões originais para novos empreendimentos, parques de novos empreendimentos, entre outros (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2020).

O zoneamento está vinculado ao planejamento de uso e ocupação do solo nas cidades. É importante para estabelecer áreas de maior ou menor riscos de inundação e movimentos de massa. Quando há passagem de cursos de água nas cidades, o zoneamento e a relação com áreas de maior ou menor riscos torna-se ainda mais relevante. A invasão das áreas ribeirinhas pode ocorrer por edificações, pontes, aterros, que reduzem a capacidade de escoamento dos rios durante as cheias.

As áreas de passagem das cheias são zonas de alto risco, inundáveis com chuvas de baixo tempo de recorrência, e que possuem função hidráulica, por isso não devem ser ocupadas; devem ser utilizadas apenas para paisagismo e proteção ambiental. As zonas com restrições são aquelas que inundam com chuvas com tempo de recorrência de 5 a 25 anos, possuem risco médio. Devem ser usadas para parques e atividades recreativas, habitações sobre pilotis ou pátios de edificações industriais e comerciais. As zonas de baixo risco, são inundáveis em chuvas com tempo de recorrência de 50 anos. Possuem certa segurança da população, mas ainda é necessário haver medidas de controle em eventos críticos (SANEAMENTO AMBIENTAL, 2020).

2.2.2 Reuso e retenção de água pluvial

O reuso de água pluvial ocorre por meio de reservação para usos menos nobres como rega de jardins e lavagem de calçadas e veículos. É importante que os dispositivos instalados para tal, tenham sistema para descarte dos primeiros minutos de chuva, onde ocorre a limpeza da atmosfera e das superfícies, desta forma, carreamento de muitos poluentes.

A reservação pode acontecer em dispositivos residenciais. Geralmente exige-se para edificações que possuem áreas construídas maiores, como aquelas acima de 500 m², por exemplo. Também é possível reservar água em lagos e açudes para usar na dessedentação de animais ou até mesmo, em casos mais específicos, para o consumo humano, após tratamento adequado.

Quando o reuso de água pluvial não puder ser utilizado, uma alternativa é a retenção. Para as novas obras e para reformas ou ampliações em obras existentes, pode-se exigir a incorporação de dispositivos hidráulicos que possuam a função de regularizar a saída dos excedentes pluviais, para diminuir o impacto sobre os sistemas de drenagem. Estes dispositivos devem reduzir, no mínimo, a vazão de saída da água em 50%. O executivo municipal poderá analisar outros parâmetros para determinar a porcentagem de redução da vazão máxima de escoamento, levando-se em consideração as características das diferentes áreas, sub-bacias, ou qualquer outro critério que seja adequado. Em obras existentes, o executivo irá determinar a porcentagem de redução de vazão para os dispositivos reguladores, e terão proporção de magnitude com a ampliação da obra e outros critérios (CONSEJO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE SANTA FE, 2012).

2.2.3 Manutenção dos dispositivos do sistema de drenagem

Para que haja a utilização adequada dos dispositivos instalados é necessário que estes estejam em boas condições de uso. Apesar de ser menos visível, a manutenção é fundamental para o bom funcionamento do sistema de drenagem. O poder público municipal precisa ter verba específica para a manutenção e operação do sistema pluvial (VILLANUEVA et al., 2011). Um dos fatores é evitar a obstrução das bocas-de-lobo e dos bueiros, desta forma é importante que haja a varrição adequada das ruas e a deposição adequada e coleta rotineira de resíduos sólidos (SANEAMENTO AMBIENTAL, 2020).

Em relação à gestão de resíduos sólidos, é de extrema relevância a consolidação da coleta seletiva, que implica em forte participação social e de trabalho educativo. Orienta-se para a redução do uso de sacolas plásticas, ação que deve ser articulada com o comércio local. É necessária a promoção da transformação dos trabalhadores informais em atividades formais na área de resíduos sólidos, evitando-se assim a seleção de materiais nas ruas e a deposição inadequada. O uso de lixeiras aéreas por parte da população deve ser incentivado em função do risco de inundação brusca e alagamentos e o consequente arraste de resíduos para o sistema de drenagem. Destaca-se assim, a relevância da gestão integrada do manejo de águas pluviais com os resíduos sólidos.

Também é necessária a manutenção preventiva e periódica das vias, dispositivos, canais de drenagem e sistemas de filtração (SANEAMENTO AMBIENTAL, 2020). Quando há reservatórios que operam em casos de chuvas intensas, a limpeza deve ser feita imediatamente após o evento (VILLANUEVA et al., 2011).

A manutenção das vias geralmente é de responsabilidade da secretaria de obras. No caso de controle de vegetação indesejada nas vias públicas é importante o uso de produtos não poluentes ou técnicas físicas de controle. Nesse sentido, também deve-se evitar o uso indiscriminado de produtos químicos para o controle de pragas urbanas. Esses produtos, assim como aqueles de controle de vegetação, atingem os corpos de água como poluição difusa.

Fertilizantes e agrotóxicos oriundos de áreas agricultáveis também atingem os corpos de água e contribuem para a poluição difusa. Esses produtos são aplicados no solo e em momentos de escoamento superficial causado por chuvas intensas são conduzidos pela água. Dependendo do uso do solo, essa poluição pode impactar gravemente a qualidade de água comprometendo seu uso. Por isso, é importante que haja o bom manejo do solo para que haja retenção desses compostos. O bom manejo do solo também evita a erosão do mesmo, impedindo assim que suas partículas aumentem os sólidos em suspensão e turbidez da água; e ainda contribuam para o assoreamento dos rios.

2.2.4 Medidas de controle e Fiscalização

O sistema de drenagem urbana (microdrenagem) comumente é utilizado indevidamente para o lançamento de esgoto doméstico. Desta forma, é importante que haja fiscalização de rotina nas obras para averiguação da instalação do sistema de esgotamento sanitário individual ou da ligação ao sistema público, quando disponível. Além do mais, cabe averiguar se a ligação no sistema público está adequada para evitar que haja a ligação no sistema de microdrenagem. Também é importante que haja autonomia legal para o órgão fiscalizador poder retirar os materiais e aplicar notificações e multas aos infratores (SANEAMENTO AMBIENTAL, 2020).

2.2.5 Educação ambiental

É de extrema relevância o investimento em educação ambiental e sanitária continuada, visando a conscientização da população e sua responsabilidade como parte integrante do ambiente urbano que ocupam. É essencial que a população compreenda o seu o papel como integrante do sistema de saneamento, inclusive no que tange a drenagem e manejo de águas pluviais, para a melhora de sua própria qualidade de vida. Desta forma, o sistema de drenagem urbano deve ser bem cuidado por todos os envolvidos direta e indiretamente e os munícipes devem fazer bom uso dos serviços. Isso se dá evitando-se ligação clandestina de esgoto na rede de drenagem e o armazenamento adequado dos resíduos sólidos (SANEAMENTO AMBIENTAL, 2020).

2.2.6 Criação de parques

A criação de áreas protegias é de extrema relevância para a gestão das águas, pois protegem os rios contra assoreamento e melhoram a qualidade de água. Por isso, deve haver incentivo do poder público. É interessante transformar reservatórios para amortizar onda de cheia, em um espaço público e integrado a um sistema de parques da cidade por seu potencial paisagístico, recreativo e turístico. Também deve-se incentivar o plantio de espécies nativas em parques, praças, passeios, terrenos públicos, corredores verdes. A criação de programas de viveiro socioprodutivo também é interessante para facilitar o acesso à essas espécies vegetais e embutir metas de plantio anuais (GOBIERNO DE LA CIUDAD DE SANTA FE, 2014).

A relação da cidade com o rio e o meio ambiente como um todo deve ser repensada. Uma das frentes que pode ser abordada é o turístico, por meio de um plano estratégico de desenvolvimento, o qual procura aumentar a oferta de turismo local sustentável, ampliando assim, as possibilidades do uso do espaço de paisagem e entretenimento para turistas e munícipes (GOBIERNO DE LA CIUDAD DE SANTA FE, 2014).

2.2.7 Previsão de cheias e alerta ao risco de desastres

Áreas urbanas possuem um denso e complexo sistema de serviços interconexos, e assim, possuem vários aspectos que contribuem para o risco de desastre. Estratégias e políticas públicas devem ser desenvolvidas visando o atendimento de cada aspecto, como parte de uma visão global. Possibilitando dessa forma a construção de cidades de tamanho, geografia e perfis diferentes, mas resilientes e com qualidade de vida (NAÇÕES UNIDAS, 2012).

Para incorporar a gestão de riscos em diferentes áreas do governo é necessário alterar a estrutura orgânica do município. Oficinas de capacitação e sensibilização destinadas às autoridades e funcionários do executivo são necessárias para propiciar o compartilhamento de conceitos e critérios para um olhar comum sobre o território. É importante elaborar um Sistema Municipal de Gestão de Riscos (GOBIERNO DE LA CIUDAD DE SANTA FE, 2014).

As alianças locais com organizações e instituições, visa o estabelecimento de compromissos orientados a abordar de forma conjunta os diferentes aspectos envolvidos na prevenção e preparação da comunidade. Assim como a resposta de autoridades, instituições, municípios vizinhos frente a ocorrência de um evento (GOBIERNO DE LA CIUDAD DE SANTA FE, 2014).

Deve-se antecipar a ocorrência de desastres naturais, como inundação e movimentos de massa, por meio de aviso aos munícipes e tomada de decisões necessárias para prevenir e mitigar. Esses sistemas são vinculados à Defesa Civil para prevenir a exposição da população ao risco e diminuir as perdas materiais e humanas. Os sistemas de previsão e alerta geralmente são compostos por coleta e transmissão de informação sobre o tempo e hidrologia, que devem ser encaminhados para um centro de previsão que processa e modela os dados e envia para a defesa civil poder emitir alertas e gerenciar a situação, especialmente em casos de chuvas intensas (SANEAMENTO AMBIENTAL, 2020).

A troca de informação e conhecimentos com órgãos nacionais e estaduais pode permitir consolidar os sistemas locais de alerta meteorológico e hidrológicos. A gestão conjunta entre governo e instituições científicas e técnica também deve ser incentivada. Essas instituições podem dar suporte ao sistema de alerta e programas municipais. É importante que o município crie um sistema próprio de alerta, com

informação em tempo real, avisando sobre chuvas intensas. Assim como manuais de procedimentos e planos de contingência para momentos de desastres. Nesses planos há as funções e responsabilidades que correspondem a cada agente institucional ou social. A prefeitura também deve ter procedimentos de atuação, atualizados periodicamente, que estabelecem claramente quais são as tarefas a desenvolver na iminência de um evento, durante e depois de sua ocorrência (GOBIERNO DE LA CIUDAD DE SANTA FE, 2014).

Para uma cidade mais preparada, deve-se elaborar informativos por bairros, onde constam planos de evacuação e medidas importantes para cada setor da cidade. Nesses planos são indicados pontos de encontro e ruas adequadas para a fuga. A distribuição pode ocorrer por diversas instancias participativas vinculadas com a redução de riscos, o cuidado ao meio ambiente ou a melhora da qualidade de vida. Devem ser realizadas atividades de revisão do plano de contingência nos bairros e escolas, especialmente nos períodos prévios a temporada de chuva (GOBIERNO DE LA CIUDAD DE SANTA FE, 2014).

Também é importante que haja um sistema de atenção ao munícipe, o qual permite o registro de emergências a partir da comunicação por telefone em uma linha gratuita, este serviço também deverá estar disponível nas redes sociais como Facebook e Instagram, deve funcionar 24 h por dia. Deve buscar ser reconhecido pelos cidadãos como um local onde a informação é recebida e atendida. O sistema deve ser associado a um sistema de informação geográfica (SIG) que referencia a localização das chamadas e permite derivar a área de atenção em cada caso (GOBIERNO DE LA CIUDAD DE SANTA FE, 2014).

2.3 COBRANÇA PELOS SERVIÇOS DE DRENAGEM URBANA

A drenagem urbana possui funcionamento diferente da oferta privada de bens e serviços. De acordo com a literatura econômica, a drenagem urbana é considerada como bem público e possui duas características: (i) não rivalidade – já que o consumo do serviço por um agente não reduz a disponibilidade para outros; (ii) não excludência – na medida em que não é possível excluir um agente de seu consumo, ou seja quando o serviço de drenagem é ofertado, todos podem ou vão obrigatoriamente consumi-los (CANÇADO et al., 2006).

Em função das características de não rivalidade e não excludência, o serviço de drenagem urbana é normalmente realizado sob o regime de monopólio natural. Nesse caso, há somente um único produtor que apresenta custos fixos elevados e a economia de escala se dá com o aumento no nível de oferta dos serviços (CANÇADO et al., 2006).

Externalidades são consequências de um processo de produção ou consumo que não são considerados na formação de preços de mercado. Em outras palavras, são efeitos que interferem no consumo ou na produção, porém de difícil quantificação econômica.

Assim, de acordo com a literatura econômica, o sistema de drenagem urbana é um grande produtor de externalidades, tanto negativas quanto positivas. A alteração de regimes hidrológicos, assoreamento, poluição de corpos d'água, presença de metais pesados são exemplos de externalidades negativas. Como exemplos positivos, podem ser citados o emprego de bacias de detenção com o desenvolvimento de áreas verdes e terrenos para esporte que, por sua vez, influenciam na melhoria da qualidade de vida da população (CANÇADO et al., 2006).

2.3.1 Mercado

O dimensionamento dos sistemas de drenagem ocorre por meio de avaliação hidrológica e hidráulica. A estimativa de cenário futuro de impermeabilização é utilizada como parâmetro nestas avaliações. Com base em tais critérios, a rede de drenagem é implantada, sendo os serviços oferecidos na mesma "quantidade" para todos os beneficiários. Os indivíduos podem avaliar a drenagem de maneira desigual ou terem diferentes participações na demanda por meio da propriedade de terrenos e áreas de impermeabilização, mas todos têm disponíveis a mesma quantidade para consumo. Nesse sentido, os sistemas de drenagem urbana são indivisíveis na ótica da oferta, mas divisíveis na perspectiva da demanda (CANÇADO et al., 2006).

Como ocorre com frequência nos bens públicos, a provisão da drenagem urbana envolve custos fixos elevados, ou seja, investimentos na implantação com longo prazo de maturação (tempo estimado de retorno do investimento), e custos marginais pequenos, praticamente nulos. Nestas condições, um preço de "eficiência" econômica não é capaz de cobrir os custos de implantação e operação do sistema.

Em função dessas características da oferta, a administração pública (o regulador) normalmente define um preço que permita o ponto de equilíbrio para a prestação do serviço (CANÇADO et al., 2006).

A demanda pelos serviços de drenagem urbana ocorre quando o escoamento superficial gerado no ambiente urbano é lançado no sistema. Cada proprietário de imóvel urbano é um consumidor desse sistema e sempre que aumentar a sua área impermeabilizada novas demandas são geradas pelo serviço. Nesse sentido, a drenagem urbana é considerada pela literatura econômica como um bem essencial, já que consumidores não podem deixar de usufruí-lo (CANÇADO et al., 2006).

Outra característica da demanda pelos serviços de drenagem diz respeito à variação na intensidade, duração e frequência das precipitações que reflete na criação de “estoque” com grande alternância ao longo do tempo. Em consequência, o sistema de drenagem urbana é dimensionado para operar frequentemente com capacidade ociosa (CANÇADO et al., 2006).

Finalmente, a demanda pelos serviços de drenagem é considerada inelástica pela literatura econômica. Isso significa que aumento nos preços levam a diminuição na quantidade demandada, porém em proporções menores. Tal comportamento é normalmente utilizado para a regulação estatal de preços com o intuito de garantir o equilíbrio de interesses entre ofertante (aumentar o lucro) e usuários (diminuir o pagamento) (CANÇADO et al., 2006).

2.3.2 Cobrança

A literatura econômica convencional sugere que o valor de um bem ou serviço pode ser mensurado por meio da preferência individual por sua preservação, conservação ou utilização. Considerando seus gostos, cada indivíduo terá uma preferência que será usada na valoração de todo e qualquer bem ou serviço. Em geral os teóricos iniciam tal processo a partir da distinção entre valor de uso e não-uso. O primeiro refere-se ao uso efetivo ou potencial que o recurso pode prover. Já o segundo (também chamado de valor intrínseco ou valor de existência) reflete um valor de uso efetivo no presente ou de possibilidades de uso futuro. A partir dessa distinção inicial, o valor de uso pode ser subdividido em: (i) valor de uso propriamente dito; (ii) valor de opção que se refere ao valor da disponibilidade do recurso para uso futuro; (iii) valor

de quase-opção que representa, por sua vez, o valor de reter as opções de uso futuro do recurso, dada uma hipótese de conhecimento crescente (NOGUEIRA & MEDEIROS, 1999).

De acordo com Cançado et al. (2006), os serviços de drenagem possuem valor de uso, valor de opção e valor de não-uso. O valor de uso é mais perceptível em função da necessidade de drenagem do escoamento causada pela impermeabilização do solo. Já as possíveis externalidades positivas, geradas pela implantação do sistema de drenagem urbana, podem ser entendidas como exemplos de valor de opção e não-uso.

Apesar da facilidade de enquadramento, a determinação do valor econômico para os serviços de drenagem não é nada simples, principalmente quando comparada aos serviços privados. Em função de necessidades, preferências e capacidade de pagamento, consumidores decidem individualmente as quantidades consumidas de determinado serviço privado. Supostamente maximizam a utilidade (ou bem-estar) que seus orçamentos permitem. Cada consumidor, ao resolver o quanto comprar dos vários serviços, cria um nível “ótimo” de consumo e oferta, não afetando o nível utilidade de outros consumidores (CANÇADO et al., 2006; NOGUEIRA & MEDEIROS, 1999).

Nos serviços com características de bens públicos, como a drenagem urbana, o processo de definição de valor ocorre de maneira diversa. Apesar de cada indivíduo perceber os valores de maneira diferente e, portanto, avaliar os serviços de modos diversos, suas utilidades estão inexoravelmente ligadas, uma vez que todos são obrigados a dispor do mesmo nível de serviço. Neste caso, os mecanismos de mercado dificilmente funcionam na definição de sua provisão eficiente (CANÇADO et al., 2006).

O último ponto de discussão mais conceitual que tangencia a cobrança pelos serviços de drenagem urbana diz respeito às formas de precificação. De acordo com a literatura econômica, diversas formas de precificação podem ser utilizadas, seguindo os objetivos de eficiência econômica ou sustentabilidade financeira. Algumas utilizam o custo marginal, a disposição marginal a pagar ou o custo médio como referência; outras se preocupam com os custos sociais, com o horizonte temporal ou com a viabilidade financeira do empreendimento. O Quadro 2 resume as principais formas de precificação de bens e serviços públicos.

Quadro 2 – Formas de precificação

Formas de precificação	Situações	Vantagens	Problemas
Custo marginal	Orientada a bens públicos com custo de operação e manutenção variáveis de acordo com número de usuários.	Maximização do bem-estar, pois incorpora os custos sociais.	Pode implicar em perdas financeiras para a prestadora de serviços. Outra dificuldade é a quantificação, em termos monetários, da ampla gama de custos incorporados ao cálculo da tarifa.
Benefício marginal	Destinada a bens públicos com consumo não rival e custos marginais bastante baixos ou nulos.	Aloca-se o bem de acordo com o retorno econômico para cada usuário. A capacidade de pagamento do consumidor é central na metodologia.	É necessário conhecer os benefícios marginais individuais. Como o consumo é não excludente, nem sempre os consumidores estarão dispostos a revelar o valor de seus benefícios. O resultado é uma arrecadação subótima de recursos que pode não ser suficiente para financiar a provisão do serviço.
Regra Ramsey ou Regra de Preços Públicos[1]	Utilizada quando há discriminação de preços sobre serviços ou consumidores.	Maximização do bem-estar social com garantia de receitas que cubram os custos.	As tarifas podem ser indesejáveis do ponto de vista distributivo.
Custo médio	Utilizada para cobrir custos marginais pequenos e custos fixos muito elevados.	Definição de tarifa não abusiva que garanta a viabilidade financeira do serviço. Relativa facilidade de implementação.	Privilegia-se a sustentabilidade financeira. A maximização do bem-estar social não é garantida.
Custo marginal de longo prazo	Indicada para quando os custos marginais aumentarem de forma mais acelerada que os custos médios do sistema.	Incorporação de cenários futuros de planejamento. Maximização do bem-estar social no longo prazo.	Dificuldades para conhecer os custos marginais de longo prazo devido às incertezas, mudanças tecnológicas etc.
Custo médio de longo prazo	Utilizada para cenários futuros de planejamento.	Incorporação de cenários de planejamento. Garantia de recursos financeiros para expansão do sistema no longo prazo.	Dificuldades para conhecer os custos médios de longo prazo devido às incertezas, mudanças tecnológicas etc.

Fonte: Cançado *et al.* (2006)

2.3.3 Instrumentos Tributários

Ao analisar os instrumentos tributários aplicados ao saneamento básico percebe-se que todos os componentes possuem mecanismos de cobrança, com exceção da drenagem urbana. Nos serviços de abastecimento de água potável, por exemplo, com base no volume consumido (R$/ m³) um preço é cobrado pela captação, potabilização e distribuição da água. No esgotamento sanitário, a cobrança mais comumente utilizada leva em conta o volume consumido de água. Em relação aos

[1] De acordo com essa metodologia adiciona-se à cobrança via custo marginal uma proporção inversa da elasticidade- preço da demanda dos consumidores. Logo, quanto menor for a elasticidade-preço da procura pelo serviço, maior deve ser o preço cobrado em relação ao seu custo marginal.

resíduos sólidos, o peso dos lixos coletados e dispostos em aterros são considerados para precificação do serviço. A drenagem urbana, por sua vez, vem sendo majoritariamente financiada pela receita de impostos de competência municipal, principalmente o IPTU.

Diante desse cenário é possível encontrar diversos trabalhos que defendem a cobrança pelos serviços de drenagem via tributo específico (CANÇADO et al., 2006; TUCCI, 2002b; NASCIMENTO et al., 2006; GOMES et al., 2008; TASCA, 2016). Como o Código Tributário Nacional (CTN)[2] delimita os tributos[3] brasileiros em impostos, taxas e contribuições de melhoria, a discussão se concentra no melhor instrumento para os municípios.

Como pode ser notado pelo Quadro 3, diante das descrições constantes no CTN, somente as taxas podem ser consideradas aptas para o serviço de drenagem urbana, pois os impostos independem de qualquer atividade estatal e as contribuições de melhoria, por sua vez, são instituídas para custear obras públicas que valorizem os imóveis.

Quadro 3 – Tipos de tributos

Tributo	Descrição	Fonte
Impostos	Imposto é o tributo cuja obrigação tem por fato gerador uma situação independente de qualquer atividade estatal específica, relativa ao contribuinte.	Art. 16 do CTN
Taxas	As taxas cobradas pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal ou pelos Municípios, no âmbito de suas respectivas atribuições, têm como fato gerador o exercício regular do poder de polícia, ou a utilização, efetiva ou potencial, de serviço público específico e divisível, prestado ao contribuinte ou posto à sua disposição.	Art. 77 do CTN
Contribuições de melhoria	A contribuição de melhoria cobrada pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal ou pelos Municípios, no âmbito de suas respectivas atribuições, é instituída para fazer face ao custo de obras públicas de que decorra valorização imobiliária, tendo como limite total a despesa realizada e como limite individual o acréscimo de valor que da obra resultar para cada imóvel beneficiado.	Art. 81 do CTN

Fonte: Brasil (1966)

[2] Instituído pela Lei nº 5.172/1966.
[3] De acordo com o Art. 3º do CTN, "tributo é toda prestação pecuniária compulsória, em moeda ou cujo valor nela se possa exprimir, que não constitua sanção de ato ilícito, instituída em lei e cobrada mediante atividade administrativa plenamente vinculada".

2.4 MODELOS TEÓRICOS E PRÁTICOS DE COBRANÇA

Há algumas metodologias que apresentam modelos de cobrança para a drenagem urbana. Neste item serão apresentadas cinco metodologias distintas para o serviço em questão.

2.4.1 Metodologia 1 – Prefeitura de Santo André/SP (1997)

Santo André, localizado no Estado de São Paulo, foi o primeiro município brasileiro a instituir uma taxa de drenagem por meio da Lei nº 7.606/1997. Nas definições constantes na lei, a prefeitura justifica a cobrança da taxa em virtude da utilização efetiva ou potencial dos serviços públicos de drenagem de águas pluviais, exclusivamente destinada à operação e manutenção dos sistemas de micro e macrodrenagem (Art. 2º). O valor mensal da taxa individual devida será obtido pela multiplicação do custo médio mensal, por metro cúbico, do sistema de drenagem, pelo volume produzido em cada imóvel, de acordo com a seguinte fórmula:

$$TD = p * V$$

Onde: TD = taxa de drenagem; p = custo médio mensal por m^3 do sistema de drenagem; V = volume lançado pelo imóvel em m^3.

O custo médio mensal do sistema de drenagem p é calculado pela relação entre custo total e volume produzido, ou seja:

$$p = {}^{P}/_{Vt}$$

Onde: P = custo total mensal do sistema de drenagem; Vt = volume mensal produzido na área urbana do município.

Para a contribuição volumétrica individual, a lei incorpora à base de cálculo o coeficiente de impermeabilização e índice pluviométrico.

$$V = 1{,}072 * 10^{-7} * c * i * A$$

Onde: V = volume (em m^3) lançado pelo imóvel; c = coeficiente de impermeabilização; i = índice pluviométrico em mm/h, obtido pelo método Otto Pfasteter; A = área coberta do imóvel em m^2.

Segundo Tasca (2016), no ano de 2012 muitos contribuintes do município de Santo André entraram na justiça[4] para suspender a taxa de drenagem por não corresponder a um serviço específico e divisível, pois a cobrança não é mensurável em relação ao contribuinte, como exige a legislação.

2.4.2 Metodologia 2 – Tucci (2002)

De acordo com Tucci (2002b), o custo referente à operação e manutenção da drenagem urbana pode ser cobrado por meio da área impermeável de cada propriedade, dando especial atenção ao volume de escoamento gerado. Para tanto, propõe dois tipos de rateios.

RATEIO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA REDE

De acordo com o autor, o custo unitário uniforme seria:

$$C_u = {Ct}/{Ab}$$

Onde Ab = área da bacia em km^2; Ct = custo total em R$. Dessa maneira, a área da bacia pode ser sub-dividida em:

$$100 = Ap + Ai$$

Sendo que: Ap = parcela de áreas permeáveis (%); Ai = áreas impermeáveis (%). Em uma área urbana, as áreas impermeáveis podem ser desdobradas na expressão:

$$Ai = \alpha i_m + \beta i_l$$

Onde α = parcela da área com arruamentos e logradouros públicos, como parques e praças; i_m = parcela impermeável desta área (%); β = parcela da área ocupada pelos lotes urbanos; i_l = parcela de impermeabilização do lote. Neste caso, $\beta = 1 - \alpha$. A equação acima fica:

[4] Via Arguição de Inconstitucionalidade n° 990.10.247740-1.

$$Ai = \alpha i_m + (\alpha - 1) i_l$$

O autor fixou α = 0,25, distribuído 15% para ruas e 10% para praças, e considerou que ruas possuem 100% de áreas impermeáveis e praças 0%. Assim,

$$i_m = {(0{,}15 * 100 + 0 * 0{,}10)}/{0{,}25} = 60\%$$

Considerando tais parâmetros, a equação 7 se transformaria em:

$$Ai = 15 + 0{,}75i$$

Tucci (2002b) defende a proporcionalidade com relação ao volume de escoamento superficial gerado como princípio da taxa de cobrança da operação e manutenção da drenagem urbana. Considerando que as áreas impermeáveis possuem coeficiente de escoamento 0,95 (Ci = 0,95) e as áreas permeáveis 0,15 (Cp = 0,15), o volume gerado pelas áreas impermeáveis é 6,33 vezes superior ao das áreas permeáveis. Desta forma o custo unitário de uma área permeável (Cu_p) é:

$$Cu_p = \frac{0{,}95}{0{,}15} Cu_i = 6{,}33 Cu_i$$

O custo total da operação e manutenção seria igual a:

$$Ct = \frac{Ab}{100} \left(Cu_p * Ap + Cu_i * Ai\right)$$

E utilizando as equações 5 e 10 na equação 11, tem-se:

$$Ct = \frac{Ab * Cu_i}{100} (15{,}8 + 0{,}842 Ai)$$

Considerando tais critérios o custo unitário das áreas impermeáveis proposto por Tucci (2002b) ficaria:

$$Cu_i = \frac{100 * Ct}{Ab * (15{,}8 + 0{,}842 Ai)}$$

O cálculo do custo a ser pago por propriedade seria:

$$Tx = \frac{A}{100}\left(Cu_p * Ap + Cu_i * Ai\right)(14)\ e\ Tx = \frac{ACu_i}{100}(15{,}8 + 0{,}842Ai)\ (15)$$

Onde A = área da propriedade em m²; Ai = a área impermeável da área A em %. Considerando a equação 9 para reescrever a equação 15, tem-se também:

$$Tx = \frac{ACu_i}{100}(28{,}43 + 0{,}632i_l)$$

RATEIO DOS CUSTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DAS OBRAS DO PLANO DE DRENAGEM

Neste caso Tucci (2002b) defende que o rateio de custos seja distribuído apenas para as áreas impermeabilizadas, que aumentariam a vazão acima das condições naturais. Desse modo, a equação 4 ficaria:

$$Cu_{pi} = \frac{Ctp * 100}{Ab * Ai}$$

Onde Ctp = custo total de implementação do plano. O custo para cada área de lote urbanizado de $i_{1\%}$ é obtida pela expressão:

$$Txp = \frac{Ai * Cu_{pi} * A}{100}$$

onde Ai é a distribuição das áreas impermeáveis em cada área. Utilizando a equação 9, tem-se:

$$Txp = (15 + 0{,}75i_{1\%}) * Cu_{pi}\frac{A}{100}$$

Substituindo a equação 17, a taxa pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$Txp = \frac{A * Ctp * (15 + 0{,}75i_{1\%}}{Ab * Ai}$$

Onde Ai = área impermeável de toda a bacia em %; A = área do terreno em m²; Ab = área da bacia em km²; Ctp = custo total em R$; $i_{1\%}$ = área impermeável do lote em %. Para um lote sem área impermeável, a contribuição tarifária do proprietário se refere a parcela comum das ruas e ficaria da seguinte forma:

$$Txp = \frac{15 * A * Ctp}{Ab * Ai}$$

2.4.3 Metodologia 3 – Nascimento *Et Al*. (2006)

Nascimento *et al*. (2006) propõem que os custos do sistema de drenagem urbana sejam divididos em dois: (i) custos de implantação (micro e macrodrenagem); (ii) custos de manutenção (limpeza de bocas-de-lobo e redes de ligação, vistorias no canal e recuperação de patologias estruturais).

O custo unitário médio do sistema, ou seja, o custo médio por unidade de área impermeabilizada é dado por:

$$p = Cme = \frac{CT}{\sum aij + aiv}$$

Sendo que p = cme = custo unitário médio do sistema; CT = custo total do sistema; aij = área impermeabilizada do imóvel j; Σaij = parcela do solo impermeabilizada pelos imóveis na área urbana coberta pelo sistema de drenagem; aiv = parcela do solo impermeabilizada pelas vias na área urbana coberta pelo sistema

A taxa de drenagem é, então, definida tomando por referência a área impermeabilizada na propriedade privada (lote) e o custo unitário médio do sistema:

$$Taxa\ de\ drenagem = p * aij$$

2.4.4 Metodologia 4 – Gomes *Et Al*. (2008)

Gomes et al. (2008) dividem o cálculo da taxa de drenagem em urbana em três etapas: (i) taxa para cobrir os custos com a manutenção dos sistemas; (ii) taxa para cobrir a amortização dos investimentos; (iii) taxa total de drenagem.

TAXA PARA COBRIR OS CUSTOS COM A MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS

De acordo com Gomes et al. (2008), a parcela da taxa de drenagem destinada a cobrir os custos com a manutenção dos sistemas se compõe dos seguintes valores:

$$Tman = Tmanp + Tmani + TmanSVp + TmanSVi$$

Onde Tman = taxa de drenagem para cobrir os custos com manutenção do sistema; Tmanp = taxa de manutenção associado à área permeável; Tmani = taxa de manutenção associado a edificações impermeáveis; TmanSVp = taxa de manutenção associado a áreas permeáveis do sistema viário; TmanSVi = taxa de manutenção associado a áreas impermeáveis.

Levando-se em consideração o custo de manutenção dos sistemas de drenagem de áreas permeáveis e de áreas impermeáveis, Gomes et al. (2008) afirmam que a taxa de manutenção para cobrir esses custos será definida por meio da seguinte expressão:

$$Tman = \frac{Cmanp}{A_1} * s_1 * (1 - T_1) + \frac{Cmani}{A_1} * s_1 * T1 + \frac{Cmanp}{A_1} * \frac{Asv_p}{Ab} s_1 + \frac{Cmanp}{A_1} * \frac{Asv_i}{Al} * s_1 \quad (25)$$

Sendo: Cmanp = custo de manutenção associado a áreas permeáveis; Al = área total de lotes urbanizados ou não; Sl = área de cada lote, urbanizado ou não; Ti = índice de impermeabilização dos lotes, em %; Cmani = custo de manutenção associado a áreas impermeáveis; Asv_p = áreas públicas (praças) e do sistema viário permeáveis; Ab = área total da bacia; Asv_i = áreas públicas (praças) e do sistema viário impermeáveis.

TAXA PARA COBRIR A AMORTIZAÇÃO DOS INVESTIMENTOS

Para Gomes et al. (2008), a parcela da taxa de drenagem devida à amortização dos investimentos realizados com obras de drenagem pode ser obtida pela seguinte expressão:

$$Tinv = Tinvp + Tinvi + TinvSVp + TinvSVi$$

Levando-se em consideração os valores das amortizações tanto nas áreas permeáveis quanto nos impermeáveis, essa taxa se define pela seguinte expressão:

$$Tinv = \frac{Ip}{A_1} * s_1 * (1 - T_1) + \frac{Ii}{A_1} * s_1 * T1 + \frac{Ip}{A_1} * \frac{Asv_p}{Ab} s_1 + \frac{Ii}{A_1} * \frac{Asv_i}{Al} * s_1$$

Sendo: Ip = amortização dos investimentos associados a áreas permeáveis; Ii = amortização dos investimentos associados a áreas impermeáveis.

TAXA TOTAL DE DRENAGEM

A taxa total de drenagem destinada a cobrir os custos com a manutenção do sistema e amortização dos investimentos será:

$$Tx = Tman + Tin$$

2.4.5 Metodologia 5 – Tasca (2016)

Tasca (2016) partiu de diversas experiências internacionais para propor uma taxa de drenagem orientada à manutenção e operação do sistema de drenagem de municípios de pequeno porte. Para tanto, estabeleceu o conceito de Urape (Unidade Residencial de Águas Pluviais Equivalente), que utiliza a média da área impermeável das propriedades residenciais como unidade padrão para determinar a taxa. São cobradas com base na quantidade de área impermeável do lote, independentemente de sua área total. Uma unidade da URAPE é definida da seguinte forma:

$$Urape = \frac{\sum A_{il}}{n}$$

Sendo: $\sum A_{il}$ = somatório de todas as áreas impermeáveis dos lotes residenciais; n= quantidade de lotes na área urbana.

De acordo com a autora, a taxa anual da Urape se constitui como um rateio dos custos dos serviços utilizados pelos usuários, de modo proporcional ao escoamento gerado. Assim, os custos de operação e manutenção dos sistemas são rateados pelo total de URAPEs, fornecendo uma taxa anual por Urape.

$$Tx.por\ Urape = \frac{Custo\ de\ operação\ e\ manutenção}{Total\ de\ Urapes}$$

Para calcular o valor a ser pago por cada lote deve-se verificar quantas Urapes o lote possui quando comparado à unidade padrão, ou seja:

$$Quant.de\ Urapes = \frac{A_{il}}{1\ Urape}$$

Desta forma, a taxa anual será proporcional à quantidade de Urapes que o lote possui:

$$Taxa\ por\ lote = quant.de\ Urapes * tx.por\ Urape$$

Para testar a metodologia, a autora utiliza o município de Santo Amaro de Imperatriz que possui uma Urape de 294,28 m^2 e custo médio anual da operação e manutenção corresponde a R$ 282.334,08, demonstrado no Tabela 1.

