

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS-MG
ENGENHARIA CIVIL
MATEUS CASTRO SCALIONI

DIRETRIZES PARA UM PLANO DE DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO
DE TRÊS PONTAS – MG

VARGINHA - MG

2019

MATEUS CASTRO SCALIONI

**DIRETRIZES PARA UM PLANO DE DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO
DE TRÊS PONTAS – MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob a orientação da professora M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos.

VARGINHA - MG

2019

MATEUS CASTRO SCALIONI

**DIRETRIZES PARA UM PLANO DE DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO
DE TRÊS PONTAS – MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob a orientação da professora M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos.

Aprovado em: _____/_____/_____.

Ma. Ivana Prado de Vasconcelos

Prof (banca examinadora)

Prof. (banca examinadora)

Dedico o presente trabalho aos meus familiares e amigos, especialmente a minha mãe Celina, a meu pai Carlos e a minha irmã Carla, que sempre me proporcionaram todo o suporte e apoio para encerrar esta jornada.

Agradeço primordialmente a Deus, por ter concedido a mim saúde, capacidade e força para a realização deste trabalho; Aos meus familiares por fornecerem a oportunidade de concluir a graduação e por me incentivarem a persistir na realização desse sonho; Aos meus amigos, os quais tive a honra de conviver e trabalhar, em especial minha companheira Maria Paula pela imensa paciência e auxílio nas atividades acadêmicas; Aos mestres do curso de Engenharia Civil do grupo UNIS pela excelência; e à Professora M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos, que atenciosamente orientou-me, tornando possível a confecção deste trabalho de conclusão de curso.

RESUMO

O desenvolvimento urbano tem alterado o ciclo hidrológico com o aumento das áreas impermeabilizadas e do escoamento superficial. O município de Três Pontas, em Minas Gerais, possui peculiar problema com o assunto, ocorrendo alagamentos nos períodos de chuva. Desta forma, o presente trabalho aborda questões sobre o planejamento urbano, incorporado a drenagem de águas pluviais, e apresenta um diagnóstico da cidade. Para isso, foi feito um estudo de reconhecimento do município, por meio de uma análise do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB/TP), bem como das leis municipais acerca do assunto. Ademais, foram obtidos dados geográficos e hidrológicos, que levaram a entender que os conjuntos das leis que tratam do assunto não possuem eficácia no controle das águas pluviais na cidade. Desse modo, propõe-se com o presente trabalho diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana adequada às condições e às necessidades do município estudado.

Palavras-chave: Planejamento; Drenagem Urbana; Três Pontas.

ABSTRACT

The urban development has altered the hydrological cycle with the increase of waterproofed areas and surface runoff. The city of Três Pontas, in Minas Gerais, has a peculiar problem with the subject, occurring flooding in the rainy season. In this way, the present work addresses questions about urban planning, incorporated into rainwater drainage, and presents a diagnosis of the city. For this, a study of recognition was made, through an analysis of the Municipal Plan of Basic Sanitation (PMSB / TP), as well as of the municipal laws on the subject. In addition, housing, geographic and hydrological data were obtained, which led to the understanding that all the laws dealing with the subject do not have an effective control of rainwater in the city. Thus, it is proposed with the present, guidelines for urban drainage projects adapted to the conditions and needs of the municipality studied.

Keywords: *Planning; Urban Drainage; Três Pontas.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Ábaco para valores de K	22
Figura 02 : Georreferenciamento de Três Pontas	28
Figura 03 - Mapa regional de Três Pontas	29
Figura 04 -Cursos d'água presentes no território de Três Pontas.....	30
Figura 05 - Curvas de Nível	31
Figura 06 - Sub-bacias da zona urbana	32
Figura 07 -Trecho do canal a céu aberto (A) e trecho do canal totalmente coberto (B) 40	
Figura 08 -Encontro do Córrego dos Bambus ao Córrego Custodinho	40
Figura 09 - Encontro dos Córregos Condongas e Bambus ao Córrego Custodinho	41
Figura 10 - Encontro do Córrego Condongas ao Ribeirão Araras	42
Figura 11-Transbordamentos do Córrego dos Bambus, A	44
Figura 12-Transbordamentos do Córrego dos Bambus, B	45
Figura 13 -Transbordamentos do Córrego dos Bambus, C.....	45
Figura 14-Trecho danificado do Córrego Condongas	46
Figura 15 -Sujeira presente nos cursos d'água	47
Figura 16 -Mapa de Três Pontas com a numeração dos pontos problemáticos.....	48
Figura 17- Relatório Plúvio 2.1	52
Figura 18- Locação das bocas de lobo.	55
Figura 19 -Tipos de boca de lobo	57
Figura 20 -Mudança de diâmetro.....	59
Figura 21- locação das caixas de ligação	60
Figura 22 -Demarcação dos córregos e ribeirão.	69
Figura 23 - Indicação dos pontos sugeridos para medidas de controle.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Período de retorno para diferentes áreas de ocupação.....	18
Tabela 02 - Período de retorno para diferentes áreas de ocupação.....	18
Tabela 03 - Período de retorno para diferentes áreas de ocupação.....	18
Tabela 04 - Fator de redução da capacidade das bocas-de-lobo.....	56
Tabela 05 - Espaçamento máximo dos poços de visita.....	58
Tabela 06 - Altura da lâmina d'água nas guias dos passeios	60
Tabela 07 - Fator de redução do escoamento das sarjetas.....	61
Tabela 08 - Exigência de assentamentos com especificação de uso / zonas	63
Tabela 09 - Exigência de assentamento com especificação para pavimento permeável.	64

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas e Técnicas APP

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

CODEMA – Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PMSB/TP – Plano Municipal de Saneamento Básico de Três Pontas

PMTP – Prefeitura Municipal de Três Pontas

PEDI – Plano Estratégico de Desenvolvimento Integrado

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

MDUPR - Manual De Drenagem Urbana do Paraná

FCTH - Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo Geral	15
2.2. Objetivos Específicos	15
3. REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
3.1. Vazão de Projeto	16
3.1.1 Intensidade de chuva	17
3.1.2 Período de Retorno.....	17
3.1.3 Coeficiente de escoamento	18
3.1.4 Tempo de concentração.....	19
3.1.5 Método Racional.....	20
3.1.6 Método do Hidrograma Unitário (I-PAI-WU).....	21
3.2. Componentes da rede hidráulica de microdrenagem	22
3.3. Metodologias de controle do escoamento superficial	23
3.3.1 Pavimentos Permeáveis	24
3.3.2 Trincheira de infiltração	24
3.3.3 Vala de infiltração	25
3.3.4 Poço de infiltração.....	25
3.3.5 Micro reservatório	25
3.3.6 Telhado reservatório.....	25
3.3.7 Bacia de detenção.....	26
3.3.8 Bacia de retenção	26
3.3.9 Bacia subterrânea	26
3.3.10 Conduitos de armazenamento	26
3.3.11 Faixas gramadas	27
4. DIAGNÓSTICO	28
4.1 Características do Município de Três Pontas	28
4.1.1 Geografia	28
4.1.2 Hidrografia.....	29
4.2 Normas existentes	32
4.2.1 Lei Municipal Nº 1.288 de 13 de abril de 1988	32
4.2.2 Lei Nº 2.733 de 09 de outubro de 2006.....	34
4.2.3 Resolução nº 02, de 23 de outubro de 2013 do CODEMA de Três Pontas....	36
4.3 Sistema de Drenagem Urbana	38
4.4 Áreas com problemas no sistema de drenagem pluvial	43
4.4.1 Córrego dos Bambus	43
4.4.2 Córrego Condongas.....	45
4.4.3 Obstrução dos Canais	46
4.4.4 Localização de demais pontos problemáticos.....	47
5. DIRETRIZES PROPOSTAS PARA O MUNICÍPIO DE TRÊS PONTAS	51
5.1 Parâmetros Hidrológicos	51
5.1.1 Levantamento de dados	51

5.1.2 Vazão de projeto	53
5.2 Projetos de Microdrenagem	54
5.2.1 Bocas de Lobo.....	54
5.2.2 Poços de Visita.....	57
5.2.3 Galerias.....	58
5.2.4 Caixas de Ligação	59
5.2.5 Capacidade de condução hidráulica de ruas e sarjetas	60
5.3 Medidas de amortecimento	61
5.3.1 Medidas nos lotes.....	62
5.3.1.1 Pavimentos permeáveis.....	64
5.3.1.2 Telhados reservatório.....	65
5.3.2 Medidas nos logradouros públicos.....	66
5.4 Medidas de controle aos problemas existentes.	67
5.4.1 Córregos que cortam a malha urbana	68
CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS.....	72

INTRODUÇÃO

É notável que nos últimos anos houve um aumento da população urbana, que tem sido acompanhado pelo crescimento das cidades. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) estima-se que, entre os anos de 2001 e 2018, a população cresceu de 172 milhões para 208 milhões de habitantes, o que corresponde a cerca de 20% de crescimento. As alterações advindas deste crescimento são diversas: uso e ocupação do solo, no clima local e conseqüentemente nas características hidrológicas de cada região.

Os problemas com enchentes e inundações são eventos naturais e que sempre ocorreram, todavia, são intensificados pela ação humana. A ocupação incorreta das cidades, sobretudo nas margens de cursos d'água, e o uso indevido do solo podem estar relacionadas à forma de urbanização ocorrida ou por falha no planejamento e administração do crescimento urbano. Com relação à infraestrutura das cidades, o rápido crescimento populacional não planejado, pode culminar na insuficiência dos sistemas urbanos como um todo. No que tange ao sistema de saneamento, sobretudo o sistema de drenagem urbana, a sobrecarga criada pela expansão urbana aumenta a frequência e a magnitude dos impactos.

Ao analisar uma bacia hidrográfica, os rios, riachos, córregos, pântanos e várzeas são exemplos do sistema formado naturalmente para drenar as águas pluviais. Após a intervenção humana, os sistemas de drenagem têm como objetivo realizar a coleta da água pluvial e o transporte desta, com uma disposição final a jusante da área considerada. As estruturas que compõem o sistema são instaladas com o intuito de evitar as inundações, de forma a reduzir os impactos que podem advir, como prejuízos econômicos, ambientais e a proliferação de doenças.

Para a regulamentação das infraestruturas e controle do sistema urbano são criados os planos de desenvolvimento, que visam orientar o crescimento dos municípios de forma ordenada e planejada. Para as estruturas de drenagem das águas pluviais são elaborados planos de drenagem urbana, que abrangem estudos específicos para a bacia hidrográfica em questão, a fim de criar mecanismos de gestão.

O presente estudo apresenta um diagnóstico preliminar da situação de drenagem urbana em Três Pontas, Minas Gerais. A análise foi realizada considerando o levantamento de dados feito pela prefeitura para a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico, PMSB/TP. O diagnóstico em questão objetiva realizar estudos e

análises preliminares dos aspectos físicos e institucionais do município e a identificação dos problemas enfrentados nos dias de fortes chuvas.

Com base nas considerações realizadas no município, foi possível elaborar medidas que podem solucionar os problemas do município, sobretudo diretrizes que regulamentem a concepção de novos projetos de drenagem pluvial. Diretrizes de projeto são utilizadas como manual e que devem ser estipulados pelos órgãos públicos. Muitas das grandes cidades possuem seus próprios manuais, o que facilita na fiscalização das obras. A metodologia vem sendo adotada para pequenos municípios, como o de Três Pontas, a fim de minimizar os problemas enfrentados e, em longo prazo, precaver-se da ocorrência dos mesmos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Propor diretrizes para a elaboração de projetos de drenagem urbana a fim de contribuir com subsídios técnicos e urbanísticos no planejamento de obras do município de Três Pontas – MG.

2.2. Objetivos Específicos

- Estudar as interfaces entre drenagem e outras ocorrências do meio urbano;
- Apresentar um estudo exploratório de elementos técnicos que resultam na caracterização do município de Três Pontas-MG e de sua bacia de contribuição;
- Relatar a atual situação do município com sentido aos problemas recorrentes;
- Verificar os parâmetros e normas municipais acerca da urbanização;
- Apresentar metodologias de drenagem consoantes às necessidades do município;
- Sugerir abordagens tecnológicas compreensivas à sustentabilidade;
- Propor diretrizes para a elaboração de um plano de drenagem urbana.