Tabela 1 - Definição da Urape para Santo Amaro da Imperatriz - SC

Parâmetro	Valores
Área impermeabilizada total dos lotes (m^2)	2.019.797,55
Número de lotes	6.864
Urape (m^2)	294,32
Custo médio anual da operação e manutenção	R$ 282.334,08

Fonte: Tasca (2016)

Aplicando-se a estimativa de custos de operação e manutenção de Santo Amaro da Imperatriz à equação 29, tem-se:

$$Tx.por\ Urape = \frac{R\$\ 282.334{,}08}{6.864} = R\$\ 41{,}13$$

Desta forma, deve-se pagar o valor anual de R$ 41,13 por Urape, o que equivale a uma taxa mensal de R$ 3,43. A maioria dos lotes (67%) são taxados em até uma URAPE (R$0,00 – 41,13), recaindo sobre os lotes mais impermeabilizados os maiores valores de taxa, Tabela 2.

Tabela 2 - Taxas por Urapes

Urapes	Variação da taxa (R$)	Quantidade de Lotes	
0-1	0,00-41,13	4.602	67,0%
>1-2	41,14-82,26	1.562	22,8%
>2-3	82,27-123,39	325	4,7%
>3-15	123,40-616,95	357	5,2%
>15	>616,95	18	0,3%

Fonte: Tasca (2016)

A taxa de drenagem proposta por Tasca (2016) representa uma porcentagem mediana da renda média mensal dos setores censitários da área urbana, 0,39%. O impacto é considerado baixo em oito setores do município, sendo médio em seis e alto em oito setores, Tabela 3.

Tabela 3 - Impacto da taxa de drenagem na renda mensal

Setor	Taxa média mensal de drenagem (%)	Renda média mensal (R$)	Representatividade da taxa na renda mensal (%)	Classificação do impacto
1	5,48	4.135,78	0,13	Baixo
2	8,73	4.210,25	0,21	Baixo
3	4,40	1.994,54	0,22	Baixo
4	13,05	2.698,73	0,48	Alto
5	24,29	2.469,98	0,98	Alto
6	11,40	2.929,50	0,39	Médio
7	10,28	3.459,17	0,30	Médio
8	3,82	2.589,36	0,15	Baixo
9	5,07	1.996,54	0,25	Médio
10	12,56	1.931,66	0,65	Alto
11	13,27	2.704,26	0,49	Alto
12	12,79	2.371,32	0,54	Alto
13	8,27	2.513,29	0,33	Médio
14	11,03	3.870,15	0,29	Médio
15	4,27	2.635,76	0,16	Baixo
16	4,70	2.090,71	0,22	Baixo
17	11,39	2.414,68	0,47	Alto
18	2,80	1.669,54	0,17	Baixo
19	3,15	2.197,80	0,14	Baixo
20	20,00	3.286,46	0,61	Alto
21	23,17	2.217,64	1,04	Alto
22	7,35	1.813,14	0,41	Médio
Média	10,06	2.645,47	0,39	Médio

Fonte: Tasca (2016)

Devido a sua concepção, a Urape é a única, dentre as metodologias nacionais descritas neste capítulo, que recupera totalmente os custos indiretos da drenagem urbana. Contudo, de acordo com a autora a metodologia 2 (Tucci, 2002b) poderia ter apresentado melhores resultados caso os parâmetros originais da taxa fossem modificados.

As metodologias 2 (Tucci, 2002b) e 3 (Nascimento *et al*., 2006) demonstraram-se exequíveis para municípios de pequeno porte, enquanto a metodologia 4 (Gomes *et al*., 2008) não se demonstrou adequada, Quadro 4.

Quadro 4 - Principais resultados da Urape aplicada ao município de Santo Amaro da Imperatriz

Descrição	Parâmetro
Urape	294,32 m^2
Taxa anual por Urape	R$ 41,13
Taxa anual por m^2	R$ 0,14 / m^2
Total arrecadado com a Urape	R$ 282.334,08
Impacto da taxa na renda média dos moradores	0,39% (Médio)

Descrição	Parâmetro
Recuperação dos custos com os demais métodos	81% (Metodologia 2)
	71% (Metodologia 3)
	23% (Metodologia 4)

Fonte: Tasca (2016)

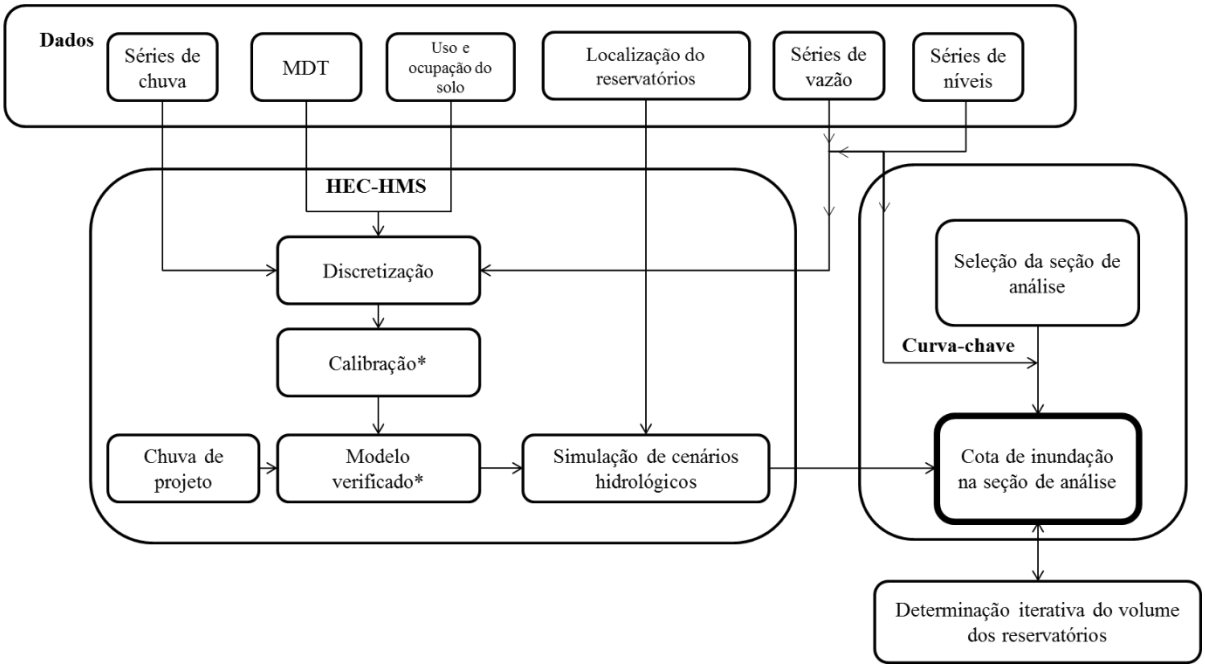
3 OTIMIZAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS

Os reservatórios de contenção de cheia são exemplos de medidas estruturais que podem reduzir o risco de inundação sem transferir impactos negativos para regiões a jusante de uma bacia hidrográfica. Estudos hidrológicos e simulações hidráulicas são importantes para conceber essas medidas de maneira adequada e eficaz.

3.1 ESTUDO HIDROLÓGICO

A Figura 24 apresenta o fluxograma metodológico do estudo, sendo na parte superior descrito os dados de entrada necessários para operar os modelos hidrológicos com o uso do software HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System*). Com a curva-chave de cada seção foi possível estabelecer uma relação entre os resultados do modelo hidrológico (vazão) e a cota de inundação.[5]

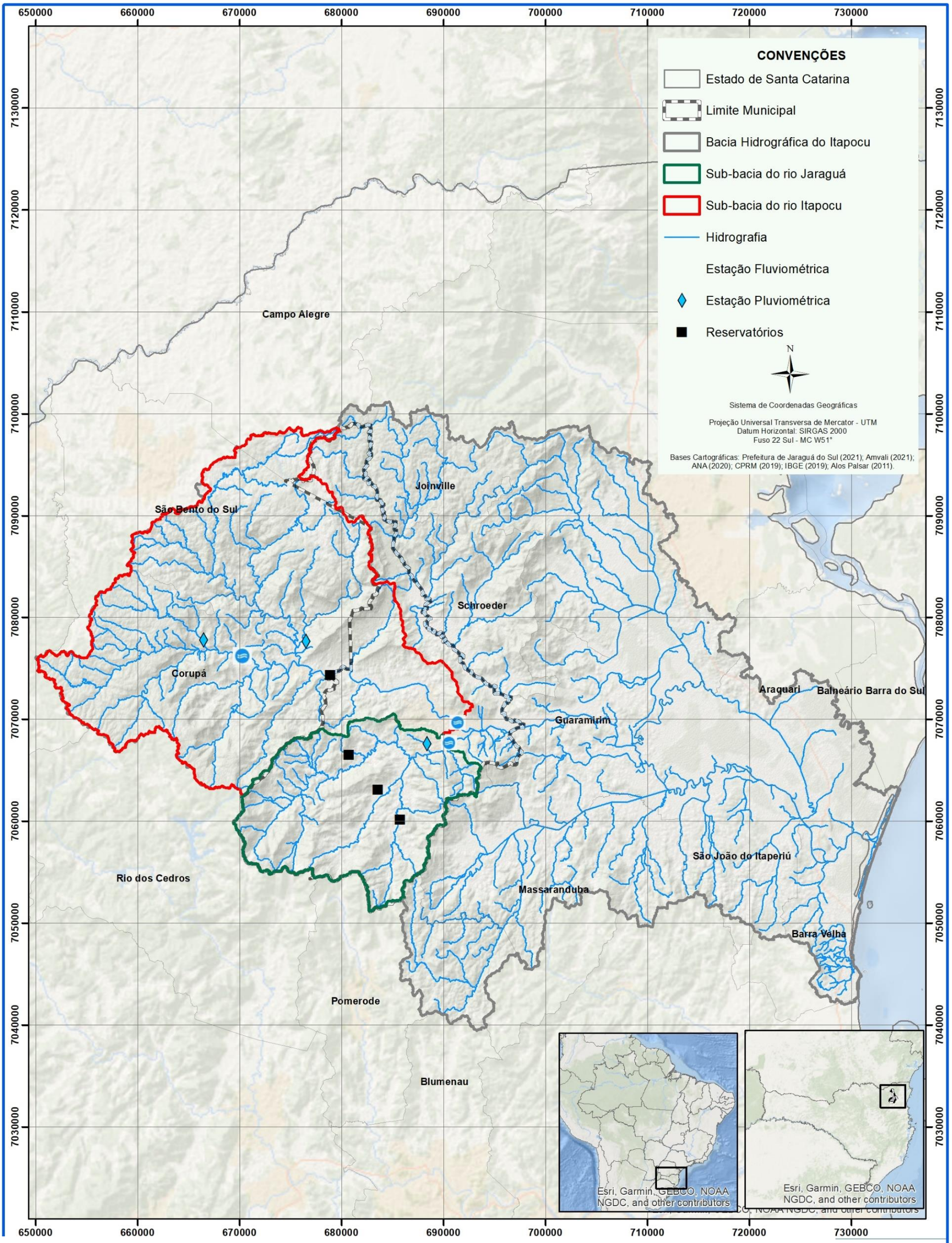
Figura 24 - Fluxograma metodológico para avaliação do impacto de medidas estruturais



Fonte: Evolua Ambiental (2021)

[5] Etapas aplicadas na modelagem hidrológica do rio Itapocu

No Mapa 1 são apresentadas as bacias hidrográficas analisadas, bem como a localização das estações de monitoramento e dos reservatórios considerados para a modelagem. A base cartográfica utilizada para determinar os parâmetros hidrológicos é proveniente da Prefeitura Municipal de Jaraguá do Sul (2021), Amvali (2021) e Alos Palsar (2011). As séries históricas de dados das estações fluviométricas e pluviográficas foram obtidas no Hidroweb, portal da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).



Mapa 1 - Mapa de monitoramento hidrológico

EVOLUA AMBIENTAL
ENGENHARIA E ARQUITETURA

CNPJ 16.697.255/0001-95 | CREA/SC 149326-4
Endereço: Rua Gil Stein Ferreira, 357, Centro, Sala 706
CEP 88301-210, Itajaí-SC.
Fone: (47) 2125-1014
E-mail: contato@evoluaambiental.com.br

www.evoluaambiental.com.br

SAMAE JARAGUÁ DO SUL

Município - Estado: JARAGUÁ DO SUL - SANTA CATARINA

Objeto: PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU

MAPA DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO: BACIAS HIDROGRÁFICAS, ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO E LOCALIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS

Elaboração	Folha	Escala
João Marcos Moura	Única	1:350.000
Eng.º Civil	Data: Julho de 2021	0 5.000 10.000 20.000 m

A seção de análise (exutório) da Bacia do Rio Itapocu está na estação fluviométrica 82350000 da ANA, operada pela EPAGRI (Mapa 1). A escolha desse local permite calibrar e verificar os modelos hidrológicos, isto é, ajustar os seus parâmetros com base nos eventos passados, de forma que a modelagem represente os cenários estudados com um nível de precisão razoável (BRASIL, 2011). Na Sub-bacia do Rio Jaraguá, a seção de análise (exutório) foi definida na estação fluviométrica 82370000 da ANA (Mapa 1), a única da bacia com série de dados de vazão (PINHEIRO; LOEWEN; MOURA, 2015; DCJS, 2021). A estação 82370000 está inoperante desde 2007, portanto, não foi possível calibrar e verificar o modelo hidrológico com base nos eventos de cheia mais recentes. Em contrapartida, os dados da estação fluviométrica 82370000 permitiram produzir uma curva-chave, assim, as vazões modeladas puderam ser transformadas em cota de inundação.

Na análise foi considerado um reservatório na bacia do Rio Itapocu e três na Bacia do Rio Jaraguá (Mapa 1). Os reservatórios são tipo *off line*, logo, não estão incorporados ao leito do rio, embora estejam próximos a ele. Essa premissa permite que a simulação do seu comportamento hidráulico seja mais precisa, uma vez que não se tem um levantamento topobatimétrico dos cursos d'água. O instante em que ocorre o início da operação dos reservatórios foi definido de modo a maximizar a redução do hidrograma de cheia. A simulação hidráulica (*routing*) do período de enchimento e esvaziamento foi baseada no princípio da conservação das massas.

Os modelos hidrológicos visam reproduzir os processos de transformação de chuva em vazão e propagar a onda de cheia até a seção de análise (Tabela 4). A ausência de levantamentos topobatimétricos sobre o Rio Itapocu e o Rio Jaraguá acrescenta muita incerteza na aplicação de modelos hidrodinâmicos, o que inviabilizou a delimitação de "manchas" da inundação. Pelo mesmo motivo, não foi possível considerar a influência da maré e os efeitos sinérgicos e cumulativos que os dois rios exercem entre si. Assim, os cenários apresentados estão associados a eventos de cheia produzidos majoritariamente por processos hidrológicos e hidráulicos da própria bacia. O escopo do estudo não contempla avaliação de inundações bruscas, popularmente conhecidas como enxurradas, de ocorrência localizada e associada a pequenas bacias (microdrenagem).

Tabela 4 - Modelos utilizados para estimativa da vazão e propagação da onda de cheia

Bacia hidrográfica	Coordenadas do exutório (seção de análise)		Área de drenagem (km²)	Transformação de chuva-vazão	Propagação da onda
	Latitude	Longitude			
Rio Itapocu	26°28'48.0"S	49°04'48.0"W	789,77	Hidrograma Unitário de Clark	ARIMAX[6]
Rio Jaraguá	26°29'47.4"S	49°05'20.4"W	280,49	Hidrograma Unitário do SCS	Muskingum-Cunge

Fonte: Evolua Ambiental (2021)

Os resultados que apontam redução das vazões e níveis devem ser interpretados de uma forma não determinística, considerando variações iguais ou menores que 10%. As incertezas do processo de modelização podem ser originadas pela própria natureza dos dados medidos (precisão do equipamento, inferições, método de consistência, qualidade da calibração, etc) e pelas próprias hipóteses simplificadoras adotadas nos modelos.

A inundação considerada na modelagem é produzida por uma chuva com determinado período de recorrência. O período de recorrência (T) expressa o tempo que, em média, a chuva intensa é igualada ou superada ao menos uma vez na região (PINHEIRO; LOEWEN; MOURA, 2015). Na concepção de obras de macrodrenagem se costuma estudar cenários para uma chuva com período de recorrência de 50 anos (TUCCI, 2002a). Os resultados iniciais da modelagem consideraram uma chuva com T = 50 anos e indicaram a necessidade de elevados volumes de reservação em ambas as bacias hidrográficas. Os valores variam de 2,6 a 8,5 milhões de metros cúbicos e apresentam fortes indícios de inviabilidade. Por essa razão, foi descartada a apresentação de cenários mais críticos, com chuvas ainda mais volumosas, como por exemplo, com período de recorrência de 100 anos.

3.2 MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA NA MACRODRENAGEM

Modelos hidrológicos podem ser do tipo conceitual, baseado no conhecimento dos processos físicos das bacias hidrográficas, ou do tipo empírico, concebido a partir

[6] Modelo Autoregressivo Integrado de Média Móvel para Variável Exogena.

de correlações matemáticas que expressem um sentido físico entre os dados de entrada e saída (PINHEIRO; LOEWEN; MOURA, 2015). O modelo conceitual do Hidrograma Unitário de Clark (HUC) foi aplicado para a bacia do Rio Novo (Corupá/SC), cuja área é de 177,75 km² e cujo exutório está na estação fluviométrica 82320000 da ANA/EPAGRI. Na sequência, a onda de cheia foi propagada até a seção do Rio Itapocu por meio do modelo empírico ARIMAX (Autoregressivo Integrado de Média Móvel para Variável Exógena).

3.2.1 Análise da bacia do Rio Itapocu

O modelo do HUC é baseado no conceito do hidrograma unitário e considera que a vazão produzida na bacia hidrográfica resulta do processo de translação e atenuação. Para tanto, se recorre a um histograma tempo-área sintético incorporado ao próprio HEC-HMS. O modelo requer que seja definido o tempo de concentração da bacia hidrográfica e o seu coeficiente de armazenamento (AHMAD et al., 2009). A metodologia completa de cálculo pode ser encontrada em HEC (2021a).

O modelo empírico ARIMAX realiza a correlação entre parâmetros hidrológicos com base em eventos de cheias ocorridos no passado. Sua calibração foi feita em uma planilha eletrônica (Microsoft Excel®) e as condições de contorno são assim definidas:

- A chuva acumulada (variável exógena) é medida na Bacia do Rio Novo;
- As séries temporais de vazão do Rio Novo são calculadas pelo modelo do HUC;
- A vazão inicial do Rio Itapocu corresponde a sua vazão média de longo tempo.

O modelo ARIMAX apresentou bom desempenho para previsão de cheia na Bacia do Rio Itapocu (PINHEIRO; LOEWEN; MOURA, 2015) e possui a vantagem de não demandar dados hidrológicos das demais bacias contribuintes. Nesse trabalho, o modelo foi ajustado para construção do hidrograma do Rio Itapocu conforme segue:

$$QJS_t = a + b.QJS_{t-1} + c.(QJS_{t-1} - QJS_{t-2}) + d.(QCO_{t-2} - QCO_{t-1}) + e.\sum_{i=t}^{i=t-2} P_i$$

Onde, QJS_t (m³/s) é a vazão modelada para a seção de análise, localizada na estação 82350000 de Jaraguá do Sul, no instante de tempo t, QJS_{t-1} (m³/s) é a vazão modelada para a seção de análise, localizada na estação 82350000 de Jaraguá do Sul, no instante de tempo t-1, QCO_{t-1} e QCO_{t-2} (m³/s) são as vazões modeladas para o Rio Novo, localizada na estação fluviométrica 82320000 de Corupá, no instante de tempo t-1 e t-2, respectivamente. A variável P_i (mm) é a chuva acumulada obtida na estação pluviográfica 02649064 na bacia do rio Novo para o intervalo de tempo entre t-2 e t. Os parâmetros (a, b, c, d, e) resultam da calibração do modelo, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros calibrados do modelo ARIMAX

Parâmetros calibrados				
a	b	c	d	e
0,790	0,990	0,824	-0,540	0,172

Fonte: Evolua Ambiental (2021)

Uma equação de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) foi elaborada para definir a chuva na bacia do Rio Novo com período de recorrência de 50 anos. Foram utilizados os dados da estação pluviográfica número 02649064 da ANA (Corupá/SC) do período de 1984 a 2020. A análise da frequência da chuva foi baseada na distribuição de probabilidade de Gumbel. A relação entre a chuva e suas diferentes durações foi feita por meio de coeficientes empíricos (BACK, 2002; TOMAZ, 2011). A equação IDF é válida para chuvas com duração entre uma e 24 h e períodos de recorrência entre 10 e 100 anos:

$$i = \frac{704{,}3 \,.\, T^{0{,}1732}}{(8{,}9 + t)^{0{,}703}}$$

Onde, *i* (mm/h) é a intensidade da chuva para a bacia hidrográfica do rio Novo, *T* (anos) é o período de recorrência e *t* (min) é a duração da chuva.

Os eventos de cheia de 2008 e 2009 foram utilizados para calibração dos dois modelos e o evento de cheia de 2014 para verificação. Dados de cota e vazão foram extraídos das estações fluviométricas da ANA/EPAGRI com código 82320000 (Rio Novo, Corupá/SC) e código 82350000 (Rio Itapocu, Jaraguá do Sul/SC). Na estação pluviográfica da ANA/EPAGRI com código 02649064 (Rio Novo, Corupá/SC) foram obtidos os dados de chuva para os eventos de 2008 e 2009, todos discretizados em

escala horária. Na reprodução do evento de 2014 foram utilizados dados de chuva medidos na escala horária pela estação pluviográfica 02649123 do CEMADEN (Rua Ano Bom, Corupá/SC), operante desde 2013.

Dois coeficientes permitiram medir o desempenho dos modelos em relação aos valores observados. O Coeficiente de Determinação de Pearson (r^2) indica a proporção da variabilidade da série de vazões observadas explicadas pela série obtida pelo modelo. Quanto mais próximo de 1, maior o ajuste entre os valores observados e modelados. O Coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE) é uma medida da proporção da variabilidade de uma variável que é explicada pela variabilidade de outra. O valor máximo para o NSE é 1, condição que expressa um ajuste perfeito entre os valores observados e modelados (COLLISCHONN, 2001).

3.2.2 Resultados da calibração e verificação

Na Tabela 6 são apresentados os parâmetros hidrológicos da bacia do Rio Novo, resultado do processo de calibração do modelo do HUC. Durante a calibração, é importante garantir que os parâmetros tenham um sentido físico. Estudos prévios, baseados em dados observados, permitem concluir que os valores obtidos estão consistentes com as características físicas da bacia hidrográfica (AHMAD et al., 2009; TOMAZ, 2011).

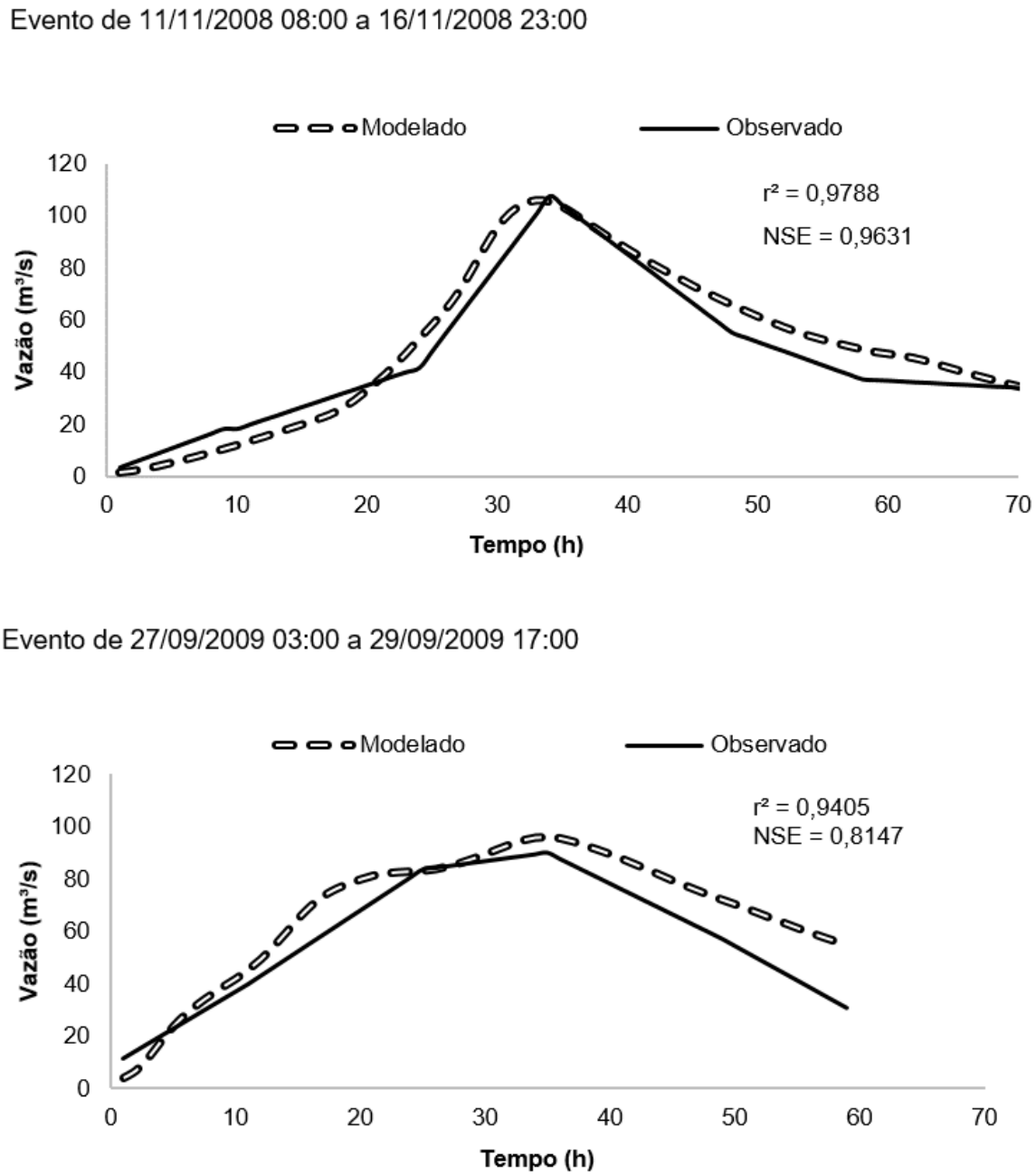
Tabela 6 - Parâmetros hidrológicos da bacia do rio Novo

Parâmetros hidrológicos	
Curve Number (CN)	68,0
Abstração inicial - I_a (mm)	1,9
Tempo de concentração - t_c (h)	4,53
Coeficiente de armazenamento - S (h)	28,6

Fonte: Evolua Ambiental (2021)

Na Figura 25 se apresenta um comparativo entre os hidrogramas observados e modelados na etapa de calibração do modelo do HUC. Nota-se que coeficientes de determinação de Person (r^2) e de Nash-Sutcliffe (NSE) são elevados (Figura 25), próximos de 1,0, demonstrando que o modelo reproduz de forma adequada os valores observados da Bacia do Rio Novo.

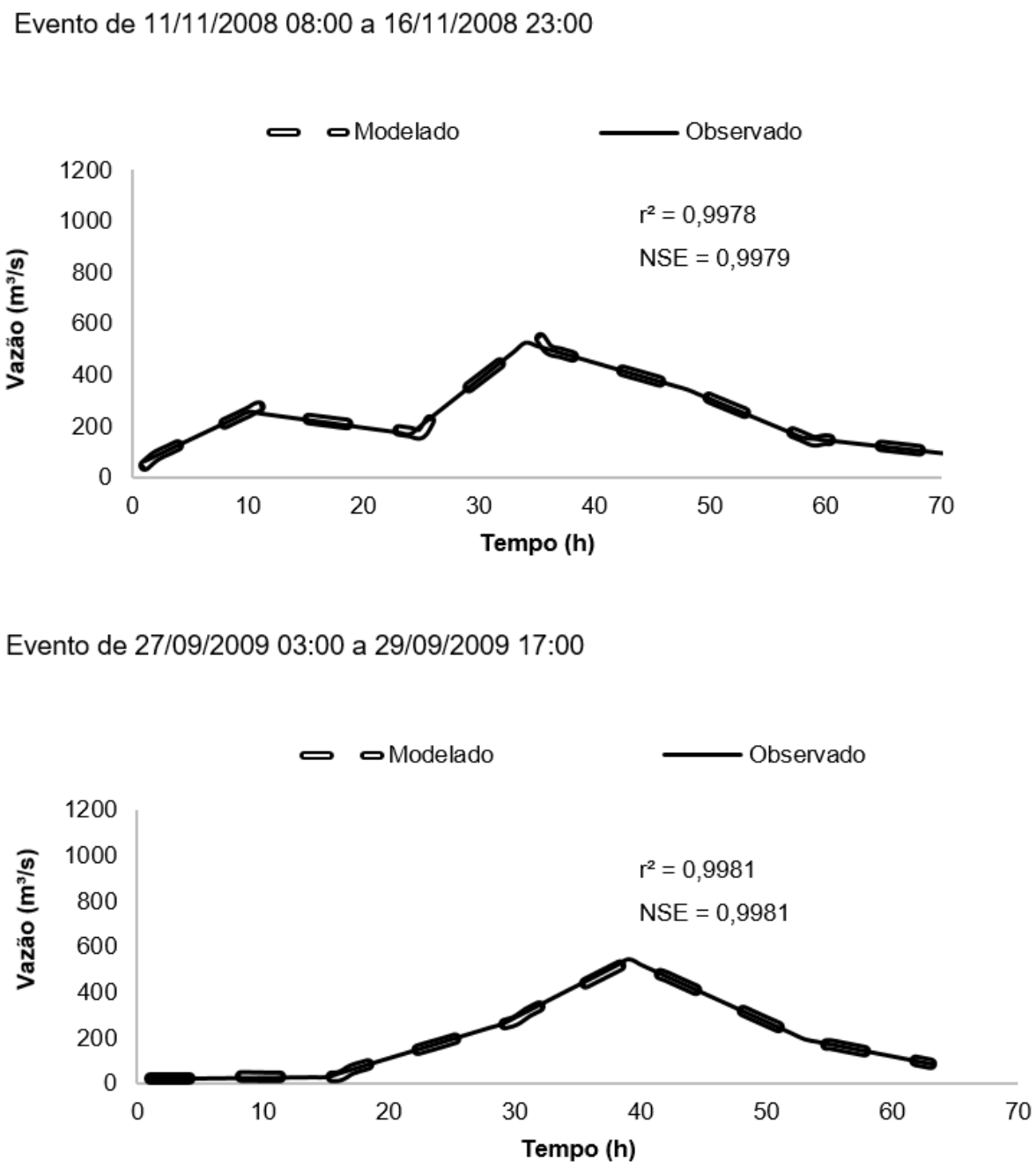
Figura 25 - Hidrograma de cheia observado e modelado para os eventos de 2008 e 2009 (Rio Novo, Corupá, SC)



Fonte: Evolua Ambiental (2021)

A vazão do Rio Novo foi então propagada até a seção de análise no Rio Itapocu por meio do modelo ARIMAX. Os resultados da etapa de calibração do modelo ARIMAX indicam uma ótima precisão, com valores muito próximos de 1,0 em ambos os coeficientes (Figura 26).

Figura 26 - Hidrograma de cheia observado e modelado para os eventos de 2008 e 2009 (Rio Itapocu, Jaraguá do Sul, SC)

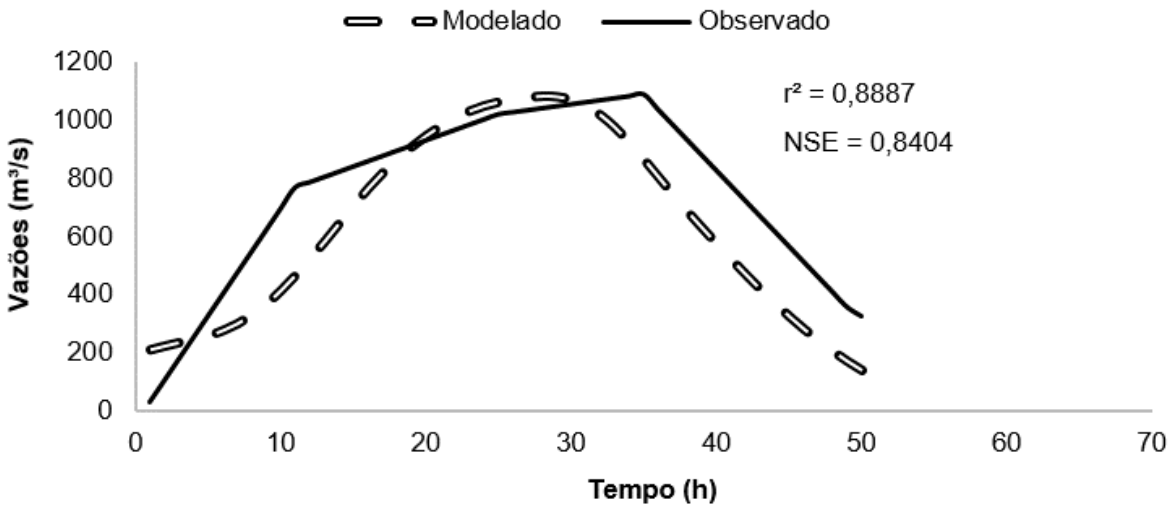


Fonte: Evolua Ambiental (2021)

O processo de verificação visa testar o modelo em um evento de cheia diferente daquele que foi considerado na calibração. Na Figura 27 é apresentado o resultado da verificação e os respectivos coeficientes (r^2 e NSE). O desempenho pode ser considerado satisfatório, uma vez que r^2 e NSE são maiores que 0,75 (COLLISCHONN, 2001). A redução no valor dos coeficientes pode estar associada a diversas causas, como diferenças na condição de umidade do solo entre os eventos

considerados na calibração (2008 e 2009) e verificação (2014). A curva-chave pode também apresentar menor precisão na transformação de valores elevados de cota e vazão.

Figura 27 - Hidrograma de cheia observado e modelado para o evento de 2014 (rio Itapocu, Jaraguá do Sul, SC)

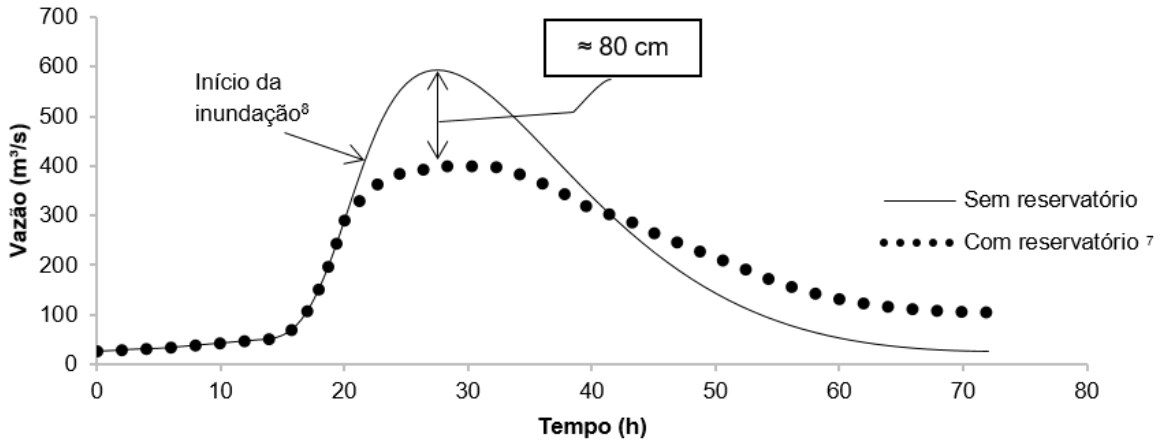


Fonte: Evolua Ambiental (2021)

3.2.3 Análise do impacto do reservatório

Os modelos hidrológicos permitiram produzir um hidrograma de cheia resultante de uma chuva com período de recorrência de 50 anos (Figura 28). A amortização da cheia demanda um reservatório com volume útil mínimo de 8.500.000 m³, o que equivale a aproximadamente 515 campos de futebol com 2 metros de altura. Nesse cenário, o reservatório permite reduzir a cota de inundação em aproximadamente 80 cm.

Figura 28 - Hidrogramas de cheia e impacto do reservatório na redução do risco de inundação do rio Itapocu



Fonte: Evolua Ambiental (2021)

Vale ressaltar que todo reservatório possui um volume finito e não tem o poder de prevenir toda e qualquer inundação, mas reduzir o seu risco de ocorrência. O risco na hidrologia está associado a uma probabilidade de ocorrência de um evento extremo. O evento de cheia de 2014 (Figura 28) atingiu maior magnitude que a cheia simulada (Figura 28), e, portanto, seria limitado o impacto desse reservatório durante a inundação de 2014. No entanto, cabe salientar que a vazão máxima registrada nesse evento tem o tempo de recorrência de mais de 300 anos (PINHEIRO; LOEWEN; MOURA, 2015).