3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1. Vazão de Projeto

As obras de drenagem pluvial necessitam de dados hidrológicos para seu planejamento, sendo que a precipitação é o ponto de partida para o dimensionamento. O conceito de precipitação refere-se a uma determinada lâmina de água e uma duração, o qual se define a intensidade de chuva expressa em lâmina de água por duração (mm/h). (MDU-PR,2002)

A precipitação pode ser considerada como constante ao longo de um tempo ou variada. Normalmente se aplica a precipitação constante em projetos de microdrenagem (bacias menores que 2 Km²) e precipitações variadas em projetos de macrodrenagem (bacias maiores que 2 Km²). (MDU-PR,2002)

SOUZA (2017) subdivide três aspectos básicos que podem ser utilizados para estimativa do deflúvio superficial nas áreas urbanas:

- Método Racional: É recomendado para bacias com geralmente áreas de drenagem inferiores a 1 km², para o dimensionamento de galerias e avaliação do escoamento superficial. Este método avalia o deflúvio superficial direto, tanto em chuvas iniciais, quanto em chuvas máximas de projeto.
- Método do Hidrograma Unitário Sintético: É recomendado para áreas de drenagem que excedem 1 km², para o dimensionamento de pontos de despejo, grandes galerias principais e análise e consideração dos benefícios de armazenamentos artificiais. Também aplicável em áreas que possivelmente sofrerão significativa urbanização.
- Análise Estatística: É recomendado para cursos d'água de grande porte fluindo através de áreas urbanas e em pequenos cursos d'água em que uma futura urbanização não importará efeitos significativos para uma estimativa de cheias em determinado tempo de retorno.

3.1.1 Intensidade de chuva

A precipitação máxima é a ocorrência limite, com determinada duração e distribuição para uma determinada área ou bacia hidrográfica. As equações de chuvas são fundamentais para a estimativa do escoamento superficial, em situações onde não há dados medidos de vazão, ou quando a bacia hidrográfica está sofrendo processos de mudanças (FIORIO,2016).

Como muitas regiões não apresentam estudos e fórmula própria foi elaborado o software PLUVIO 2.1 pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Para tal, foi desenvolvida uma metodologia para obtenção de equações de chuvas intensas em localidades em que essas não são conhecidas (FIORIO,2016).

Com a inserção das coordenadas da localidade desejada o software disponibiliza dados a serem lançados na equação 01, na qual define-se a precipitação máxima.

$$i = \frac{K \times T^a}{(t+b)^c} - \text{Equação 01}$$

Em que:

i: intensidade máxima média da chuva (mm/h);

T: período de retorno (anos);

t: tempo de concentração da chuva (min)

k, a, b, c: coeficientes de ajustamento específicos para cada localidade.

3.1.2 Período de Retorno

O Período de Retorno indica o número médio de anos transcorridos entre a ocorrência de dois eventos iguais. Em projetos de Drenagem, o período de retorno é estabelecido para chuvas intensas podendo variar de dados absolutos ou estimativa do máximo de eventos conhecidos (IMADA,2014).

O Período de retorno adotado nos projetos de macrodrenagem varia de 25 a 100 anos, definidos com relação às características da área de estudo e condicionamento do sistema existente. No caso da microdrenagem este varia de 2 a 10 anos. A Tabela 01 apresenta um estudo realizado por Tucci (2008) com a definição de tempo de retorno a ser aplicado em diferentes ocupações. A Tabela 02 traz as definições do período de retorno apresentados pelo DNIT (2005) para obras de estradas.

Tabela 01 - Período de retorno para diferentes áreas de ocupação

Tipo de Obra	Tipo de ocupação	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviço ao público	5
	Aeroportos	2 – 5
	Áreas comerciais e arteriais de tráfego	5 – 10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 – 100
	Áreas de importância específica	500

Tucci (2008)

Tabela 02 - Período de retorno para diferentes áreas de ocupação

Obras	TR adotado	Funcionamento
Drenagem profunda ou superficial	10 anos	-
Dispositivos de drenagem superficial	5 anos	Canal
Bueiros tubulares e celulares	15 anos	Canal
Verificação de bueiros tubulares e celulares	25 anos	Orifício
Pontes	50 a 100 anos	Canal

DNIT (2005)

3.1.3 Coeficiente de escoamento

O Coeficiente de escoamento superficial, também conhecido como coeficiente de *runoff* ou coeficiente de deflúvio, é a razão entre o volume total de escoamento superficial no evento e volume total precipitado (FCTH,2012). A tabela 03 apresenta valores do escoamento superficial para diferentes usos do solo.

Tabela 03- Período de retorno para diferentes áreas de ocupação

Ocupação do solo	C
EDIFICAÇÃO MUITO DENSA: Partes centrais densamente construídas de uma cidade com rua e calçada pavimentadas.	0,7 a 0,95
EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA: Partes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,6 a 0,7
EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,5 a 0,6
EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas, mas com muitas áreas verdes	0,25 a 0,5
SUBURBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções.	0,1 a 0,25
MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTE: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,2

(IMADA, 2014)

Segundo CETESB (1980), quando a área de estudo for heterogênea, com ocupações diferenciadas, deve-se atribuir a cada sub-região um valor diferente para o escoamento superficial, seguindo a equação 02 a seguir.

$$C = \frac{(C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n)}{A} \text{ -- Equação 02}$$

Em que:

- C= Coeficiente de escoamento superficial;
- A= Área de estudo
- Cn= Coeficiente da área Na;
- Na= Área de contribuição n.

3.1.4 Tempo de concentração

Tempo de concentração é o tempo que se leva para que toda a bacia considerada contribua para o escoamento superficial na seção estudada, portanto é o tempo que uma água precipitada no ponto mais distante leva para chegar até o trecho considerado na bacia (CETESB,1980). Os fatores que influenciam no tempo de concentração são:

- Área da bacia
- Comprimento e declividade do canal mais longo
- Comprimento ao longo do curso principal, desde o centro da bacia até a seção de saída considerada.

A obtenção do tempo de concentração é uma informação importante, porém difícil de ser obtida com precisão, por isso, existem várias fórmulas empíricas para determinar o valor do tempo de concentração. Conforme instrui a SUDECAP (2004), o tempo de concentração deve ser calculado por dois procedimentos distintos:

- a) Para áreas de drenagem com até 5 Km² e com características naturais, e para loteamentos com sistema viário definido, o tempo de concentração deve ser calculado pelas fórmulas de Kirpich e do California Culverts Practice.

Fórmula de Kirpich (1940)

$$tc = 3,989 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \text{ -- Equação 03}$$

California Culverts Practice (1942)

$$tc = 57 \times \left(\frac{L^2}{s}\right)^{0,385} \quad - \text{Equação 04}$$

b) Para canais revestidos, o tempo de concentração deve ser calculado pelo método cinemático.

Método Cinemático (1975)

$$c) \quad tc = \frac{1000}{60} \sum \frac{L}{V} \quad - \text{Equação 05}$$

Sendo:

tc= tempo de concentração (min);

L= comprimento do talvegue (km);

S= declividade equivalente do talvegue (m/km);

V= velocidade média no trecho (m/s);

C= coeficiente de escoamento superficial

A aplicação do método cinemático deve ser realizada com base na velocidade correspondente a um escoamento em regime permanente e uniforme, supondo-se a área molhada à meia seção. Para canais e galerias bem definidas deve ser usada a fórmula de Manning para cálculo de velocidade. Quando vários trechos de rede, ou seja, várias bacias, com tempos de concentração diferentes que afluem a um único trecho, utiliza-se o maior tempo de concentração das bacias afluentes de montante (SUDECAP,2004).

3.1.5 Método Racional

O Método racional determina o deflúvio máximo decorrente de uma precipitação, no qual são definidas as premissas do ausente escoamento de base, da constância do armazenamento superficial e da intensidade de chuva. Essas hipóteses implicam dizer que a duração da precipitação máxima é igual ao tempo de concentração

da bacia e o coeficiente de perdas adotado é único, estimado a partir das características da mesma (CETESB,1980).

$$Q = C.I.A \quad - \text{Equação 06}$$

Onde:

- Q= vazão de pico (m³/s);
- C= volume de runoff
- I= intensidade média da chuva (mm/h)
- A= área da bacia (ha). 1ha= 10.000m²

O Método Racional fornece somente um ponto do hidrograma do ESD, o pico. Sua aplicação em bacias complexas, com várias sub-bacias, tende a superestimar as vazões, resultando em obras de drenagem superdimensionadas (CETESB,1980).

3.1.6 Método do Hidrograma Unitário (I-PAI-WU)

O Método de I-PAI-WU é aplicado em bacias de até 200 Km² de área de drenagem, e constitui-se num aprimoramento do Método Racional. Este permite uma análise criteriosa dos diversos fatores intervenientes, como o armazenamento na bacia, distribuição da chuva e à forma da bacia (CETESB,1980).

$$Q = (0,278 \times C \times I \times A^{0,9}) \times K \quad - \text{Equação 07}$$

Onde:

Q= vazão (m³/s);

I= intensidade de chuva (mm/h);

C= coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

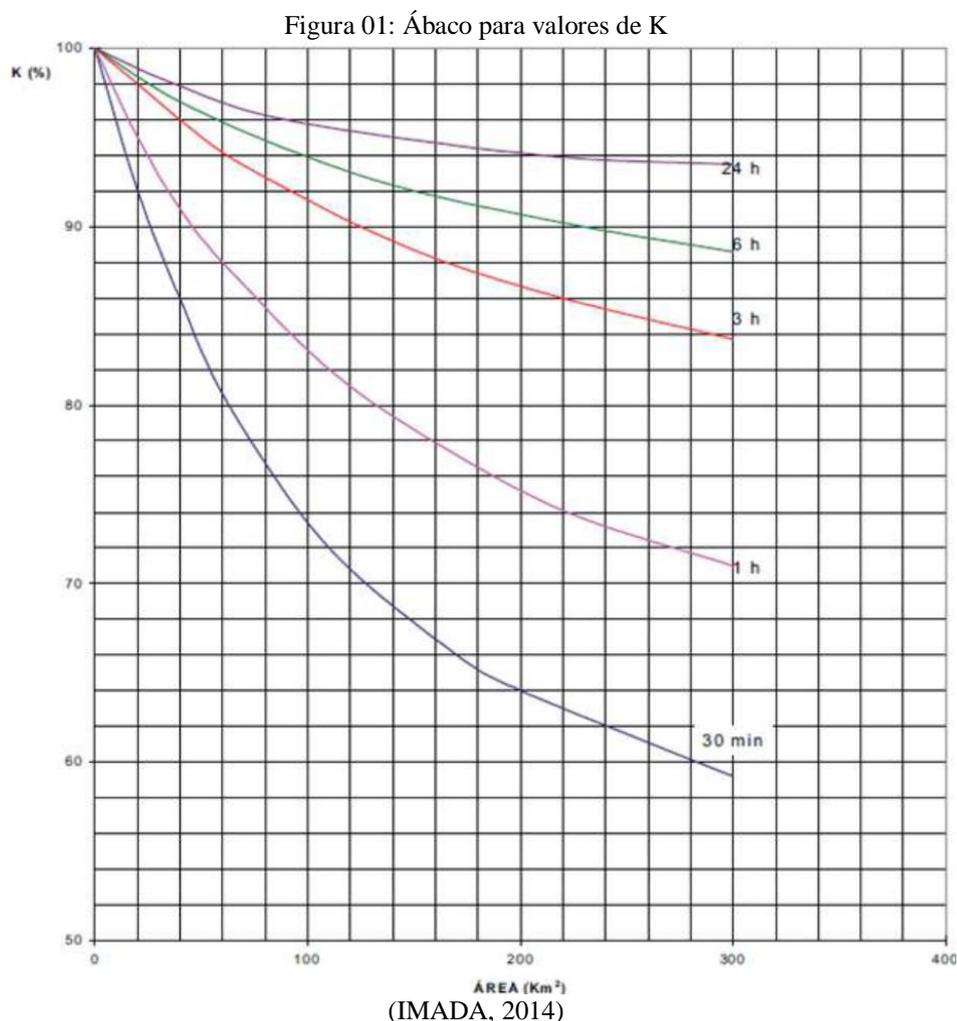
A= área da bacia (km²);

K= coeficiente de distribuição espacial da chuva (adimensional).

$$Q_{pico} = Q_b + Q \quad - \text{Equação 08}$$

Q_b= vazão base (m³/s). Se não houver informação adotar 0,1 x Q;

O coeficiente de distribuição da chuva (K) é função da área de drenagem (Km²) e do tempo de concentração (Horas), obtido de maneira gráfica por meio do ábaco apresentado na figura 01.



3.2. Componentes da rede hidráulica de microdrenagem

O Sistema de drenagem urbana possui em sua composição uma série de dispositivos responsáveis por captar e encaminhar a água. Conforme apresentado por Tácito (2016), a seguir, estão elencados os principais desses dispositivos:

Greide: constitui a linha do perfil que corresponde ao eixo longitudinal da superfície livre da via;

Guia: representa a faixa longitudinal que separa o passeio do leito viário, é comumente conhecida como meio fio;

Sarjeta: corresponde ao canal longitudinal localizado entre a guia e a via responsável por coletar e conduzir as águas até os pontos de coleta;

Sarjetão: é um canal com seção triangular que fica situado em pontos baixos ou em encontros de vias, com a função de conectar sarjetas ou encaminhar seus efluentes aos pontos de coleta;

Bocas de Lobo: refere-se às estruturas hidráulicas destinadas à captação das águas superficiais trazidas pelas sarjetas e sarjetões, situando-se, normalmente, sob o passeio ou a sarjeta;

Poços de Visita: ficam localizados em pontos previamente determinados, uma vez que são visitáveis para que haja inspeção e limpeza dos condutos subterrâneos;

Caixas de Ligação: são caixas subterrâneas não visitáveis, de alvenaria, que reúnem condutos de ligação ou os ligam à galeria;

Condutos de Ligação: são responsáveis por transportar a águas das bocas de lobo até às galerias pluviais;

Galerias: destinam-se ao transporte das águas captadas pelas bocas de lobo até os pontos de lançamento. Possuem diâmetro mínimo de 600 mm;

Trecho de Galerias: trecho da galeria situada entre dois poços de visita consecutivos;

Canaletas: dizem respeito aos canais que ligam duas bocas de lobo sob a via. As canaletas possuem grades no nível do pavimento, o que facilita a limpeza;

Canal Trapezoidal ou Valeta: é o canal que conduz toda a água captada para seu destino. Acompanha a declividade do terreno;

3.3. Metodologias de controle do escoamento superficial

O controle do escoamento superficial, também chamado de controle na fonte, busca proporcionar a redução e a retenção do escoamento pluvial, de forma a otimizar os sistemas tradicionais. Os sistemas tradicionais são exemplificados pelos condutos, galerias pluviais enterradas, sarjetas, boca-de-lobo, calhas coletoras e rios urbanos retificados ou enterrados (MDU-PR,2002).

Enquanto os sistemas tradicionais buscam a rápida condução das águas pluviais para jusante, os dispositivos de controle procuram reduzir e retardar os escoamentos urbanos. Nem todo sistema pode ser substituído somente por métodos de controle na fonte, devendo os projetos integrar de forma harmoniosa as estruturas de transporte com as de redução/retenção (MDU-PR,2002).

Os métodos de controle na fonte, basicamente são de dois tipos: Dispositivos de armazenamento e dispositivos de infiltração. Os dispositivos de armazenamento têm

o objetivo de retardar o escoamento pluvial para sua liberação defasada, podendo até ser um ponto de captação de uma rede pluvial convencional. A metodologia mencionada gera um amortecimento no pico de escoamento superficial. Os dispositivos de infiltração, diferente dos métodos de armazenamento, retiram a água do sistema pluvial, promovendo sua absorção pelo solo e redução permanente do escoamento superficial. (MDU-PR,2002).

A seguir são listadas algumas medidas usais de redução/retenção do escoamento superficial com suas principais características:

3.3.1 Pavimentos Permeáveis

Existem matérias permeáveis e impermeáveis na classe dos pavimentos porosos. Aqueles que são permeáveis reduzem o escoamento por absorver a água depositando-a no solo. Os impermeáveis retardam o escoamento absorvendo a água, armazenando-a em sua estrutura, para posteriormente ser liberada por um exutório. (MDU-PR,2002).

Os pavimentos podem ser de três tipos básicos: asfalto poroso, concreto poroso ou pisos intertravados. Todos os três tipos possuem a atribuição de permitir que as águas cheguem até o solo. No mercado já é oferecido pavimentos com capacidades de infiltração superiores a grandes intensidades de chuva. Entretanto, elevadas vazões sendo infiltradas ao solo podem ser prejudiciais a algumas estruturas, o que leva esses pisos a serem adequados somente em vias de tráfego leve, como calçadas, estacionamentos, praças, entre outros (MDU-PR,2002).

3.3.2 Trincheira de infiltração

As trincheiras de infiltração são reservatórios lineares escavados no solo e preenchidos com materiais porosos. Permitem a infiltração ou retenção, de forma concentrada e linear, de águas precipitadas em superfícies limítrofes (MDU-PR,2002).

A trincheira de infiltração tem, portanto, a função de abater as descargas de pico de escoamento superficial e promover a recarga do aquífero. O método não é adequado se houver o contato com cargas poluentes, como por exemplo, esgotos (MDU-PR,2002).

3.3.3 Vala de infiltração

Depressão linear em terrenos permeáveis, o que permite a retenção e infiltração no solo no leito da vala de águas marginais. O método funciona como pequenos canais onde o escoamento pluvial é desacelerado e infiltrado parcialmente no percurso, sendo que o excesso é destinado a uma rede pluvial convencional (MDU-PR,2002).

Em geral, as valas são apropriadas para lotes residenciais, loteamentos e parques onde, substituindo as canalizações convencionais, evitam excessos no escoamento pluvial reduzindo as dimensões dos sistemas de drenagem (MDU-PR,2002).

3.3.4 Poço de infiltração

Reservatório vertical e pontual escavado no solo, o que permite infiltração nas camadas não saturadas de solo por águas precipitadas em superfícies limítrofes (MDU-PR,2002).

Possuem a capacidade de abater o escoamento das áreas contribuintes, podendo ser transmitidos através de condutos pluviais. Todavia, este instrumento possui baixa capacidade de armazenamento, no qual o volume infiltrado fica em função da capacidade de absorção do solo onde for implantado (MDU-PR,2002).

3.3.5 Micro reservatório

Reservatório de pequeno porte, semelhante a caixas convencionais de água, para o armazenamento temporário do escoamento superficial posteriormente liberado por um exutório. O método é utilizado em situações que a liberação de escoamento pluvial em redes públicas for limitada. Por está razão, é ideal para que lotes particulares não violem o limite estabelecido de geração dos escoamentos pluviais (MDU-PR,2002).

3.3.6 Telhado reservatório

Possui vazios ou material poroso com a finalidade de armazenar temporariamente as águas precipitadas, retardando o escoamento superficial da própria edificação. O ideal é que a estrutura seja projetada junto às análises arquitetônicas, isso por apresentarem aparências diferentes da arquitetura convencional. É necessário que se

tome os devidos cuidados com a impermeabilização de modo a garantir a estanqueidade da cobertura. Os telhados planos são mais comuns e simples de se instalar os reservatórios, todavia existem arranjos para telhados inclinados (MDU-PR,2002).

3.3.7 Bacia de detenção

Reservatório vazio (seco), permeável ou impermeável, destinado ao armazenamento temporário e/ou infiltração no solo. Podem ser escavado ou materializado por pequenas barragens de terra ou concreto, aproveitando ou não depressões naturais no terreno. Um longo período de chuva pode reduzir a capacidade de armazenamento se o mesmo não estiver vazio e pronto para receber as vazões de pico. A drenagem da bacia depende do modo em que a água for liberada e da capacidade de infiltração do solo em que for implantada (MDU-PR,2002).

3.3.8 Bacia de retenção

Reservatório com água permanente, com leito permeável e freático aflorante ou impermeável com leito revestido, destinado ao armazenamento temporário e/ou infiltração no solo. Possui finalidade e características semelhantes as bacias de detenção, diferenciadas pela permanência ou não de água (MDU-PR,2002).

3.3.9 Bacia subterrânea

Uma bacia subterrânea é um reservatório coberto abaixo do nível do solo, ou seja, enterrado. O mesmo pode ser vazio, tampado e estanque ou preenchido com material poroso. Possui atribuição de armazenar temporariamente as águas pluviais e retarda o escoamento superficial. A bacia subterrânea deve estar equipada com dispositivos de proteção contra poluição e aporte de sólidos. Mesmo assim, deve haver uma recorrente manutenção de limpeza (MDU-PR,2002).

3.3.10 Conduitos de armazenamento

Conduitos alargados com função de armazenar o escoamento superficial em momentos de pico. São semelhantes às galerias convencionais. Todavia possuem a

peculiaridade de elevado armazenamento de águas pluviais, o que funcionam como microreservatórios de amortecimento (MDU-PR,2002).

3.3.11 Faixas gramadas

Faixas gramadas ou arborizadas contribuintes para a infiltração e amortecimento do escoamento superficial. São corriqueiramente usadas nas áreas de preservação permanente, entretanto, está aqui elencada como um instrumento de redução do escoamento superficial por possuir a capacidade de desacelerar e infiltrar parcialmente escoamentos laminares provenientes de áreas impermeabilizadas. Deste modo podem ser utilizadas como artifício de controle do escoamento superficial (MDU-PR,2002).

Em pequenas escalas, as faixas gramadas podem ser implantadas em lotes e loteamentos, no entorno de superfícies impermeabilizadas, ou associadas a outros métodos de controle ou retenção do escoamento de águas pluviais (MDU-PR,2002).

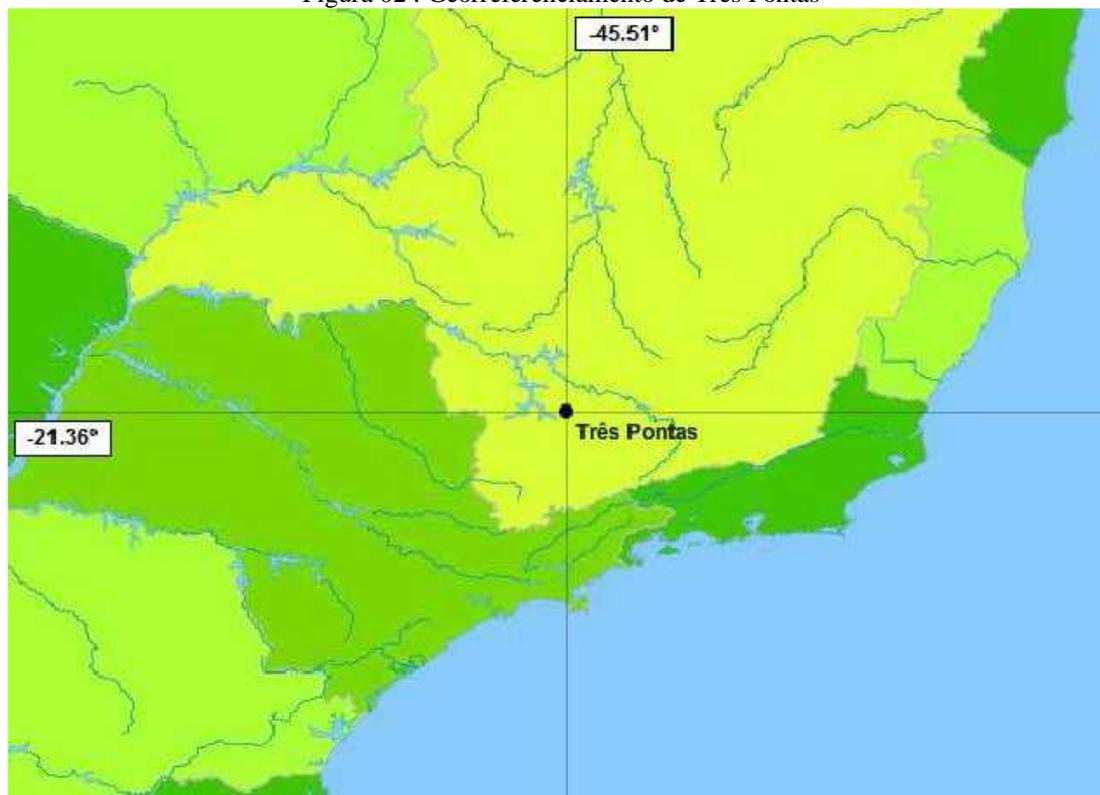
4. DIAGNÓSTICO

4.1 Características do Município de Três Pontas

4.1.1 Geografia

Três Pontas é um município brasileiro localizado na região sul de Minas Gerais. Possui altitude média em torno de novecentos metros em relação ao nível do mar com coordenadas geográficas de 21.36° de latitude e 45.51° de longitude, conforme apresenta a figura 02 (PMSB/TP, 2014).

Figura 02 : Georreferenciamento de Três Pontas

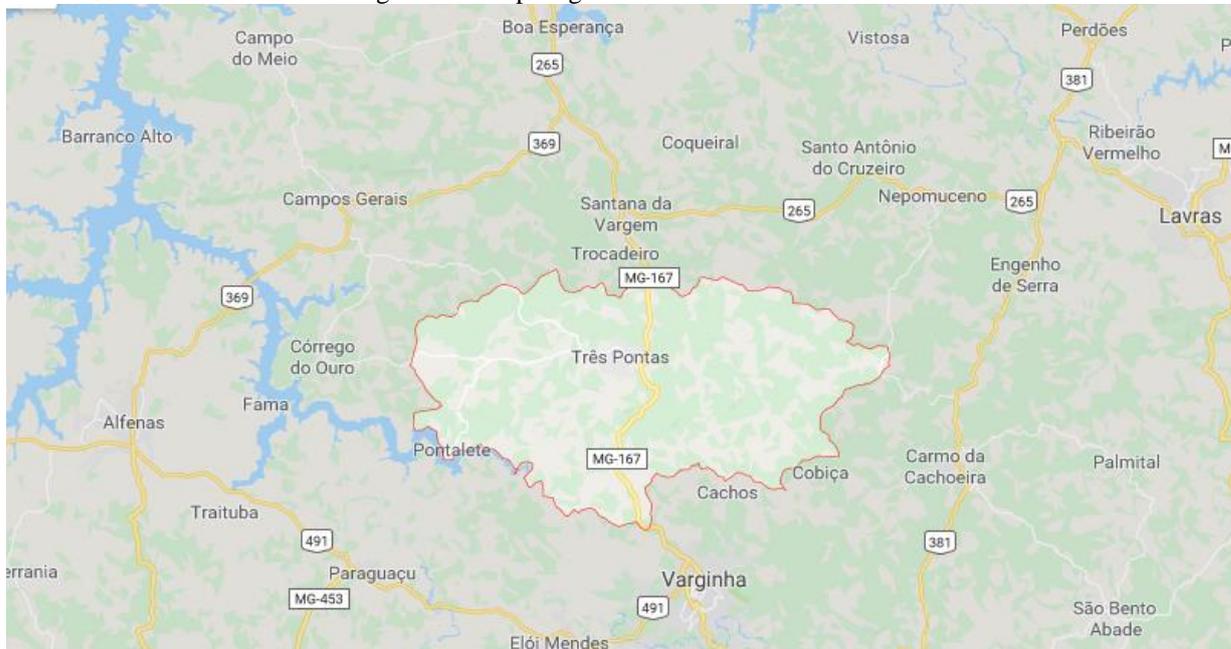


Fonte: PMSB/TP, 2014.