Na simulação hidráulica tomou-se como premissa que o início da operação do reservatório ocorre quando o Rio Itapocu atinge a vazão de 325 m³/s na estação 82350000 da ANA/EPAGRI. As áreas urbanas na Bacia do Rio Itapocu são pouco representativas, por essa razão e para esse cenário, são desprezíveis os efeitos das técnicas compensatórias de manejo de água pluvial nos espaços urbanos.

3.2.4 Análise da bacia do rio Jaraguá

A análise da Sub-bacia do Rio Jaraguá contemplou reservatórios *off line* afastados dos aglomerados urbanos e presentes nos seguintes afluentes: Rio Jaraguazinho, Rio da Luz e Rio Cerro. Na modelização também foi considerado o uso

[7] Coordenada geográfica: 26°26'29.9"S; 49°10'22.5"W

[8] Corresponde à cota de inundação de 3,00 m, conforme DCJS (2021)

de técnicas compensatórias de manejo de água pluvial, uma vez que uma parcela importante da bacia é urbanizada (5,8%). As técnicas podem ser construídas em cada lote urbano e/ou em espaços públicos. São alguns exemplos: pavimentos permeáveis, jardins de chuva, trincheiras de infiltração, poços de infiltração e cisternas (SILVEIRA; GOLDEFUM, 2007). O modelo hidrológico considerou que, para uma chuva de projeto com período de recorrência de 10 anos, as técnicas compensatórias são capazes de reduzir o escoamento superficial a um nível que era encontrado no período pré-ocupação (conceito de impacto zero).

Para construção do hidrograma de cheia foi empregado o modelo do Hidrograma Unitário do SCS (*Soil Conservation Service*) e a chuva efetiva determinada pelo método CN (*Curve Number*). Todos são amplamente aplicados na concepção de obras hidráulicas em países como Brasil e Estados Unidos (TOMAZ, 2002). A metodologia completa de cálculo pode ser encontrada em Tomaz (2002).

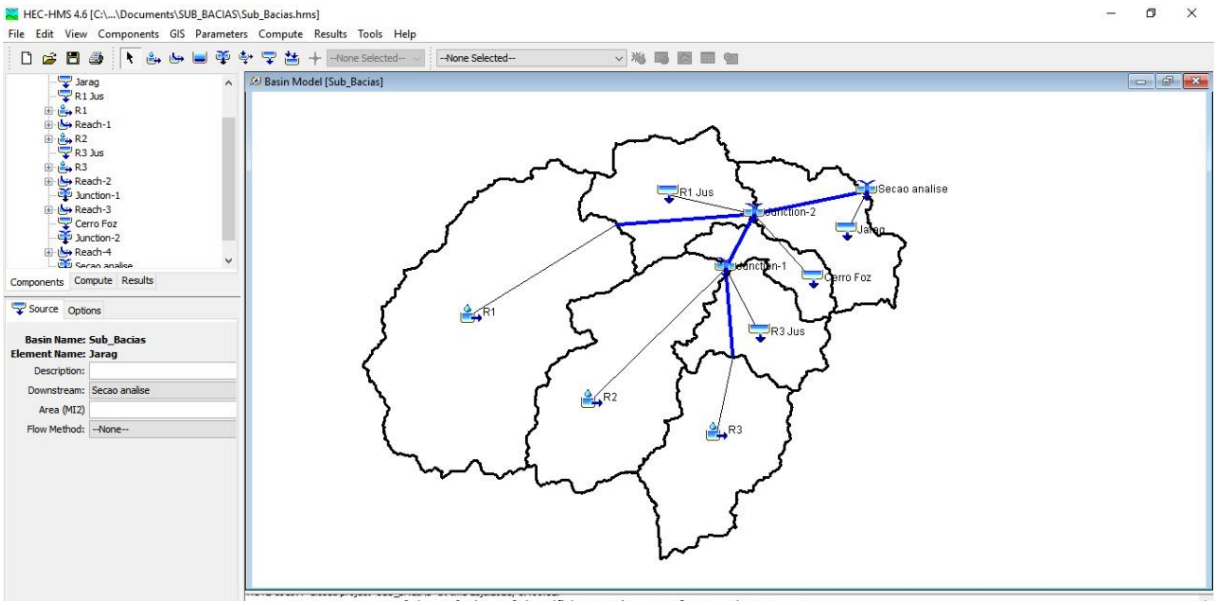
A chuva com período de recorrência foi definida conforme equação IDF da CPRM (2015). Essa equação é válida para período de recorrência de até 100 anos e duração de chuva entre 30 min e 24 horas. A IDF foi elaborada a partir de dados da estação pluviográfica número 02649012 da ANA/EPAGRI, conforme segue (CPRM, 2015):

$$i = \frac{\{[5{,}8656\ ln\ (T) + 16{,}8328]\ .\ ln\ (t)\} + 11{,}5062\ ln(T) + 33{,}038}{t}$$

Onde, *i* (mm/h) é a intensidade da chuva, *T* (anos) é o período de recorrência e *t* (h) é a duração da chuva.

A bacia do Rio Jaraguá foi discretizada espacialmente (Figura 29) e a chuva foi distribuída uniformemente sobre toda a área de drenagem da bacia com base no método dos blocos alternados (TOMAZ, 2002). Wanieslita e colaboradores (1997) afirmam que se obtém maior precisão quando se subdivide a bacia em áreas menores, porque assim foram feitos estudos de concepção do modelo Hidrograma Unitário do SCS.

Figura 29 - Discretização espacial da bacia do rio Jaraguá e componentes hidrológicos (interface do HEC-HMS)



Fonte: Evolua Ambiental (2021)

As três sub-bacias de “cabeceira” possuem seu exutório nos reservatórios R1, R2 e R3 (Figura 29), o que viabiliza a simulação hidráulica. O hidrograma das bacias identificadas por “sources” ( ) (Figura 29) foi estimado pela diferença entre o hidrograma de cheia da bacia que a contém (e que têm o mesmo exutório) e o hidrograma de cheia da bacia de montante. A onda de cheia produzida pela bacia de montante é propagada até o exutório pelo modelo de Muskingum-Cunge, conforme HEC (2021b). Os cursos d´água foram considerados com seção retangular e em todas as análises foi verificada a conservação das massas.

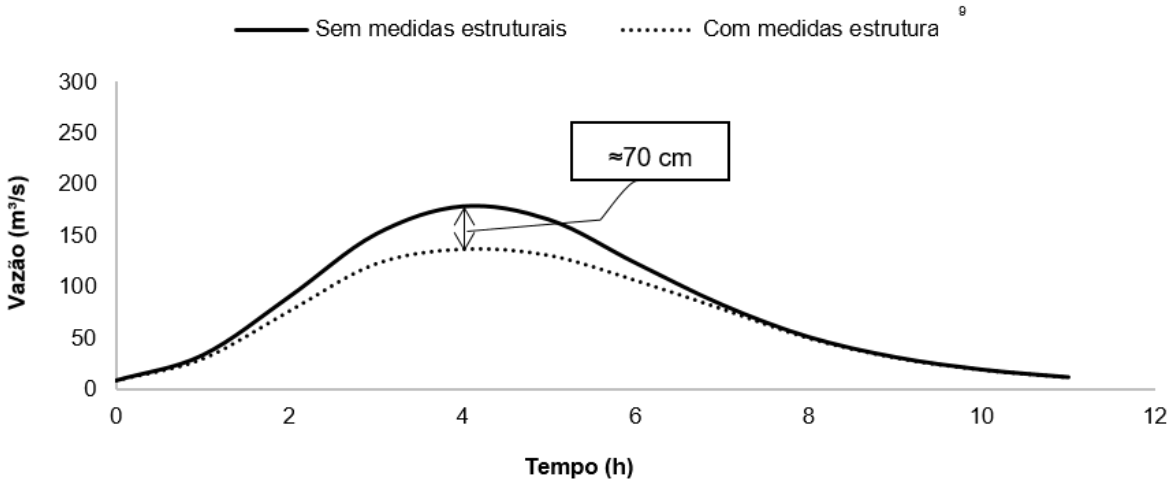
3.2.5 Análise do impacto das medidas estruturais

A simulação hidráulica apontou que, somados, os três reservatórios devessem reservar 2.600.000 m³ de água para mitigar o hidrograma de cheia produzido por uma chuva com período de recorrência de 50 anos. O volume equivale a aproximadamente 160 campos de futebol com 2 metros de altura, o que *a priori*, aponta ser de difícil implantação na bacia. A região é composta por vales estreitos e declivosos e, muito provavelmente, seriam elevados os custos de desapropriação e implantação. A bacia do Rio Jaraguá está totalmente contida no município de Jaraguá do Sul e não “recebe águas” de outros municípios. Diante dessas limitações, uma alternativa possível é

conceber reservatórios que atenuem uma inundação formada por uma chuva com menor magnitude.

Na Figura 30 são apresentados os hidrogramas de cheia para chuva com período de recorrência de 10 anos. O efeito do esvaziamento dos reservatórios produz uma diferença desprezível na região de recessão dos hidrogramas (Figura 30). Estima-se que os reservatórios possam reduzir a cota de inundação em aproximadamente 70 cm (Figura 30), o que pode representar uma significativa redução de danos. Não há registros que apontem em qual cota se inicia a inundação, uma vez que é outra a estação telemétrica que realiza o monitoramento e alerta, e ela não possui curva-chave (DCJS, 2021). Um estudo específico poderia definir a cota e a vazão de início da inundação na seção analisada.

Figura 30 - Impacto do reservatório de redução de risco de inundação no rio Itapocu



Fonte: Evolua Ambiental (2021)

O amortecimento da onda de cheia contempla a operação de três reservatórios nos rios Jaraguazinho, da Luz e Cerro (Tabela 7), além da implantação de técnicas compensatórias na área urbana. Os reservatórios poderiam estar localizados em um raio de abrangência de no máximo 1500 m da coordenada especificada na Tabela 7. Vale ressaltar que na área especificada não foi feita nenhuma análise de viabilidade técnica. Buscou-se apenas uma área plana e não edificada. A vazão mínima para

[9] Considerando a ação conjunta de três reservatórios nos rios Jaraguazinho, da Luz e Cerro, além da implantação de técnicas compensatórias na área urbana

início de operação (Tabela 7) corresponde à vazão do rio contribuinte no local do reservatório.

Tabela 7 - Características dos reservatórios previstos na bacia do rio Jaraguá

Reservatório	Tipo	Coordenadas geográficas Lat. Long.	Rio contribuinte	Volume útil (m³)	Vazão mínima para início de operação (m³/s)
R1	*Off line*	26º 31' 05''S 49º 10'42''W	Jaraguazinho	260.000[10]	60
R2	*Off line*	26º 32' 33''S 49º 08'44''W	Da Luz	130.000[11]	30
R3	*Off line*	26º 34' 45''S 49º 07'06''W	Cerro	160.000[12]	20
		TOTAL =		550.000	

Fonte: Evolua Ambiental (2021)

3.2.6 Ponderações sobre o estudo hidrológico

O estudo teve por objetivo avaliar o volume necessário para que medidas estruturais possam reduzir o risco de inundação no município de Jaraguá do Sul. Os modelos hidrológicos reproduzem adequadamente o comportamento da Bacia do Rio Itapocu. Embora não tenha sido possível calibrar o modelo SCS, é vasta a produção literária que o valida para bacias hidrográficas com características semelhantes as encontradas no Rio Jaraguá (TOMAZ, 2011). O monitoramento sistemático da vazão da Bacia do Rio Jaraguá poderia permitir a validação desses modelos hidrológicos. Salienta-se que mudanças na localização, na quantidade, no volume e na vazão de início de operação dos reservatórios podem alterar fortemente as premissas adotadas nessa análise, o que demandaria um novo estudo.

O estudo apontou que o reservatório simulado no Rio Itapocu produz um efeito limitado, mas importante sobre a cheia. Exige um volume significativo a ser reservado para chuva com período de recorrência igual ou maior que 50 anos. Por essa razão, se recomenda ampliar a discussão sobre medidas estruturais no Rio Itapocu para o

[10] Equivalente a 16 campos de futebol com 2 metros de altura

[11] Equivalente a 8 campos de futebol com 2 metros de altura

[12] Equivalente a 10 campos de futebol com 2 metros de altura

âmbito de toda a bacia hidrográfica. Além do mais, a eficiência do reservatório poderia ao longo do tempo ser prejudicada por diversas ações que intensificam os riscos de inundação, como o aumento da impermeabilização do solo (sem compensação hidrológica) e a execução de aterros em áreas frequentemente inundáveis. O regramento do uso e da ocupação do solo na Bacia do Rio Itapocu não depende exclusivamente de Jaraguá do Sul. Por isso, a unidade de planejamento territorial deve ser a bacia hidrográfica (BRASIL, 1997).

Na bacia do rio Jaraguá observou-se também um volume elevado a ser reservado para chuva com período de recorrência igual ou maior a 50 anos. Notou-se que o conjunto de medidas estruturais reduz fortemente uma cheia produzida por uma chuva com período de recorrência de 10 anos. Nos reservatórios é importante que haja elementos hidráulicos que permitam seu enchimento, esvaziamento e extravasão de forma controlada e segura. Eles podem ser aproveitados para atividades recreativas e de lazer enquanto não ocorre a inundação. É preciso atenção para usos múltiplos “conflituosos”, que na prática, possam reduzir o volume útil necessário para mitigar a cheia. As técnicas compensatórias devem ser capazes de reservar a chuva excedente, o que efetivamente permite amortecer o hidrograma de cheia (MOURA; PEIXER; MUNIZ, 2019).

Vale ressaltar que a inundação tida como um desastre, não é meramente um fenômeno hidrológico, passível de ser atenuado ou intensificado pelo controle da vazão ou volume de água dos canais. A inundação será mais ou menos intensa também em função das condições físicas dos cursos d’água, que podem ser alteradas por processos naturais ou antrópicos (assoreamento, retificação, retirada da mata ciliar, etc). O aumento da ocupação em áreas recorrentemente inundadas aumenta a exposição da sociedade frente aos desastres, o que pode levar a percepção de que os reservatórios são ineficazes (MOURA. BOHN. VIEIRA, 2015). É por essa razão que as medidas estruturais devem estar associadas a um planejamento integrado dos recursos hídricos.

3.3 MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA NA REDE DE MICRODRENAGEM

Conhecida popularmente como enxurrada ou alagamento, a inundação brusca é um dos desastres que ocorre com maior intensidade e frequência no Estado de Santa Catarina, segundo o Centro de Estudos e Pesquisas de Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (2013). É um evento de curta previsibilidade e que costuma estar associada a problemas nos sistemas de drenagem urbana. Nesse contexto, foram avaliadas galerias (tubulações) de água pluvial contidas na área de abrangência do levantamento cadastral deste Plano Diretor e especificadas no sistema de informação da Prefeitura de Jaraguá do Sul (GEOPORTAL, 2021).

De acordo com informações obtidas junto à Prefeitura, dezessete locais apresentam frequentes problemas relacionados à drenagem urbana de água pluvial. Desse total, cinco pontos estão contidos na área de abrangência do levantamento cadastral (Tabela 8). Em dois deles, foi possível traçar a bacia contribuinte e realizar uma análise técnica quantitativa (Tabela 8).

Tabela 8 - Localização das galerias avaliadas

Trecho	Local	O diâmetro da galeria é especificado no GEOPORTAL?	A bacia contribuinte é delimitável?	Avaliação	
				Qualitativa	Quantitativa
1	Avenida Marechal Deodoro da Fonseca (início)	Sim	Sim	✓	✓
2	Rua Cel. Bernardo Grubba, próximo ao nº 250	Sim	Sim	✓	✓
3	Rua Quintino Bocaiuva (final)	Sim	Não	✓	X
4	Rua José Albus (cruzamento com a Rua Josef Santana)	Sim	Não	✓	X
5	Rua João Planincheck, próximo ao nº 741.	Sim	Não	✓	X

Fonte: Evolua Ambiental (2021) com dados da Prefeitura Municipal de Jaraguá do Sul

A seguir, a análise dos pontos supracitados, que partem do levantamento cadastral da microdrenagem realizado no âmbito deste trabalho (Apêndice 2), somados aos cadastros do Geoportal da Prefeitura de Jaraguá do Sul e do PDDU elaborado em 1986.

3.3.1 Avaliação de galerias de água pluvial

Nessa avaliação quantitativa foram comparadas as vazões produzidas em cada localidade com a capacidade máxima da galeria. As seguintes premissas foram consideradas para o cálculo das vazões:

- as galerias funcionam como condutos livres em regime permanente e uniforme;
- a chuva simulada possui período de retorno de 10 anos e é distribuída uniformemente sobre a bacia contribuinte;
- a vazão máxima resulta de uma chuva com duração igual ao tempo de concentração.

As vazões foram expressas por uma faixa de valores prováveis, tendo em vista as incertezas associadas à inclinação das tubulações, ao tempo de concentração e à área da bacia contribuinte. O método racional foi aplicado para determinar as vazões nos pontos analisados. Trata-se de um modelo de cálculo simples e que produz bons resultados para bacias com área inferior a 3 km² ou com tempo de concentração inferior a uma hora (Tomaz, 2011). A equação do método racional é definida conforme segue:

$$Q = = \frac{C \, . \, i \, . \, A}{3{,}6}$$

Onde, Q (m³/s) é a vazão do trecho, C é o coeficiente de escoamento superficial, i (mm/h) é a intensidade da chuva e A (km²) é a área contribuinte.

O coeficiente de escoamento superficial expressa a relação entre o deflúvio e a chuva total. O parâmetro foi calculado em função do tipo de uso e ocupação do solo (Quadro 5), verificado em imagem de satélite obtida no ano de 2019 (*Google Earth*). Seu valor final é determinado por uma média ponderada pelas áreas de contribuição.

Quadro 5 - Valores para coeficiente de escoamento superficial (C) em função do uso e da ocupação do solo

Tipo de uso e ocupação do solo	Valor de "C"
Edificações, coberturas, pavimentos e calçadas (elevada impermeabilização do solo)	0,95
Áreas não edificadas e sem melhoramentos, lotes vazios, solo exposto e compactado, vegetação rasteira, gramado, jardins e parques não arborizados	0,70
Matas e superfícies bem arborizadas	0,30

Fonte: Adaptado de Tomaz (2011 apud Wilken, 1978).

A intensidade da chuva foi determinada conforme equações IDF da CPRM (2015), de modo que:

Para 5 min ≤ t < 30 min:

$$i = \frac{\{[4{,}9075 \,.\, ln\,(T) + 14{,}0758] \,.\, ln\,(t + 0{,}13)\} + 9{,}5811 .\, ln(T) + 27{,}5227}{t}$$

E para 30 min ≤ t < 24h:

$$i = \frac{\{[5{,}8656 \,.\, ln\,(T) + 16{,}8328] \,.\, ln\,(t)\} + 11{,}5062 .\, ln(T) + 33{,}038}{t}$$

Onde, i (mm/h) é a intensidade da chuva, T (anos) é o período de recorrência e t (h) é a duração da chuva.

O desconhecimento do diâmetro de algumas das tubulações presentes na bacia contribuinte torna incerta a determinação da velocidade de fluxo e, portanto, também permanece incerto o tempo de concentração. Assim sendo, foi calculado um intervalo provável para o tempo de concentração das bacias contribuintes. Considerou-se uma faixa de velocidades que varia entre a mínima (0,75 m/s) e a máxima (5,0 m/s) recomendada para projetos de drenagem urbana (Azevedo Netto, 2001). A equação aplicada é expressa por:

$$t_c = 5\ min + \frac{d_{máx.}}{v}$$

Sendo, t_c (min) o tempo de concentração da bacia contribuinte, $d_{máx.}$ (m) a maior distância percorrida pela água pluvial na bacia e v (m/s) a velocidade da água pluvial nas tubulações.

O provável sentido do fluxo da água pluvial nas tubulações foi definido com base na cota de fundo das caixas de ligação inspecionas durante o levantamento cadastral. As áreas contribuintes foram definidas também a partir das curvas de nível e da configuração dos lotes urbanos (Apêndice 1). Todos os lotes com divisa em uma rua contida na bacia foram incluídos na área contribuinte. Pressupõe-se que as instalações de água pluvial desses lotes são configuradas de tal forma a promover a descarga final na tubulação da rua.

A capacidade máxima das galerias foi quantificada pelo método dos parâmetros adimensionais (Azevedo Netto, 1998), sendo que para galeria circular com relação y/D = 0,80, temos:

$$Q = \frac{0{,}3046 \cdot D^{8/3} \cdot I^{1/2}}{n}$$

E para galeria retangular com seção plena:

$$Q = \frac{0{,}1984 \cdot b^{8/3} \cdot I^{1/2}}{n}$$

Onde, y (m) é a altura da lâmina d'água, D (m) é o diâmetro da galeria circular, b (m) é a largura da galeria retangular, I (m/m) é a inclinação estimada do trecho avaliado e n é o coeficiente de rugosidade de Manning.

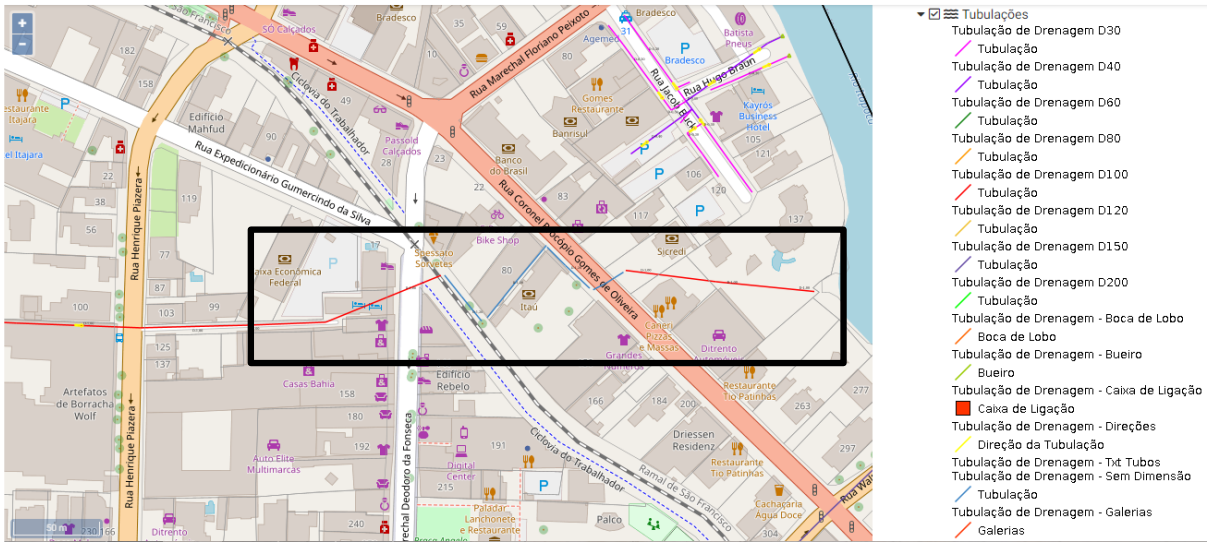
3.3.2 Resultados

A primeira galeria avaliada se localiza na Avenida Marechal Deodoro da Fonseca. O trecho inicia com diâmetro de 1,0 metro de diâmetro, aumenta para 1,20 metros quando cruza a Rua Cel. Procópio Gomes de Oliveira e reduz novamente para 1,0 metro no trecho de deságue (Figura 31). No levantamento cadastral não foi possível confirmar essas informações, pois a rede cruza propriedades privadas e nos pontos públicos não há elementos de visitação.

A vazão total nesse trecho foi calculada pela soma da vazão produzida na bacia contribuinte e da vazão "incremental" (que resulta da capacidade máxima da

tubulação de diâmetro igual a 0,8 m que chega na Servidão Francisco José Demathe). A área de contribuição dessa tubulação é incerta e as tubulações de montante não são acessíveis. Na Tabela 9 é possível observar que a vazão produzida na bacia varia entre 3,92 e 5,22 m³/s. A galeria de 1,0 metro estará subdimensionada caso tenha inclinação inferior a 4,0% e a galeria de 1,2 metros também estará subdimensionada caso tenha inclinação inferior a 1,5% (Tabela 9).

Figura 31 - Traçado e dimensão da galeria na Avenida Marechal Deodoro da Fonseca

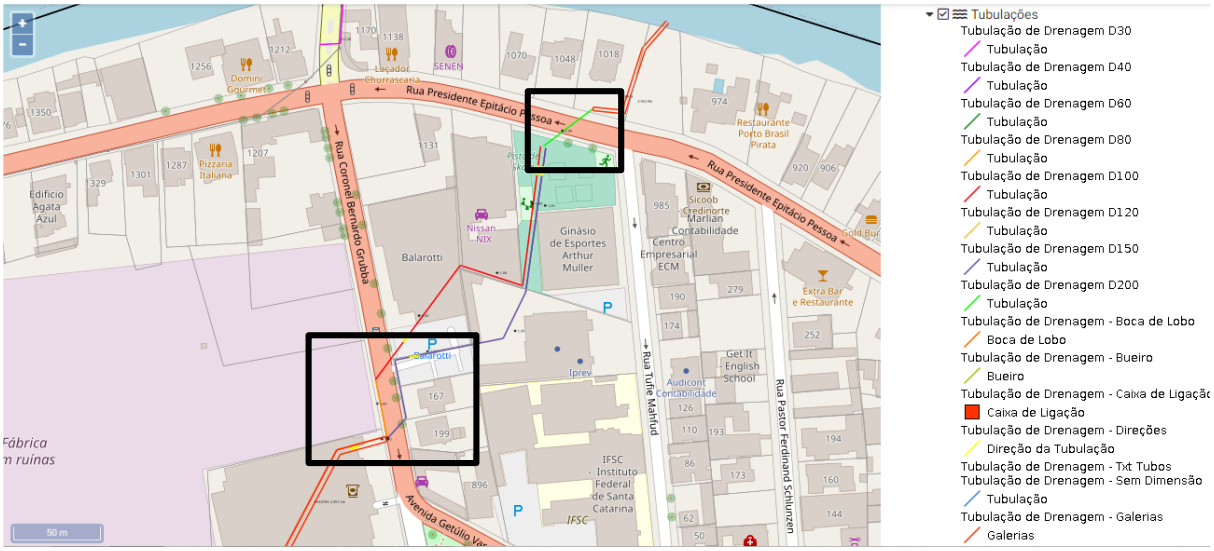


Fonte: GEOPORTAL (2021)

A brusca mudança de direção abaixo da linha férrea e a redução do diâmetro no trecho de deságue pode produzir um ressalto hidráulico. Esse fenômeno gera maior resistência ao escoamento e pode causar um aumento do nível d'água na Avenida Marechal Deodoro da Fonseca. As tubulações de drenagem não costumam ser projetadas para a ocorrência do ressalto hidráulico (regime permanente e bruscamente variado).

O segundo ponto analisado fica na Rua Cel. Bernardo Grubba. A galeria que chega nessa rua é retangular (3,0 x 1,5m) e se ramifica em duas tubulações circulares de 1,0 e 1,5 metros de diâmetro (Figura 32). No levantamento cadastral foi possível verificar que as tubulações secundárias da rua são de 0,2 metros. Destaca-se que o Plano Diretor de Drenagem Urbana de 1986 já reconhecia que algumas tubulações do município "foram implantadas sem projeto, apresentam pequenas diâmetros, atendendo praticamente só a drenagem das áreas próximas às bocas de lobo" (SERENCO, 1986, p.2).

Figura 32 - Traçado e dimensão da galeria na Rua Cel. Bernardo Grubba



Fonte: GEOPORTAL (2021)

As tabelas a seguir apresentam a avaliação quantitativa de galerias de água pluvial em Jaraguá do Sul.

Tabela 9 - Local: Avenida Marechal Deodoro da Fonseca, Centro, Jaraguá do Sul

Área total (km²)	Áreas por tipo de uso e ocupação (km²) C = 0,30	C = 0,70	C = 0,90	ΣC.A	$d_{máx.}$ (m)	v (m/s)	t_c (min)	i (mm/h)	Vazão da bacia (m³/s)	Vazão incremental (m³/s)	Vazão total (m³/s)	Trecho existente: Diâmetro (m)	Dimensões da galeria (m)	Inclinação (%)	n[13]	Capacidade máx. (m³/s)
0,150	0,022	0,001	0,127	0,128	730	0,75	21	88,1	3,13	0,79	**3,92**	1,0	-	0,5	0,015	**1,44**
						5,00	5	124,6	4,43	0,79	**5,22**	1,0	-	4,0[14]	0,015	**4,06**
												1,2		0,5	0,015	**2,33**
												1,2		1,5[14]	0,015	**4,04**

Tabela 10 - Local: Rua Cel. Bernardo Grubba, Centro, Jaraguá do Sul

Área total (km²)	Áreas por tipo de uso e ocupação (km²) C = 0,30	C = 0,70	C = 0,90	ΣC.A	$d_{máx.}$ (m)	V (m/s)	t_c (min)	i (mm/h)	Vazão da bacia (m³/s)	Vazão incremental (m³/s)	Vazão total (m³/s)	Trecho existente: Diâmetro (m)	Dimensões da galeria (m)	Inclinação (%)	n[13]	Capacidade máx. (m³/s)
0,412	0,006	0,075	0,331	0,369	1100	0,75	29	76,4	7,82	-	**7,82**	-	3,0x1,5	0,5	0,015	**17,51**
						5,00	9	116,1	11,89	-	**11,89**	1,5 + 1,0	-	0,5	0,015	**5,67**
														1,0[14]	0,015	**8,06**
												2,0[15]		0,5[2]	0,015	**9,12**

[13] Valor definido para galerias de concreto (Azevedo Netto, 2001)

[14] Valor mínimo para adquirir capacidade de fluxo dentro da faixa provável estipulada para a "Vazão total"

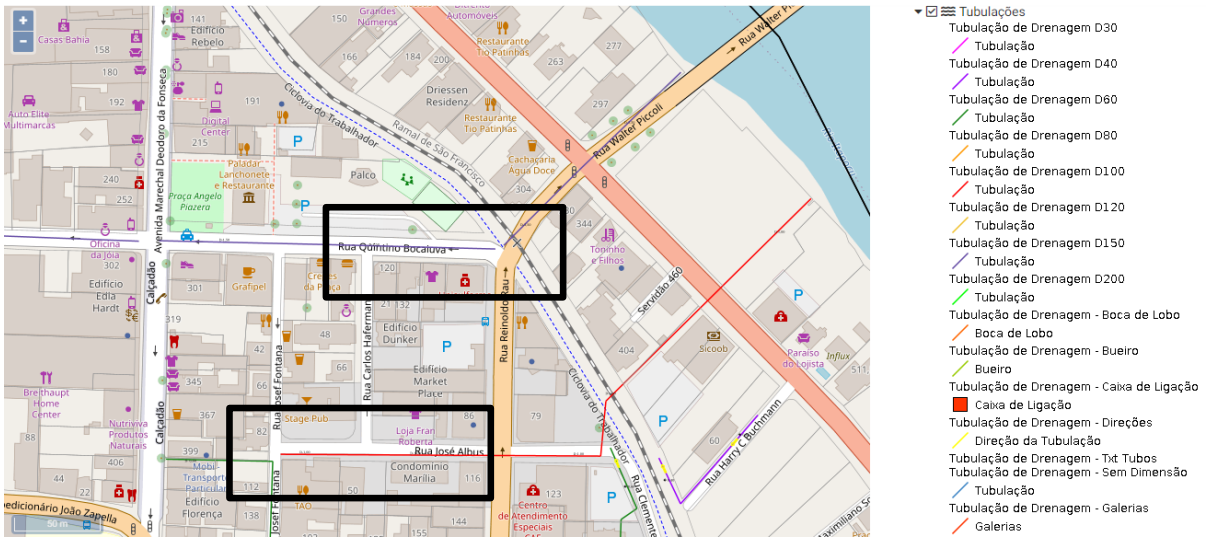
[15] Galeria na Rua Presidente Epitácio Pessoa

A vazão produzida na bacia contribuinte da Rua Cel. Bernardo Grubba varia entre 7,82 e 11,89 m³/s (Tabela 10). Nota-se que a galeria retangular tem capacidade máxima de 17,51 m³/s, superior à vazão produzida na bacia contribuinte, mesmo com uma inclinação mínima (Tabela 10). Por outro lado, o conjunto de tubulações circulares estará subdimensionada caso tenha inclinação inferior a 1,0% (Tabela 10).

Não há garantias de que o fluxo seja distribuído de maneira uniforme entre as duas tubulações circulares. A posição da tubulação de 1,0 metro (Figura 32) dificulta a distribuição homogênea do fluxo e produz maior resistência ao escoamento. Esse arranjo inadequado pode propagar a elevação do nível d'água a montante. A tubulação de 2,0 metros que cruza a Rua Presidente Epitácio Pessoa (Figura 32) apresenta uma capacidade de escoamento dentro da faixa de vazão da bacia (Tabela 10).

O terceiro local de análise está na Rua Quintino Bocaiuva e a galeria possui diâmetro igual a 1,5 metros (Figura 33), de acordo com as informações do GEOPORTAL (2021). Contudo, o levantamento cadastral identificou tubulações conectadas à caixa de ligação com diâmetros que variam de 0,1 a 0,4 metros. É provável que essas tubulações menores funcionem como coletores secundários, unindo-se à galeria maior registrada no GEOPORTAL. Futuros estudos poderiam verificar se de fato essa configuração procede.

Figura 33 - Traçado e dimensão da galeria na Rua Quintino Bocaiuva e Rua José Albus



Fonte: GEOPORTAL (2021)

Na mesma região há pontos em que não se pôde verificar a cota de fundo das caixas de ligação, tornando incerta a configuração da bacia contribuinte. Recomenda-

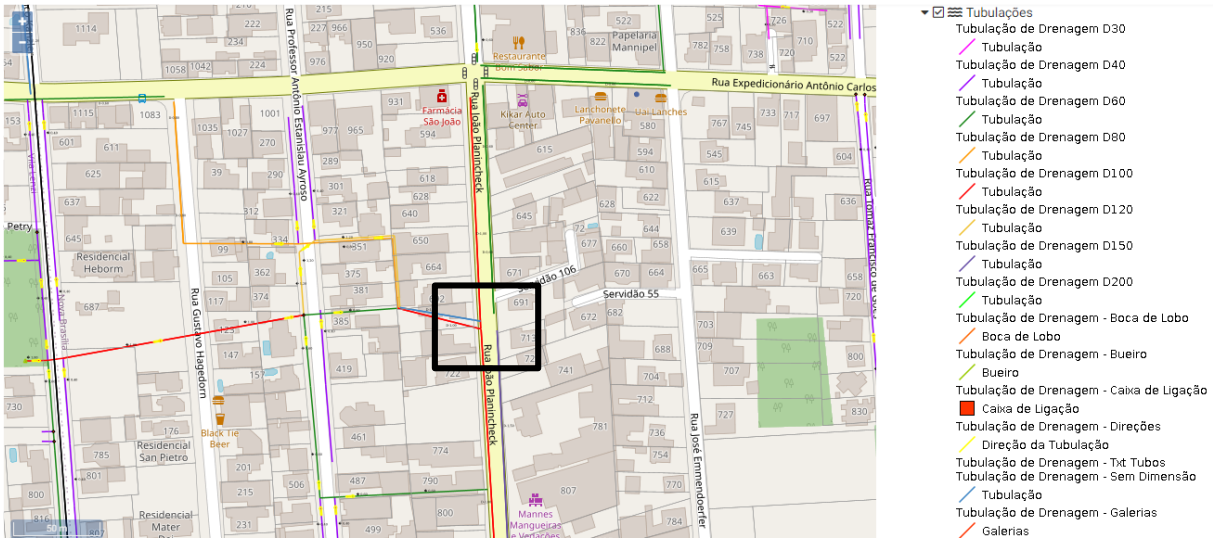
se verificar se os frequentes problemas de inundação brusca estão associados à superação da capacidade das tubulações secundárias e/ou da galeria principal.

A quarta região avaliada fica na Rua José Albus também representada na Figura 33 e apresenta problema similar ao encontrado na Rua Quintino Bocaiuva. Segundo o GEOPORTAL (2021), a galeria possui 1,0 metro de diâmetro, porém, o levantamento cadastral identificou tubulações conectadas à caixa de ligação com diâmetros de 0,4 metros.