A MG-167 é a única rodovia que dá acesso ao município, mapa apresentado na figura 05, sendo que a Rodovia Fernão Dias, uma das principais rodovias do Brasil, se encontra a menos de cinquenta quilômetros da cidade. A distância entre o município e as principais capitais da região sudeste são relativamente pequenas, sendo cerca de 290Km de Belo Horizonte, 355Km de São Paulo, 425Km do Rio de Janeiro e 805Km de Vitória. A distância até a capital brasileira, Brasília, chega a 988Km (PMSB/TP, 2014).

O município faz divisa com sete municípios, Santana da Vargem, Nepomuceno, Carmo da Cachoeira, Campos gerais e Varginha, Elói Mendes e Paraguaçu, os quais podem ser observados na figura 03 a seguir.

Figura 03 - Mapa regional de Três Pontas



Fonte: Captura de tela. Disponível em: < www.google.com.br/maps/place/Três+Pontas>. Acesso em 19 Maio. 2019.

A configuração física da região é relativamente uniforme, consistindo a topografia numa sucessão de morros e vales arredondados, apresentando cotas altimétricas em torno de 800m nos vales fluviais mais profundos, e nas cristas de maior altitude variam de 1.000 a 1.200m. A região de topografia mais acidentada do município corresponde a Serra de Três Pontas, que tem seu ponto culminante a 1.234 metros de altitude (PMSB/TP, 2014).

O clima é tropical de altitude. A temperatura média anual oscila entre 18° e 19°C e as precipitações pluviárias médias anuais variam entre 1.400 e 1.700mm (PMSB/TP, 2014).

4.1.2 Hidrografia

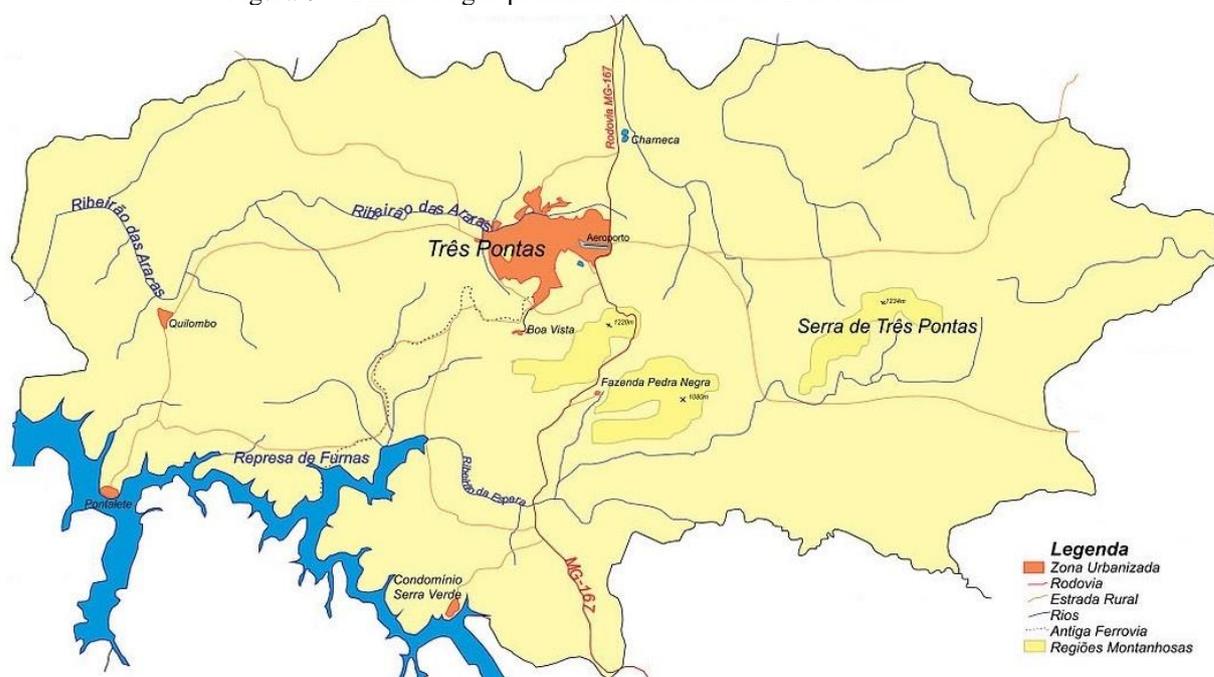
O município de três Pontas faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, sendo banhado pelos rios Verde e Sapucaí. E passam no extremo limite sul e formam a extremidade meridional da Represa de Furnas onde se encontram no distrito do Pontalete (PMTP, 2018).

Os ribeirões das Araras e da Espera são os principais cursos d'água que cortam o Município, ambos desaguando na Represa de Furnas. O ribeirão das Araras nasce ainda na zona urbana, da junção dos córregos Custodinho e Candongas. Segue rumo a oeste, passando próximo ao povoado do Quilombo Nossa Senhora do Rosário, e deságua na represa de Furnas, no município de Campos Gerais. Este curso d'água sofre com a poluição por receber o esgotamento sanitário da cidade. O ribeirão da Espera nasce a leste da zona urbana do município e vai gradualmente ganhando volume à medida que recebe água de seus afluentes e deságua na Represa de Furnas (PMTP, 2018).

A zona urbana é cortada pelos córregos Candongas, Custodinho, Bambus e Quatis, que são afluentes do Ribeirão das Araras. Praticamente todos os córregos são canalizados, com exceção do córrego Custodinho e de um trecho do Córrego Candongas. O córrego Custodinho nasce no Parque da Mina do Padre Vitor (cujo nome oficial é Parque Multiuso Prefeito Paulo de Paiva Loures) na zona urbana da cidade. (PMTP, 2018)

A figura 04 mostra os cursos d'água presentes no território de Três Pontas. Destaca-se o Ribeirão Araras por cortar a área central e mais urbanizada da cidade.

Figura 04 - Cursos d'água presentes no território de Três Pontas



Fonte: Prefeitura de Três Pontas, 2018

Para a caracterização das sub-bacias presentes na zona urbana foi feito um estudo das curvas de nível extraídas pelos softwares Global Mapper e Google Earth e

ajustadas no programa AutoCAD. A figura 05 contempla as curvas de nível em questão com destaque na delimitação da zona urbana. A definição das sub-bacias possibilita identificar as áreas de contribuição que são drenadas por cada curso d'água presente na malha urbana. A figura 05 apresenta a divisão do pré-estudo das sub-bacias do Município divididas em cores distintas.



Fonte: Autor (2019)

Figura 06 - Sub-bacias da zona urbana

Fonte: Autor (2019)

As áreas representadas em azul e lilás são drenadas principalmente pelo córrego Condongas, o qual margeia grande parte do extremo leste e nordeste da zona urbana. A área indicada de verde é contribuinte para a nascente do córrego dos Bambus, situada no Parque Municipal Vale do Sol, sendo responsável pela drenagem dessa sub-bacia. A área pintada de marrom é drenada por uma ramificação do córrego Condongas que nasce no interior da zona urbana. A referida nascente consta-se no Parque Municipal da Mina do Padre Victor. A área de roxo é drenada pelo córrego dos Quatis. Todos esses cursos d'água desaguem no Ribeirão Araras, iniciado no interior da zona urbana, sendo este responsável pela drenagem e disposição da maior parte das águas pluviais coletadas na zona urbana.

4.2 Normas existentes

4.2.1 Lei Municipal Nº 1.288 de 13 de abril de 1988

A Lei Municipal Nº 1.288 de 13 de abril de 1988, Lei de Uso e Ocupação do Solo, estabelece as normas acerca do zoneamento do território municipal, a disciplina

do parcelamento do solo, a fixação de categorias de uso e a delimitação de áreas reservadas a determinadas utilidades públicas. Para a discussão proposta nesse trabalho, destacam-se alguns capítulos da Lei postos a seguir:

O capítulo III dispõe as zonas de uso, ocupação e parcelamento do território, separando-as em sete categorias:

- I - Zona Residencial (ZR)
- II- Zona Comercial Central (ZCC)
- III- Zona Industrial (ZI)
- IV- Setores Especiais (SE)
- V- Zona de Expansão Urbana (ZEU)
- VI- Zona de Proteção (ZP)
- VII- Zona Rural (ZRU) (TRÊS PONTAS, 1988)

As Zonas de proteção (ZP) são áreas não parceláveis dentro do perímetro urbano proibidas de serem urbanizadas, também chamadas de áreas “non aedificandi”, que significa “área não edificável”. Os critérios considerados para a definição dessas áreas variam de forma peculiar, tendo em vista o interesse público na proteção ambiental ou preservação paisagística, arqueológica, histórica e cultural. Em condições topográficas desfavoráveis a urbanização, a área pode ser considerada de risco e assim definida como ZP. As Zonas de proteção possibilitam um controle de adensamento, reduzindo a densidade demográfica, e um controle de permeabilidade, aumentando a taxa de infiltração. Sua principal finalidade entre outras, é a de absorção de águas pluviais e prevenção de inundações.

As Zonas de Proteção regularmente sofrem tentativas de parcelamento, tendo ocorrência inclusive de projetos com apoio do poder executivo e do legislativo. Nessas ocasiões, a análise destas pretensões é feita junto ao Ministério Público. Muitas vezes, por virtude do crescimento populacional, as áreas “non aedificandi” ficam rodeadas por áreas já urbanizadas, ou seja, situadas em áreas centrais. Nesse caso o valor especulativo pelo setor imobiliário se fomenta com o intuito de urbaniza-las. A conscientização para a consolidação das ZPs e a correta preservação das APPs se apresenta como um desafio para os administradores e a sociedade em geral.

O capítulo V dispõe o assentamento. Nele é estabelecido, em função da categoria de uso, condições a edificação a cerca dos seguintes elementos urbanísticos:

- I- Taxa de ocupação
- II- Coeficiente de aproveitamento
- III- Área de frente mínima do lote
- IV- Afastamentos mínimos laterais, frontais e de fundos. (TRÊS PONTAS, 1988)

Algumas leis de uso e ocupação do solo exigem taxas de infiltração mínima nos lotes, porcentagem do terreno que deve ser mantida sem pavimentação, ou seja, permeável. A Lei de uso e ocupação do solo de Três Pontas estabelece no capítulo V, Art. 23 somente as taxa de ocupação, relação entre a área do lote e a área de projeção da construção no terreno, e o coeficiente de aproveitamento, índice máximo para a relação entre a área do lote e a área da construção. Tal abordagem não define que o percentual restante do lote, área não edificada, deve ser mantido sem pavimentos impermeáveis, possibilitando assim, a impermeabilização total das áreas urbanizadas.

O capítulo VI estabelece normas complementares ao parcelamento de solo para fins urbanos, no que estabelece aos novos loteamentos padrões de urbanização mediante execução das seguintes obras:

- I- Abertura de vias e colocação de meio-fio, com o respectivo marco de alinhamento e nivelamento.
- II- Demarcação de lotes, quadras e logradouros.
- III- Contenção de encostas.
- IV- Sistema de esgoto, de acordo com as especificações técnicas indicadas pelos órgãos competentes.
- V- Drenagem e escoamento de águas pluviais, de acordo com as especificações técnicas indicadas pelos órgãos competentes.
- VI- Instalação de tronco alimentador de rede de distribuição de água.
- VII- Rede de abastecimento de água em todas as vias.
- VIII- Rede de energia elétrica, de acordo com as especificações técnicas indicadas pelos órgãos competentes.
- IX- Iluminação pública, de acordo com as especificações técnicas indicadas pelos órgãos competentes.
- X- Via de acesso principal ao loteamento, pavimentada. (TRÊS PONTAS, 1988)

Para implantação das obras de infraestrutura os projetos são elaborados por autônomos e submetidos à aprovação pela Prefeitura Municipal. Os projetos de drenagem dos novos loteamentos são analisados pela Secretaria Municipal de Transportes e Obras.

4.2.2 Lei Nº 2.733 de 09 de outubro de 2006

A Lei Nº 2.733 de 09 de outubro de 2006, Plano Estratégico de Desenvolvimento Integrado, PEDI, é o instrumento básico de promoção da política de desenvolvimento municipal e expansão urbana que visa ordenar as funções socioeconômicas e administrativas do município. Para a discussão proposta nesse trabalho, destacam-se alguns capítulos postos a seguir:

O Capítulo II estabelece critérios de ordenamento territorial para as propriedades, sejam elas de domínio público ou privado, devendo atender as diretrizes de desenvolvimento territorial e social do município, previstas no PEDI, observando os seguintes requisitos:

- I- Aproveitamento socialmente justo e racional do solo;
- II- Utilização do solo de maneira compatível com a capacidade dos equipamentos e serviços públicos;
- III- Aproveitamento e utilização adequada dos recursos naturais disponíveis, com a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente, do patrimônio histórico, cultural, paisagístico, artístico e arquitetônico;
- IV- Aproveitamento e utilização da propriedade, compatíveis com a segurança e a saúde dos usuários e dos vizinhos;
- V- Plena adequação aos seus fins, sobretudo em se tratando de propriedade pública. (TRÊS PONTAS, 2006)

O Capítulo III do Título I, Política Urbana, dispõe o conjunto de normas de controle do solo, no qual estabelece no Art. 5º inciso V a necessidade de desenvolver estratégias para a consolidação da zona de proteção, ZP.

O Capítulo III do Título III, Infra-estrutura, o Art. 25, incisos I,V, XV e XVII apresenta a infra-estrutura desejável no município, além da existente.

- I – sistema de coleta e tratamento do esgoto, incluindo as obras de:
 - a) construção de emissário ao longo do Córrego Quatis;
 - b) construção de emissário na Avenida Osvaldo Cruz (Córrego dos Bambus);
 - c) construção da Estação de Tratamento de Esgoto;
 - (...)
- V – melhoria no sistema viário rural, com as seguintes ações:
 - (...)
 - c) construção de 11 (onze) pontes, assim dispostos sobre os seguintes Córregos e Ribeirões:
 - 1. Córrego Taquaral;
 - 2. Ribeirão Araras;
 - 3. Córrego São Bento;
 - 4. Ribeirão Espera;
 - 5. Córrego Padeiro;
 - 6. Córrego Jatobá;
 - 7. Córrego Barreiro;
 - (...)
 - XV – extensão das obras de canalização do Ribeirão Araras até o final da malha urbana (D.I.);
 - (...)
 - XVII – sistema de drenagem de águas pluviais nas vias públicas e ao longo dos córregos, equacionando problemas existentes em pontos localizados. (TRÊS PONTAS, 2006)

4.2.3 Resolução nº 02, de 23 de outubro de 2013 do CODEMA de Três Pontas

A Lei Nº 1.090, de 21 de maio de 1980, criou o Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente, CODEMA, no município de Três Pontas, sendo alterada pela Lei Municipal 1.154, de 10 de maio de 1983 e pela Lei Municipal 1.913, de 15 de dezembro de 1997, que dispôs sobre a reorganização do Referido Conselho.

A resolução Nº 02 do CODEMA dispõe sobre medidas de caráter ambiental a serem implementadas pelo Município de Três Pontas visando à prevenção de inundações na área urbana municipal, e dá outras providências. A seguir destacam-se algumas partes do texto da Resolução Nº 2 do CODEMA.

Nas disposições preliminares, Art. 1º, manifesta que a Secretaria de Meio Ambiente deve seguir as diretrizes estabelecidas na própria resolução para o estabelecimento de políticas de prevenção contra inundações na zona urbana. O parcelamento do solo urbano não pode ser aprovado sem anuência do órgão ambiental competente na esfera municipal.

O Art. 2º leva em consideração o estudo de impacto ambiental proveniente de ocupação de área urbana e, especificadamente a consideração da taxa de impermeabilização do solo urbano para consolidação e ampliação da zona de proteção.

Conforme apresentado no título II, as causas e efeitos de inundações, cabe ao órgão de execução das políticas ambientais na esfera municipal combater todas as causas definidas no Art 4º, bem como impedir que novas situações venham a ocorrer, com a implementação de diretrizes no ato do requerimento de parcelamento do solo urbana.

Art. 4º As principais causas das enchentes são:

- a) compactação do solo;
- b) alto grau de impermeabilização do solo pela malha asfáltica e de concreto;
- c) construção de calçadas;
- c) adensamento de edificações, que contribuem para reduzir o solo exposto, bem como dificulta o escoamento das águas;
- d) desmatamento de encostas e assoreamento dos rios;
- e) acúmulo de detritos em galerias pluviais, canais de drenagem e cursos d'água;

O título III define as medidas preventivas que devem ser analisadas perante solicitação de parcelamento do solo urbano. A seguir estão as principais definições apresentadas na resolução acerca do assunto:

Art. 7º A ocupação das áreas urbanas baixas, principalmente nas margens de córregos deverá ser analisada mediante aspectos inerentes à possibilidade de inundações provenientes de precipitações pluviométricas ocorridas na bacia hidrográfica em questão.

§1º O levantamento da vazão do córrego deve ser feito considerando-se o tempo de recorrência de 50 (cinquenta) anos, a área de contribuição da bacia e a impermeabilização dos lotes nos bairros localizados á montante da área onde se desejar efetivar ocupação.

§ 2º Não poderá ser deferido o parcelamento do solo urbano em áreas possíveis de inundação.

Art. 8º Considera-se área das bacias hidrográficas toda área que converge para o leito do córrego seja na malha urbana ou zona rural.

Parágrafo único. O órgão de execução da política ambiental deverá identificar a bacia hidrográfica à qual pertence a área que se pretenda parcelar, visando analisar a convergência das bacias hidrográficas.

(.....)

Art. 10. A Secretaria Municipal de Meio Ambiente deverá desenvolver as seguintes ações prioritárias de minimização de inundações na zona urbana do Município:

a) manutenção das áreas verdes existentes e preservação das áreas de preservação permanente – APP;

b) criação de novas áreas verdes para aumentar a permeabilidade;

(.....)

d) assistir a grande massa de pobres da periferia, melhorando o saneamento básico e garantindo a coleta de resíduos sólidos;

e) implementar programa de limpeza intensiva de bueiros, galerias e córregos poluídos com lixo jogado pela própria população;

f) estimular a educação ambiental nos órgãos públicos, entidades particulares e escolas;

g) estreitar o relacionamento entre o Poder Público e as associações de bairros;

(.....)

i) elaborar o Plano Diretor de Drenagem Urbana, estabelecendo os índices de ocupação do solo e os parâmetros para a macrodrenagem urbana;

(.....)

Art. 12. O Município de Três Pontas, através da integração da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Secretaria Municipal de Transportes e Obras, Secretaria Municipal de Fazenda e Procuradoria-Geral, deverá desenvolver as seguintes ações prioritárias de minimização de inundações na zona urbana do Município:

I - atualizar o plano estratégico de desenvolvimento integrado – PEDI municipal, identificando áreas de risco e estabelecendo regras de assentamento da população;

(.....)

O título V, Art. 13, define as medidas preventivas que dependem de todo cidadão, devendo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente desenvolver as seguintes ações prioritárias de minimização de inundações na zona urbana do Município, com a implementação de políticas de conscientização ambiental junto aos cidadãos que resultem na exclusão das seguintes condutas urbanas:

a) jogar lixo em terrenos baldios ou na rua;

b) jogar sedimentos, troncos, móveis, materiais e lixo nos rios, pois afetam o curso desses;

c) depósitos de entulhos de obras em terrenos baldios, ruas e vias públicas;

d) jogar lixo nos bueiros;

e) limpar o telhado e as canaletas de água;

- f) construir próximo aos córregos;
- g) construir em cima ou embaixo de barrancos.

O Título VI apresenta importantes definições que regulamentam os deveres do Poder Público Municipal, através de revisão de seu Plano Diretor, devendo regulamentar novas regras para o parcelamento do solo urbano que estabelecem as seguintes diretrizes:

(.....)

- I - implantação de modernos sistemas de drenagem;
- II - construção de áreas verdes com vegetação apropriada;
- III - planos de contingência em relação a áreas de risco;
- IV - criação de calçadas ecológicas (que possuem área permeável);
- V – outras a critério dos profissionais competentes.

Art. 18. A consolidação da Zona de Proteção prevista na Lei Municipal nº 1.288/88 – Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano - deverá ser prioridade da política ambiental do Município.

§ 1º A ZP deve ser considerada como fator primordial no combate a inundações, por absorver a água proveniente das chuvas e não contribuir para a vazão do córrego.

§ 2º A ZP deverá preferencialmente reflorestada com espécies nativas da região, podendo ser utilizada com fins institucionais sem edificações conforme a legislação de uso e ocupação do solo urbano.

Esta resolução, devidamente deliberada pelo Conselho Municipal de Conservação e Defesa do Meio Ambiente – CODEMA faz parte da legislação ambiental do Município de Três Pontas, conforme estabelecido no Art. 25 da própria resolução.

4.3 Sistema de Drenagem Urbana

Três Pontas possui em sua malha urbana diversos cursos d'água que cortam as regiões centrais e periféricas do município. Essa característica, comum na região mineira, é extremamente favorável à drenagem das águas de chuva por fornecer um sistema natural de disposição da vazão de chuva captada na bacia urbana (PMSB/TP, 2014).

O sistema de drenagem das águas de chuva é composto por escoamento superficial em sarjetas de concreto nos pontos mais elevados onde a concentração de água é menor. Nos pontos mais baixos, observa-se a existência de bocas de lobo, no qual, a maioria dos loteamentos da cidade utiliza o tipo caixa com grelha. Encontram-se variadas dimensão de boca de lobo por não haver um sistema padronizado pela prefeitura acerca do dimensionamento de projetos hidráulicos. As águas captadas pelas bocas de lobo são direcionadas por tubos de concreto até as galerias, e conduzidas até os córregos que cortam a malha urbana.

A Prefeitura Municipal não possui cadastro do sistema de drenagem existente na área central e nos bairros mais antigos. Encontram-se arquivados na Secretaria Municipal de Transportes e Obras os projetos dos sistemas de drenagem existentes nos loteamentos aprovados depois de 1988, quando entrou em vigor a Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano – Lei Municipal Nº1288, de 13 de abril de 1988 (PMSB/TP, 2014).

Três Pontas apresentou um crescimento regularmente visto nas cidades interioranas em que o surgimento dos primeiros povoados não é planejado. Logo que as comunidades se destacavam, Igrejas eram instaladas e ao seu redor a cidade vinha a crescer. Os cursos d'água contidos nas proximidades influenciaram o aglomerado de moradias e a forma em que o espaço foi sendo ocupado, como o entorno do Ribeirão Araras, Córrego Candongas, Bambus, Custodinho entre outros. Observa-se que a ocupação urbana aconteceu bem próxima das suas margens, e em regra, avenidas acompanham o curso destes córregos, de um lado ou de ambos os lados (PMSB/TP, 2014).

Com o passar do tempo, junto da estrutura urbana instalada, optaram por pavimentar alguns trechos dos córregos que cortam a malha urbana em virtude do aumento do tráfego entre outros motivos. A maioria dos cursos d'água que cortam as áreas urbanas do município são pavimentados, sendo que em alguns trechos são totalmente canalizados.

O Córrego dos Bambus Possui cerca de 2 Km de extensão com percurso no canteiro central da Avenida Oswaldo Cruz, no qual grande parte de seu trajeto é totalmente fechado. Por estar situado em uma das principais entradas da cidade o córrego foi totalmente pavimentado, sendo que inicialmente possuía todo o percurso com canal a céu aberto. Posteriormente foi realizado o fechamento de parte de sua extensão a fim de aumentar a área transitável da avenida. A figura 07 mostra trechos do canal com uma das partes do córrego que estão a céu aberto e umas das partes que se encontram canalizadas.

Figura 07 -Trecho do canal a céu aberto (A) e trecho do canal totalmente coberto (B)



(A)

(B)

Fonte: Autor (2019)

A figura 08 mostra o trecho em que os córregos Condongas e Bambus se encontram, contendo indicações dos sentidos. A seta verde indica a chegada das águas provenientes do córrego dos Bambus e a seta vermelha indica a chegada do córrego Condongas.

Figura 08 -Encontro do Córrego dos Bambus ao Córrego Custodinho



Fonte: Autor (2019)

A figura 09 mostra o trecho em que as águas provenientes dos córregos Condongas e Bambus se encontram com o córrego Custodinho no Ribeirão Araras, contendo indicações dos sentidos. A seta verde e vermelha indicam a chegada das águas

provenientes do córrego dos Bambus e Condongas. A seta azul indica a chegada do córrego Custodinho onde juntos constituem nesse trecho o Ribeirão Araras.

Figura 09 - Encontro dos Córregos Condongas e Bambus ao Córrego Custodinho



Fonte: Autor (2019)

A figura 10 mostra o trecho em que as águas provenientes de uma ramificação do córrego Condongas, que nasce no Parque Municipal da Mina do Padre Victor, desagua no Ribeirão Araras. Nesse ponto existe uma ponte sobre o córrego Condongas, que liga os bairros Village das Palmeiras ao Vila Rica, sendo também o fim do trecho cujo as calhas do córrego e do ribeirão são pavimentadas. Na Figura, é indicado o sentido da chegada das águas, sendo que a seta azul indica o fluxo do Ribeirão Araras e a seta amarela indica a chegada do Córrego Condongas.