A partir da cota de fundo das caixas de ligação, pode-se supor que o fluxo da água pluvial nas tubulações de 0,4 metros ocorre no sentido Rua Josef Santana, ou seja, ao contrário do esperado (rumo ao rio Itapocu). Essa condição pode favorecer a criação de uma zona de acúmulo de água. Nesse cenário, o fluxo de água só ocorreria em direção ao rio Itapocu caso a galeria ganhasse carga (energia) suficiente para vencer esse aclive. A produção dessa carga pode estar associada a maior suscetibilidade à inundação no cruzamento da Rua José Albus com a Rua Josef Fontana.

O quinto e último local avaliado fica na Rua João Planinchek. As galerias possuem diâmetro de 1,0 e 1,2 metros (Figura 34). O levantamento cadastral não contempla toda a área da bacia contribuinte, e é desconhecido o diâmetro de algumas tubulações de contorno.

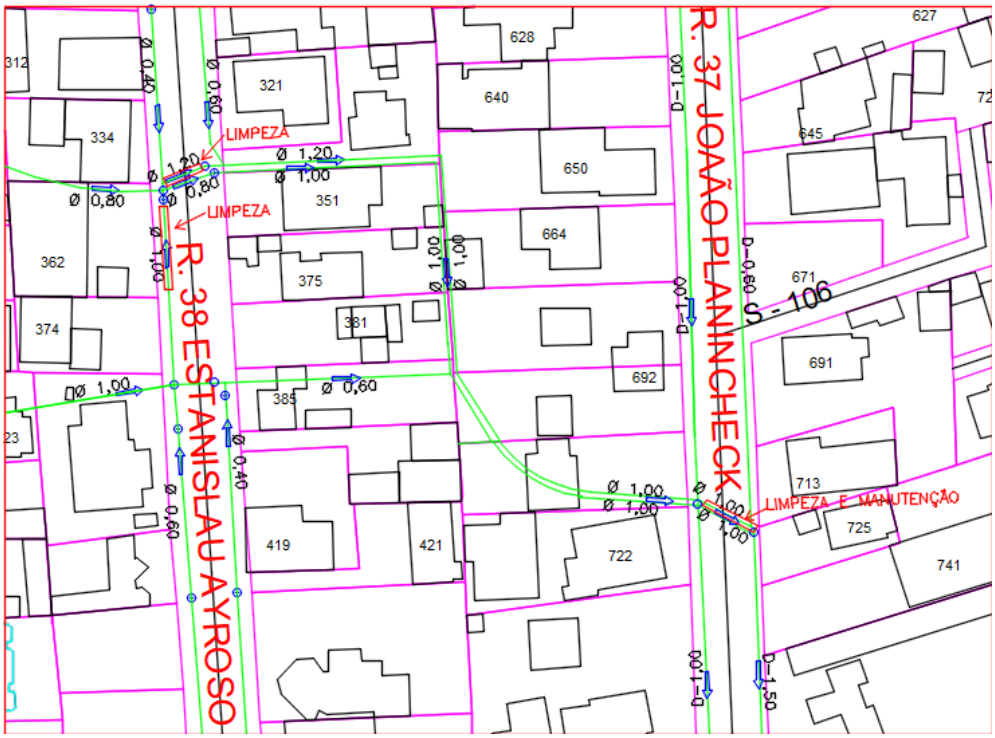
Figura 34 - Traçado e dimensão da galeria na João Planinchek



Fonte: GEOPORTAL (2021)

É aparentemente inconsistente a ligação da tubulação 1,2 metros (cor azul) na tubulação de 1,0 metro (cor vermelha), conforme ilustrado na Figura 34. Um levantamento realizado pela Prefeitura de Jaraguá do Sul indica que essas duas tubulações possuem diâmetro de 1,0 metro e que estão conectadas à galeria do lado aposto (com diâmetro de 1,5 metros) (Figura 35).

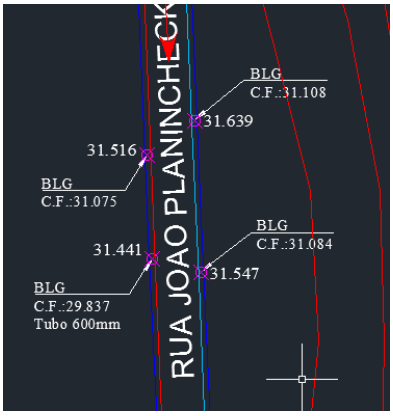
Figura 35 – Levantamento ruas Estanislau Ayroso a João Planincheck



Fonte: Prefeitura de Jaraguá do Sul, Secretaria de Obras (2021)

O levantamento cadastral identificou também mais duas inconsistências em uma caixa de ligação inspecionada a jusante da tubulação de 1,0 metro na Rua João Planincheck, são elas: 1) foi identificada uma tubulação de 0,6 metros, o que pode indicar inadequada redução do diâmetro, erro no sistema de informação ou a existência de tubulações secundárias e primária; 2) a diferença entre a cota da boca de lobo e a cota de fundo é menor que 1 metro (31,516 – 31.075 = 0,441 metros), ou seja, menor que o diâmetro da tubulação que está representada no GEOPORTAL (Figura 36).

Figura 36 - Traçado provável e cotas topográficas obtidas no levantamento cadastral: destaque para os dados inconsistentes com o GEOPORTAL[16]



3.3.3 Ponderações sobre a modelagem matemática aplicada

Nesse estudo foram avaliados cinco locais que apresentam frequentemente problemas associados à inundação brusca, segundo a Prefeitura de Jaraguá do Sul. As galerias da Avenida Marechal Deodoro da Fonseca e Rua Cel. Bernardo Grubba apresentam trechos provavelmente subdimensionados. Os traçados especificados pelo GEOPORTAL (2021) indicam a ocorrência de regimes de escoamento que não costumam ser previstos em projetos de drenagem. Nas ruas Quintino Bocaiuva, José Albus e João Planinchek não foram feitas análise quantitativas, porém, foram também identificados possíveis problemas no traçado e aparentes inconsistências com as informações obtidas no levantamento cadastral. Recomenda-se o desenvolvimento de um projeto técnico específico para cada um desses locais. Os resultados apresentados visam estabelecer hipóteses e recomenda-se que elas sejam verificadas por estudos de campo.

As tubulações de drenagem de água pluvial devem ser frequentemente inspecionadas (sobretudo após um evento de chuva intensa), para que assim seja verificada a integridade das mesmas e a necessidade de limpeza e manutenção. Nesse sentido, se recomenda levar em conta a execução de poços de visita em futuras obras de drenagem. Além disso, destaca-se que toda tubulação possui dimensões finitas e estará sempre suscetível ao risco de extravasamento. Novos projetos poderão adotar chuvas com período de recorrência maior que 10 anos e essa decisão

[16] Desenho sem escala. BLG = boca de lobo. CF = cota de fundo da caixa de ligação. Medidas de cota topográfica em metros

deve considerar a magnitude dos potenciais danos e transtornos causados pela inundação da área analisada.

4 PROPOSIÇÕES DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS DE CONTROLE

Foram propostas medidas estruturais de controle visando a infiltração, retenção e armazenamento de água. Além do mais, visou-se melhorar o sistema atual de drenagem urbana e manejo de águas pluviais a fim de mitigar os eventos de alagamento e inundação.

4.1 PARQUES PARA AMORTECIMENTO DE CHEIAS

Na microbacia do rio Itapocu a modelagem matemática apontou a necessidade de instalação de um reservatório com efeito importante sobre a onda de cheia da bacia. Localizado na sub-bacia do rio Novo, o reservatório terá que armazenar um volume útil de 850.0000 m³, para que ocorra redução da cota de inundação em 80 cm, aproximadamente, para chuva com período de retorno de 50 anos. Como essa área é pouco urbanizada, as medidas compensatórias causam pouco efeito na mitigação de inundações. Levando-se em consideração que: (i) uma grande área é necessária para o armazenamento de água, (ii) o rio Itapocu drena municípios a montante de Jaraguá do Sul e (iii) impactos positivos seriam gerados para Jaraguá do Sul e municípios a jusante; orienta-se que a discussão seja ampliada no âmbito de toda a Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu, por meio do Comitê de Bacia.

Na microbacia do rio Jaraguá são propostos 3 reservatórios *off line*, nas sub-bacias ribeirão Grande da Luz, rio da Luz e rio do Cerro. Esses reservatórios foram calculados com técnicas compensatórias nas áreas, por se tratar de área urbanizada, para minimizar a quantidade de volume de água superficial escoado. A soma do volume dos três reservatórios é de 550.000 m³ de água, para chuva com TR de 50 anos. Devido ao volume e ao relevo da região, armazenar esse volume de água apresenta um grande desafio. Além do elevado custo de implantação, o relevo é bastante acidentado. Desta forma, os reservatórios indicados, com volumes de 260.000 m³, 130.000 m³ e 150.000 m³ respectivamente, são concebidos para atenuar efeitos da inundação, onde o período de retorno das chuvas seja de 10 anos.

Parques para amortecimento de ondas de cheia além de causarem impacto positivo na paisagem podem ser entregues a população para recreação e lazer. À exemplo de Curitiba (PR), que utiliza diversos parques ecológicos como o Parque Barigui e o Parque Tingui para tal fim. Cabe destacar que os parques precisam ter

Plano de Manejo, que é uma exigência da Lei Federal n° 9985/2000 que trata do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (BRASIL, 2000).

Desta forma, todos os parques propostos no PDDU devem estar de acordo com a Lei Federal n° 9985/2000. Estes devem ser criados pela Prefeitura e deverão ser demarcados como território de Unidade de Conservação pela Fujama. Esta deverá ser a responsável pela administração destes, podendo firmar convênios com o Samae e Defesa Civil visando o desenvolvimento dos objetivos da sua criação.

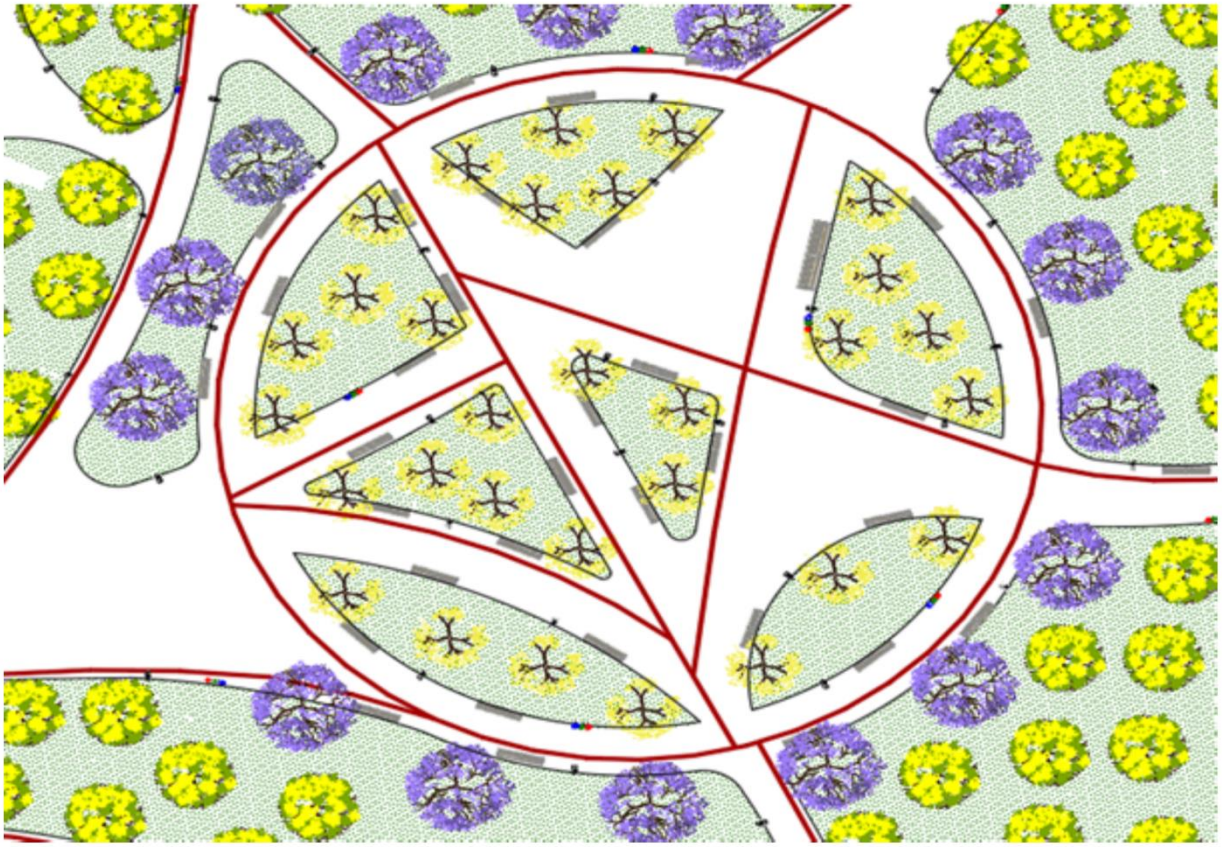
Cabe salientar que a empresa responsável pelo abastecimento de água ou que faça uso de recursos hídricos, beneficiário da proteção proporcionada pelos parques, devem contribuir financeiramente para a proteção e implementação da unidade, de acordo com o disposto nos artigos 47 e 48, da Lei Federal nº 9.985/2000 (BRASIL, 2000).

4.1.1 Projeto dos parques urbanos

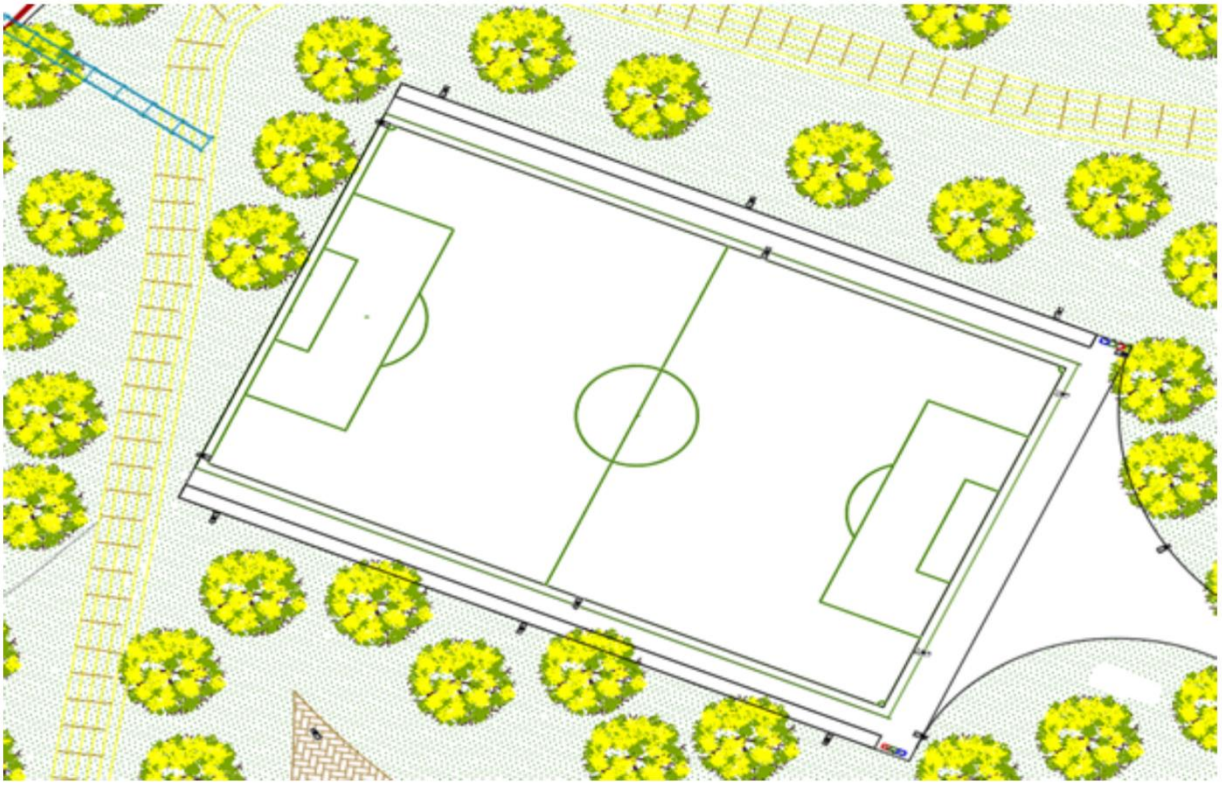
A proposta de implantação de parques urbanos lineares tem a função principal de retenção das águas nas áreas inundáveis, e consequente amortecimento e controle das cheias da área urbana, como é o caso da proposta para Jaraguá do Sul. Além do mais, essas áreas no cotidiano podem ser utilizadas como espaço para lazer, visando induzir atividades sociais e estimular a preservação da área.

Os parques devem ser executados utilizando depressão no terreno, cuja finalidade é reduzir o volume de enxurradas, remover poluentes e promover a recarga da água subterrânea. É importante que a maior área do parque seja permeável, para tal pode-se utilizar vegetação e/ou pisos permeáveis.

Como área permeável por vegetação, indica-se cobertura vegetal, jardins e arborização, combinando a função da absorção da água com o uso do espaço por meio de atividades ao ar livre. Desta forma, indica-se que todos os parques tenham um espaço amplo com arborização de copa larga para o estímulo de piquenique e atividades semelhantes. O paisagismo e a composição vegetal devem auxiliar na multifunção das áreas permeáveis, resultando em espaços de qualidades e atrativos. Apresentam-se propostas de paisagismo e cobertura vegetal na Prancha 1.



Paisagismo e áreas verdes



Espaços verdes de uso recreativo

Empresa Contratada

EVOLUA AMBIENTAL
ENGENHARIA E ARQUITETURA

CNPJ 16.697.255/0001-95 | CREA/SC 149326-4
Endereço: Rua Gil Stein Ferreira, 357, Centro, Sala 706
CEP 88301-210, Itajaí-SC.
Fone: (47) 2125-1014
E-mail: contato@evoluaambiental.com.br

www.evoluaambiental.com.br

SAMAE JARAGUÁ DO SUL

Contratante: SISTEMA AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE

Município - Estado: JARAGUÁ DO SUL - SANTA CATARINA

Objeto: PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU

PROPOSTAS PROJETUAIS PARA PARQUES URBANOS

Elaboração: Claudia Barboza Camilo
Arquiteta e Urbanista | CAU 121584-1

Folha: 01/04

Data: Ago. de 2021

Escala: Sem escala

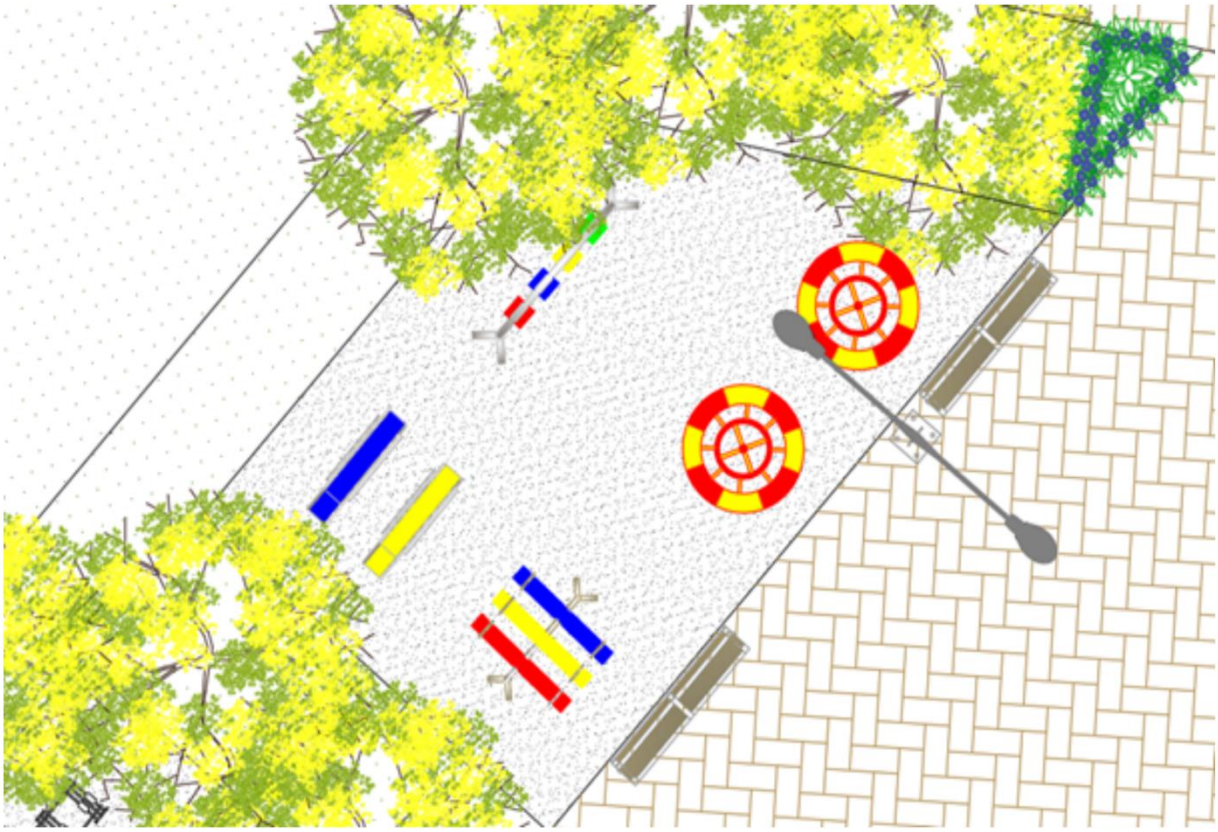
Formato Prancha: A4

Os terrenos onde serão implantados os parques deverão ser limpos de todo o material indesejável nele existente, como pedras, restos de construção, madeiras, tocos materiais ferruginosos e quaisquer outros detritos para iniciar o processo da obra. Nas áreas que irão receber gramado, forrações e arbustos, deverá ser realizada a remoção de solo de 15cm de espessura. Considerando a resistência da grama, indica-se a utilização de grama batatais.

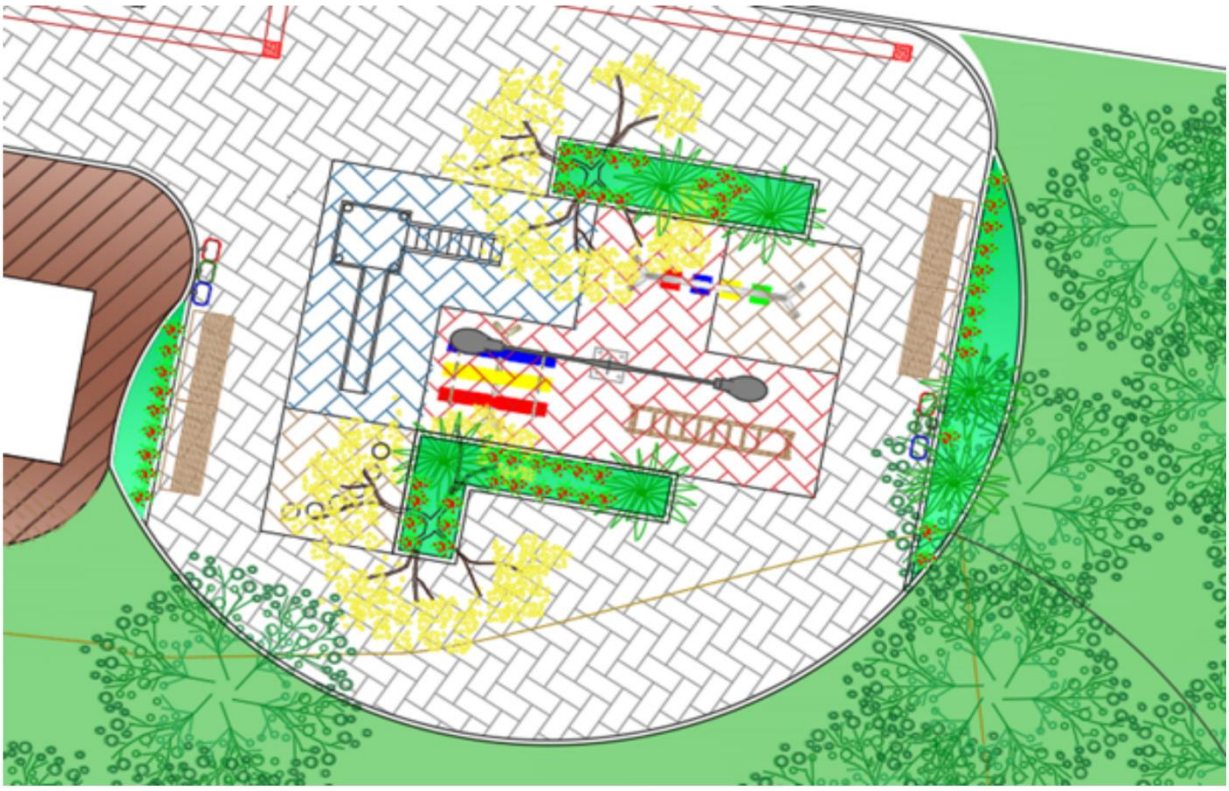
Exceto para o caso dos taludes, o plantio de gramas deve acontecer depois da execução dos caminhos e instalações de equipamentos, proporcionando o melhor acabamento e forração, e antes da plantação das árvores. Nos taludes, a grama deve ser plantada antes da instalação da biomanta de proteção.

PISO PERMEÁVEL

Os pisos permeáveis devem ser utilizados como alternativa para assegurar a permeabilidade dos solos e ainda assim possibilitar áreas de circulação e mobilidade, além de reduzir o escoamento superficial. Os pisos diferenciados também permitem a delimitação de espaços evidenciando setores, desta forma, indica-se que pisos e cores diferentes sejam utilizadas para delimitar espaços em função dos usos como playground, academia ao ar livre e outros. As Prancha 2 e Prancha 3 apresentam propostas de utilização de pisos diversos.



Piiso de pedrisco nivelado



Piso paver colorido

Empresa Contratada

EVOLUA AMBIENTAL
ENGENHARIA E ARQUITETURA

CNPJ 16.697.255/0001-95 | CREA/SC 149326-4
Endereço: Rua Gil Stein Ferreira, 357, Centro, Sala 706
CEP 88301-210, Itajaí-SC.
Fone: (47) 2125-1014
E-mail: contato@evoluaambiental.com.br

www.evoluaambiental.com.br

SAMAE JARAGUÁ DO SUL

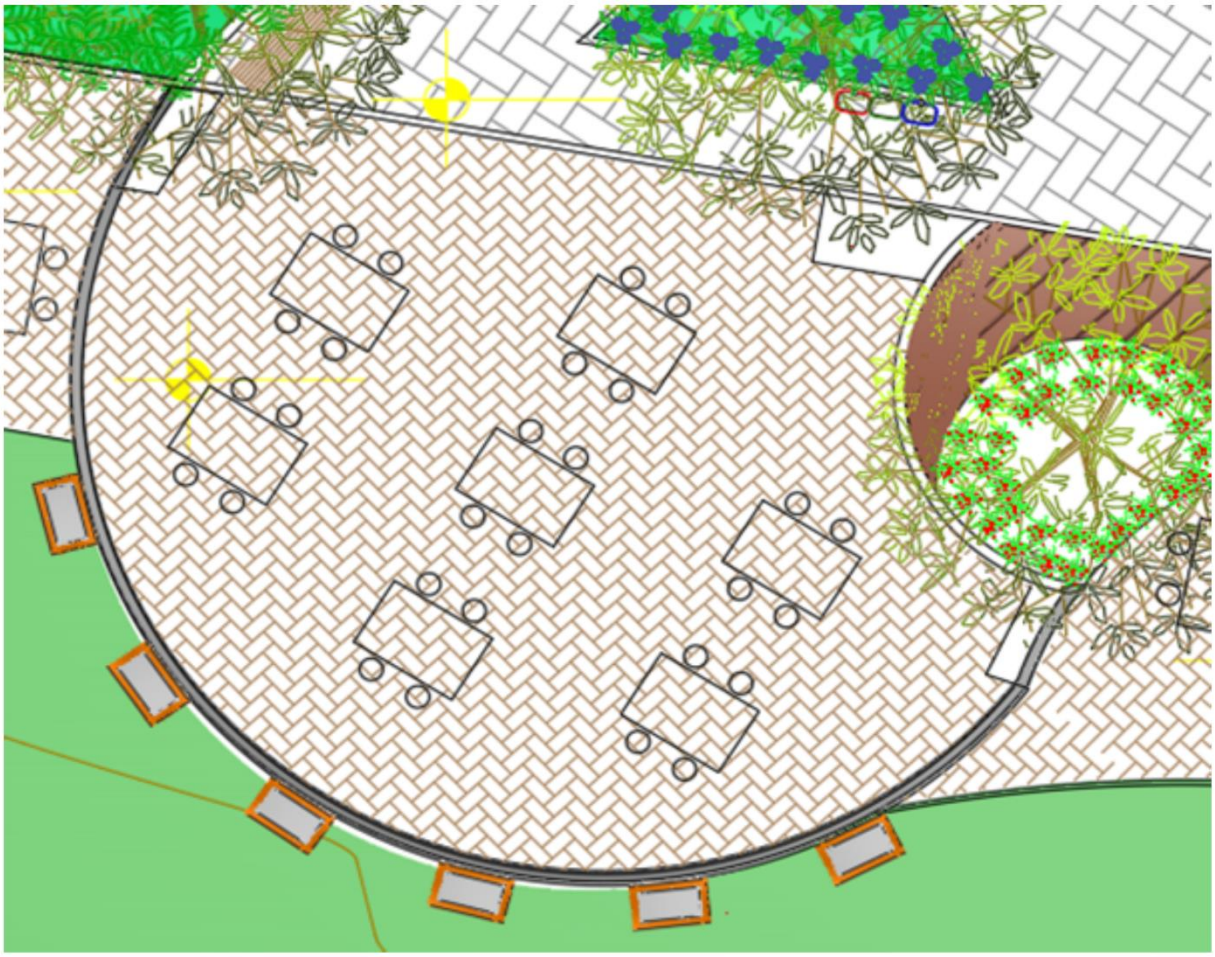
Contratante: SISTEMA AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE

Município - Estado: JARAGUÁ DO SUL - SANTA CATARINA

Objeto: PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU

PROPOSTAS PROJETUAIS PARA PARQUES URBANOS

Elaboração	Folha	Escala
Claudia Barboza Camilo	02/04	Sem escala
Arquiteta e Urbanista | CAU 121584-1	Data: Ago. de 2021	Formato Prancha: A4



Piso paver

Empresa Contratada

EVOLUA AMBIENTAL
ENGENHARIA E ARQUITETURA

CNPJ 16.697.255/0001-95 | CREA/SC 149326-4
Endereço: Rua Gil Stein Ferreira, 357, Centro, Sala 706
CEP 88301-210, Itajaí-SC.
Fone: (47) 2125-1014
E-mail: contato@evoluaambiental.com.br

www.evoluaambiental.com.br

SAMAE JARAGUÁ DO SUL

Contratante: SISTEMA AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE

Município - Estado: JARAGUÁ DO SUL - SANTA CATARINA

Objeto: PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU

PROPOSTAS PROJETUAIS PARA PARQUES URBANOS

Elaboração	Folha	Escala
Claudia Barboza Camilo	03/04	Sem escala
Arquiteta e Urbanista | CAU 121584-1	Data: Ago. de 2021	Formato Prancha: A4

CALÇADAS E CAMINHOS

A calçada deverá ser executada em concreto usinado, conforme modelo a seguir, com perfil de 2,30 m ou maior. É proposto um modelo de calçada para ser implementado nos parques, apresentados na Prancha 5.

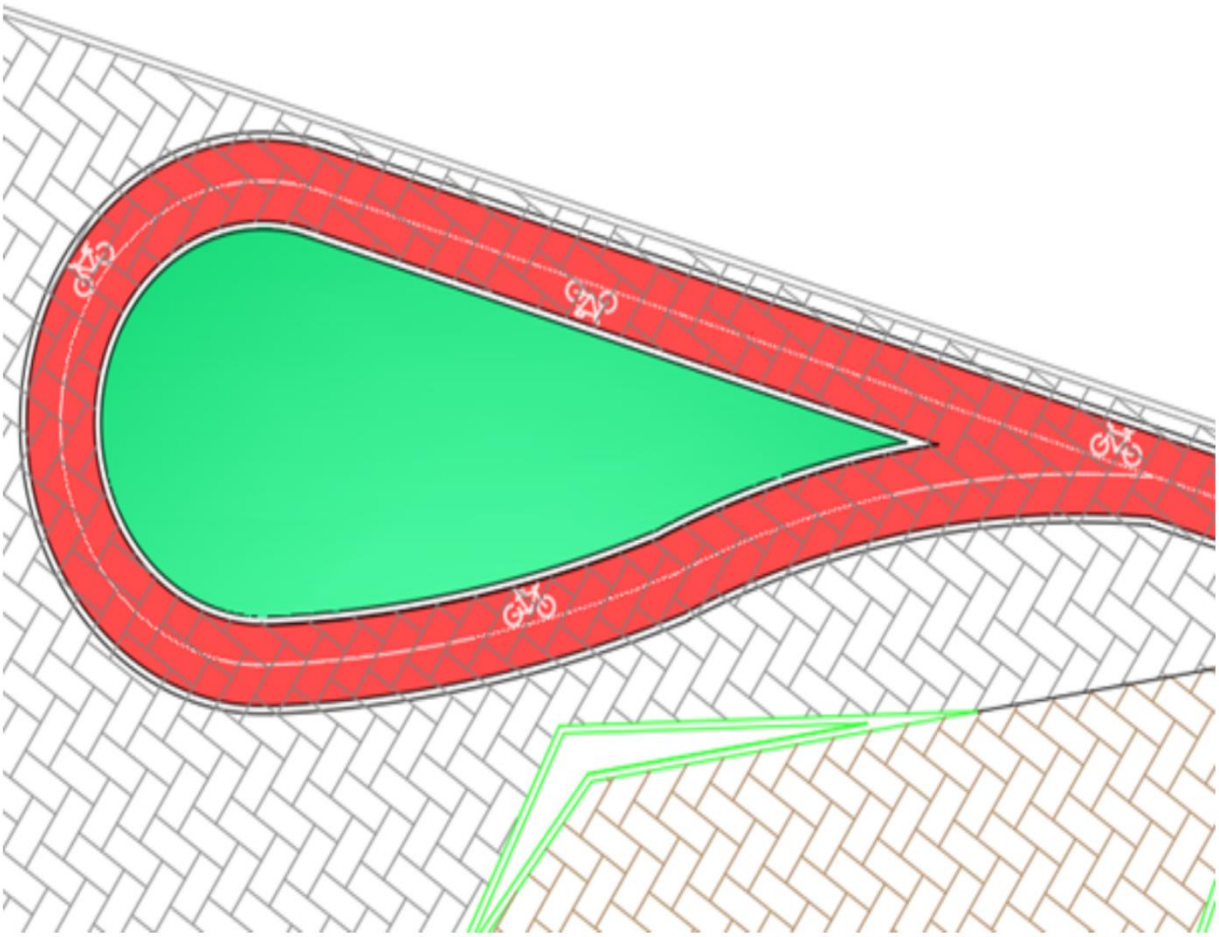
As vias de trânsito de pedestre devem ser moldadas e executadas *in loco*. Moldes feitos com ripas de madeira devem ser alocados de forma a possibilitar a execução das calçadas de acordo com os desenhos estipulados no projeto. O lastro de brita deve estar devidamente apiloado, nivelado e com caimento de 1 cm para cada 1 m de largura da calçada. As juntas das ripas de madeira devem ser posicionadas a cada 1,5 m.

O concreto pronto deve ser despejado sobre a base reguladora de forma, em que o concreto preencha os moldes até o nível estabelecido. O adensamento e a regularização deverão ser realizados com o auxílio de uma régua de madeira ou de alumínio. O acabamento pode ser sarrafeado ou desempenado. Em áreas muito inclinadas o piso deve ter superfície áspera, evitando que pessoas escorreguem.

A execução dos pisos deve estar de acordo com o projeto de arquitetura, atendendo também às recomendações da NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Calçadas e caminhos dos parques devem conter piso tátil direcional e de alerta.