Figura 10 - Encontro do Córrego Condongas ao Ribeirão Araras



Fonte: Autor (2019)

Por se tratar de um trecho de junção de vários Córregos que compõem o sistema de drenagem do município, as águas pluviais captadas em grande parte da malha urbana são direcionadas e este mesmo ponto. Posteriormente as águas provenientes do córrego das Formigas e córrego dos Quatis também desaguam no Ribeirão Araras. Isso implica dizer que a maioria das diversas sub-bacias existentes no município de Três Pontas, que utilizam desses córregos para dispor as águas captadas, desaguam no Ribeirão Araras.

Grande parte das bacias de contribuição destes córregos se encontra urbanizada, mas ainda existem áreas com atividades rurais e Zona de Proteção - ZP, “non aedificandi”, definida na Lei de Uso e Ocupação do Solo de Três Pontas. A proliferação de novos empreendimentos imobiliários e a consequente impermeabilização do solo nestas áreas ainda não ocupadas, situadas à montante das áreas problemáticas, podem agravar a situação relativa a enchentes. A consolidação da Zona de Proteção – ZP também é uma ação primordial para evitar que os problemas na região da Peret sejam agravados (PMSB/TP, 2014).

4.4 Áreas com problemas no sistema de drenagem pluvial

Os maiores problemas de drenagem apresentados na cidade são em pontos específicos e em dias de intensa chuva. É o caso do transbordamento do córrego dos Bambus e Ribeirão Araras.

Conforme diagnóstico apresentado pela prefeitura, a ausência de rede coletora de águas pluviais em determinados bairros (Santa Edwiges, Peret, Esperança, João P. Campos, Vila Marilena) é um fator que causa diversos problemas, porém, de pequena extensão e em locais isolados. Visto que em pontos baixos onde não existe continuidade do trecho por queda natural, todo o escoamento superficial pluvial deve ser captado e direcionado a um ponto de desague. Por essa negligência de projeto onde ocorre a inexistência de sistemas drenantes em pontos necessários, o acúmulo de água nas vias que formam pequenos alagamentos é comum, o que mostra falhas na análise hidrológica dos projetos desses loteamentos (PMSB/TP, 2014).

4.4.1 Córrego dos Bambus

O trecho do Córrego dos Bambus, na Avenida Oswaldo Cruz que passa pelo bairro Peret é o principal problema de drenagem que a cidade apresenta. Nos dias de verão, com fortes chuvas, o córrego canalizado transborda, causando muitos transtornos. O surgimento de alguns loteamentos a montante do córrego compreendeu em um aumento significativo na área de contribuição da sub-bacia drenada pelo córrego dos Bambus. Gerou-se então uma sobrecarga na capacidade de escoamento da seção do canal não comportando o volume de água escoado. Em alguns trechos existem pontos de estrangulamento da seção nos cruzamentos das vias dificultando ainda mais as condições de escoamento no canal. A jusante do trecho de alagamento as águas do córrego dos bambus se somam as águas do córrego Condongas, que posteriormente são dispostas no Ribeirão Araras.

As figuras a seguir 11, 12 e 13 registram a magnitude do problema das enchentes que regularmente afetam os moradores da região. O transtorno causado pelo problema e a recorrência do evento fez com que os moradores afetados criassem métodos para lidar com a situação em suas propriedades. Diversas obras foram realizadas nas moradias e comércios, medidas particulares e sem vínculo público, para a contenção do alagamento na tentativa de impedir que as águas adentrassem aos lotes.

Figura 11-Transbordamentos do Córrego dos Bambus, A



Fonte: Autor (2019)

Figura 12-Transbordamentos do Córrego dos Bambus, B



Fonte: Autor (2019)

Figura 13 -Transbordamentos do Córrego dos Bambus, C



Fonte: Autor (2019)

4.4.2 Córrego Condongas

O Córrego Condongas possui uma ramificação cuja nascente se situa no Parque Municipal da Mina do Padre Victor. Esse trecho do córrego passa pelos Bairros Parque

Veredes e Catumbi, finalizando seu percurso ao desaguar no Ribeirão Araras entre os bairros Villa Rica e Village das Palmeiras. Toda a calha do curso d'água em questão possui contenção lateral do canal por placas de concreto, as quais se encontram em péssimas condições. Um trecho de aproximadamente 200m apresenta problemas com a contenção do solo, onde as placas de concreto instaladas no canal estão caindo. A figura 14 mostra parte da contenção já em ruína. Em visita ao local foi possível observar que outras placas desse trecho estão caindo e as ruas apresentam afundamento do pavimento asfáltico, o que implica na movimentação do solo às margens do córrego.

Figura 14-Trecho danificado do Córrego Condongas



Fonte: Autor (2019)

4.4.3 Obstrução dos Canais

Conforme já mencionado, cabe à secretaria Municipal de Transportes e Obras gerenciar a limpeza dos instrumentos de drenagem da cidade. Segundo o PMSB/TP, o serviço de manutenção as sarjetas, como a capina, e a limpeza das bocas de lobo são realizados no município de acordo com a demanda, sendo essa atividade mais intensa no período que precede as chuvas. A Limpeza dos córregos que cortam a malha urbana acontece somente uma vez ao ano.

A Resolução 02 do CODEMA apresenta no Título III, Das Medidas Preventivas, Art. 10. ações prioritárias de minimização de inundações na zona urbana. Dentre elas delibera-se a criação de programas de limpeza intensiva de bueiros, galerias e cursos d'água.

Entretanto, em visitas realizadas durante o mês de Maio de 2019 aos cursos d'água que cortam a malha urbana, foi possível identificar falhas no programa de limpeza adotado pela prefeitura. Em diversos pontos, os córregos encontram-se tomados pela vegetação ou com a presença de entulhos jogados pela população. A limpeza realizada pela prefeitura não está sendo suficiente, o que difere das informações apresentadas e incentivadas pelo PMSB/TP e COODEMA. A figura 15 apresenta fotografias tiradas durante as visitas que comprovam a irregularidade presente nos cursos d'água.

Figura 15 -Sujeira presente nos cursos d'água



Fonte: Autor (2019)

4.4.4 Localização de demais pontos problemáticos

Um estudo realizado pela Prefeitura Municipal de Três Pontas no ano de 2014 elencou diversos pontos isolados da cidade com problemas de drenagem. Conforme visitas aos endereços informados, poucos dos problemas diagnosticados sofreram intervenção. Algumas medidas paliativas foram instaladas e nenhuma grande obra foi realizada até o momento. Na maioria dos casos o problema central se resume na inexistência do sistema de drenagem.

Os Pontos problemáticos listados estão marcados na figura 16, que contempla o mapa do município com a marcação de cada região problemática. Em conformidade

escoamento superficial com eficiência, o que provoca o acúmulo de água na via danificando frequentemente a pavimentação asfáltica (PMSB/TP).

Em visita ao local, observou-se que o pavimento permanece danificado, mostrando que os problemas com a drenagem não foram sanados.

4- Rua Dr. Carvalho de Mendonça.

As águas de chuva que escoam superficialmente nessa via são captadas por uma única boca de lobo e conduzidas até uma vala por onde escoam superficialmente até o córrego condongas. Em dias de forte chuva a boca de lobo não suporta a vazão solicitante, o que gera transtornos aos moradores próximos ao local (PMSB/TP).

Em visita ao local, notou-se que nesse trecho não foi realizado nenhuma medida corretiva para o problema e a situação está se agravando, uma vez que há degradação da sarjeta e da vala, que está sofrendo erosão.

5- Travessa Purcina Scatolino (região da Peret).

Trata-se de uma via de pequena extensão, localizada próxima ao Ribeirão Araras, sem sistema de rede pluvial, condições que dificultam o escoamento das águas de chuva e causam transtornos para os moradores (PMSB/TP).

Em visita ao local, observou-se que a prefeitura executou obra corretiva, instalando os equipamentos de drenagem.

6- Avenida Senador Josino de Brito.

Devido à condição de baixa declividade, cerca de 0,0092 m/m, e inexistência da rede pluvial, em dias de forte chuva ocorre o acúmulo excessivo de água na via, por onde é realizado o escoamento superficial (PMSB/TP).

Em visita ao local, notou-se que nesse trecho não foi realizado nenhuma medida corretiva para o problema.

7- Rua Geraldo Barros de Andrade, Rua Amado Barros de Andrade, Rua Benevides Tavares e Rua Juvenal de Castro, no bairro Vila Rica.

O sistema de drenagem existente se resume a algumas bocas de lobo situadas próximas ao córrego condongas que margeia o bairro. O escoamento é realizado somente por meio das sarjetas, na qual a declividade dessas ruas não supera 0,0026 m/m. Sendo assim, nos dias de chuvas mais fortes, as águas se acumulam sobre o leito destas vias causando transtornos para a população residente no bairro (PMSB/TP).

Em visita ao local, notou-se que nesse trecho não foi realizado nenhuma medida corretiva para o problema.

8- Rua Barão do Pontal.

A Rua Barão do Pontal não possui rede pluvial e recebe um volume significativo de água de chuva que escoam superficialmente pelas ruas adjacentes, principalmente da Rua Francisco Vieira Campos. Nos dias de maiores volumes de água, a boca de lobo não comporta a vazão escoada e muitas vezes causam transtornos aos moradores (PMSB/TP).

Em visita ao local, observou-se que a prefeitura executou obra corretiva, instalando os equipamentos de drenagem.

9- Rua A do bairro Major Brás.

A rua apresenta declividade em torno de 0,001 m/m e frequentemente as águas de chuva ficam empossadas, ou seja, não há condições do escoamento ser somente superficial (PMSB/TP).

Em visita ao local, observou-se que a prefeitura executou obra corretiva, instalando os equipamentos de drenagem.

10- Avenida Olinto Reis Campos.

A rede pluvial existente em uma das ruas que captavam o escoamento superficial da avenida foi desativada, causando o acúmulo de água na intercessão das vias. Nesse ponto acontece o acúmulo de água, causando transtorno aos moradores e ao trânsito local (PMSB/TP).

Em visita ao local, observou-se que a prefeitura executou obra corretiva, instalando os equipamentos de drenagem.

5. DIRETRIZES PROPOSTAS PARA O MUNICÍPIO DE TRÊS PONTAS

Os problemas enfrentados pelo município de Três Pontas precisam ser encarados de duas formas: Inicialmente com abordagens corretivas aos sistemas que apresentam falhas, e, adjunto, definir práticas eficientes para os projetos futuros, baseadas em metodologias que minimizem o escoamento superficial.

Sabendo da ineficiência do atual sistema de drenagem pluvial, suscita-se a reestruturação dos dispositivos drenantes e condutores nas áreas problemáticas, sendo indispensável à execução de obras corretivas e compensatórias ao sistema. No entanto, este trabalho possui foco em apresentar diretrizes para os projetos futuros, a fim de contribuir com subsídios técnicos e urbanísticos para a concepção de projetos.

As diretrizes propostas apresentam técnicas que, sobretudo, garantem a eficiência de drenagem e disposição das águas provenientes de chuvas de forma rápida e efetiva. No que tange as práticas preventivas são apresentadas medidas que promovem a infiltração e retenção das precipitações consoantes às condições existentes e limitações do município de Três Pontas. Desta forma, a seguir estão elencadas as propostas de subsídios técnicos que deveriam ser considerados pela legislação municipal.