PERCURSOS

Considerando o dimensionamento dos parques, indica-se a instalação de circuitos de caminhas e pedalas, é importante que essas atividades sejam estimuladas em percursos diferentes e sinalizados para evitar conflitos. A diferenciação das faixas de ciclismo além da sinalização deve ter um piso com coloração vermelha e indicação das direções de percurso, Prancha 4.



modelo de faixa de ciclismo

Empresa Contratada

EVOLUA AMBIENTAL
ENGENHARIA E ARQUITETURA

CNPJ 16.697.255/0001-95 | CREA/SC 149326-4
Endereço: Rua Gil Stein Ferreira, 357, Centro, Sala 706
CEP 88301-210, Itajaí-SC.
Fone: (47) 2125-1014
E-mail: contato@evoluaambiental.com.br

www.evoluaambiental.com.br

SAMAE JARAGUÁ DO SUL

Contratante: SISTEMA AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE

Município - Estado: JARAGUÁ DO SUL - SANTA CATARINA

Objeto: PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU

PROPOSTAS PROJETUAIS PARA PARQUES URBANOS

Elaboração	Folha	Escala
Claudia Barboza Camilo	04/04	Sem escala
Arquiteta e Urbanista | CAU 121584-1	Data: Ago. de 2021	Formato Prancha: A4

EQUIPAMENTOS

Os parques devem contar com equipamentos urbanos de material anticorrosivo uma vez que eles ficaram expostos e/ou imersos a água. Os equipamentos devem ser fixados no piso a fim de impossibilitar o deslocamento.

É importante que os equipamentos utilizados nos três parques sejam do mesmo padrão e linguagem estática, incluindo os padrões já utilizados nos parques urbanos existentes em Jaraguá do Sul.

BANCOS

Indica-se a instalação de bancos em concreto pré-moldado, devendo ser concebidos pautados nas recomendações que se seguem e nas normas gerais aplicáveis. Para a execução das bases em concreto aparente, os construtores deverão atentar para a qualidade do acabamento a ser atingido, que não poderá apresentar falhas, fissuras, imperfeições, entre outros problemas. A superfície resultante deverá ser lisa. Para tal, na confecção do concreto deverá ser considerado o traço a ser empregado, a eventual necessidade de retardadores de pega, o adensamento e a aplicação final de pintura à base de resina epóxi incolor.

LIXEIRAS

As lixeiras deverão ser áreas e de coleta seletiva, com indicação de cor e material a ser descartado. As lixeiras devem conter aro para apoio de saco de lixo e tampo em chapa de aço dobrada. Os construtores deverão atentar para a qualidade do acabamento a ser atingido, que não poderá apresentar falhas, fissuras, imperfeições e deve ter sua superfície lisa.

PLAYGROUND

Os três parques devem prever espaço para instalação de playground com equipamentos, incluindo balanço, gangorra, gira-gira/carrossel, escorregador e outros. O material a ser adotado, precisa ser resistente à corrosão causada pelas intempéries e pela submersão à água. Além do mais, cabe reforçar que os equipamentos devem estar dentro das normas de segurança da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Para maior segurança e estabilidade dos elementos, as

áreas delimitadas para playground deverão, de acordo com o projeto, ter piso nivelado e aderente.

ACADEMIA AO AR LIVRE

A instalação de academia ao ar livre deve seguir as especificações de materiais utilizados nos playgrounds. Especialmente em relação à resistência às intempéries, que sigam as normas da ABNT e tenham o mesmo tipo de piso.

CAMPO DE FUTEBOL

Indica-se a previsão de áreas designadas à prática de esportes como: futebol e semelhantes, gramadas e com arquibancada para espectadores, podendo ser gramadas ou pavimentadas. O intuito é estimular usos diversos e atrair a população para exploração e cuidado com os parques.

REDE ELÉTRICA

Pontos de posteamento devem ser instalados de forma que viabilize o uso dos espaços em períodos com menor incidência solar, além de propiciar segurança para os usuários. A instalação do cabeamento elétrico deve acontecer por meio de fiação soterrada e vedada.

TALUDES

Para a execução dos parques lineares serão realizados cortes e aterros no terreno. Cuja profundidade é variável e deve ocorrer de forma que o percurso natural da água seja direcionado até os parques implantadas possibilitando a contenção dos volumes calculados. O preparo e a regularização da superfície de assentamento deverão ser executados com operação manual envolvendo corte, aterros ou acertos, de forma a atingir a geometria projetada.

Os taludes dos parques serão protegidos com revestimento orgânico, a fim de impossibilitar a erosão. Este método deve acontecer por meio de instalação de biomantas, e a manta deve ser fixada com grampos de aço. Considerando que os taludes serão revestidos de gramas, as sementes devem ser aplicadas antes da instalação da biomassa, garantindo o crescimento rápido e eficiente da vegetação.

4.2 ESTUDO PARA IMPLANTAR COMPORTA NO RIO JARAGUÁ

O rio Jaraguá possui seu exutório no rio Itapocu, na região central de Jaraguá do Sul. O rio Itapocu, em momentos de alta vazão, tende a apresentar efeito de represamento e intrusão de suas águas no rio Jaraguá, dificultando o escoamento do rio Jaraguá e contribuindo para o aumento do nível das cotas de alagamento. Esta situação tende a agravar a inundação na região central do município. Por esta razão, orienta-se que seja realizado um estudo para avaliar a eficiência de um sistema de comporta na foz do rio Jaraguá para controlar este fenômeno.

4.3 RECUPERAÇÃO DE MATA CILIAR

A recuperação das matas ciliares é de importância não somente para os recursos hídricos, como também para a recuperação ambiental da fauna e flora, a manutenção dos corredores ecológicos e a proteção do solo contra processos erosivos. O processo de recuperação da área de várzea demanda a elaboração de projeto para a recuperação da cobertura vegetal, controle da erosão do solo, recuperação e fixação de margens dos rios, recuperação das matas.

É necessário realizar um diagnóstico das áreas de várzea dos rios e comparar a situação atual com a situação ideal, considerando as condições ecológicas. A partir daí, será possível propor um novo cenário, considerando os usos e as restrições existentes. Além de buscar restabelecer as condições naturais do ambiente estudado. Quanto maior a área incorporada, maior as possibilidades de regeneração e maior o índice de eficiência do projeto de recuperação (BINDER, 1998).

4.4 IMPLANTAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RUAS “PERMEÁVEIS”

A criação de novas ruas e a reurbanização das já existentes deve se dar adotando-se medidas para equivaler à infiltração de água e escoamento pré-ocupação, ou seja, com a área ambientalmente preservada. Para compensar a impermeabilidade, orienta-se a continuação do uso de blocos sextavados em áreas com baixo e médio fluxo viário; a utilização de concreto com junta alargada (Figura 15a); concreto permeável (Figura 15c) ou ainda concreto permeável moldado no local (Figura 16b). Para compensar as alternativas de pavimentação para chegar ao índice

de absorção proposto, pode-se utilizar os jardins de chuva (Figura 13), que adicionalmente melhoram a paisagem urbana e contribuem para a melhoria da qualidade do ar.

Foram elaborados projetos que apresentam os modelos de calçadas e ruas urbanas a fim de potencializar o índice de absorção de água nos períodos de cheia. A proposta prevê três modelos de calçadas que devem ser instaladas de acordo com o perfil e hierarquia das ruas do município de Jaraguá do Sul. Desta forma propõe-se os seguintes modelos de calçadas:

- Calçada 01: para vias locais e calçadas que possuem perfil de 1,50 m a 2,00 m. Recomenda-se que as novas calçadas não tenham largura inferior a 2,00 m, sendo esse modelo utilizado até os 2,30 m;
- Calçada 02: para vias coletoras com perfil de 2,30 à 3,00 m, tanto para as calçadas existentes, quanto para as novas;
- Calçada 03: para vias arteriais, estruturais e espaços públicos com perfil de 3,00 m ou mais.

Quanto a pavimentação das vias indica-se o uso de bloco de concreto sextavado e concreto permeável nas áreas com baixo fluxo de veículos, como as vias locais, para ruas que não sejam rota de veículos pesados. Indica-se o uso de concreto comum para vias de tráfego intenso.

O Quadro 6 presenta o quantitativo estimado das áreas de implantação e revitalização de ruas permeáveis em função área calculada a partir da extensão das vias urbanas existentes por microbacia no município de Jaraguá.

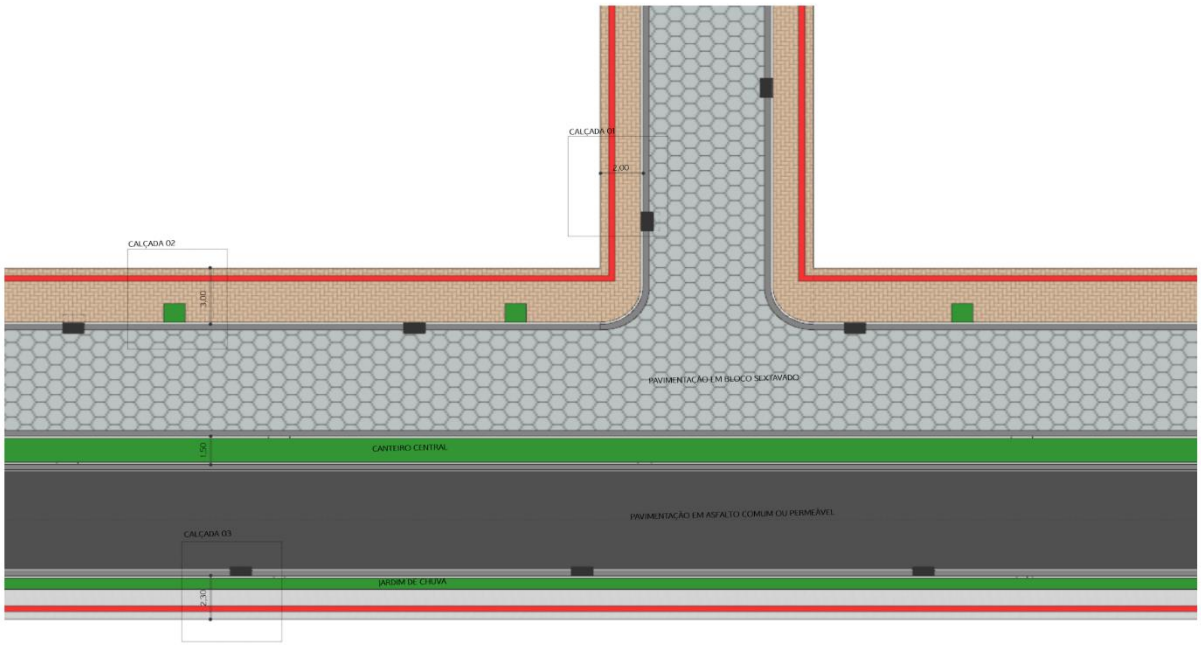
Quadro 6 - Estimativa de área de implantação e revitalização de ruas permeáveis por microbacia urbana

Microbacia	Implantação e revitalização de ruas “permeáveis”
Barra do Rio Cerro	1.787 m²
Córrego Ilha da Figueira	1.064 m²
Córrego Tifa Pequena	14.655 m²
Margem Direita do Rio Itapocuzinho	7.232 m²
Rib. das Pedras Brancas	337 m²
Ribeirão do Funil	2.489 m²
Ribeirão dos Cavalos	2.321 m²
Ribeirão Francisco de Paula	7.453 m²
Ribeirão Grande da Luz	25.016 m²
Ribeirão Três Rios	11.391 m²
Rio da Luz	2.665 m²

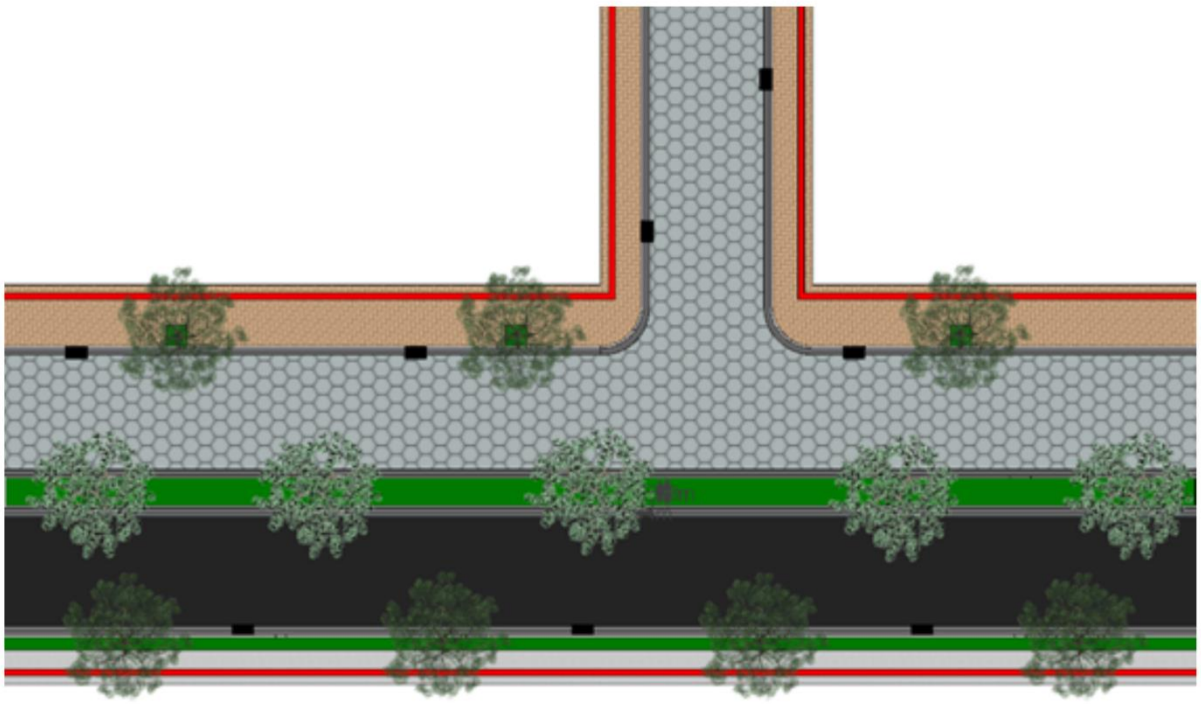
Microbacia	Implantação e revitalização de ruas “permeáveis”
Rio da Molha	1.410 m²
Rio do Cerro	3.748 m²

Fonte: Evolua Ambiental (2021)

As Prancha 5, Prancha 6 e Prancha 7 a seguir apresentam as propostas de vias, calçadas e canteiro central.



PLANTA



PLANTA HUMANIZADA

Empresa Contratada

EVOLUA AMBIENTAL
ENGENHARIA E ARQUITETURA

CNPJ 16.697.255/0001-95 | CREA/SC 149326-4
Endereço: Rua Gil Stein Ferreira, 357, Centro, Sala 706
CEP 88301-210, Itajaí-SC.
Fone: (47) 2125-1014
E-mail: contato@evoluaambiental.com.br

www.evoluaambiental.com.br

SAMAE JARAGUÁ DO SUL

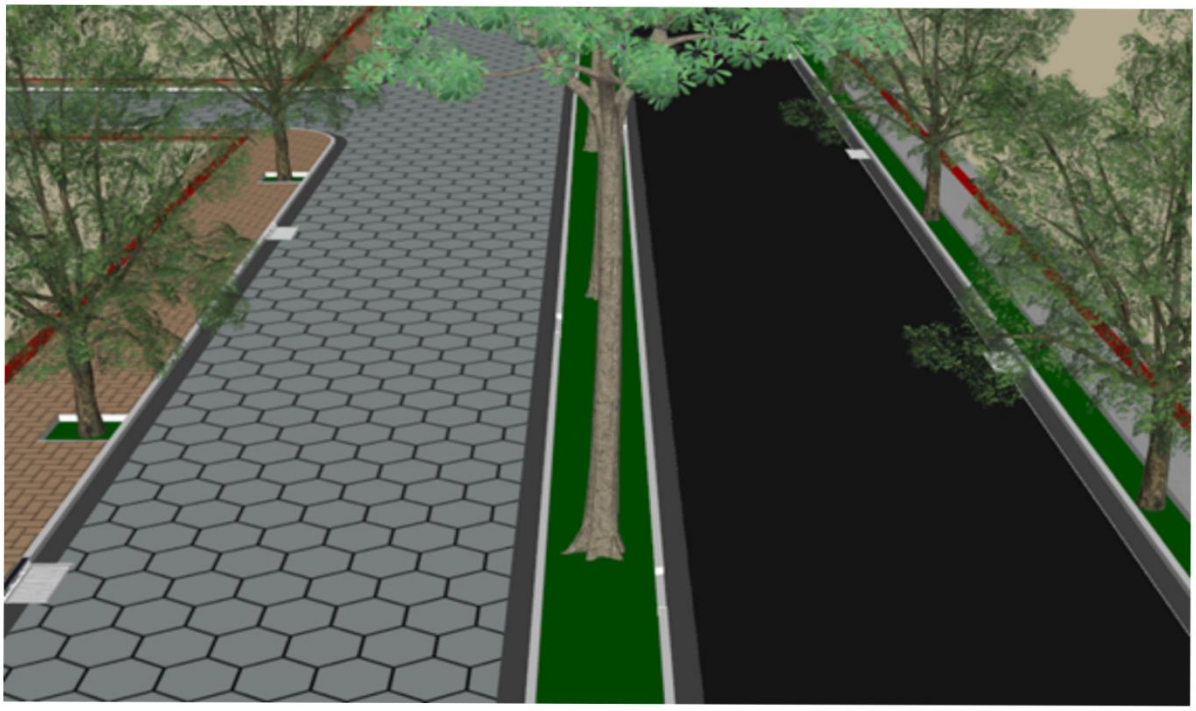
Contratante: SISTEMA AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE

Município - Estado: JARAGUÁ DO SUL - SANTA CATARINA

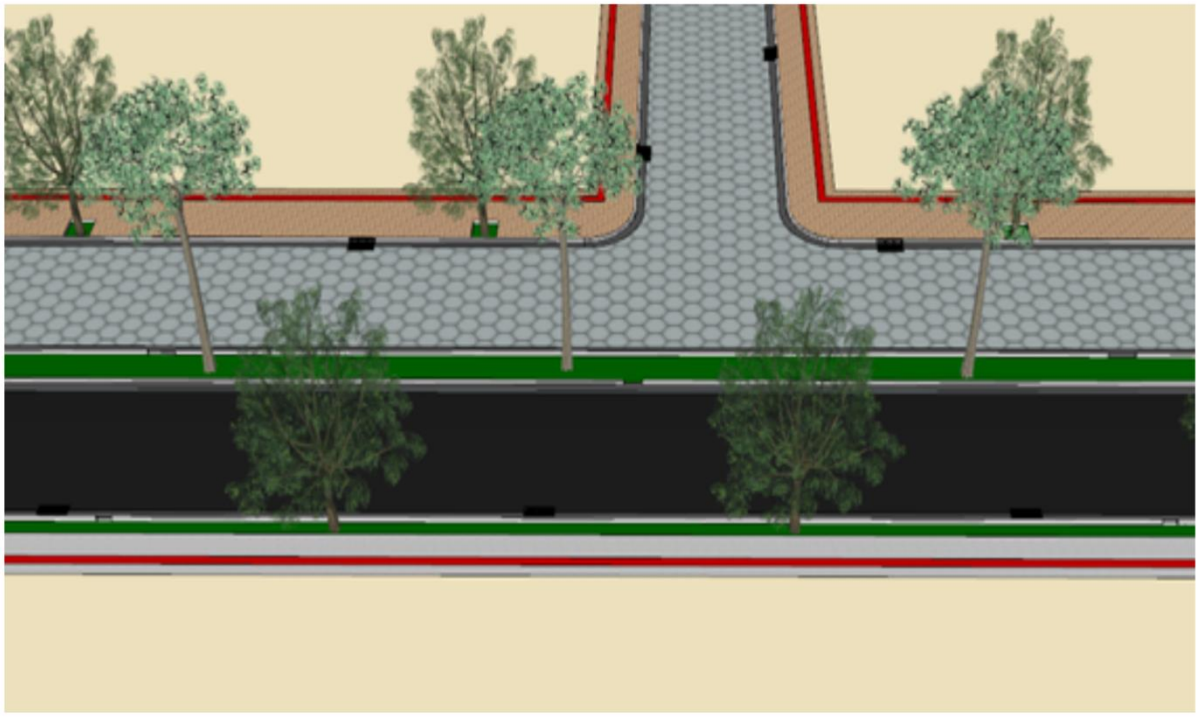
Objeto: PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU

PROJETO DOS MODELOS DE RUAS E CALÇADAS

Elaboração	Folha	Escala
Claudia Barboza Camilo	01/03	Sem escala
Arquiteta e Urbanista | CAU 121584-1	Data: Ago. de 2021	Formato Prancha: A4



PERSPECTIVA 01



PERSPECTIVA 02

Empresa Contratada

EVOLUA AMBIENTAL
ENGENHARIA E ARQUITETURA

CNPJ 16.697.255/0001-95 | CREA/SC 149326-4
Endereço: Rua Gil Stein Ferreira, 357, Centro, Sala 706
CEP 88301-210, Itajaí-SC.
Fone: (47) 2125-1014
E-mail: contato@evoluaambiental.com.br

www.evoluaambiental.com.br

SAMAE JARAGUÁ DO SUL

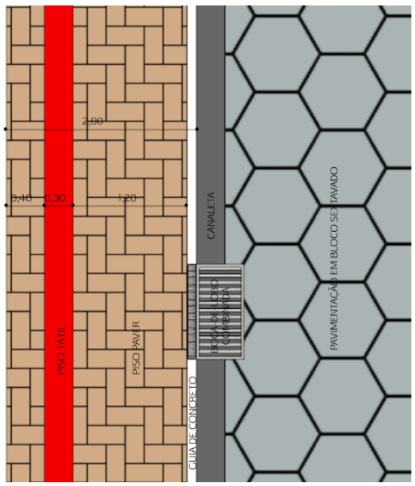
Contratante: SISTEMA AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE

Município - Estado: JARAGUÁ DO SUL - SANTA CATARINA

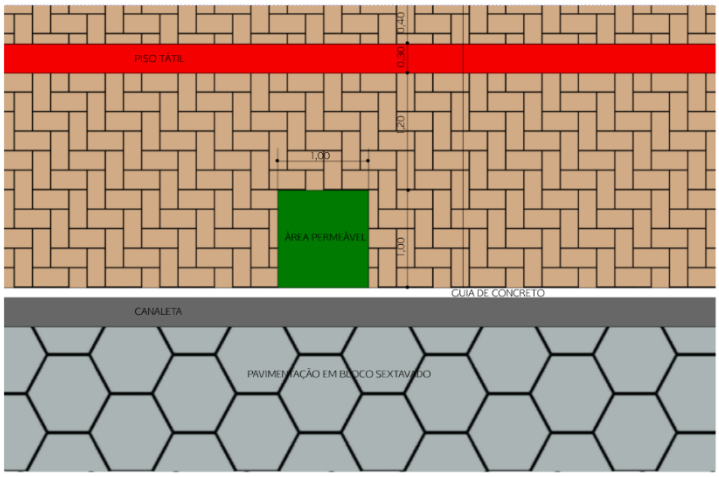
Objeto: PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU

PROJETO DOS MODELOS DE RUAS E CALÇADAS

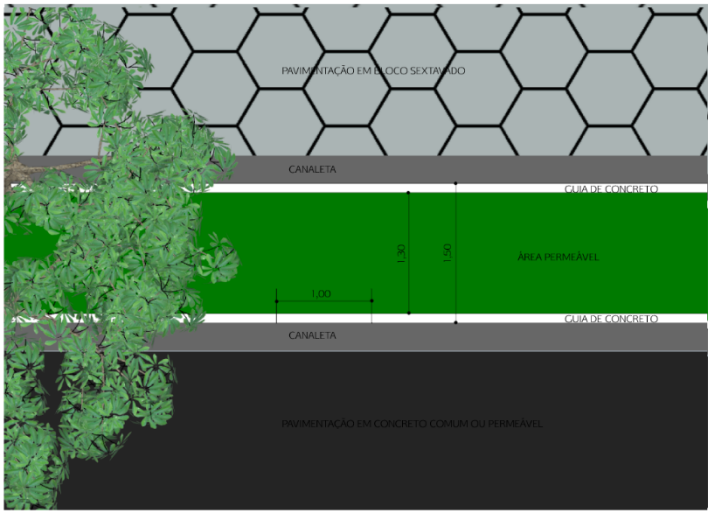
Elaboração	Folha	Escala
Claudia Barboza Camilo	02/03	Sem escala
Arquiteta e Urbanista | CAU 121584-1	Data: Ago. de 2021	Formato Prancha: A4



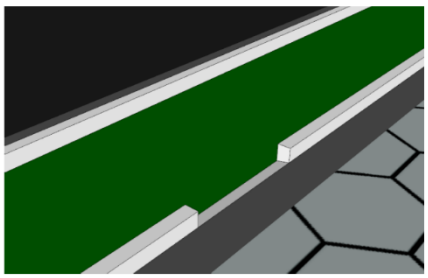
CALÇADA 01



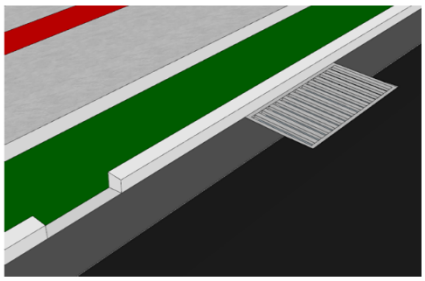
CALÇADA 02



CANTEIRO CENTRAL



REBAIXO PARA ENTRADA DE ÁGUA NO CANTEIRO CENTRAL

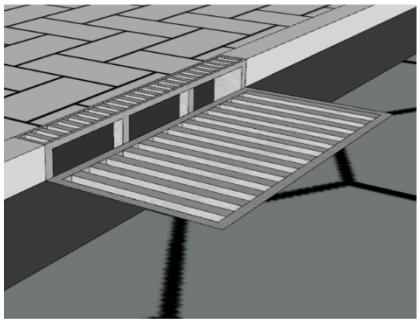


REBAIXO PARA ENTRADA DE ÁGUA NO JARDIM DE CHUVA

CALÇADA 3

BOCA-DE-LOBO COMBINADA

BOCA-DE-LOBO COM GRELHA



BOCA-DE-LOBO COMBINADA

Empresa Contratada

EVOLUA AMBIENTAL
ENGENHARIA E ARQUITETURA

CNPJ 16.697.255/0001-95 | CREA/SC 149326-4
Endereço: Rua Gil Stein Ferreira, 357, Centro, Sala 706
CEP 88301-210, Itajaí-SC.
Fone: (47) 2125-1014
E-mail: contato@evoluaambiental.com.br

www.evoluaambiental.com.br

SAMAE JARAGUÁ DO SUL

Contratante: SISTEMA AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE

Município - Estado: JARAGUÁ DO SUL - SANTA CATARINA

Objeto: PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU

PROJETO DOS MODELOS DE RUAS E CALÇADAS

Elaboração	Folha	Escala
Claudia Barboza Camilo	03/03	Sem escala
Arquiteta e Urbanista | CAU 121584-1	Data: Ago. de 2021	Formato Prancha: A4

4.5 ADEQUAÇÃO DAS BOCAS-DE-LOBO

As bocas-de-lobo do tipo combinado com declividade (Figura 22) são consideradas de maior eficiência devido à sua capacidade de escoamento das águas. Nas áreas de expansão da rede de galeria pluvial ou manutenção da rede existente, recomenda-se a adoção de bocas-de-lobo do tipo combinado com declividade. Também deve-se instalar poços de visita para acesso às galerias para limpeza e manutenção, exclusivamente pelas bocas-de-lobo.

Para controle do resíduo sólido nas redes de drenagem pluvial, além da melhoria da gestão da limpeza urbana, recomenda-se o uso de cestas removíveis nas bocas-de-lobo, Figura 23. Estas deverão passar por limpeza periódica para manter o escoamento adequado, por isso, deve-se evitar lacrar as bocas-de-lobo com cimento.

O Quadro 7 apresenta o quantitativo das bocas-de-lobo a serem substituídas por microbacia urbana do município de Jaraguá, para estimar essa quantidade foi considerada a extensão das vias urbanas e a proporção de bocas-de-lobo de baixa eficiência levantadas pelo estudo realizado para a microbacia do Ribeirão Francisco de Paula.

Quadro 7 - Estimativa de bocas-de-lobo a serem substituidas por microbacia urbana

Microbacia	Substituição das bocas-de-lobo
Barra do Rio Cerro	308 un.
Córrego Ilha da Figueira	182 un.
Córrego Tifa Pequena	2.520 un.
Margem Direita do Rio Itapocuzinho	1.244 un.
Rib. das Pedras Brancas	58 un.
Ribeirão do Funil	428 un.
Ribeirão dos Cavalos	400 un.
Ribeirão Francisco de Paula	1.280 un.
Ribeirão Grande da Luz	4.300 un.
Ribeirão Três Rios	19.560 un.
Rio da Luz	460 un.
Rio da Molha	242 un.
Rio do Cerro	646 un.

Fonte: Evolua Ambiental (2021)

4.6 MELHORIAS OPERACIONAIS NO SISTEMA DE MICRODRENAGEM

A modelagem matemática da estrutura da microdrenagem das microbacias deve ser realizada para estudo e avaliação da atual rede. Se faz necessário o levantamento cadastral de toda a rede, a exemplo de como foi realizado para a elaboração desse produto, com técnica de georreferenciamento, que está apresentado no Apêndice 2 - Levantamento cadastral da microdrenagem da microbacia Francisco de Paula.

Com o resultado da modelagem será possível identificar os problemas pontuais na rede e assim indicar quais os procedimentos devem ser executados para correção dos problemas e cooperar para mitigação da ocorrência de alagamentos.

Conforme dados apresentados pela Defesa Civil dos números de ruas alagadas entre os anos de 2014 e 2021, a área urbana do município sofre com alagamentos, tendo altos índices identificados na microbacia ribeirão Grande da Luz, do córrego Tifa Pequena e ribeirão Três Rios. Porém, sem o conhecimento da estrutura da microdrenagem nessas regiões, não é possível precisar se há falhas no sistema.

Na reurbanização de ruas nas microbacias que possuem histórico de alagamento, microrreservatórios de detenção (item 2.1.6, Figura 10) podem ser adotados para mitigar as perdas econômicas/financeiras decorrentes de chuvas com baixo período de retorno. A instalação desses microrreservatórios depende de estudo de modelagem matemática. Os microrreservatórios devem ser instalados em locais onde a rede de microdrenagem está subdimensionada. Esses microrreservatórios devem passar por limpeza e manutenção constantes para retirada do lodo acumulado. A manutenção deve ter um plano com maior recorrência que o plano de manutenção da rede de microdrenagem, já que essas unidades possuem maior capacidade de armazenamento e consequentemente de acúmulo de lodo.

4.7 OBRAS A SEREM IMPLANTADAS POR MICROBACIA

A partir das medidas estruturais já relatadas, o Quadro 8 apresenta o quantitativo da estimativa de obras de microdrenagem por microbacia urbana do município de Jaraguá. Para estimar essa quantidade foi considerada a extensão das vias urbanas e a proporção de baixa eficiência levantadas no sistema de drenagem existente no município. Os números são estimados e partiram da proporcionalidade

obtida nos levantamentos relaizados para a microbacia do Ribeirão Francisco de Paula. Os dados precisos serão obtidos nos levantamentos que deverão ser feitos no momento da elaboração dos estudos e projetos.

Quadro 8 - Estimativa de obras de microdrenagem por microbacia urbana

Microbacia	Obras de microdrenagem (m²)
Barra do Rio Cerro	3.850
Córrego Ilha da Figueira	2.300
Córrego Tifa Pequena	31.500
Margem Direita do Rio Itapocuzinho	15.500
Rib. das Pedras Brancas	725
Ribeirão do Funil	5.350
Ribeirão dos Cavalos	4.990
Ribeirão Francisco de Paula	16.000
Ribeirão Grande da Luz	53.750
Ribeirão Três Rios	24.500
Rio da Luz	5.730
Rio da Molha	3.000
Rio do Cerro	8.000
Total	**175.195 m²**

Fonte: Evolua Ambiental (2021)

As proposições e medidas estruturais de controle são apresentadas como anteprojetos em nível de planejamento, Quadro 9. Estes são utilizados para previsão de áreas a serem reservadas para as medidas de controle, incluídas as medidas não estruturais. Assim como para elaboração dos orçamentos estimativos; que servem de referência para o planejamento da implantação dessas medidas.

Quadro 9 - Proposição das medidas estruturais de controle

Medida	Função	Desafios	Aplicação
Parque Linear no rio Jaraguazinho	Amortecimento da onda de cheia na área drenada pelo Rio Jaraguá	Disponibilidade de terrenos; Custo da obra	Microbacia do ribeirão Grande da Luz
Parque Linear no rio da Luz	Amortecimento da onda de cheia na área drenada pelo Rio Jaraguá	Disponibilidade de terrenos; Custo da obra	Microbacia do Rio da Luz
Parque Linear no rio Cerro	Amortecimento da onda de cheia na área drenada pelo Rio Jaraguá	Disponibilidade de terrenos; Custo da obra	Microbacia do Rio Cerro

Medida	Função	Desafios	Aplicação
Área para reter água na Bacia do Itapocu	Amortecimento da onda de cheia para mitigar as inundações em Jaraguá do Sul	Necessita de uma grande área	Microbacias a montante da região central, pertencente ao Rio Itapocu
Recuperação da mata ciliar	Redução do assoreamento	Necessita de técnicos especialistas; Elaboração de diagnóstico	Todas as microbacias
Implantação e revitalização de ruas "permeáveis"	Aumento da vida útil do sistema de microdrenagem, amortecimento da onda de cheia, recarga dos aquíferos	Custo da obra	Todas as microbacias
Substituição das bocas-de-lobo	Mitigação de alagamentos; melhoria da vazão de captação das águas pluviais	Transtorno no trânsito. Custo da obra; Avarias nos pavimentos asfálticos	Iniciar com as microbacias que possuem maior registro de alagamento

Fonte: Evolua Ambiental (2021)

5 PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS DE CONTROLE

Foram propostas medidas não estruturais visando a melhoria da gestão do sistema de drenagem urbano e manejo de águas pluviais, assim como o ordenamento do solo e conscientização da população. Também buscou-se maximizar o uso dos sistemas já instalado e apoiar as ações que mitiguem eventos de alagamento e inundações.

5.1 CONTROLE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

As medidas de uso e ocupação do solo devem ser incorporadas pelo Plano Diretor de Organização Físico Territorial de Jaraguá do Sul, incluindo parâmetros de zoneamento para as áreas de risco e índices de redução da impermeabilização do solo. Orienta-se a incorporação no plano diretor do zoneamento de inundação; assim como das áreas de susceptibilidade aos movimentos gravitacionais de massa.

O Sistema de Previsão e Alerta de Cheias demonstra as diretrizes de uso e ocupação de áreas sujeitas à inundação no município de Jaraguá do Sul (PINHEIRO, 2012). A cota de inundação de 4,00 m (base estação fluviométrica de Jaraguá do Sul no Rio Itapocu), corresponde ao nível máximo de uma enchente com período de retorno de 7 anos e risco hidrológico anual de 14,3%. É sugerido que não sejam permitidos usos comerciais, industriais e residenciais abaixo dessa cota, assim como não se deve aterrar essas áreas. Acima da cota de 4,00 m é orientado o uso industrial e comercial, desde que não interfiram no fluxo de cheia local. A cota de inundação de 4,5 m, equivale a uma enchente com tempo de retorno de 19 anos e risco hidrológico anual de 5,4%. Foi recomendado que o uso residencial seja permitido apenas acima da cota de 4,5 m (PINHEIRO, 2012). Quanto as áreas susceptíveis aos movimentos gravitacionais de massa, as áreas que possuem risco alto não devem ser ocupadas. As áreas com risco médio não devem ser ocupadas por hospitais, escolas, residências, bases da política e corpo de bombeiros, entre outras edificações que concentram pessoas ou prestam serviços essenciais.

O aterro de novas áreas faz com que a água que ocuparia esse espaço em um momento de inundação busque novos caminhos. Desta forma, os aterros em geral devem ser evitados para que não haja piora das cotas de cheia. Orienta-se para que

essas medidas estejam impostas no Plano Diretor de Organização Físico Territorial de Jaraguá do Sul e sejam seguidas e fiscalizadas com rigor.

A retenção de água no solo deve ser mantida nos novos lotes, mesmo com a impermeabilização de parte deste por alguma edificação. O lote ainda poderá produzir escoamento superficial, mas, para uma determinada chuva de projeto, essa quantidade deverá ser menor ou igual ao que escoaria em condições naturais, ou seja, no cenário de pré-ocupação.

Pode-se utilizar outras técnicas para se obter a taxa de infiltração desejada, como a implantação de jardins (Figura 14), telhados verdes (Figura 12), utilização de pavimentos permeáveis (Figura 16) e trincheiras (Figura 8a), valas (Figura 8b) ou poços de infiltração (Figura 8c). Caso a adoção dessas medidas mostrar-se inviável ou incipiente para a manutenção da taxa de infiltração, pode-se orientar para a utilização de dispositivos para retenção e ou reuso de água pluvial.

Quanto a instalação de dispositivos para reuso de água (Figura 9), estes devem ser exigidos em edificações novas ou em reformas de pelo menos 50% da área construída, especialmente quando trata-se de edificações maiores ou iguais a 500 m^2. É importante que os primeiros 20 mm de água pluvial sejam descartados devido à poluição que tende a estar presente.

Os novos loteamentos e as obras que passarem por reforma deverão adotar os modelos de calçadas apresentados no Plano Diretor de Drenagem, a fim de adotar componentes que facilitem a infiltração de água e visem a padronização e melhoria do paisagismo urbano. Serão propostos 3 modelos de calçadas com diferentes custos e técnicas como gramado e pavimento permeável, de acordo com os perfis dos passeios existentes.

Os munícipes que já possuem calçada em seus lotes, deverão ser incentivados para adotarem o novo modelo por meio de incentivo fiscal, como redução do imposto predial e territorial urbano (IPTU), por exemplo.

5.2 REFORMULAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO

A reformulação do sistema de gestão considera as características do sistema proposto. É importante compreender as relações que há entre o sistema de drenagem urbano e manejo de águas pluviais com as demais áreas da gestão pública, para que

os papeis institucionais estejam claros. Além do mais, a articulação e cooperação entre as áreas envolvidas é base para a boa governança e gestão do sistema. É relevante que o Samae tenha documentado o nome de cada instituição; descrição de sua influência sobre o sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais de Jaraguá do Sul; a legislação pertinente que lhe dá poderes para tal com o artigo, inciso, parágrafo, quando for o caso; assim como a descrição do (s) responsável (is) atuais e seus contatos. Essas informações acessíveis facilitam a tomada de decisão e resolução de situações emergenciais. Dentre as instituições, merecem destaque o próprio Samae Jaraguá do Sul, que além de ser o responsável pela drenagem urbana (responsabilidade limitada à dispositivos de até 800mm), também é pelo abastecimento público de água, coleta e tratamento de esgoto e manejo de resíduos sólidos. Além do mais, destacam-se as Secretarias Municipais de: Obras e Serviços Públicos; Defesa Civil; Planejamento e Urbanismo; Assistência Social e Habitação; Saúde; além da Fundação Jaraguaense de Meio Ambiente. Como instituições independentes da Prefeitura de Jaraguá do Sul tem-se a Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS); o Conselho Municipal do Meio Ambiente; a Comissão Municipal de Tubulações; o Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (CERH/SC) e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu. Informações sobre o papel dessas instituições no sistema de drenagem urbana foram apresentadas no diagnóstico do PDDU.

O sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas necessita passar por manutenção preventiva para que se mantenha em bom estado de funcionamento. Desta forma, é necessária que haja a previsão orçamentária para tal. Também deve-se desenvolver um Procedimento Operacional Padrão (POP) para a manutenção do sistema. Esses POPs facilitam o treinamento operacional e a provisão de estoque de materiais para tal. Exemplifica-se como procedimentos a serem descritos as ações necessárias para a limpeza de uma boca-de-lobo ou como deve ser feita a reposição de uma tubulação que apresenta defeito, por exemplo. Isso faz com que os procedimentos sejam uniformes, independentemente de quem o execute. Cada operação de manutenção precisa ter uma ficha específica contendo pelo menos: a data de elaboração, versão, nome da operação, responsável pela elaboração, colaboradores necessários para a operação, materiais necessários e etapas a serem seguidas.

Em um primeiro momento, é importante que os colaboradores que participam dessas operações auxiliem na construção dos POPs. Em uma segunda fase, após a elaboração dos POPs todos os responsáveis pela execução precisam ter conhecimento e fácil acesso à informação. Cada operação de manutenção preventiva ou corretiva, precisa ser registrada. É importante que haja um plano para a manutenção preventiva de toda a rede de microdrenagem no decorrer de um ano. Nesse plano deve constar pelo menos a data, as ruas, os operadores responsáveis e os materiais necessários para a execução da operação. Após as operações de manutenção executadas estas devem ser cadastradas, preferencialmente em um sistema eletrônico para facilitar a consulta. Anomalias devem ser registradas.

Um dos grandes desafios para a rede de microdrenagem funcionar adequadamente é mantê-la desobstruídas de resíduos sólidos. Desta forma, caso não haja um plano de varrição de ruas, este deve ser implantado pelo órgão responsável, mesmo que o serviço seja terceirizado, e privilegiar as áreas com maior densidade populacional, onde geralmente há mais resíduos. É importante que haja constância na prática de varrição, pois alagamentos e inundações bruscas tendem a ocorrer de forma inesperada. O Samae deve ser parceiro e incentivador dessa ação desenvolvida pela Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos, com auxílio de terceiros.

Ainda em relação aos resíduos sólidos, além da consolidação da coleta seletiva em todo o munícipio, é importante que haja incentivo para a redução do uso de plásticos em geral, especialmente as sacolas. O plástico possui o agravante de não ser decomposto pela água e contribuir para a contaminação desta. Em países europeus, as sacolas plásticas no comércio são cobradas, desta forma, oferece-se para a venda ao cliente sacolas de melhor qualidade e que suportam mais peso. Essa ação resulta em menor uso de sacolas. Além do mais, é rotineiro que os clientes já tenham suas sacolas reutilizáveis. Essa ação é importante para evitar que este material obstrua as bocas-de-lobo e contribua para o agravamento de alagamento e inundações. Para que tal medida seja implantada, pode-se articular com a Associação Empresarial de Jaraguá do Sul (ACIJS) e a Câmara de Dirigentes Lojistas (CDL) para que haja apoio.

Com o advento de chuvas intensas e aumento do escoamento superficial, materiais como os resíduos sólidos, que se encontram nas calçadas e ruas tendem a

ser arrastados e comumente atingem as sarjetas e alcançam as bocas-de-lobo e bueiros, dificultando ou até mesmo impedindo a passagem de água. Desta forma, propõe-se a utilização de lixeiras aéreas por parte da população (Figura 37) e a adoção de lixeira containers em áreas mais populosas (Figura 38a), preferencialmente subterrânea (Figura 38b) para não atrapalhar a mobilidade. A vantagem adicional das lixeiras containers é a facilidade para coleta mecânica em caminhões adequados (Figura 38c). Nos condomínios, também é importante que as lixeiras ofereçam proteção para evitar o arraste dos resíduos sólidos. Cabe ressaltar que a cobertura por coleta seletiva e a melhoria dos índices deve ser constantemente incentivada. É interessante realizar um estudo sobre a adoção em todo o município do sistema com containers instalados em pontos estratégicos, em substituição às lixeiras individuais tradicionais. Ainda sobre resíduos sólidos nas ruas, é importante que os catadores de materiais reciclados sejam cooperados ou colaboradores do sistema municipal de resíduos sólidos, a fim de evitar que façam a seleção e descarte de resíduos que não são de seu interesse nas vias e outros locais inadequados. A inserção de catadores informais em organizações ou no sistema de coleta seletiva é de responsabilidade das prefeituras, conforme a Lei nº 12.305/2010. Essas medidas precisam ser implementadas e geridas pelo Samae com apoio da Semplu.

Figura 37 – Lixeiras aéreas e embutidas

Figura 38 – Tipos de coleta

a) Contentores

b) Coleta subterrânea

c) Coleta mecanizada

Os serviços de terraplenagem e aterros em geral devem adotar medidas para evitar o carreamento de partículas de solo além da área que está sendo trabalhada. É importante que sejam seguidas medidas de controle para tal. Deve-se exigir contenção de solo na área do terreno. Além do mais, os caminhões utilizados nas obras e que precisem circular nas vias públicas também, devem fazê-lo com os pneus limpos. Essas medidas evitam que a água drenada arraste partículas que acabarão atingindo o sistema de drenagem e contribuam para o aumento dos sólidos em suspensão e turbidez da água, que prejudicam o abastecimento público e o ecossistema fluvial. Desta forma, é relevante que o Samae firme parceria com a Secretaria Municipal de Planejamento e Urbanismo, para que esta adote essas medidas.

Outro problema comum que afeta a qualidade de água pelo arraste de partículas é a manutenção das estradas rurais. Dessa forma, deve-se adotar procedimentos operacionais que evitem o carreamento de materiais dessas estradas para os corpos hídricos. Geralmente a manutenção dessas vias é feita pela Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos, desta forma, ressalta-se novamente a importância da parceria interinstitucional entre o Samae e essa para a adoção de medidas mitigadoras.

A vigilância epidemiológica muitas vezes utiliza agroquímicos para o controle de pragas urbanas, para aniquilar insetos que causam patologias, por exemplo. Esse tipo de campanha deve ser executado por profissionais especializados e de forma cautelosa e controlada. A quantidade de produto químico a ser pulverizada necessita estar de acordo com a bula e a manipulação do produto deve ser feita de forma a evitar a entrada no sistema de microdrenagem (bocas-de-lobo, bueiros) e macrodrenagem (corpos de água). Também deve-se evitar o contato direto desses

produtos com o solo, para que o mesmo não percole para camadas subterrâneas e atinja lençóis freáticos.

O controle de mato nas vias e praças muitas vezes é realizado com uso de agrotóxicos, conhecido como capina química, apesar de ser proibido desde 2009 pela Lei Estadual n° 14734/2009. Essa prática deve ser evitada para que esses produtos não atinjam o sistema de drenagem e a água subterrânea contribuindo para a poluição difusa. Além do prejuízo aos munícipes e operadores ao inalar tais substâncias. Pode-se adotar o controle de mato por meios físicos, como remoção, por exemplo. Esta atividade é responsabilidade da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos da Prefeitura de Jaraguá do Sul. O munícipe também deve ser conscientizado da proibição dessa prática e dos riscos por meio da Vigilância Sanitária.

Boas práticas de manejo do solo minimizam a contaminação dos cursos de água por fertilizante, agrotóxicos e a entrada de partículas em momentos de escoamento superficial ocasionados por chuvas intensas. Assim sendo, é importante que trabalhos de orientação sejam realizados junto aos agricultores. É possível utilizar órgãos parceiros como EPAGRI, Sindicatos Rurais, Secretaria da Agricultura e o Comitê do Itapocu. A poluição dos canais de origem difusa, precisa ser tratada em nível de bacia hidrográfica. Desta forma, o Comitê do Itapocu deve ser o órgão parceiro para a implantação dessas medidas de combate à contaminação difusa, pois esta é originária de todo o processo de drenagem da bacia, à montante do ponto analisado.

Para evitar a contaminação por esgoto nos canais de drenagem, é importante que ocorra fiscalização em relação a ligação adequada da saída dos esgotos das edificações para a rede, nos locais onde há disponibilidade. Quando o tratamento é individual, também é necessário fiscalizar a presença e funcionamento dos sistemas de fossa séptica e filtro anaeróbio. É bastante corriqueiro que a população em geral desconheça a importância da limpeza periódica das fossas. Orienta-se para ações de conscientização e fiscalização junto à Vigilância Sanitária. Além do correto tratamento do esgoto doméstico, é de suma importância a separação efetiva das redes pluviais e sanitárias. A infiltração de águas pluviais na rede de esgoto doméstico aumenta o volume a ser tratado na estação, assim como a infiltração de efluente sanitário na rede de drenagem acaba por poluir os rios com o efluente não tratado. A separação das redes é uma das metas do Ministério das Cidades (2015) e deve ser avaliada nos

momentos de manutenção preventiva da rede de drenagem e da rede de esgotamento sanitário.

5.3 BASES PARA UM PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A educação ambiental focada na drenagem deve ser continuada e partir do responsável pelo saneamento. No entanto, para ser efetiva, deve-se ter parceria com as Secretarias de Defesa Civil e da Educação, além da Fujama. A Defesa Civil com o papel de utilizar a educação ambiental para diminuir e mitigar os riscos de exposição da população aos desastres como inundação e deslizamento de massa. A Fujama que consegue vincular o papel do saneamento para a obtenção de um ambiente equilibrado e com qualidade de vida. Já a Secretaria Municipal de Educação que conseguirá locar os programas com as faixas etárias e conteúdos regulares para a que a educação ambiental aconteça nas escolas e centros educacionais. Além do mais, é fundamental conscientizar os adultos. Desta forma, as campanhas podem utilizar da mídia, assim como de parcerias como associações empresariais, industriais, municipais, de moradores, entre outros meios para disseminação de campanhas educacionais para a conscientização sobre o saneamento. Para o bom funcionamento do sistema de saneamento, campanhas exaustivas devem ser feitas, com alto grau de repetição e de linguagem lúdica.

Orienta-se que as campanhas trabalhem com os 4 eixos do saneamento, separadamente, mas que busquem as interrelações entre eles e enalteçam as responsabilidades tanto da população como do poder público. Folhetos simples e explicativos com as responsabilidades e atitudes que se esperam da população podem ser distribuídos junto com as contas de água, por exemplo, podendo ser no formato digital ou físico. Cabe destacar que quando se trabalha com produtos promocionais (copos, blocos de nota, entre outros) e didáticos (apostila, manuais, folders), há que considerar o uso de produtos recicláveis e biodegradáveis para tal. Além do mais, na possibilidade de palestras e aulas, incentiva-se o uso de tecnologia de informação e comunicação (TIC) para chamar a atenção do público-alvo.

5.4 CRIAÇÃO DE UNIDADES DE PRESERVAÇÃO

É importante a criação de áreas de preservação nas cabeceiras dos rios principais para proteção destes contra assoreamento e melhoria da qualidade de água. Além do aumento de disponibilidade hídrica, em função da recarga dos lençóis freáticos.

Em relação ao rio Jaraguá, suas áreas de cabeceira encontram-se dentro do limite do município. Isso facilita a criação de área de preservação municipal nas áreas de cabeceira, ação que deve ser incentivada pela Fujama e Samae. Os rios Itapocu e Itapocuzinho possuem suas cabeceiras em outros municípios. Assim, é importante ações de apoio ao Comitê do Itapocu para que medidas protetivas dessas áreas sejam incentivadas.

Um caminho para a viabilização desse tipo de proposta é utilizar o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Este é um instrumento econômico que segue o princípio “pagador-recebedor”; o qual recompensa e incentiva todo aquele que provê serviços ecossistêmicos, melhorando a rentabilidade das atividades de proteção e uso sustentável de recursos naturais (INEA, 2011). O PSA é um instrumento de incentivo, que pode ou não ser monetário, às ações positivas de proteção ao meio ambiente. Desta forma, beneficia e instiga a promoção de atividades de manutenção, conservação e restauração de serviços ecossistêmicos, conforme definido na Lei nº 14.119/2021 (BRASIL, 2021).

5.5 PREVISÃO DE CHEIAS E ALERTA AO RISCO DE DESASTRES

Em 2012 o Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA) da Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB) em parceria com a Prefeitura Municipal de Jaraguá do Sul e a Fundação Jaraguaense de Meio Ambiente (FUJAMA) elaborou o Mapeamento de Áreas de Risco a Inundação e a Implantação do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias (PINHEIRO, 2012). Este documento deve ser utilizado como base para a implantação do Sistema de Previsão e Alerta de Cheias para Jaraguá do Sul.

Os sistemas de alerta necessitam de monitoramento das condições hidrometereológicas e por isso devem estar integrados com órgãos do Governo Estadual como a Defesa Civil e do Governo Federal como o Centro Nacional de

Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN). Além do mais, é importante que haja a implantação de uma política pública municipal com foco na prevenção e mitigação de desastres, mas que também esteja preparada para os momentos em que este é iminente; ou seja, nas fases de preparação, resposta e reconstrução.

Um bom sistema de alerta comunica a população para o risco de desastre e a mesma, consciente de seu papel, toma medidas para diminuir os danos e preservar sua vida e daqueles que estão a sua volta. Sistemas de alerta bem geridos, diminuem as perdas e tornam os munícipes mais conscientes de seu papel.

A responsabilidade por implantar essas medidas em nível municipal é da Secretaria de Defesa Civil, mas que precisa de parceria com o responsável pelo saneamento básico, como é o Samae em Jaraguá do Sul. Uma cidade melhor preparada implanta ações diversas para evitar perdas materiais, econômicas e de vidas.

5.6 LEGISLAÇÃO VOLTADA AO MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

A política de manejo das águas pluviais urbanas é um instrumento jurídico de gerenciamento das ações de ordenamento territorial. A legislação é voltada ao manejo das águas pluviais e controle de impactos decorrentes do desenvolvimento municipal.

O objetivo da legislação é minimizar os impactos e estimular situações que contribuam para que o crescimento da cidade aconteça de forma ordenada em consonância com o planejamento do manejo das águas pluviais.

Para se alcançar os objetivos da lei orienta-se atenção aos usos permitidos próximo aos cursos d'água, parâmetros de impermeabilização do solo e a orientação do uso de sistemas complementares para absorção e escoamento das águas pluviais.

Sugere-se que não sejam permitidos usos comerciais, industriais e residenciais, assim como aterros abaixo da cota de inundação – que corresponde a 4,00 metros.

Acima da cota de 4,00 m é orientado o uso industrial e comercial, desde que não interfiram no fluxo de cheia local. Aconselha-se que o uso residencial seja permitido apenas acima da cota de 4,5 m.

A proposta de controle de uso e ocupação do solo visa controlar o impacto da expansão urbana na drenagem e no sistema pluvial da cidade. Para estabelecer as zonas das áreas de risco foram consideradas as áreas de suscetibilidade, os estudos de cheias e o diagnóstico do município. Desta forma, se propõe a implantação de três zonas:

- Zona de passagem da enchente: esta zona visa a proteção integral da área, nela não deve haver obstrução por aterro, estreitamento ou qualquer obra que produza a elevação do nível de inundação. A definição da seção do rio deve considerar o aumento do nível do rio para a vazão de 20 anos de tempo de retorno.
- Zona com restrições: apesar do risco de inundação, esta área pode ser ocupada, desde que atenda as restrições estabelecidas. Tratam-se de áreas cuja velocidade de escoamento é baixa. As ocupações permitidas devem garantir a segurança da população.
- Zona com baixo risco: esta zona possui baixa probabilidade de inundação.

As zonas estipuladas devem ser inseridas no Plano Diretor Municipal. A seguir é apresentado a proposta de parâmetros para o zoneamento das áreas referidas.

- Zona de passagem de enchente: Nesta área não será permitida novas construções. As áreas já ocupadas devem passar por programa de realocação, por meio de incentivos e criação de um mercado específico que vise atualizar a situação destas áreas mesmo que gradualmente.
- Nas zonas de restrições podem ser projetados espaços para parques e atividades esportivas e/ou recreativas com baixo índice de manutenção, edificações estruturalmente protegidas para possíveis casos de enchentes.

Considerando os impactos no sistema de drenagem e a falta de um índice de permeabilidade do solo no zoneamento urbano de Jaraguá do Sul, indica-se como medida estruturante a regulamentação de uma proporção do solo a ser permeável nos lotes urbanos. Destaca-se a previsão de algumas formas de compensação de permeabilidade por meio de implantação de sistemas de coleta de água da chuva.

A impermeabilização potencializa as condições para inundação degradando o meio ambiente, e deve ser responsabilidade dos proprietários dos lotes cumprir com as condições de permeabilidade colaborando com a compatibilização de drenagem. A intenção é acumular o máximo possível dos excedentes da chuva para retardar o pico das enchentes visando recuperar as condições de escoamento e infiltração como era antes do processo de urbanização.

Os novos parcelamentos do solo deverão prever o limite de vazão máxima específica de saída para a rede pública. Os lotes que não conseguirem manter a permeabilidade, compatível com a sua pré-ocupação, deverão captar o equivalente a área impermeável por meio dos dispositivos de absorção e retenção de águas pluviais.

Quanto aos dispositivos indicados destacam-se os reservatórios de armazenamentos temporários (Figura 9), telhados verdes (Figura 13) e pisos permeáveis (Figura 15). Os reservatórios temporários deverão apresentar volume adequado compatível com área contribuinte e o retardo do escoamento deve estar representado no momento de aprovação de projeto junto à prefeitura, que indicará quando e para onde será escoado esse volume reservado. A água precipitada sobre o terreno não pode ser drenada diretamente para ruas, sarjetas e/ou redes de drenagem, e a vazão de escoamento para a saída da rede depende de estudos com modelagem matemática da rede de microdrenagem de cada microbacia.

Além das normas, indica-se a implementação de incentivo fiscal para àqueles que adequarem a situação do seu lote de acordo com os parâmetros previstos para o manejo de águas pluviais.

5.7 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS A SEREM INCORPORADAS

As proposições e medidas não estruturais de controle são apresentadas como anteprojetos em nível de planejamento. Estes são utilizados para previsão de áreas a serem reservadas e para elaboração dos orçamentos estimativos; assim como referência para o planejamento da implantação dessas medidas. Um quadro resumo das medidas é apresentado (Quadro 10).

Quadro 10 – Proposição das medidas não estruturais de controle

Medida	Principais Vantagens	Responsáveis pela implantação
Incorporação do mapa de susceptibilidade no plano diretor	Evitar ocupação de novas áreas de risco	Secretaria Municipal de Planejamento e Urbanismo - (Semplu)
Incorporação da cota de enchente para o uso a ser dado às edificações	Evitar adensamento populacional em áreas com alto risco de inundação	Semplu
Controlar o aterramento de novas áreas	Manutenção das cotas de inundação atuais	Semplu
Manutenção da taxa de infiltração do lote compatível com a pré-ocupação	Aumento da vida útil do sistema de microdrenagem, diminuição dos alagamentos, amortecimento da onda de cheia, recarga dos aquíferos	Semplu
Dispositivos para retenção ou reuso de água pluvial	Aumento da vida útil do sistema de microdrenagem, diminuição dos alagamentos, amortecimento da onda de cheia, recarga dos aquíferos	Semplu
Implantação dos novos modelos de calçadas "permeáveis"	Aumento da vida útil do sistema de microdrenagem, diminuição dos alagamentos, amortecimento da onda de cheia, recarga dos aquíferos	Semplu
Adequação das lixeiras individuais	Evitar obstruções do sistema de microdrenagem, evitar proliferação de vetores de doenças e melhora do paisagismo	Semplu
Mapeamento das interfaces entre o SAMAE e demais órgãos da gestão pública	Facilidade na contratação de responsáveis e tomada de decisão	Samae
Promover o cadastramento de todos os dispositivos de microdrenagem urbana de forma integrada ao cadastro georreferenciado do município	Aumentar o nível de informação do sistema para facilitar a tomada de decisão, execução de atividades de rotina e planejamento do setor	Samae
Desenvolvimento de POP para atividades de manutenção do sistema	Uniformidade das operações e serviços prestados por todos os servidores	Samae
Plano de manutenção preventiva da rede de microdrenagem	Diminuição de ações e medidas emergenciais e corretivas que geralmente possuem custo mais elevado	Samae
Plano de varrição de ruas	Evitar obstruções do sistema de microdrenagem, evitar proliferação de vetores de doenças e melhora do paisagismo.	Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos

Medida	Principais Vantagens	Responsáveis pela implantação
Redução do uso de sacolas plásticas no comércio	Os plásticos comuns não são dissolvidos em água e contribuem para a obstrução do sistema de microdrenagem	Samae, Associação Empresarial de Jaraguá do Sul (ACIJS) e Câmara de Dirigentes Lojistas (CDL)
Adequação das lixeiras coletivas	Evitar obstruções do sistema de microdrenagem, evitar proliferação de vetores de doenças e melhora do paisagismo	Samae e Semplu
Adoção de normas técnicas para realização de aterros e terraplanagem	Inibir o arraste de partículas de solo para o sistema de microdrenagem, melhora da qualidade de água	Semplu
Adoção de medidas operacionais para a manutenção de estradas rurais	Inibir o arraste de partículas de solo para o sistema de drenagem, melhora da qualidade de água	Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos
Conscientização sobre a capina química	Melhoria da qualidade de água e do meio ambiente como um todo	Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos e Vigilância Sanitária
Boas práticas de manejo de solo em áreas rurais	Melhoria da qualidade de água	EPAGRI, Sindicatos Rurais, Secretaria da Agricultura, Comitê do Itapocu.
Fiscalização da ligação de esgoto doméstico	Evitar poluição da água pluvial por esgoto e disseminação de vetores de doenças	Samae e Vigilância Sanitária.
Campanha de educação ambiental para o risco de desastres	Melhorar a conscientização da população sobre o tema, difundir a importância das medidas mitigatórias e demonstrar as responsabilidades sociais	Defesa Civil e Samae
Campanha de educação ambiental em prol do saneamento básico	Melhorar a conscientização da população sobre o tema, difundir a importância das medidas mitigatórias e demonstrar as responsabilidades sociais	Samae, Fujama, Secretaria Municipal de Educação.
Demarcação de área de preservação na Bacia do Rio Jaraguá	Proteção contra assoreamento dos rios, melhoria da qualidade de água, aumento da disponibilidade hídrica	Fujama, Comitê do Itapocu.
Criação de projeto para PSA na Bacia do Itapocu e na Bacia do Itapocuzinho	Proteção contra assoreamento dos rios, melhoria da qualidade de água, aumento da disponibilidade hídrica	Comitê do Itapocu

Medida	Principais Vantagens	Responsáveis pela implantação
Criação de 3 parques lineares nas microbacias dos rios Jaraguazinho, rio da Luz e rio do Cerro	Amortecimento da onda de cheia, proteção contra assoreamento dos rios, melhoria da qualidade de água, aumento da disponibilidade hídrica	Fujama, Samae, Prefeitura Municipal
Criação de Sistema de Previsão de Alerta de Desastres	Mitigar os danos materiais e o risco de morte em momentos de desastres	Defesa Civil

Fonte: Evolua Ambiental (2021)

6 DEMONSTRATIVO ECONÔMICO-FINANCEIRO

O demonstrativo econômico-financeiro apresenta as possíveis fontes de recursos junto aos Governos Federal e Estadual para realização das obras e manutenção dos serviços de drenagem urbana e manejo das águas pluviais. A apresentação de modelo de forma de cobrança dos serviços poderá ser utilizada como "taxa de drenagem" após estudo para análise de sustentabilidade econômico-financeiro dessa atividade.

6.1 OBTENÇÃO DE RECURSOS POR MEIO DE REPASSES, FINANCIAMENTOS E TRIBUTAÇÃO ESPECÍFICA

No Plano Plurianual (2020 – 2023) do Ministério da Economia, o Programa 2218 trata sobre a Gestão de Riscos e de Desastres. O objetivo é investir na compreensão e redução do risco, ampliar a preparação e reduzir os efeitos dos desastres. O órgão responsável por esse programa é o Ministério do Desenvolvimento Regional. A Ação 00PQ traz apoio à implantação, ampliação ou melhorias em sistemas de drenagem urbana sustentável e manejo de águas pluviais - Linha de Financiamento FGTS. O valor total previsto para os anos de 2021, 2022 e 2023 é de R$ 90.000.000,00, R$ 108.000.000,00 e R$ 135.000.000,00; respectivamente. O resultado é medido por unidade de domicílios retirados de risco por meio da implantação, ampliação ou melhorias de sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais. A ação 00PS apoia à implantação, ampliação ou melhorias em sistemas de drenagem urbana sustentável e manejo de águas pluviais - Linha de Financiamento BNDES. O valor previsto para 2021 é de R$ 10.000.000,00, para 2022 são R$ 12.000.000,00 e para 2023 são R$ 15.000.000,00. O resultado é medido de forma análoga à Ação 00PQ (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2020).

O Programa 2222 do Programa do Plano Plurianual (2020 – 2023), do Ministério da Economia trata sobre o Saneamento Básico e tem como objetivo ampliar o Acesso da População a Serviços Adequados de Saneamento Básico. O órgão responsável por este programa é o Ministério do Desenvolvimento Regional. A ação 00RM apoia a elaboração de planos e projetos de saneamento em municípios - Linha de Financiamento FGTS. Os valores previstos são de R$ 7.650.000,00; R$ 8.500.000,00 e R$ 8.500.000,00; para os anos de 2020, 2021 e 2022,

respectivamente. O produto esperado são projetos de engenharia ou plano de saneamento básico. A ação o 00RH apoia a ações de saneamento integrado em municípios - Linha de Financiamento FGTS. Possui R$ 5.000.000,00, R$ 6.000.000,00 e R$ 6.000.000,00 previstos para os anos de 2021, 2022 e 2023 e o resultado é medido por domicílios atendidos por ações do saneamento integrado (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2020).

Em nível estadual, há o Plano Plurianual do Governo do Estado de Santa Catarina para os anos 2020 – 2023. O Programa 0350, Gestão dos Recursos Hídricos, é de responsabilidade da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE) e possui como objetivo

> Administração das águas catarinenses para que todos os usuários possam utilizá-la com qualidade e quantidade satisfatórias para atendimento aos vários usos. Preservação e conservação da água. Gerir de forma efetiva o direito aos recursos hídricos que compatibilize os múltiplos interesses dos usuários de água. Atuar preventiva e efetivamente no controle de cheias e de vazão de águas no estado (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE SANTA CATARINA, 2019).

Dentre as subações há: (i) 014520 que visa dragagem, desassoreamento, recuperação e proteção margens rios, córregos, canais e lagoas, que destina R$ 20.000.000 para executar 12 obras; 014778 para implantação de obras contra cheias, são R$ 20.000.000 para execução de 12 obras; (iii) 014781 para obras hidráulicas para controle de vazão de rios e lagoas, para executar 12 obras no valor total de R$ 20.000.000; (iv) 006488 com o intuito de monitorar, controlar e apoiar ações de prevenção de eventos críticos, são R$ 20.000.000 para 5 serviços de monitoramento destinados para a SDE (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE SANTA CATARINA, 2019).

No que tange a situação atual da drenagem urbana em Jaraguá do Sul, o sistema é mantido por recursos do Samae e da Prefeitura municipal, que faz repasses ao Samae. De acordo com o PMSB não há verba com origem e finalidade definida para este setor, sendo assim, há uma dependência total desse recurso no caixa geral do município. De acordo com a revisão do PMSB de 2021, a sustentabilidade dos serviços de drenagem urbana depende de repasse mensal de 1.145 UPMs, em média (JARAGUÁ DO SUL, 2021).

6.2 PROPOSIÇÃO DE MODELO DE COBRANÇA

Considerando que o serviço de drenagem urbana é enquadrado pela literatura econômica como não rival, não excludente e indivisível, ofertado sob regime de monopólio natural com demanda inelástica divisível, sugere-se que o modelo de cobrança para o município de Jaraguá do Sul seja ancorado nos seguintes termos:

- A drenagem urbana deve ser considerada como um serviço público específico e divisível de utilização efetiva ou potencial (valor de uso);
- O serviço de drenagem urbana deve ser tributado por meio de taxa, criada por lei própria (instrumento tributário);
- O valor dos serviços de drenagem urbana deve considerar os custos médios (forma de precificação);
- A tributação do serviço de drenagem deve incentivar o crescimento de áreas permeáveis e inibir o aumento de impermeabilização (valor de não uso - externalidades positivas e negativas).

Tendo em vista tais noções, recomenda-se a utilização da Metodologia 5 – Tasca (2016), descrita no item 2.4.5. Como demonstrado, tal procedimento utiliza a média da área impermeável das propriedades residenciais como unidade padrão para determinar a taxa.

De acordo com essa metodologia, a taxa deve ser cobrada em função da quantidade de área impermeável do lote, independentemente de sua área total. Para tanto é utilizado o conceito de Urape, definido da seguinte forma:

$$Urape = \frac{\sum A_{il}}{n} \quad (33)$$

Sendo: $\sum A_{il}$ = somatório de todas as áreas impermeáveis dos lotes residenciais; n = quantidade de lotes na área urbana.

A taxa anual da Urape se constitui como um rateio dos custos dos serviços utilizados pelos usuários, de modo proporcional ao escoamento gerado. Assim, os custos de operação e manutenção dos sistemas são rateados pelo total de Urapes, fornecendo uma taxa anual por unidade.

$$Tx.por\ Urape = \frac{Custo\ de\ operação\ e\ manutenção}{Total\ de\ Urapes} \quad (34)$$

Para saber o valor a ser pago por cada lote deve-se verificar quantas Urapes o lote possui quando comparado à unidade padrão, ou seja:

$$Quant.de\ Urapes = \frac{A_{il}}{1\ Urape} \quad (35)$$

Desta forma, a taxa anual será proporcional à quantidade de Urapes que o lote possui:

$$Taxa\ por\ lote = quant.de\ Urapes * tx.por\ Urape \quad (36)$$

7 LEVANTAMENTO DE 50 KM DE REDES DE MICRODRENAGEM

O escopo deste PDDU prevê a realização de levantamento cadastral de 50 km de extensão de redes de microdrenagem. Em concordância com a equipe técnica do Samae, foi decidido pelo levantamento cadastral da microbacia ribeirão Francisco de Paula, por ser na área central do município, região com constantes casos de alagamento e que se associa à alta densidade populacional, conforme apresentado no diagnóstico desse estudo.

Para o levantamento cadastral da microbacia é necessário o reconhecimento *in loco* das bocas-de-lobo, identificando a cota que se encontram; o diâmetro interno dos tubos de drenagem que chegam nas bocas-de-lobo; a localização do meio-fio e das sarjetas; informando o nome das ruas e tipos de arruamento e o tipo de pavimento; e a informação da largura das calçadas e o tipo de calçamento dessas.

O levantamento foi realizado pela empresa contratada Pythagoras Topografia nos meses de maio a agosto de 2021, é apresentado na íntegra em 8 pranchas no Apêndice 2 - Levantamento cadastral da microdrenagem da microbacia Francisco de Paula.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP - Associação Brasileira de Concreto Portland. **Projeto Técnico**: Reservatórios de Detenção. Soluções para Cidade. São Paulo, SP: ABCP, FCTH, [201-a]. Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Reservatorios%20Deten_web.pdf. Acesso em: 22 jun. 2021

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Projeto Técnico**: Parques lineares como medidas de manejo de águas pluviais. Soluções para Cidade. São Paulo, SP: ABCP, FCTH, [201-b]. Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Parques%20Lineares_Web.pdf. Acesso em: 22 jun. 2021

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Projeto Técnico**: Microrreservatórios. Soluções para Cidade. São Paulo, SP: ABCP, FCTH, [201-c]. Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Microreservat%C3%B3rios_web.pdf. Acesso em: 07 jul. 2021

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Projeto Técnico**: Jardins de Chuva. Soluções para Cidade. São Paulo, SP: ABCP, FCTH, [201-d]. Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF_Jardins-de-Chuva-online.pdf. Acesso em: 22 jun. 2021

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas**. São Paulo: ABES/SP. 1 vídeo (3:13:40 h). Publicado por ABES Saneamento, 27 de abril de 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=mLAQUPVHpbo&t=4605s. Acesso em: 24 jun. 2021.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15527**: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, ABNT, 2007. 12p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 16416**: Pavimentos permeáveis de concreto: requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 31 p.

AGÊNCIA BELÉM – **Sistemas de comportas impede avanço da maré nos canais de Belém**. Belém, PA, 10 mar. 2016. Disponível em http://www.agenciabelem.com.br/Noticia/122569/sistema-de-comportas-impede-avanco-da-mare-nos-canais-de-belem, acesso em 22 jul. 2021

AGOSTINHO, Mariele de Souza Parra; POLETO, Cristiano. **Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos.** Holos Environment, v 12, n 2, 2012. Disponível em file:///C:/Users/usuario/Downloads/3054-34465-1-PB.pdf, acesso em 06 jul. 2021

AHMAD, M. M.; GHUMMAN, A. R.; AHMAD, S. Estimation of Clark's Instantaneous Unit Hydrograph parameters and development of direct surface runoff hydrograph. **Water Resources Management**, v. 23, n. 12, p. 2417-2435, 2009. doi: 10.1007/s11269-008-9388-8

ALENCAR, J.C. **Potencial de corpos d'água em bacias hidrográficas urbanizadas para renaturalização, revitalização e recuperação**. Um estudo da bacia do Jaguaré. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2017.

ALESC - Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina. Projeto de Lei Nº 305.4/2019, **Plano Plurianual - PPA - 2020 - 2023**. Disponível em: http://www.alesc.sc.gov.br/mural-legislativo/d56b1bb3-b287-4997-8129-3ee11ed7f066. Acesso em: 01 jul. 2021.

AMBIENTE BRASIL. 2019. **Telhados verdes**. Disponível em: https://noticias.ambientebrasil.com.br/redacao/2019/06/19/152571-telhados-verdes.html . Acesso em: 28 jun. 2021.

ASLA. **Shanghai Houtan Park**: landscape as a living system. Xangai: American Society Of Landscape Architects, 2010. Disponível em: https://www.asla.org/2010awards/006.html. Acesso em: 05 jul. 2021

AZEVEDO NETTO, José M.. **Manual de hidráulica**.8. ed. atual. São Paulo : E. Blücher, 1998. 669 p, il.