5.1 Parâmetros Hidrológicos

5.1.1 Levantamento de dados

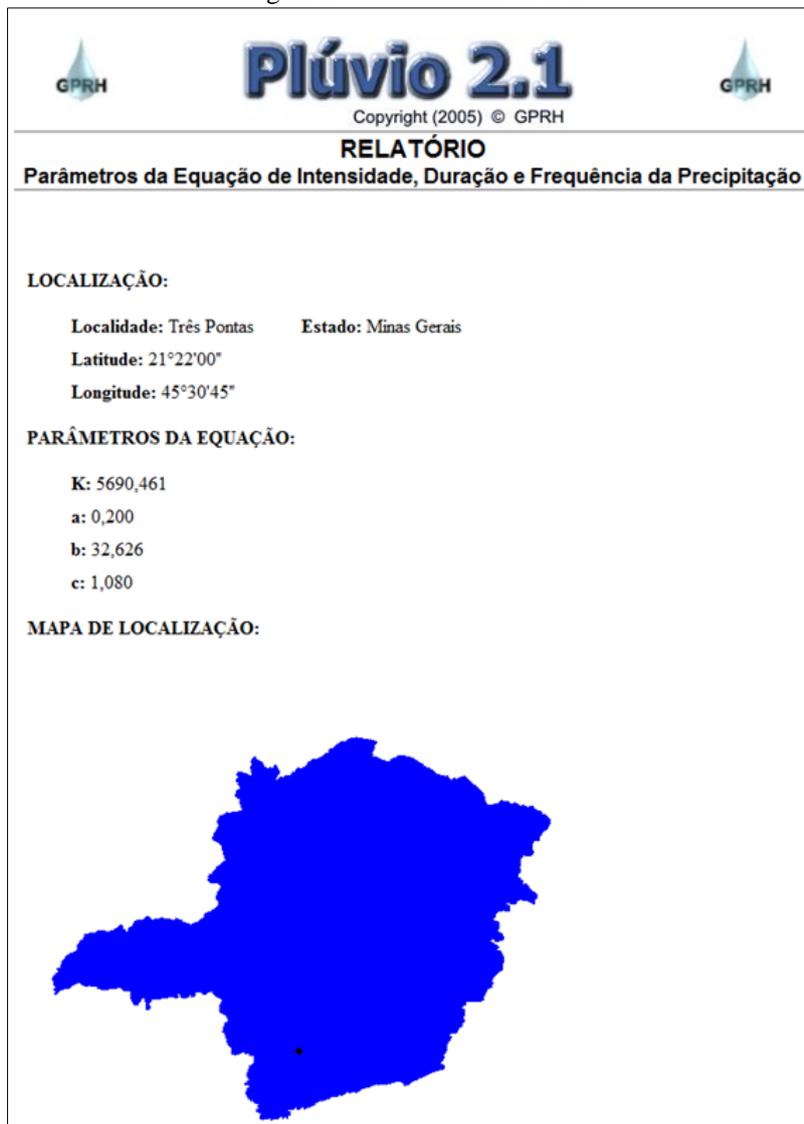
Os estudos hidrológicos implantados na cidade de Três Pontas são relativamente recentes, no qual a série histórica mais relevante das precipitações médias anuais possui cerca de 30 anos. Com isso, a utilização do software pluvio 2.1 possibilita estimar intensidades de chuva para tempos de retorno superiores ao início dos estudos hidrológicos no município.

A figura 17 apresenta o relatório obtido pelo software pluvio 2.1 com os dados necessários para a equação de chuva.

Conforme apontado no tópico 3.1.1 – Intensidade de Chuva, o que o software faz é, através das coordenadas locais inseridas pelo usuário, apresentar dados característicos da região. O lançamento desses dados na equação 01, padronizada pelos desenvolvedores do plúvio 2.1, determina os valores dos coeficientes de ajustamentos específicos para cada localidade (k, a, b, c) e, desta forma, obtém-se a equação

específica da região estudada. Para o município de Três Pontas, foi encontrada a equação 09, explicitada a seguir.

Figura 17- Relatório Plúvio 2.1



software plúvio 2.1 (2019)

$$i = \frac{5690,461 \times T^{0,2}}{(t+32,623)^{1,08}} - \text{Equação 09}$$

Onde:

i: intensidade máxima média da chuva (mm/h);

T: período de retorno (anos);

t: tempo de concentração da chuva (min)

O Tempo de concentração (duração da chuva) inicia-se na cabeceira de rede, a qual corresponde ao tempo de escoamento superficial pelas sarjetas e vias até o exutório

da bacia considerada. O tópico 3.1.4 desse trabalho instrui o cálculo do tempo de concentração com fórmulas adequadas a cada aplicação.

Para o dimensionamento de novos projetos urbanísticos, devem ser analisadas as seguintes instruções:

- Para áreas inferiores a 5 Km² e com características naturais deve-se utilizar a equação de Kirpich.
- Projetos de loteamento com áreas menores que 5 Km² utilizar a equação de California Culverts Practice.
- Projetos com áreas superiores a 5 Km² utilizar método cinemático.
- Projetos que envolvam o estudo dos canais presentes na malha urbana deve-se calcular pelo método cinemático.

Para a definição do período de retorno em novos empreendimentos, deve-se usar as tabelas 01 e 02 presentes neste trabalho. As mesmas definem aplicações que variam de 2 a 25 anos para obras de microdrenagem e de 50 a 100 anos para obras de macrodrenagem.

Para as áreas já urbanizadas e que, conforme diagnóstico, apresentam problemas no sistema de drenagem (córregos que cortam a malha urbana), a diretriz impõe tempo de retorno de no mínimo 150 anos para eventuais obras corretivas.

O Coeficiente de escoamento superficial pode ser consultado na tabela 03 desse trabalho. A tabela contém diferentes coeficientes de escoamento conforme o uso do solo, sendo essa parte de um estudo apresentado por Tucci e presente em diversos estudos e manuais de drenagem pluvial.

A área de drenagem a ser considerada pode ser delimitada pelo método “diagrama de telhados” que implica na delimitação de áreas contribuintes (lotes e vias) segundo a geomorfologia (espigões) do parcelamento do solo.

5.1.2 Vazão de projeto

Para áreas de até 2 Km² deve ser utilizado o Método Racional (título 3.8.5). Ressalta-se que a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. O Método Racional não deve ser aplicado para o dimensionamento de reservatórios de amortecimento, visto que a distribuição temporal das vazões não é considerada.

Para as áreas que excedam 2 Km², deverá ser utilizado o método hidrológico I-PAI-YU (título 3.8.6). Aplica-se tal método, por exemplo, nos projetos de macrodrenagem, que envolvem bacias geralmente com área superior a 2Km², onde o escoamento é composto pela drenagem de áreas urbanizadas e não urbanizadas.

5.2 Projetos de Microdrenagem

Com base nos parâmetros fornecidos pelas mais importantes referências bibliográficas brasileiras e na avaliação feita de Três Pontas, são apresentados procedimentos que devem ser utilizados para a concepção de projetos de drenagem pluvial. Considerando aquilo que é pertinente às condições do município, foram selecionados e adaptados àqueles condizentes com suas condições. Desta forma, a seguir, eles estão listados.

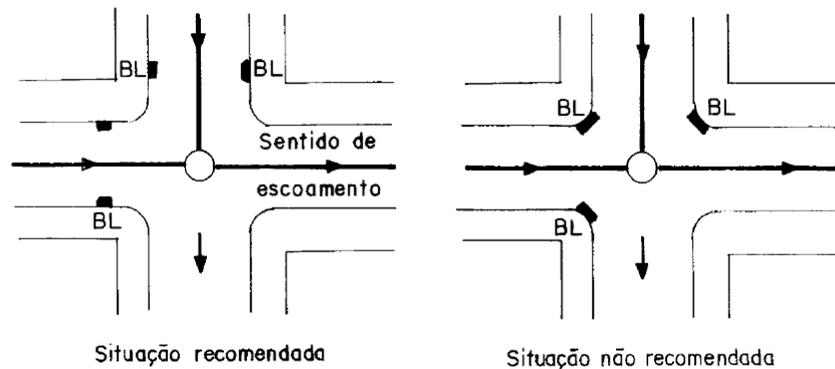
5.2.1 Bocas de Lobo

Para a instalação das bocas de lobo deve-se:

- Localizá-las de maneira a conduzirem as vazões superficiais para as galerias.
- Nos pontos em que o escoamento superficial exceder a capacidade das sarjetas, deve haver boca de lobo;
- Nos pontos mais baixos do sistema viário deverão ser necessariamente colocadas com visitas, possibilitando a manutenção e limpeza;
- Estar locada, necessariamente, nos pontos baixos das quadras;
- Adotar espaçamento máximo de 60 m entre as bocas de lobo caso não seja analisada a capacidade de descarga da sarjeta;
- Não é permitida a instalação de bocas de lobo junto ao vértice do ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes;

A figura 18 exemplifica a forma correta de locação das bocas de lobo.

Figura 18- Locação das bocas de lobo.



Fonte: CETESB, (1980).

As bocas de lobo podem ser classificadas em três principais grupos: bocas ou ralo de guias; ralos de sarjeta (grelhas) e ralos combinados. Cada tipo inclui variações quanto às depressões em relação ao nível da superfície (FCTH, 2012). A figura 21 ilustra 10 situações aplicáveis das bocas de lobo.

Deve-se considerar que a capacidade de engolimento das bocas de lobo simples pode ser calculada pela equação 11 se $y < 12\text{cm}$.

$$Q = 1,7 \times L \times y^{\frac{3}{2}} \quad - \text{Equação 11}$$

Quando a altura de água sobre o local for maior do que a abertura na guia, a vazão pode ser calculada pela equação 12.

$$Q = 3,01 \times L \times h^{\frac{3}{2}} \times \left(\frac{y_1}{h}\right)^{\frac{1}{2}} \quad - \text{Equação 12}$$

Em que:

Q = Vazão de engolimento, em m^3/s ;

y = altura da água próximo a abertura da guia (m);

L = comprimento da soleira

H = altura da guia (m)

y_1 = Carga da abertura da guia (m) – ($y_1 = y - h/2$)

As bocas de lobo com grelha podem ser calculadas pela equação 11, substituindo o L por P , onde P é o perímetro do orifício. Se um dos lados da grelha for

adjacente à guia, este lado deve ser desconsiderado no perímetro (CETESB,1980). A equação 11 alterada fica da seguinte forma:

$$Q = 1,7 \times P \times y^{\frac{3}{2}} \quad - \text{Equação 13}$$

Para profundidades de lâmina maiores que 42 cm, a vazão é calculada pela equação 14:

$$Q = 2,91 \times A \times y^{\frac{1}{2}} \quad - \text{Equação 14}$$

Em que:

Q = Vazão de engolimento, em m³/s;

y = altura da água próximo a abertura da guia (m);

A = área da grada, excluídas as áreas ocupadas pelas barras (m²)

A capacidade de esgotamento das bocas de lobo calculadas não expressa a realidade devido a vários fatores que minoram a capacidade, entre os quais podem ser obstruções e irregularidades. Por isso, deve ser minorada a capacidade teórica conforme tabela 04 apresentada a seguir.

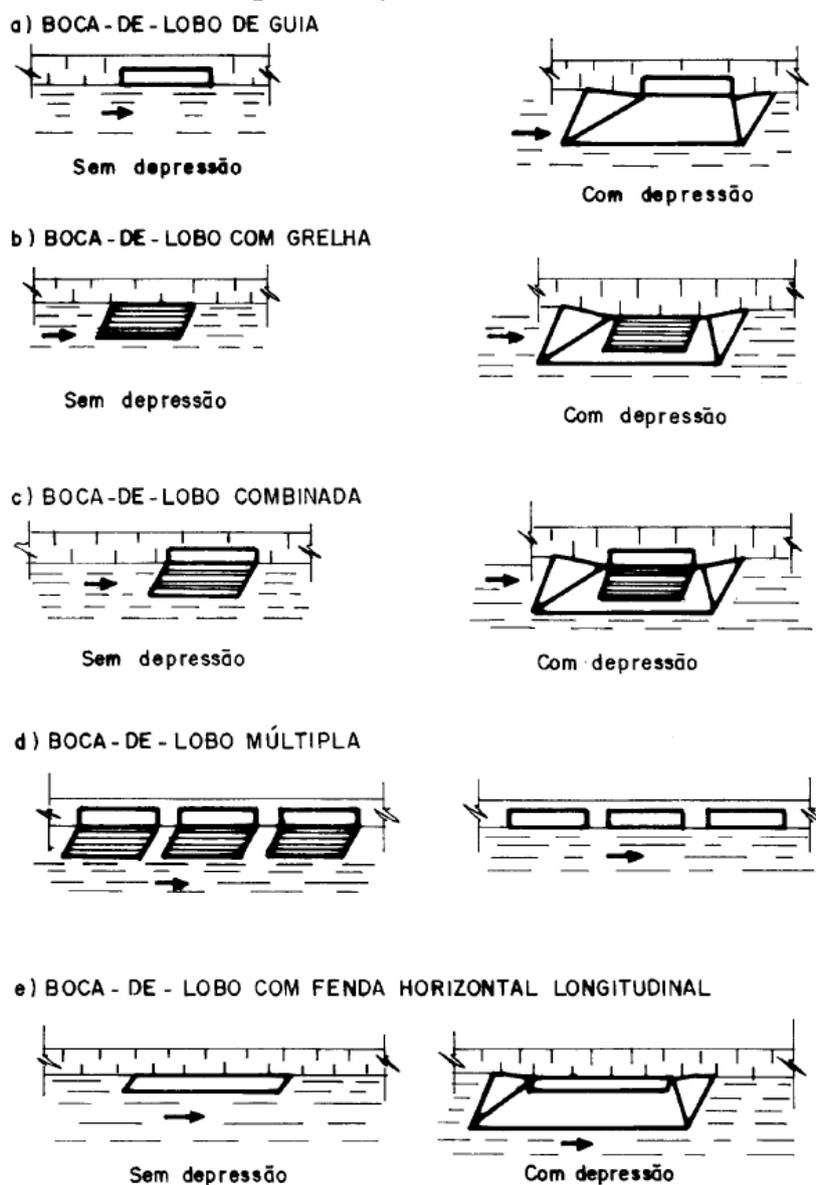
Tabela 04 - Fator de redução da capacidade das bocas-de-lobo

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

Fonte: FCTH (2012).