BACK, Álvaro José. **Chuvas intensas e chuvas de projeto de drenagem superficial no Estado de Santa Catarina**. Boletim Técnico nº. 123, EPAGRI, 2002, 65 p

BELÉM. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Belém – PA**: Situação dos serviços de drenagem urbana e manejo das águas pluviais. Revisão 2. Agosto de 2020. Disponível em http://ww4.belem.pa.gov.br/wp-content/uploads/2020/10/Diagn%C3%B3stico-T%C3%A9cnico-Participativo-%E2%80%93-Relat%C3%B3rio-3.4.pdf, acesso em 23 jul. 2021

BERTONI, Juan Carlos; TUCCI, Carlos E.M. (org.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

BEUX, Fernanda Christine; OTTONI, Adacto Benedicto. **Métodos alternativos de drenagem a partir da retenção e infiltração das águas de chuva no solo, visando a redução das enchentes urbanas.** Revista Nacional de Gerenciamento das Cidades, v 03, n 17, 2015. Disponível em https://pdfs.semanticscholar.org/ee2e/a8216bfcf738e82d4dacb941700a5f4e14f2.pdf, acesso em 07 jul. 2021

BEYER, Lisa; ANDERSON, James. "**Planejamento integrado de soluções baseadas na natureza: a chave para a resiliência urbana**" 26 Jul 2020. ArchDaily

Brasil. Disponível em <https://www.archdaily.com.br/br/944159/planejamento-integrado-de-solucoes-baseadas-na-natureza-a-chave-para-a-resiliencia-urbana> ISSN 0719-8906, acesso em 25 Jun. 2021

BIBLUS, 2020. **Jardim de chuva**: projeto com guia técnica. ACCA Software S. p. A. Italy. Disponível em https://biblus.accasoftware.com/ptb/jardim-de-chuva-projeto/, acesso de 22 jun. 2021

BINDER, W. (1998). **Rios e Córregos, Preservar - Conservar – Renaturalizar**. A Recuperação de Rios, Possibilidades e Limites da Engenharia Ambiental - Rio de Janeiro: SEMADS, 41 p.

BIOGUIA, 2019. **Techos verdes vivos**: definición, beneficios y cómo hacerlos en tu hogar. Disponível em https://www.bioguia.com/hogar/techos-verdes-vivos_29267965.html, acesso em 22 jun. 2021

BONSERE, P. L. **Utilização do telhado verde como parte integrante do sistema de drenagem urbana na cidade de Toledo/PR**. 2019. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24714/1/telhadoverdedrenagemurbana.pdf. acesso em 29 jun. 2021

BRASIL. Lei nº 5.172 de 25 de outubro de 1966. **Dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5172compilado.htm Acesso em: 22 jul. 2021

BRASIL. Lei nº 9.43 de 08 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recurso Hídricos**. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm, acesso em 09 jul. 2021

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm, acesso em 09 jul. 2021

BRASIL. **Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nº 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm, acesso em 09 jul. 2021

BRASIL. **Termo de referência para elaboração de Plano Diretor de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades, Brasília, DF. (Secretária Nacional de Saneamento Ambiental). 2011

CÂMARA DE VEREADORES DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE ITU. Lei nº 1.579, de 22 de novembro de 2013. **Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de "telhado verde" nos locais que especifica, e dá outras providências.** Disponível em

https://leismunicipais.com.br/a/sp/i/itu/lei-ordinaria/2013/157/1579/lei-ordinaria-n-1579-2013-dispoe-sobre-a-obrigatoriedade-da-instalacao-do-telhado-verde-nos-locais-que-especifica-e-da-outras-providencias, acesso em 12 jul. 2021

CÂMARA MUNICIPAL DE SANTO ANDRÉ. Lei nº 7.606, de 23 de dezembro de 1977. **Dispõe sobre a taxa de drenagem de águas pluviais.** Disponível em http://www4.cmsandre.sp.gov.br:9000/legislacoes/12978/ficha>. Acesso em: 22 jul. 2021

CANÇADO, V.; NASCIMENTO, N.O.; CABRAL, J. R. **Cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais**: bases conceituais e princípios microeconômicos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v.11, n.2, p.15-25, 2006.

CARVALHO, Jacinto de Assunção. **Obras Hidráulicas**. Editora UFLA, 2009. 266 p

CEPED/UFSC. Atlas Brasileiro dos Desastres Naturais. Santa Catarina - enxurradas. Brasília, DF: [s.n.], 2011. Disponível em: http://150.162.127.14:8080/atlas/Atlas%20Santa%20Catarina.pdf. Acesso em: 15 ago. 2021

CICLO VIVO, 2018. **Morador de Blumenau instala sistema que barra resíduos em bueiro**: o comerciante estava planejando instalar bueiro inteligente há mais de um ano. 13, nov. 2018. Santos, Emily: Ciclo Vivo. Disponível em https://ciclovivo.com.br/arq-urb/design/bueiro-lixo-sistema-blumenau/, acesso em 15 jul. 2021

COELHO, Márcia Maria Lara Pinto; LIMA, José Geraldo de Araújo. Eficiência hidráulica de bocas-de-lobo situadas em sarjetas de greide contínuo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Minas Gerais, Volume 16 n.2 - Abr/Jun 2011, 133-143.

COFFEEANDCLIMATE – Iniciative for coffee&climate, Hamburg, Alemanha, [202?]. **Uso de barreiras para reduzir o escoamento da água**. Disponível em https://toolbox.coffeeandclimate.org/pt-pt/tools/use-of-barriers-to-slow-water-runoff/, acesso em 14 jul. 2021

CONSEJO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE SANTA FE. **Ordenanza nº 11959**. Sistema de regulación de excedentes pluviales. 13 de diciembre de 2.012 Disponível em: < http://www.preventionweb.net/files/SANTA%20FE%20Ciudad-Ordenanza%203.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2021

COLLISCHONN, W. **Simulação hidrológica em grandes bacias**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 194p. Tese Doutorado

CPRM, 2015. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massas e inundações** – Jaraguá do Sul, SC. Serviço Geológico do Brasil, Ministério de Minas e Energia, Brasil, 2015

DAEE; CETESB. **Drenagem Urbana**. 2a ed. São Paulo. 1980.

DEFESA CIVIL DE JARAGUÁ DO SUL - DCJS. Relatório de níveis do rio Jaraguá [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <+55478804-9367>. Acesso em 28, mai. 2021

FIGUEROA-ARANGO C. **Guía para la integración de las Soluciones Basadas en la Naturaleza en la planificación urbana**. Primera aproximación para Colombia. Berlín: Alexander von Humboldt Stiftung, Ecologic Institute, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2020.

FUNDACIÓN CONAMA. **Agua y ciudad:** sistemas urbanos de drenaje sostenible. Grupo de trabajo ST-10. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Madrid: Fundación CONAMA, 2018. 25 p. Disponível em: http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/STs%202018/10_preliminar.pdf. Acesso em: 28 jun. 2021.

GEOPORTAL. Sistema PMJS. 2021. (Níveis de informações > Tubulações). Disponível em: https://sistemas.jaraguadosul.sc.gov.br/index.php?class=GeoMapVie Acesso em: 18 ago. 2021

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE SANTA FE. **Aprender de los desastres:** La gestión local del riesgo en Santa Fe, a 10 años de la inundación de 2003. Santa Fe: UNISDR, 2014. 102 p. Disponível em: https://mercociudades.org/wp-content/uploads/2020/10/Aprender-de-los-Desastres.pdf. Acesso em: 29 jun 2021.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Lei nº 14.734, de 17 de junho de 2009. **Dispõe sobre a proibição, em todo o Estado de Santa Catarina, da capina química nas áreas que relaciona.** Disponível em https://leisestaduais.com.br/sc/lei-ordinaria-n-14734-2009-santa-catarina-dispoe-sobre-a-proibicao-em-todo-o-territorio-do-estado-de-santa-catarina-da-capina-quimica-nas-areas-que-relaciona, acesso em 22 jul. 2021

GOMES, C.A.B.M.; BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N.O. **Financiamento da drenagem urbana**: uma reflexão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.13, n.3, p.93-104, 2008

HEC – Hydrologic Engineering Center. Clark Unit Hydrograph Model. Techncal Reference Manual. 2021a. Disponível em: https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstrm/surface-runoff/clark-unit-hydrograph-model. Acesso em 23 jun 2021.

HEC – Hydrologic Engineering Center. Muskingum-Cunge Model. Techncal Reference Manual. 2021b. Disponível em: < https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstrm/channel-flow/muskingum-cunge-model > Acesso em 23 jun 2021

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Global warming of 1.5° C**: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of

strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. 2018.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro. **Programa Estadual de Pagamento Serviços Ambientais (PSA)**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:<http://www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/pagamento-servicos-ambientais-psa>. Acesso em: 02 jul. 2020

JARAGUÁ DO SUL. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Jaraguá do Sul – SC**: Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Limpeza Urbana, Manejo de Resíduos Sólidos, Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais. Revisão 2021. Junho de 2021. Disponível em: <https://www.samaejs.com.br/Informacoesimportantes/Downloads>. Acesso em: 21 jul. 2021.

KOBIYAMA, M.; VANELLI, F. M.; MOREIRA, L. L.; MENEZES, D.; GODOY, J. V. Z. (2019). "Aplicação de Hidrologia na Gestão de Riscos e de Desastres Hidrológicos". In: CASTRO, D. (org.). Ciclo das Águas na bacia hidrográfica do rio Tramandaí. Porto Alegre, RS: Sapiens, 2019. p.135 – 140.

KOZMHINSKY, Marcelo. REVISTASIM, 26 de junho de 2020. **Telhados verdes: beleza e funcionalidade aliada a sustentabilidade**. Disponível em https://www.revistasim.com.br/paisagismo/telhados-verdes-beleza-e-funcionalidade/, acesso em 12 jul. 2021

LANDERZINE-AWARD, 2020. **Saint Kjelds Square and Bruggervangen**. Disponível em https://landezine-award.com/sankt-kjelds-square-and-bryggervangen/, acesso em 22 jun. 2021

MARENGO, J. A. O futuro clima do Brasil. **Revista USP**, São Paulo, n. 103, p. 25-32, 2014. DOI https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p25-32

MDR, Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plansab – Plano Nacional de Saneamento Básico.** Secretaria Nacional de Saneamento. Brasília, março de 2019

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Espelho de Programa do Plano Plurianual 2020 – 2023.** Secretaria Especial da Fazenda. Secretaria de Avaliação, Planejamento, Energia e Loteria. Subsecretaria de Planejamento Governamental. 2020. 532 p. Disponível em: https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-ppa/arquivos/espelhos-dos-programas-incluindo-informacoes-gerenciais.pdf/view. Acesso em: 01 jul. 2021.

MOURA, J. M. B. M.; BOHN, N.; VIEIRA, R. **Barragem de Contenção de Cheias e Políticas Públicas**: o caso de Ituporanga–Santa Catarina, Brasil. Sustentabilidade em Debate, v. 6, n. 3, 2015.

MOURA, J. M. B. M.; PEIXER, N.; MUNIZ, P.P. **Análise técnica de pavimentos permeáveis**: aspecto físico, hidráulico e manifestações patológicas. MIX Sustentável, v. 5, n. 1, p. 75-84, 2019

MORA, Natalia Mayorga. **Experiências de parques lineares no Brasil: espaços multifuncionais com o potencial de oferecer alternativas a problemas de drenagem e águas urbanas**. Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2013

MUTHUKRISHNAN, S.; MADGE, B.; SELVAKUMAR, A. The use of best management practices in urban watersheds - Executive Summary. In: FIELD, R., et al (ed.). The use of Best Management Practices (BMPs) in urban watersheds. Washington: US Environmental Protection Agency, 2004.

MUTHUKRISHNAN, B. M., SELVAKUMAR, A.; FIELD, R.; SULLIVAN, D. A. The use of best management practices (BMPS) in urban watersheds. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC, 600/R-04/184 (NTIS PB2007-107266), 2005. Disponível em: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NRMRL&dirEntryId=99732. Acesso em: 30 jul. 2021.

NASCIMENTO, N.O.; CANÇADO, V.; CABRAL, J. R. **Estudo da cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais por meio da simulação de uma taxa de drenagem**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v.11, n.2, p.135-147, 2006

NAÇÕES UNIDAS. **Como Construir Cidades Mais Resilientes:** Um Guia para Gestores Públicos Locais. Genebra: Nações Unidas, 2012.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A. de. **Quanto vale aquilo que não tem valor**? Valor de existência, economia e meio ambiente. Caderno de Ciência & Tecnologia, v.16, n.3, p.59-83, 2009

NYLANDER, João Diego Alvarez. **Avaliação da estrutura de comporta em evento extremo de precipitação pluviométrica e de maré no canal de drenagem da Tamandaré.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2019, f. 48

OBRACONS Engenharia e Manutenção de Bombeamento. **Piscinão Cedrolândia – Butantã.** Disponível em https://obracon.eng.br/portfolio/piscinao-cedrolandia-butanta/, acesso em 20 jul. 2021

OICS – Observatórios de Inovações para Cidades Sustentáveis. **Reconecta: Região Metropolitana de Campinas**. Brasília, DF: CGEE, [202?]. Disponível em https://oics.cgee.org.br/estudos-de-caso/reconecta-regiao-metropolitana-de-campinas_5cb3766d2cb081b82fa43c94, acesso em 12 jul. 2021

PPDU – **Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas** – Produto 1: Diagnóstico do sistema de drenagem. Revisão 1. Evolua Ambiental: 2021. Prefeitura Municipal de Jaraguá do Sul. SAMAE Jaraguá do Sul. 2021.

PEREIRA, J. H. S. Q. **Proposta de ferramenta para diagnóstico da gestão municipal da drenagem e manejo das águas pluviais**. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

PINHEIRO, A.; LOEWEN, A. R.; MOURA, J. M. B. M. **Mapeamento de áreas de risco a inundação e a implantação do sistema de previsão e alerta de cheias**. Universidade Regional de Blumenau (Blumenau, Santa Catarina). 2ª ed., 2015

PHILIP, R. Module 4. **Stormwater Management**: Exploring the options. SWITCH Training Kit. Integrated urban water management in the city of the future. Freiburg, Germany: SWITCH Project, ICLEI European Secretariat GmbH, 2011. 37 p. Disponível em: < https://www.unescap.org/sites/default/files/Day%201_14.00LJ_Stormwater%20Management%20-%20Exploring%20Options.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2021.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Parque Ecológico Primeiro de Maio**, 09 mar 2020. Disponível em https://prefeitura.pbh.gov.br/fundacao-de-parques-e-zoobotanica/informacoes/parques/parque-primeiro-de-maio, acesso em 20 jul. 2021

PREFEITURA DE MAUÁ, 2019. **Mauá avança para dar fim às enchentes no Piscinão do Paço**, Mauá, SP. 20 mar 2019. Disponível em https://www.maua.sp.gov.br/Not.aspx?NoticiaID=4889, acesso em 20 jul. 2021

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**: gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo: SMDU, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BLUMENAU. Lei Complementar nº 1.174, de 07 de fevereiro de 2018. **Acrescenta seção XXI com artigos 63-a, 63-b, 63-c, 63-d e 63-e ao capítulo VI da Lei Complementar Nº 1.030, de 18 de dezembro de 2015, para regular a utilização de "telhado verde" nas edificações**. Disponível em https://leismunicipais.com.br/a/sc/b/blumenau/lei-complementar/2018/117/1174/lei-complementar-n-1174-2018-acrescenta-secao-xxi-com-artigos-63-a-63-b-63-c-63-d-e-63-e-ao-capitulo-vi-da-lei-complementar-n-1030-de-18-de-dezembro-de-2015-para-regular-a-utilizacao-de-telhado-verde-nas-edificacoes, acesso em 12 jul. de 2021

PREFEITURA MUNICIPAL DE BLUMENAU. **Lei do Telhado Verde fomenta uso de coberturas vegetais nas edificações**. Secretaria de Desenvolvimento Urbano, Blumenau, 02/03/2018. Disponível em https://www.blumenau.sc.gov.br/secretarias/secretaria-de-desenvolvimento-urbano/seplan/lei-do-telhado-verde-valoriza-aspectos-como-sustentabilidade-e-paisagismo84, acesso em 12 jul. 2021

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Lei nº 12.504, de 24 de janeiro de 2019. **Altera funções do DMAE**. Disponível em http://dopaonlineupload.procempa.com.br/dopaonlineupload/2760_ce_245985_1.pdf, acesso em 24 mar. 2021

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Outras obras e dragagens.** Disponível em https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=92, acesso em 20 jun. 2021

POÇAS, D.C. **Utilização de Tecnologias de Wetlands para Tratamento Terciário: Controle de Nutriente**. São Paulo, 2015. 109 p. Disponível em:< https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6139/tde-23112015-122556/publico/CristianeDiasPocas.pdf>, acesso em 28 jun. 2021

RAMOS, Vander. **Após 3 anos,** Jardim Romano relembra enchente que durou meses. Folha de São Paulo, Agência Mural, 06 dez. 2012. Disponível em https://mural.blogfolha.uol.com.br/2012/12/06/apos-3-anos-jardim-romano-relembra-enchente-que-durou-meses/, acesso em 17 jul. 2021

RECIFE. Lei n° 18.112, de 12 de janeiro de 2015. **Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade da instalação de "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências.** Disponível em https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2015/1812/18112/lei-ordinaria-n-18112-2015-dispoe-sobre-a-melhoria-da-qualidade-ambiental-das-edificacoes-por-meio-da-obrigatoriedade-de-instalacao-do-telhado-verde-e-construcao-de-reservatorios-de-acumulo-ou-de-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-a-rede-de-drenagem-e-da-outras-providencias?q=18112, acesso em 12 jul. 2021

RIBEIRO, Andressa Magalhães; PASQUALETTO, Antônio; GARÇÃO, Anna Luiza. **Proposta de plano de recuperação da mata ciliar do Rio do Peixe – Município de Santa Cruz de Goiás –** GO. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, SC, v – 7, n. 4, p 761-781, out/dez. 2018

ROSA, Mayra, 2019. **Nova York terá 9.000 jardins de chuva em suas calçadas**. Ciclo Vivo. Disponível em https://ciclovivo.com.br/arq-urb/urbanismo/nova-york-tera-9-000-jardins-de-chuva-nas-calcadas/?fbclid=IwAR0LxR_Z6yyTzLzWrkrOB8OCDGDvliOyltyMffn84YsmyvpAIqj0pzac3Cc, acesso em 22 jun. 2021

SANEAMENTO AMBIENTAL. **Aula 12 – Medidas de Controle em Drenagem Urbana (Parte III - Medidas não estruturais**). Rio Grande do Norte: UFRN, 16 jul. 2020. 1 vídeo (5:23 min). Publicado por: saneamento ambiental. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=CIhFZL3y_RQ. Acesso em: 25 jun. 2021.

SANTOS, Maria Fernanda & Reis, M & Paiva, S & Gonçalves, Luciana & Barbassa, Ademir. (2016). **Descentralizando o manejo das águas pluviais**: Como promover a participação da comunidade?. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/309286233_Descentralizando_o_manejo_das_aguas_pluviais_Como_promover_a_participacao_da_comunidade, acesso em 06 jul. 2021

SEMASA – Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André. **Piscinões**. Disponível em http://www.semasa.sp.gov.br/drenagem/macrodrenagem/piscinoes/, acesso em 07 jul 2021

SERENCO. **Plano Diretor do Sistema de Drenagem Urbana**. Prefeitura de Jaraguá do Sul, SC: [s.n.], 1986. 468 p.

SILVA, T F. **Tecnologia alternativa em drenagem urbana: telhado verde**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2017.

SILVEIRA, A.L.L.; GOLDENFUM, J. A. **Metodologia generalizada para pré-dimensionamento de dispositivos de controle pluvial na fonte**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 12, n. 2, p. 157-168, 2007

SOLERA, Maria Lúcia. **Bioengenharia de solos – técnicas para recuperar, estabilizar ou restaurar áreas degradadas por processos erosivos.** IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo – SP (201?). Disponível em http://www.ipt.br/centro_de_tecnologia_de_recursos_florestais/coluna/19-13-bioengenharia_de_solos.htm, acesso em 10 jul. 2021

SOUZA, V. C. B.; MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. Déficit na drenagem urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais** - GESTA, v. 1, n. 2, p. 162 - 175, 2013.
TUCCI, C. E. M. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. 270 p

SP1. **Cinco dias após chuva,** bairro Vila Itaim permanece alagado na Zona Lesta de SP. Globo, São Paulo, 14 fev. 2020. Disponível em https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/02/14/cinco-dias-apos-chuvas-bairro-vila-itaim-permanece-alagado-na-zona-leste-de-sp.ghtml, acesso em 17 jul. 2021

TASCA, F. A. **Simulação de uma taxa para manutenção e operação de drenagem urbana para municípios de pequeno porte.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: 2016

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**: piscinões, galerias, bueiros, canais : métodos SCS, Denver, Santa Bárbara Racional, TR-55. 2. ed. rev. São Paulo: Navegar, 2011. 592 p. il

TORRES, L. H. C. Sustainable drainage systems. 2020. Dissertação (Máster Universitario en Hidrología y Gestión de Recursos Hídricos). Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, 2020.

TUCCI, C. E. M. **Controle de enchentes**, in Hidrologia, Ciência e Aplicação. 3ª ed. Porto Alegre, Rio Grande do Sul: ABRH-Editora UFRGS, p. 621-658, 2002a

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da drenagem urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, v.7, n.1., p. 5-27, 2002b

VANELLI, F. M.; KOBYAMA, M.; MONTEIRO, L. R. Dicotomias associadas aos desastres. In: II Encontro Nacional de Desastre, 2, 2020, [Virtual]. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Basileira de Recursos Hídrticos (ABRH), 2020. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/219474/001123249.pdf?sequence=1. Acesso em: 30 jun. 2021.

VILLANUEVA, A. O. N.; TASSI, R.; ALLASSIA, D. G.; BENFICA, D.; TUCCI, C. Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação. **REGA, Revista de Gestão de Água da América Latina**, v.8, n. 1, p. 5-18, jan./jun. 2011. Disponível em: < http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/04/gestadodrenagemrega.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2021.

WANIELISTA, M.; KERSTEN, R.; EAGLIN, R. **Hidrology: Water Quality and Quality Control**. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1997, 567 p. ISBN 0-471-07259-1

WWAP (Programa Mundial das Nações Unidas para Avaliação dos Recursos Hídricos)/ONU-Agua. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. **Água Para Um Mundo Sustentável**. World Water Assessment Programme. Colombella, Perugia, Itália: UNESCO, 2015.

WWAP (Programa Mundial das Nações Unidas para Avaliação dos Recursos Hídricos)/ONU-Agua. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. **Água e emprego**. World Water Assessment Programme. Colombella, Perugia, Itália: UNESCO, 2016.

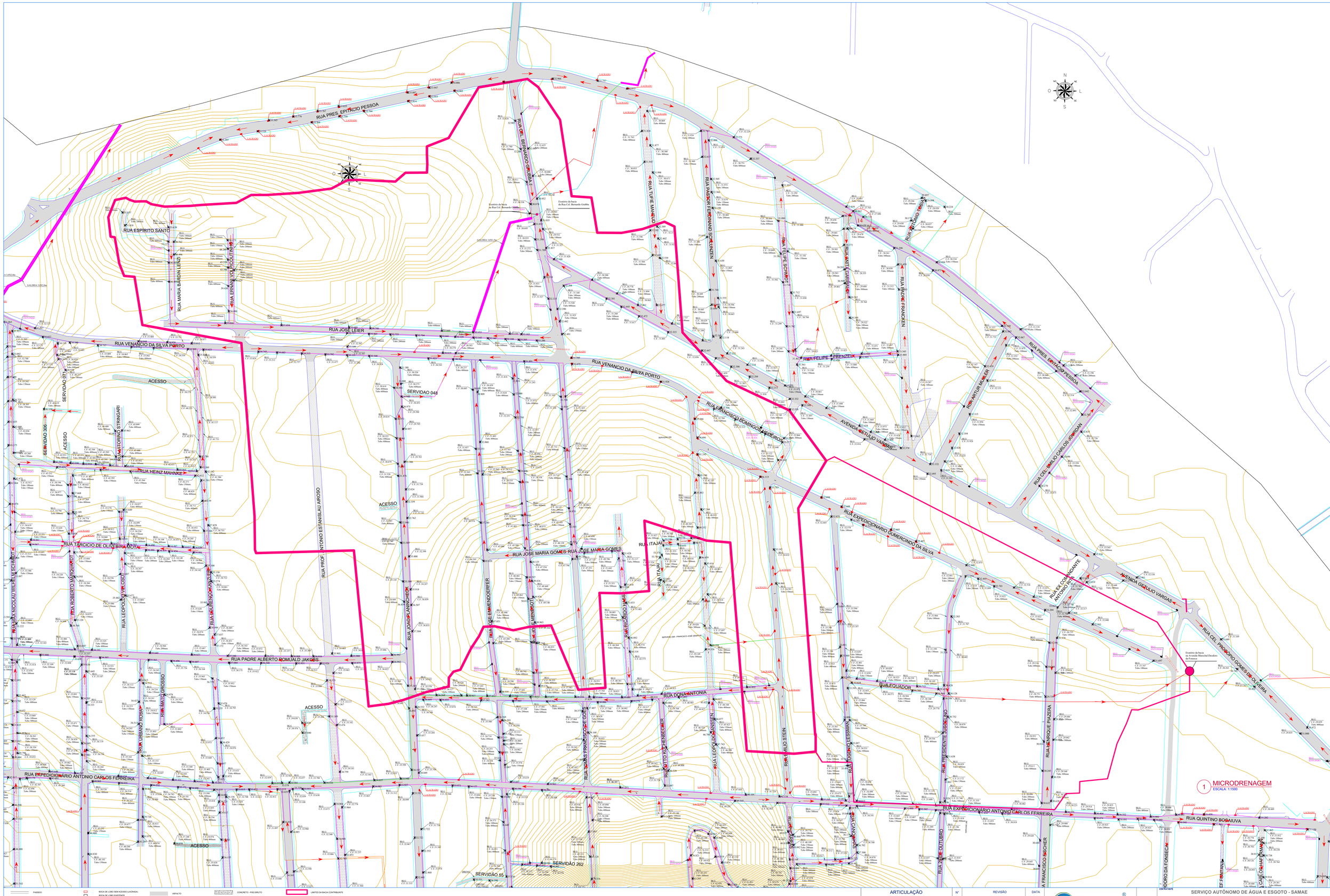
WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: **Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua**. París Francia: UNESCO, 2018.

WWAP (Programa Mundial das Nações Unidas para Avaliação dos Recursos Hídricos)/ONU-Agua. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. **Água e mudanças climáticas**. World Water Assessment Programme. Colombella, Perugia, Itália: UNESCO, 2020.

WWAP (Programa Mundial das Nações Unidas para Avaliação dos Recursos Hídricos)/ONU-Agua. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. **O valor da água**. World Water Assessment Programme. Colombella, Perugia, Itália: UNESCO, 2020.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Análise da microdrenagem da microbacia Francisco de Paula.



PASSEIO
EIXO DA PISTA DE ROLAMENTO
CORTE NO PAVIMENTO (INTERFERÊNCIA)
RUA EXISTENTE
MEIO FIO EXISTENTE
MURO DE ALVENARIA
PERFIL TERRENO NATURAL
RIO
N.A. = NÍVEL DA ÁGUA
MR-MARCO DE REFERÊNCIA

BOCA DE LOBO SEM ACESSO (LADRÃO)
BOCA DE LOBO EXISTENTE
BOCA DE LOBO DUPLA/PCA
PONTOS DE MVEG
CAIXA DE LIGAÇÃO
MC-MARCO DE CONCRETO
MT-MARCO TOPOGRÁFICO
MP-MARCO DE PEDRA
NIVEIS DE SOLEIRA
ALINHAMENTO PREDIAL

ASFALTO
CALÇAMENTO
LAJOTA
PAVER
MATERIAL PRIMÁRIO
GRAMA - MATA
ÁREA ALAGADIA - BREJO
PONTE EXISTENTE
CURVAS DE NIVEIS-EXISTENTE

CONCRETO - PISO BRUTO
PEDRISCADO
CERÂMICA
BLOCOS DE CIMENTO
BRITA
SOLO ARGILOSO COM PEDREGULHOS
TALUDE EXISTENTE
CT = COTA DO TERRENO
CF = COTA FUNDO TUBO (geratriz interior)
h = ALTURA DE CORTE

LIMITES DA BACIA CONTRIBUINTE
EXUTÓRIO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - D = 300 MM
TUBULAÇÃO EXISTENTE - D = 400 MM
TUBULAÇÃO EXISTENTE - D = 600 MM
TUBULAÇÃO EXISTENTE - D = 800 MM
TUBULAÇÃO EXISTENTE - D = 1000 MM
TUBULAÇÃO EXISTENTE - D = 1200 MM
TUBULAÇÃO EXISTENTE - D = 1500 MM
VALA DE DRENAGEM EXISTENTE

ARTICULAÇÃO

Nº	REVISÃO	DATA
A	EMISSÃO INICIAL	AGO/2021
B	REVISÃO	SET/2021

EVOLUA AMBIENTAL
ENGENHARIA E ARQUITETURA
CNPJ 16.697.255/0001-05 / CREA/SC 149326-4
Rua Gil Stein Ferreira, 557, sala 706
CEP 88301-210 | Itajaí - SC
Fone/fx (47) 99251-5401 e 99220-1810
e-mail: contato@evoluaambiental.com.br
www.evoluaambiental.com.br

CONTRATANTE: SAMAE – SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO

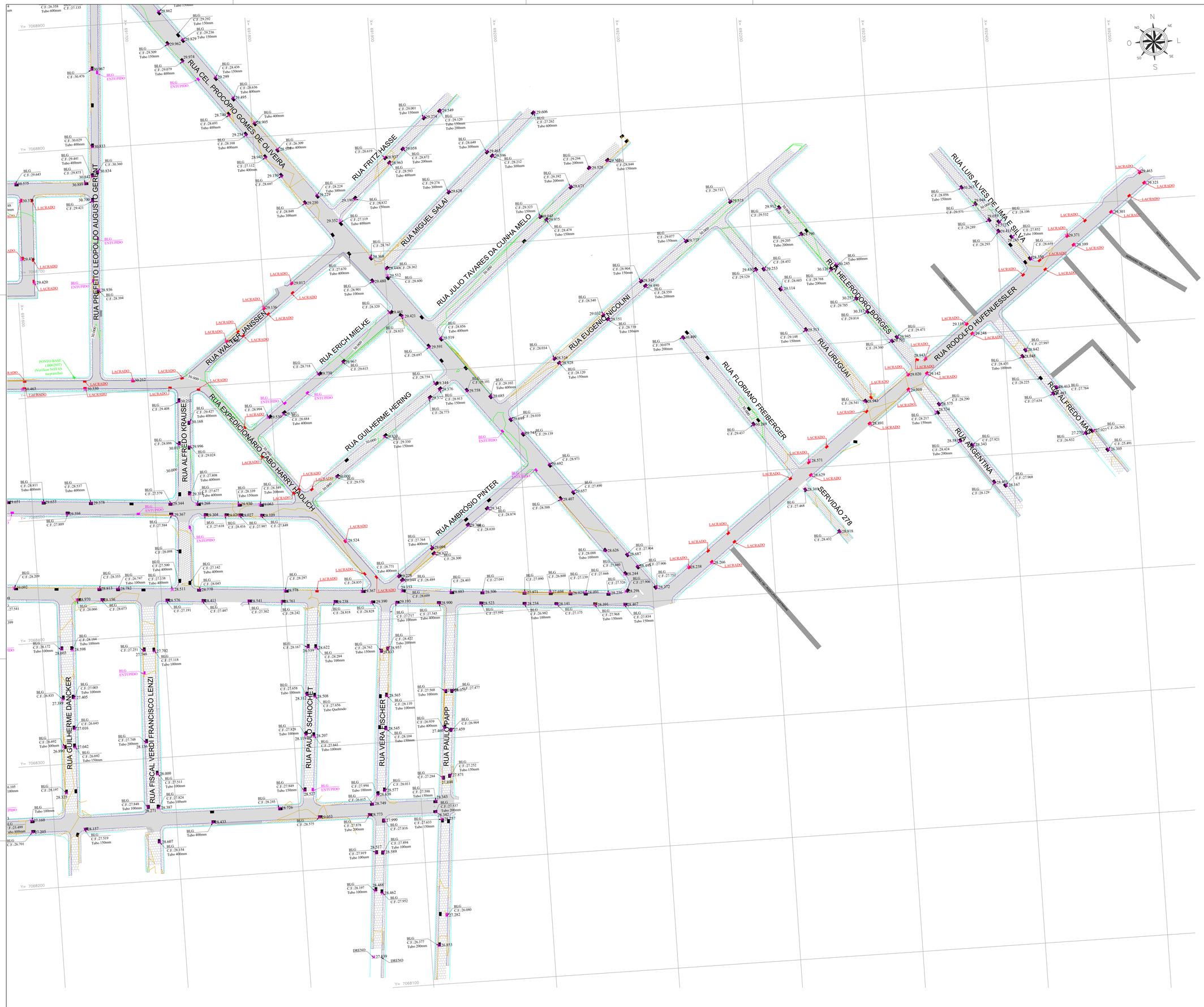
MUNICÍPIO – ESTADO: JARAGUÁ DO SUL - SANTA CATARINA

OBJETO: PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU

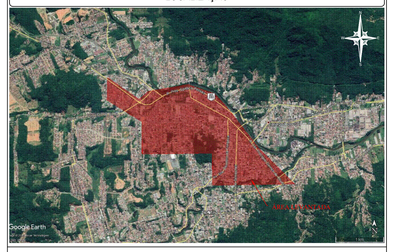
MICROBACIA FRANCISCO DE PAULA
ANÁLISE DA REDE DE MICRODRENAGEM
BACIA CONTRIBUINTE E EXUTÓRIO

PROJETO	VISTO	COORDENAÇÃO	DATA (JN. TOP.)	FOLHA Nº
Engº Nayla M. C. Lôbo		Engº Nayla Lôbo	JUN./2021	
Engª Eurídes Ademir Espindola		TOPOGRAFIA	ESCALA	Única
Engº João Marcos B. M de Moura		Pythagoras Topografia	1:1500	

Apêndice 2 - Levantamento cadastral da microdrenagem da microbacia Francisco de Paula.



LOCALIZAÇÃO



CONVENÇÕES

PASSEIO		MC-MARCO DE CONCRETO		ASFALTO	
EIXO DA PISTA DE ROLAMENTO		MT-MARCO TOPOGRÁFICO		CALÇAMENTO	
CORTE NO PAVIMENTO (INTERFERÊNCIA)		MP-MARCO DE PEDRA		LAJOTA	
RUA EXISTENTE		MR-MARCO DE REFERÊNCIA		PAVER	
MEIO-FIO EXISTENTE		PS-PONTO DE SEGURANÇA		MATERIAL PRIMÁRIO	
MURO DE ALVENARIA		PR-REFERÊNCIA DE NÍVEL		GRAMA - MATA	
CERCA DE TELA		POT-PIQUETE		ÁREA ALAGADA - BREJO	
CERCA VIVA		POSTE DE CONCRETO		CONCRETO - PISO BRUTO	
CERCA DE ARAME		POSTE DE ALTA TENSÃO		PEDRAMAS	
CERCA DE MADEIRA		RIO		CERÂMICA	
TUBULAÇÃO EXISTENTE		N.A. = NÍVEL DA AGUA		BLOCOS DE CIMENTO	
PERFIL TERRENO NATURAL		TELEFONE PÚBLICO		BRITA	
CAIXA DA REDE DE ESGOTO		HIDROMETRO		SOLO ARGILOSO COM PEDREGULOS	
CAIXA DA REDE ELÉTRICA		CÂMERA DE VIGILÂNCIA		TALUDE EXISTENTE	
CAIXA DA REDE DE TELEFONE		OUTDOOR		TALUDE PROJETADO	
BUEIRO LACRADO		RESIDÊNCIA	R	CURVAS DE NÍVEIS-EXISTENTE	
BOCA DE LOBO EXISTENTE		COMÉRCIO	CO	CURVAS DE NÍVEIS-PROJETO	
BUEIRO ENTUPIDO		INDUSTRIA	IN	VALA EXISTENTE	
CAIXA DE ESGOTO QUADRADA		EDIFICIO	ED	VALA PROJETADA	
CAIXA DE LIGAÇÃO		CONDOMÍNIO	CD	PONTE EXISTENTE	
CAIXA DE INCÊNDIO		TERRENO BALDIO	TB	CT = COTA DO TERRENO	
CAIXA DE HIDRANTE PASSEIO		EM CONSTRUÇÃO	EC	CF = COTA FUNDO TUBO (geratriz inferior)	
PLACA DE SINALIZAÇÃO		FUTURA CONSTRUÇÃO	FC	h = AL TURA DE CORTE	
PONTOS DE NÍVEIS TERRENO		LIXEIRA		LIMITE DE VEGETAÇÃO	
NÍVEIS DE SOLEIRA		PISCINA		LIMITE FAIXA DE PEDESTRE	
ARVORE EXISTENTE		PAINEL		LIMITE DE BAIRROS	
RADAR		FUNDAÇÃO; RUINA		LOMBADA	
CAIXA DE AGUA					
SEMÁFORO					
CAIXA DE LIGAÇÃO ALUMINAMENTO PREDIAL					

NOTAS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR – UTM
DATUM – SIRGAS 2000
MC: 51° W

CM –053°20.99"
K: 1.000116972

PONTO: BASE (B062607)
Lat: 26°29'24.04" S
Long: 49° 4'38.09" W

B	REVISÃO	22/09/2021	A.H.S.	J.N.
A	EMISSÃO ORIGINAL	03/08/2021	A.H.S.	J.N.
REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA	DESENHO	APROVAÇÃO

EMPRESA PROJETISTA: PITS GEODÉSIA TOPOGRAFIA
CARIMBO RESP. TÉCNICO:
APROVAÇÃO:

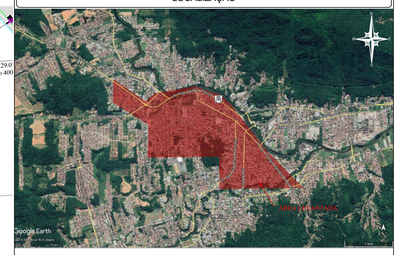
SAMAE JARAGUÁ DO SUL
Rua Ervino Weinagedt, nº 478 Jaraguá do Sul - SC 89259-000 Fone (47) 2106-8100

DESCRIÇÃO: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO
SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL

DATA: 03/08/2021
ESCALA: 1:1000
FOLHA: 01/08

RESP. TÉCNICO:
DESENHISTA:
FORMATO PRANCHA: A0

LOCALIZAÇÃO



RUA WILI MANHKE

RUA LUIZ KIENEN

RUA GUILHERME WEEGE

RUA JOÃO PICOLLI

RUA PREFEITO LEOPOLDO AUGUSTO GERENT

AV. MAL. DEODORO DA FONSECA

RUA PROF. ADEJAIME REITZ

RUA FREDERICO BARTEL

RUA CELSO HERMES ULRICH

RUA FLORIANÓPOLIS

RUA EXPEDICIONARIO CABO HARRY HADLICH

RUA REINOLDO RAU

RUA FERDINANDO PRADI

RUA GOVERNADOR JORGE LACERDA

RUA BARÃO DO RIO BRANCO

RUA EMIL BUROW

RUA GERVÁSIO AMANCIO DA COSTA

RUA BONA ROCHA

RUA ANTÔNIO TEIXEIRA DOS SANTOS JR.

RUA DONALDO GEHRING

RUA GUILHERME DANCKER

RUA FISCAL VERDI FRANCISCO LENZI

RUA MARINA FRUTUOSO

RUA SEVERINO SCHUCHET

PONTO BASE (B0626071 (Verificar NOTAS no prisma))

CONVENÇÕES

- PASSEIO
- EIXO DA PISTA DE ROLAMENTO
- CORTE NO PAVIMENTO (INTERFERÊNCIA)
- RUA EXISTENTE
- MEIO-FIO EXISTENTE
- MURO DE ALVENARIA
- CERCA DE TELA
- CERCA VIVA
- CERCA DE ARAME
- CERCA DE MADEIRA
- TUBULAÇÃO EXISTENTE
- PERFIL TERRENO NATURAL
- CAIXA DA REDE DE ESGOTO
- CAIXA DA REDE ELÉTRICA
- CAIXA DA REDE DE TELEFONE
- BUEIRO LACRADO
- BOCA DE LOBO EXISTENTE
- BUEIRO ENTUPIDO
- CAIXA DA REDE DE ESGOTO QUEBRADA
- CAIXA DE LIGAÇÃO
- CAIXA DE HIDRANTE PASSEIO
- CAIXA DE INCÊNDIO
- PLACA DE SINALIZAÇÃO
- PONTOS DE NIVEIS TERRENO
- NÍVEIS DE SOLEIRA
- ARVORE EXISTENTE
- RADAR
- CAIXA DE AGUA
- SEMAFORO
- CAIXA DE LIGAÇÃO ALINHAMENTO PREDIAL
- MC-MARCO DE CONCRETO
- MT-MARCO TOPOGRÁFICO
- MP-MARCO DE PEDRA
- MR-MARCO DE REFERÊNCIA
- PS-PONTO DE SEGURANÇA
- RN-REFERÊNCIA DE NIVEL
- POT-PIQUETE
- POSTE DE CONCRETO
- POSTE DE ALTA TENSÃO
- RIO
- N.A. = NÍVEL DA AGUA
- TELEFONE PÚBLICO
- HIDROMETRO
- CÂMERA DE VIGILÂNCIA
- OUTDOOR
- RESIDÊNCIA
- COMÉRCIO
- INDUSTRIA
- EDIFICIO
- CONDOMINIO
- TERRENO BALDIO
- EM CONSTRUÇÃO
- FUTURA CONSTRUÇÃO
- LIXEIRA
- PISCINA
- PAINEL
- FUNDAÇÃO; RUINA
- ASFALTO
- CALÇAMENTO
- LAJOTA
- PAVER
- MATERIAL PRIMÁRIO
- GRAMA - MATA
- ÁREA ALAGADA - BREJO
- CONCRETO - PISO BRUTO
- PEDRAMAIS
- CERÂMICA
- BLOCOS DE CIMENTO
- BRITA
- SOLO ARGILOSO COM PEDREGULOS
- TALUDE EXISTENTE
- TALUDE PROJETADO
- CURVAS DE NÍVEIS-EXISTENTE
- CURVAS DE NÍVEIS-PROJETO
- VALA EXISTENTE
- VALA PROJETADA
- PONTE EXISTENTE
- CT = COTA DO TERRENO
- CF = COTA FUNDO TUBO (geralmente interior)
- h = AL TURA DE CORTE
- LIMITE DE VEGETAÇÃO
- LIMITE FAIXA DE PEDESTRE
- LIMITE DE BAIRROS
- LOMBADA

NOTAS

PROJEÇÃO: UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR – UTM
DATUM = SIRGAS 2000
MC: 51° W

CM: −053°30.89"
K: 1.00016972

PONTO: BASE (B0626071
Lat: 26°29'24.04" S
Long: 49° 4'38.09" W

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA	DESENHO	APROVAÇÃO
B	REVISÃO	22/09/2021	A.H.S.	J.N.
A	EMISSÃO ORIGINAL	03/08/2021	A.H.S.	J.N.

EMPRESA PROJETISTA: PITI-SIGMA TOPOGRAFIA
CHAMBO RESP. TÉCNICO:
APROVAÇÃO:

SAMAE JARAGUÁ DO SUL
Rua Ervino Meyer,65, nº 476
Jaraguá do Sul - SC 89254-000
Fone (47) 3275-8200

DESCRIÇÃO: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO
SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL

DATA: 03/08/2021
ESCALA: 1:1000
FOLHA: 02/08

RESP. TÉCNICO:
DESENHISTA:
FORMATO PRANCHA: A0

RUA EX COMANDANTE ANTONIO RITA

AVENIDA GETULIO VARGAS

RUA CEL. PROCÓPIO GOMES DE OLIVEIRA

RUA HENRIQUE PIAZERA

RUA EXPEDICIONÁRIO ANTONIO CARLOS FERREIRA

RUA QUINTINO BOCAIUVA

RUA FRANCISCO FISCHER

RUA EXPEDICIONÁRIO JOÃO ZAPELA

RUA JOSEF FONTANA

RUA CARLOS HAFERMANN

RUA JOSÉ ALBUS

RUA JOÃO MARCATTO

RUA ADOLFO FIEDLER

RUA MAX ARTUR FIEDLER

RUA DOMINGOS RODRIGUES DA NOVA

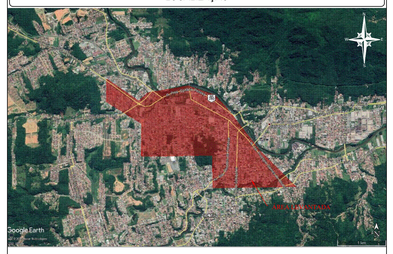
AV. MAL. DEODORO DA FONSECA

RUA CLEMENTE BARATO

RUA ERIC DOUGLAWA

RUA PROF.ª C. BUCHMANN

LOCALIZAÇÃO



CONVENÇÕES

PASSEIO
EIXO DA PISTA DE ROLAMENTO
CORTE NO PAVIMENTO (INTERFERÊNCIA)
RUA EXISTENTE
MEIO FIO EXISTENTE
MURO DE ALVENARIA
CERCA DE TELA
CERCA VIVA
CERCA DE MADEIRA
CERCA DE MADEIRA
TUBULAÇÃO EXISTENTE
PERFIL TERRENO NATURAL
CAIXA DA REDE DE ESGOTO
CAIXA DA REDE ELÉTRICA
CAIXA DA REDE DE TELEFONE
BUEIRO LACRADO
BOCA DE LOBO EXISTENTE
BUEIRO ENTUPIDO
CAIXA DA REDE DE ESGOTO QUADRADA
CAIXA DE LIGAÇÃO
CAIXA DE HIDRANTE PASSEIO
CAIXA DE INCÊNDIO
PLACA DE SINALIZAÇÃO
PONTOS DE NIVEIS TERRENO
NIVEIS DE SOLEIRA
ÁRVORE EXISTENTE
RADAR
CAIXA DE AGUA
SEMÁFORO
CAIXA DE LIGAÇÃO
ALINHAMENTO PREDIAL

MC MARCO DE CONCRETO
MT MARCO TOPOGRÁFICO
MP MARCO DE PEDRA
MR MARCO DE REFERÊNCIA
PLP PONTO DE SEGURANÇA
RN REFERÊNCIA DE NIVEL
POT POÇO DE VISITA
POSTE DE CONCRETO
POSTE DE ALTA TENSÃO
RIO
N.A. = NÍVEL DA AGUA
TELEFONE PÚBLICO
HIDROMETRO
CÂMERA DE VIGILÂNCIA
OUTDOOR
RESIDÊNCIA
COMÉRCIO
INDUSTRIA
EDIFÍCIO
CONDOMÍNIO
TERRENO BALDIO
EM CONSTRUÇÃO
FUTURA CONSTRUÇÃO
LIXEIRA
PISCINA
PAINEL
FUNDAÇÃO RUINA

ASFALTO
CALÇAMENTO
LAJOTA
PAVER
MATERIAL PRIMÁRIO
GRAMA - MATA
ÁREA ALAGADA - BREJO
CONCRETO - PISO BRUTO
PEDRAMAIAS
CERAMICA
BLOCOS DE CIMENTO
BRITA
SOLO ARGILOSO COM PEDREGULOS
TALUDE EXISTENTE
TALUDE PROJETADO
CURVAS DE NIVEIS EXISTENTE
CURVAS DE NIVEIS PROJETADO
VALA EXISTENTE
VALA PROJETADA
PONTE EXISTENTE
CI = COTA DO TERRENO
CF = COTA FUNDO TUBO
H = ALTURA DE CORTE
H = ALTURA DE CORTE
LIMITE DE VEGETAÇÃO
LIMITE FAIXA DE PEDESTRE
LIMITE DE BAIRROS
LOMBADA

NOTAS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR – UTM
DATUM – SIRGAS 2000
MC 51° W

FM -0°57'20.93"
K: 1.00016872

PONTO: BASE (8062607)
Lat: 26°29'24.04" S
Long: 49° 4'38.09" W

EMPRESA PROJETISTA:		CARIMBO RESP. TÉCNICO	APROVAÇÃO

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA	DESENHO	APROVAÇÃO
B	REVISÃO	22/09/2021	A.H.S.	J.N.
A	EMISSÃO ORIGINAL	03/08/2021	A.H.S.	J.N.

SAMAE JARAGUÁ DO SUL
Rua Eleoto Mayvogel, nº 418
Jaraguá do Sul - SC - CEP 89.253-000
Fone (47) 2106-8100

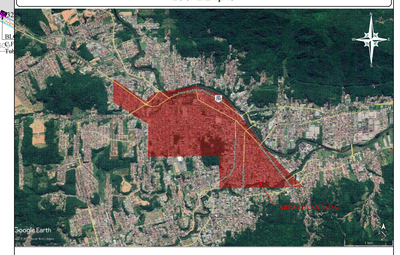
DESCRIÇÃO: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO
SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL

DATA: 03/08/2021
ESCALA: 1:1000
FOLHA: 03/08

RESP. TÉCNICO | DESENHISTA | FORMATO PRINCIPAL: A0

RUA JOAO PLAINCHECK
RUA JOSE EMMENDOERFER
RUA JOSE MENEGOTTI
RUA RICARDO HASS
RUA DONA ANTONIA
RUA LEOPOLDO JANSSEN
RUA OTTO KUCHENBECKER
RUA FRANCISCO DE GOES
RUA EMILIO STEIN
RUA EUGENIO LESSMANN
RUA PRESIDENTE KUBITSCHEK
RUA EQUADOR
RUA EXPEDICIONARIO ANT
RUA 25 DE OUTUBRO
RUA CANINDE SANTOS
RUA PLACIDO SANTOS
RUA IRMAOS MARISTAS
RUA EGIDIO VICENTE DE SOUZA
RUA GUSTAVO HAGEDORN
RUA PROF. ANTONIO ESTANISLAU AIROSO
RUA EMILIO FLORIANI
RUA ADRE ALBERTO ROMUALD JAKOBS
ACESSO
SERVIDÃO 262
SERVIDÃO 55
SERVIDÃO 040
SERVIDÃO 268 - FRANCISCO JOSÉ DEMATHÉ
DRENO
LACRADO
BLG ENTUPIDO
Y= 7069600
Y= 7069500
Y= 7069400
Y= 7069300
Y= 7069200
Y= 7069100
Y= 7069000
Y= 7068900
X= 690100
X= 690200
X= 690300
X= 690400
X= 690500
X= 690600
X= 690700
X= 690800

LOCALIZAÇÃO



CONVENÇÕES

- PASSEIO
- EIXO DA PISTA DE ROLAMENTO
- CORTE NO PAVIMENTO (INTERFERÊNCIA)
- RUA EXISTENTE
- MEIO-FIO EXISTENTE
- MURO DE ALVENARIA
- CERCA DE TELA
- CERCA VIVA
- CERCA DE ARAME
- CERCA DE MADEIRA
- TUBULAÇÃO EXISTENTE
- PERFIL TERRENO NATURAL
- CAIXA DA REDE DE ESGOTO
- CAIXA DA REDE ELÉTRICA
- CAIXA DA REDE DE TELEFONE
- BUEIRO LACRADO
- BOCA DE LOBO EXISTENTE
- BUEIRO ENTUPIDO
- CAIXA DA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL
- CAIXA DE LIGAÇÃO
- CAIXA DE HIDRANTE PASSEIO
- CAIXA DE INCÊNDIO
- PLACA DE SINALIZAÇÃO
- PONTOS DE NÍVEIS TERRENO
- NÍVEIS DE SOLEIRA
- ÁRVORE EXISTENTE
- RADAR
- CAIXA DE AGUA
- SEMAFORO
- CAIXA DE LIGAÇÃO ALINHAMENTO PREDIAL
- MC MARCO DE CONCRETO
- MT MARCO TOPOGRÁFICO
- MP MARCO DE PEDRA
- MR MARCO DE REFERÊNCIA
- PS PONTO DE SEGURANÇA
- RN REFERÊNCIA DE NIVEL
- POT / TIQUETE
- POSTE DE CONCRETO
- POSTE DE ALTA TENSÃO
- RIO
- N.A. = NIVEL DA AGUA
- TELEFONE PÚBLICO
- HIDROMETRO
- CÂMERA DE VIGILÂNCIA
- OUTDOOR
- RESIDÊNCIA
- COMÉRCIO
- INDUSTRIA
- EDIFICIO
- CONDOMINIO
- TERRENO BALDIO
- EM CONSTRUÇÃO
- FUTURA CONSTRUÇÃO
- LIXEIRA
- PISCINA
- PAINEL
- FUNDAÇÃO: RUINA
- ASFALTO
- CALÇAMENTO
- CALÇADA
- PAVER
- MATERIAL PRIMÁRIO
- GRAMA - MATA
- AREA ALAGADA - BREJO
- CONCRETO - PISO BRUTO
- PEDREIRAS
- CERÂMICA
- BLOCOS DE CIMENTO
- BRITA
- SOLO ARGILOSO COM PEDREGULOS
- TALUDE EXISTENTE
- TALUDE PROJETADO
- CURVAS DE NIVEIS EXISTENTE
- CURVAS DE NIVEIS PROJETO
- VILA EXISTENTE
- VILA PROJETADA
- PONTE EXISTENTE
- CT = COTA DO TERRENO
- CF = COTA FUNDO TUBO (geratriz inferior)
- h = AL TURA DE CORTE
- LIMITE DE VEGETAÇÃO
- LIMITE FAIXA DE PEDESTRE
- LIMITE DE BAIRROS
- LOMBADA

NOTAS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA
DE MERCATOR – UTM
DATUM – SIRGAS 2000
MC: 51° W

CM –053°30,00"
K: 1.00016972

PONTO: BASE (0062607)
Lat: 26°29'24.04" S
Long: 49° 4'38.09" W

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA	DESENHO	APROVAÇÃO
B	REVISÃO	22/09/2021	A.H.S.	J.N.
A	EMISSÃO ORIGINAL	03/08/2021	A.H.S.	J.N.

EMPRESA PROJETISTA: PSYCHOLOGIC CONSULTORIA
CHAMADO RESP. TÉCNICO:
APROVAÇÃO:

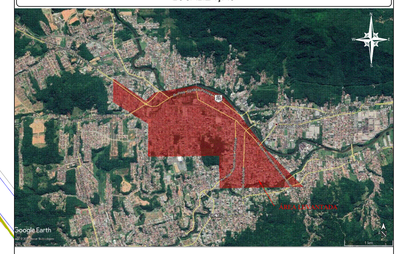
SAMAE JARAGUÁ DO SUL
Rua Exmo Reynaldo, nº 270
Jaraguá do Sul - SC 89254-000
Fone (47) 2106-8188

DESCRIÇÃO: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO
SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL

DATA: 03/08/2021
ESCALA: 1:1000
FOLHA: 04/08

RESP. TÉCNICO:
DESENHISTA:
FORMATO PRANCHA: A0

LOCALIZAÇÃO



RUA CEL. BERNARDO GRUBBA
RUA TUFIE MAHFUD
RUA PASTOR FERDINAND SCHLUNZEN
RUA FELIPE SCHMIDT
RUA ANTONIO TOBIAS
RUA ANITA GARIBALDI
RUA PADRE FRANCKEN
RUA ARTUR MULLER
RUA PRES. EPITÁCIO PESSOA
RUA CEL. EMILIO CARLOS JOURDAN
AVENIDA GETÚLIO VARGAS
RUA FRANCISCO DOMINGOS MEDEIROS
RUA VENANCIO DA SILVA PORTO
RUA EXPEDICIONARIO QUMERCINDO DA SILVA
RUA FELIPE FRENZEL
RUA JOSE MARIA GOMES
RUA ITAJAI
RUA JOAO PLANINCHECK
RUA JOSE EMMENDOERFER
RUA JOSE MENEGOTTI
RUA RICARDO HASS
SERVIDÃO 048
SERVIDÃO 205
SERVIDÃO 268 - FRANCISCO JOSE DEMATHE
ACESSO
Y= 7070300
Y= 7070200
Y= 7070100
Y= 7070000
Y= 7069900
Y= 7069800
Y= 7069700
Y= 7069600
X= 690100
X= 690200
X= 690300
X= 690400
X= 690500
X= 690600
X= 690700
X= 690800
X= 690900
X= 691000

CONVENÇÕES

- PASSEIO
- EIXO DA PISTA DE ROLAMENTO
- CORTE NO PAVIMENTO (INTERFERÊNCIA)
- MEIO-FIO EXISTENTE
- MURO DE ALVENARIA
- CERCA DE TELA
- CERCA VIVA
- CERCA DE ARAME
- CERCA DE MADEIRA
- TUBULAÇÃO EXISTENTE
- PERFIL TERRENO NATURAL
- CAIXA DA REDE DE ESGOTO
- CAIXA DA REDE ELÉTRICA
- CAIXA DA REDE DE TELEFONE
- BUEIRO LIGADO
- BOCA DE LOBO EXISTENTE
- BUEIRO ENTUPIDO
- CAIXA DA REDE DE ESGOTO QUEBRADA
- CAIXA DE LIGAÇÃO
- CAIXA DE VISITA
- CAIXA DE INCÊNDIO
- PLACA DE IDENTIFICAÇÃO
- PONTOS DE NIVEIS TERRENO
- NÍVEIS DE SOLEIRA
- ARVORE EXISTENTE
- RADAR
- CAIXA DE AGUA
- SEMÁFORO
- CAIXA DE LIGAÇÃO ALIMENTADOR PREDIAL
- MC MARCO DE CONCRETO
- MT MARCO TOPOGRÁFICO
- MP MARCO DE PEDRA
- MR MARCO DE REFERÊNCIA
- PS PONTO DE SEGURANÇA
- RN REFERÊNCIA DE NIVEL
- POST PUXETE
- POSTE DE CONCRETO
- POSTE DE ALTA TENSÃO
- RIO
- N.A. = NIVEL DA AGUA
- TELEFONE PÚBLICO
- HIDROMETRO
- CAMERA DE VIGILANCIA
- OUTDOOR
- RESIDÊNCIA
- COMÉRCIO
- INDUSTRIA
- EDIFICIO
- CONDOMINIO
- TERRENO BALDIO
- EM CONSTRUÇÃO
- FUTURA CONSTRUÇÃO
- LIXEIRA
- PISCINA
- PAINEL
- FUNDAÇÃO, RUINA
- ASFALTO
- CALÇAMENTO
- LAJOTA
- PAVER
- MATERIAL PRIMARIO
- GRAMA - MATA
- AREIA ALAGADA - BREJO
- CONCRETO - PISO BRUTO
- PEDRAMAIS
- CERAMICA
- BLOCOS DE CIMENTO
- BRITA
- SOLO ARGILOSO COM PEDREGULOS
- TALUDE EXISTENTE
- TALUDE PROJETADO
- CURVAS DE NIVEIS EXISTENTE
- CURVAS DE NIVEIS PROJETO
- VALA EXISTENTE
- VALA PROJETADA
- PONTE EXISTENTE
- CT = COTA DO TERRENO
- CF = COTA DO FUNDO TUBO (geratriz inferior)
- h = ALTURA DE CORTE
- LIMITE DE VEGETAÇÃO
- LIMITE FAIXA DE PEDESTRE
- LIMITE DE BAIRROS
- LOMBADA

NOTAS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR – UTM
DATUM = SIRGAS 2000
MC: 51° W

CM –0°57'20.99"
K: 1.00016972

PONTO: BASE (9062607)
Lat: 26°29'34.04" S
Long: 49° 4'38.09" W

EMPRESA PROJETISTA	CHAMBO RESP. TÉCNICO	APROVAÇÃO
PSI-GEOINFO TOPOGRAFIA		

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA	DESENHO	APROVAÇÃO
B	REVISÃO	22/09/2021	A.H.S.	J.N.
A	EMISSÃO ORIGINAL	03/08/2021	A.H.S.	J.N.

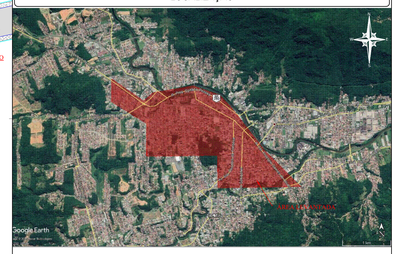
SAMAE JARAGUÁ DO SUL
Rua Ervino Weingardt, nº 478 Jaraguá do Sul - SC - CEP 89.060-900 Fone/Fax: (47) 3086-4000

DESCRIÇÃO: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO
SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL

DATA: 03/08/2021
ESCALA: 1:1000
FOLHA: 05/08

RESP. TÉCNICO	DESENHISTA	FORMATO PRANCHA
		A0

LOCALIZAÇÃO



RUA PRES. EPITÁCIO PESSOA

RUA ESPÍRITO SANTO

RUA MARIA BÁRDIN LENZI

RUA ERMANI VOLPI COUTINHO

RUA JOSÉ LEIER

RUA LOURENÇO KANZLER

RUA PROF. ANTONIO ESTANISLAU AIROSO

RUA JOAQUIM FRANCISCO DE PAULA

RUA EMILIO JORGE WEILBERT

RUA PAULO NEITZEL

RUA HERMAN SCHULZ

RUA PADRE ALBERTO ROMUALD JAKOBS

RUA VENANCIO DA SILVA PORTO

RUA TARCIO DE OLIVEIRA MOTA

RUA HEINZ MAHNKE

RUA VITORINO STRINGARI

RUA MATO GROSSO

ROD. SENADOR LUIZ HENRIQUE DA SILVEIRA

RUA VICTOR ROSEMBERG

RUA GERONCIO VIEIRA

RUA IRMÃO LEANDRO

RUA FRANCISCO ZACARIAS LENZ

RUA MAX NICOLAU WILHELM SCHMIDT

RUA ROBERTO MARQUARDT

RUA LEOPOLDO VELOSO

SERVIDÃO 306

SERVIDÃO 071

ACESSO

ACESSO

ROSA

Y= 7070200

Y= 7070100

Y= 7070000

Y= 7069900

Y= 7069800

Y= 7069700

Y= 7069600

Y= 7069500

X= 689200

X= 689300

X= 689400

X= 689500

X= 689600

X= 689700

X= 689800

X= 689900

X= 690000

N

NO

NE

O

L

SO

SE

S

CONVENÇÕES

- PASSEIO
- EIXO DA PISTA DE ROLAMENTO
- CORTE NO PAVIMENTO (INTERFERÊNCIA)
- RUA EXISTENTE
- MEIO-FIO EXISTENTE
- MURO DE ALVENARIA
- CERCA DE TELA
- CERCA VIVA
- CERCA DE ARAME
- CERCA DE MADEIRA
- TUBULAÇÃO EXISTENTE
- PERFIL TERRENO NATURAL
- CAIXA DA REDE DE ESGOTO
- CAIXA DA REDE ELÉTRICA
- CAIXA DA REDE DE TELEFONE
- BUEIRO LACRADO
- BOCA DE LOBO EXISTENTE
- BUEIRO ENTUPIDO
- RADIER
- CAIXA DA REDE DE ESGOTO QUEBRADA
- CAIXA DE LIGAÇÃO
- CAIXA DE HIDRANTE PASSEIO
- CAIXA DE INCÊNDIO
- PLACA DE ENALIZAÇÃO
- PONTOS DE NIVEIS TERRENO
- NÍVEIS DE SOLEIRA
- ARVORE EXISTENTE
- CAIXA DE AGUA
- SEMAFORO
- CAIXA DE LIGAÇÃO ALUMINIO/PREDIAL
- MC-MARCO DE CONCRETO
- MT-MARCO TOPOGRÁFICO
- MP-MARCO DE PEDRA
- MR-MARCO DE REFERÊNCIA
- PS-PONTO DE SEGURANÇA
- RN-REFERÊNCIA DE NIVEL
- POST-PUGILETE
- POSTE DE CONCRETO
- POSTE DE ALTA TENSÃO
- RIO
- N.A. = NIVEL DA AGUA
- TELEFONE PÚBLICO
- HIDROMETRO
- CAMERA DE VIGILANCIA
- PADRÃO
- OUTDOOR
- RESIDÊNCIA
- COMÉRCIO
- INDUSTRIA
- EDIFÍCIO
- CONDOMINIO
- TERRENO BALDIO
- EM CONSTRUÇÃO
- FUTURA CONSTRUÇÃO
- LIXEIRA
- PISCINA
- PAINEL
- FUNDAÇÃO, RUINA
- ASFALTO
- CALÇAMENTO
- LAJOTA
- GRAMA - MATA
- AREIA ALAGADA - BREJO
- CONCRETO - PISO BRUTO
- PEDRAMAIS
- CERAMICA
- BLOCOS DE CIMENTO
- BRITA
- SOLO ARGILOSO COM PEDREGULOS
- TALUDE EXISTENTE
- TALUDE PROJETADO
- CURVAS DE NIVEIS-EXISTENTE
- CURVAS DE NIVEIS-PROJETO
- VILA EXISTENTE
- VILA PROJETADA
- PONTE EXISTENTE
- CT = COTA DO TERRENO
- CF = COTA FUNDO TUBO (profundidade)
- h = AL TURA DE CORTE
- LIMITE DE VEGETAÇÃO
- LIMITE FAIXA DE PEDESTRE
- LIMITE DE BAIRROS
- LOMBADA

NOTAS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR – UTM
DATUM – SIRGAS 2000
MC: 51° W

CM –0°37'20.99"
K: 1.00016972

PONTO: BASE (9062607)
Lat: 26°29'24.04" S
Long: 49° 4'38.09" W

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA	DESENHO	APROVAÇÃO
B	REVISÃO	22/09/2021	A.H.S.	J.N.
A	EMISSÃO ORIGINAL	03/08/2021	A.H.S.	J.N.

EMPRESA PROJETISTA: PSS GEOSOLUÇÕES TOPOGRÁFICAS

CARIMBO RESP. TÉCNICO:

APROVAÇÃO

SAMAE JARAGUÁ DO SUL
Rua Ervino Weingartz, nº 415 Jaraguá do Sul - SC - CEP 89.254-020 CNPJ nº 84.735.893/0001-00

DESIGNAÇÃO: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO
SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL

DATA: 03/08/2021
ESCALA: 1:1000
FOLHA: 06/08

RESP. TÉCNICO:

DESENHISTA:

FORMATO PRINCIPAL: A0

RUA HERMAN SCHULZ

RUA PADRE ALBERTO ROMUALD JAKOBS

RUA MAX NICOLAU WILLEMANN

RUA ROBERTO JUNG

RUA LEOPOLDO VELOSO

RUA LOURENÇO KANZLER

RUA JOAO PLANINCHECK

RUA PADRE ALBERTO ROMUALD JAKOBS

RUA MATO GROSSO

RUA URBANO ROSA

ACESSO

RUA EXPEDICIONÁRIO ANTONIO CARLOS FERREIRA

RUA IRMÃO LEANDRO

RUA PRES. COSTA E SILVA

RUA PADRE HORACIO

RUA PRES. CASTELO BRANCO

RUA VICTOR ROSEMBERG

RUA CORNELIA HORST

RUA GOIAS

RUA LOURENÇO KANZLER

RUA PAULO DOS SANTOS

RUA GUSTAVO HAGEDORN

RUA PROF. ANTONIO STANISLAU AIROSO

RUA JOAO KLEIN

SERVIDÃO 170

SERVIDÃO ANTONIO RAMOS

SERVIDÃO 422

RUA MARIA FRANCISCA GERENT KLEIN

RUA DR. ARQUIMEDES DANTAS

RUA EMILIO FLORIANI

ACESSO

ACESSO

ENTUPIDO

LACRADO

ENTUPIDO

ENTUPIDO

LACRADO

LACRADO

LACRAD

LOCALIZAÇÃO

RUA JOÃO VIEST JUNIOR

ACESSO

ROD. SENADOR LUIZ HENRIQUE DA SILVEIRA

RUA WALDEMAR DOUBRAWA

RUA PAULO TRAEMER

RUA WALLY EMMA MOHR

RUA FRANCISCO RAMOS

RUA PADRE MIRANDINHA

RUA HENRIQUE NAGEL

RUA GUILHERMINA PEREIRA LIMA LENZI

RUA GIARDINI LUIS LENZI

RUA MARCOS EMILIO VERBINEN

RUA LEOPOLDO MEYER

RUA JOAQUIM FRANCISCO DE PAULA

RUA RICARDO GRIMM

RUA MARIA UMBELINA DA SILVA

RUA EMILIO JORGE WELMET

SERVIDÃO

RUA JOAQUIM FRANCISCO DE PAULA

RUA FELIZBERTO TEIXEIRA

ROD. SENADOR LUIZ HENRIQUE DA

LACRADO

ENTUPIDO

Y= 7070400
Y= 7070300
Y= 7070200
Y= 7070100
Y= 7070000
Y= 7069900
Y= 7069800
Y= 7069700

X= 688400
X= 688500
X= 688600
X= 688700
X= 688800
X= 688900
X= 689000
X= 689100
X= 689200
X= 689300

CONVENÇÕES

PASSEIO	MC MARCO DE CONCRETO	ASFALTO
EIXO DA PISTA DE ROLAMENTO	MT MARCO TOPOGRÁFICO	CALÇAMENTO
CORTE NO PAVIMENTO (INTERFERÊNCIA)	MP MARCO DE PEDRA	LAJOTA
RUA EXISTENTE	MR MARCO DE REFERÊNCIA	PAVER
MEIO-FIO EXISTENTE	PS PONTO DE SEGURANÇA	MATERIAL PRIMÁRIO
MURO DE ALVENARIA	RN REFERÊNCIA DE NÍVEL	GRAMA - MATA
CERCA DE TELA	POT POUPETE	ÁREA ALAGADA - BREJO
CERCA VIVA	POSTE DE CONCRETO	CONCRETO - PISO BRUTO
CERCA DE ARAME	POSTE DE ALTA TENSÃO	PEDRAMAS
CERCA DE MADEIRA	RIO	CERÂMICA
TUBULAÇÃO EXISTENTE	N.A. = NÍVEL DA ÁGUA	BLOCOS DE CIMENTO
PERFIL TERRENO NATURAL	TELEFONE PÚBLICO	BRITA
CAIXA DA REDE DE ESGOTO	HIDRÔMETRO	SOLO ARGILOSO COM PEDREGULOS
CAIXA DA REDE ELÉTRICA	CÂMERA DE VIGILÂNCIA	TALUDE EXISTENTE
CAIXA DA REDE DE TELEFONE	OUTDOOR	TALUDE PROJETADO
BUEIRO LACRADO	RESIDÊNCIA	CURVAS DE NÍVEIS-EXISTENTE
BOCA DE LOBO EXISTENTE	COMÉRCIO	CURVAS DE NÍVEIS-PROJETO
BUEIRO ENTUPIDO	INDÚSTRIA	VALA EXISTENTE
CAIXA DA REDE DE GÁS/COMBUSTÍVEL	ESPÓLIO	VALA PROJETADA
CAIXA DE LIGAÇÃO	CONCRETO	PONTE EXISTENTE
CAIXA DE HORANTE PASSEIO	TERRENO BALDIO	CT = COTA DO TERRENO
CAIXA DE INCÊNDIO	EM CONSTRUÇÃO	CF = COTA DO FUNDO TUBO (geratriz inferior)
PLACA DE SINALIZAÇÃO	FUTURA CONSTRUÇÃO	h = ALTURA DE CORTE
PONTOS DE NÍVEIS TERRENO	LIXEIRA	LIMITE DE VEGETAÇÃO
NÍVEIS DE SOLEIRA	PISCINA	LIMITE FAIXA DE PEDESTRE
ÁRVORE EXISTENTE	PAINEL	LIMITE DE BAIRROS
RADAR	FUNDAÇÃO: RUINA	LOMBADA
CAIXA DE AGUA		
SEMÁFORO		
CAIXA DE LIGAÇÃO ALUMINADO PREDIAL		

NOTAS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR – UTM
DATUM – SIRGAS 2000
MC: 51° W

CM –0°57'20.93"
K: 1.00016972

PONTO: BASE (B082607)
Lat: 26°29'24.04" S
Long: 49° 4'38.09" W

EMPRESA PROJETISTA:	CARIMBO RESP. TÉCNICO	APROVAÇÃO
PHYSIS ENGENHARIA TOPOGRAFIA		

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA	DESENHO	APROVAÇÃO
B	REVISÃO	22/09/2021	A.H.S.	J.N.
A	EMISSÃO ORIGINAL	03/08/2021	A.H.S.	J.N.

SAMAE JARAGUÁ DO SUL

Rua Exeno Mayerpfc nº 478
Jaraguá do Sul - SC - CEP 89254-000
Fone (47) 2106-8100

DESCRIÇÃO:
LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIALTIMÉTRICO
SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL

DATA: 03/08/2021
ESCALA: 1:1000
FOLHA: 08/08

RESP. TÉCNICO | DESENHISTA: | FORMATO PRANCHA: A0