Três Pontas possui, em sua maioria, bocas de lobo do tipo com grelha. Desta forma, com o objetivo de padronizar o sistema de drenagem pluvial do local, indica-se manter as bocas de lobo deste tipo, com exceção das avenidas, nas quais pode ser adotada boca de lobo de guia.

Figura 19 - Tipos de boca de lobo



Fonte: CETESB (1980).

5.2.2 Poços de Visita

No caso dos poços de visita, para o município pode ser adotado aquilo que é convencionalizado pelas bibliografias. Assim, os tópicos a seguir foram desenvolvidos com base nas instruções técnicas abordadas pela SUDECAP (2004).

- A instalação dos poços de visita deve atender às mudanças de direção, diâmetro e declividade dos condutos;
- Deve haver um poço de visita em todo início e fim de rede;

- O espaçamento entre dois poços de visita deve seguir o recomendado pela Tabela 05.

Tabela 05 - Espaçamento máximo dos poços de visita

DN (mm)	Espaçamento Máximo (m)
500	100
800	120
1000	120
1200	150
1500	200

Fonte: SUDECAP (2004).

5.2.3 Galerias

A fim de padronizar o sistema de drenagem pluvial, deverão ser seguidos os seguintes parâmetros, feitos com base no que foi proposto por (CETESB,1980). com as adaptações necessárias.

- O diâmetro mínimo das galerias deve ser de 0,30m;
- Os diâmetros correntes são: 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 1,00; 1,20; 1,50 m;
- A velocidade máxima admissível para tubo de concreto é de 5,0 m/s e a velocidade mínima 0,60 m/s;
- As galerias pluviais devem ser projetadas para funcionarem a seção plena com vazão de projeto;
- O recobrimento mínimo da rede deve ser de 1,0 m, quando forem empregadas tubulações sem estruturas especiais;
- Nas mudanças de diâmetro os tubos deverão ser alinhados pela geratriz superior, como indicado na figura 19.

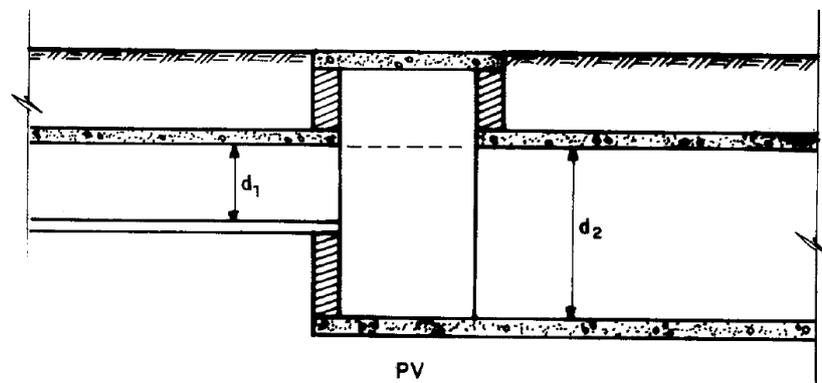
O dimensionamento das galerias é realizado com base nas equações hidráulicas de movimento uniforme, como a de Manning, Chezy e outras. O tipo de galeria adotada influencia por haver modelos geométricos e de matérias diferentes, assim, diferentes rugosidades e áreas devem ser consultadas. A equação 15 define a área circular necessária, expressa em diâmetro de tubo.

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot n} \times \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{3}{8}} \quad \therefore \quad D = 1,55 \left(\frac{Q \cdot n}{S^{\frac{3}{8}}}\right)^{\frac{3}{8}} \quad - \text{Equação 15}$$

A seção transversal molhada máxima a ser adotada, conforme indica a SUDECAP (2004), para a rede tubular corresponde à seção com altura da lâmina d'água (y) igual a 80% do diâmetro nominal da respectiva rede. A equação 16 reitera como este percentual se aplica ao diâmetro nominal.

$$y = 0,8 \times DN - \text{Equação 16}$$

Figura 20 - Mudança de diâmetro.



Fonte: CETESB (1980).

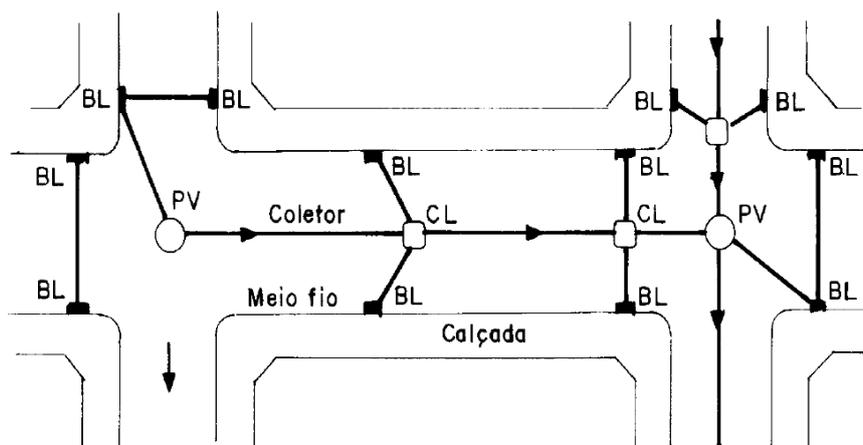
5.2.4 Caixas de Ligação

De acordo com CETESB (1980) a função das caixas de ligação é parecida com a do poço de visita, com a diferença de que não são visitáveis. Desta forma,

- Devem ser alocadas caixas de ligação para evitar a chegada de mais de quatro tubulações em um mesmo poço de visita;
- São utilizadas caixas de ligação para alocar bocas de lobo intermediárias.

Na Figura 21 são mostrados exemplos de localização de caixas de ligação:

Figura 21- locação das caixas de ligação



Fonte: CETESB (1980)

5.2.5 Capacidade de condução hidráulica de ruas e sarjetas

Depois que as águas pluviais entram em contato com os terrenos elas escoam destas para as ruas. Estas últimas possuem declividade transversal – por isso são chamadas de abauladas – e inclinação longitudinal, fazendo com que a água vá rapidamente para as sarjetas para, em seguida, escoar rua abaixo.

Nos casos de vazão excessiva, a sarjeta não é capaz de comportar o escoamento superficial, podendo ocorrer alagamentos das ruas, inundação das calçadas e erosão do pavimento causada por velocidades exageradas.

Desta forma, faz-se necessário calcular a capacidade de condução da rua ou da sarjeta e, para tal, podem ser analisadas duas hipóteses. A primeira delas é quando há água escoando apenas pela sarjeta, e a segunda, quando a água escoo pela sarjeta e pela rua.

A SUDECAP (2004) apresenta uma padronização de 3 tipos de sarjetas, A, B e C, no qual se define a altura da lâmina d'água nas sarjetas com base na declividade longitudinal das vias e, se aplicável, tamanho da faixa de alagamento aqui apresentado na Tabela 06.

Tabela 06 - Altura da lâmina d'água nas guias dos passeios

Declividade Longitudinal	Sarjeta	Altura máxima da Lâmina d'água na sarjeta	
		L = 1,67m	L = 2,17m
I > 16%	Tipo A	5cm	(5+1,5) = 6,5cm
16% > I > 0,5%	Tipo B	11cm	(11+1,5) = 12,5cm
I < 0,5%	Tipo C	16cm	(16+1,5) = 17,5cm

Fonte: SUDECAP (2004).

A capacidade de escoamento das sarjetas pode ser calculada pela fórmula de *Izzard*, apresentada na equação 10.

$$Q_s = 0,00175 \times \frac{Z}{n} \times (Y)^{\frac{8}{3}} \times (i)^{\frac{1}{2}} - \text{Equação 17}$$

Em que:

Q_s = capacidade (vazão) da sarjeta, em l/s;

Y = altura da lâmina d'água (tabela 05);

Z = inverso da declividade transversal, em m/m;

i = declividade longitudinal da via, em m/m;

n = coeficiente de rugosidade (Manning), adota-se para sarjetas de concreto.

No caso das sarjetas, uma vez calculada sua capacidade teórica, multiplica-se o seu valor por um fator de redução, que leva em conta a possibilidade de obstrução de sarjetas de pequenas declividades por conta da probabilidade de sedimentação de resíduos e danificação das mesmas. A tabela 07 a seguir define alguns fatores de redução.

Tabela 07 - Fator de redução do escoamento das sarjetas

Declividade da sarjeta	Fator de redução
0,4	0,5
1 a 3	0,8
5	0,5
6	0,4
8	0,27
10	0,2

Fonte: FCTH (2012)

5.3 Medidas de amortecimento

O papel das medidas de controle do escoamento superficial é proporcionar soluções que promovam a redução e infiltração das águas de chuva. Três Pontas enfrenta anualmente problemas com enchente, mencionadas no capítulo 4, sendo que, os mais graves são provenientes de um elevado escoamento superficial que sobrecarrega o sistema drenante em alguns pontos do município.

A redução do escoamento superficial gerado nas áreas impermeabilizadas pode reduzir a magnitude do problema existente, sobretudo, minimizar os danos causados pelas enchentes. O Título 3.3 desse trabalho apresenta ferramentas de controle do escoamento superficial com as características de cada método, os quais podem ser aplicados em diversas localidades do município.

Os tópicos a seguir apontam aplicações que podem reduzir os problemas mencionados e que possuem importante relevância para os projetos futuros a serem aprovados em Três Pontas.

5.3.1 Medidas nos lotes

Ao analisar um sistema de drenagem pluvial nos centros urbanos, o ponto inicial de captação das águas pluviais são os lotes, os quais representam grande parte das áreas impermeabilizadas.

Três Pontas possui em sua legislação a Lei Municipal Nº 1.288 de 13 de abril de 1988, Lei de Uso e Ocupação do Solo, apresentada em partes nesse trabalho no título 4.2 Normas existentes, que disciplina o uso e parcelamento do solo. As normas presentes na lei estabelecem para as áreas dos lotes parâmetros de dimensões das construções, como afastamentos, taxa de ocupação do lote e coeficiente de aproveitamento, distintos conforme o zoneamento urbano. No entanto, não trata diretamente da questão da taxa de impermeabilização permitida em determinada construção, como é feito em outros municípios. O então adotado coeficiente de ocupação, apesar de limitar o tamanho das edificações, não impede que todo o lote possa ser impermeabilizado por revestimentos.

A adoção de um coeficiente de impermeabilização por lote pode reduzir a geração de escoamento superficial que é lançado nas vias públicas e auxiliar no abastecimento do lençol freático com a infiltração das águas pluviais.

Com base nesse conceito, é evidente que deveria ser acrescentada à lei de uso e ocupação do solo a questão do percentual de área permeável aos lotes, exigindo instalação dos instrumentos de infiltração como condicionante para a aprovação de obras e emissão do habite-se. Na lei em questão, são contempladas as exigências: a) Taxa de Ocupação; b) Coeficiente de Aproveitamento; c) Afastamentos mínimos laterais e de fundo; d) Afastamento mínimo frontal. E é neste trecho que deveria ser adicionado o condicionante da área permeável, podendo ser expresso como o item e do Art. 23, da seguinte forma: e) Área mínima permeável.

Outra proposta de alteração da Lei refere-se ao Anexo III da mesma - Tabela de exigências de Assentamento das Edificações. Tal anexo apresenta os percentuais para taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento do terreno. Esta tabela está disposta no Anexo I deste trabalho, na prancha com o zoneamento urbano de Três Pontas. A proposta de alteração da mesma é a Tabela 08, na qual foi adicionado outro parâmetro: o percentual de permeabilidade.

Tabela 08 - Exigência de assentamentos com especificação de uso / zonas

	ZCC	ZR1	ZR2 - ZE	ZR3	ZR4	SE1	SE2	SE3	SE4	SE5	ZI	PP	ZP - ZEU2
Residencial Unifamiliar	40	50	60	60	60				50				N O N A E D I F I C A N D I
	80	1	1,2	1,2	30	V	V	V	1	V	V	V	
	30	25	20	20	20				25				
Residencial Coletivo	50	60	50	60	40				50				
	2	2,4	1	1,2	0,8	V	V	V	1	V	V	V	
	25	20	25	20	30				25				
Misto comercial residencial	80	60	50	60	40				50				
	2,6	2,4	1	1,2	0,8	V	V	V	1	V	V	V	
Comércio e serviço Central	80	60		60				80	60				
	3,2	2,4	V	1,2	V	V	V	1,6	1,2	V	V	V	
Comércio e serviço Local	80	60	50	60					80				
	3,2	2,4	1	1,2	V	V	V	V	1,6	1	V	V	
Comercio atacadista			50					80					
	V	V	1	V	V	V	V	1,6	V	V	V	V	
Institucional	80	60	50	60	50				60				
	3,2	2,4	1	1,2	1	1	1	V	1,2	V	V	1	
Média Industria			60					80					
	V	V	1,2	V	V	V	V	1,6	V	V	2	V	
Pequena Industria	80	60	60	60					60				
	1,6	1,2	1,2	1,2	V	V	V	V	1,2	V	V	V	
	10	20	20	20					20				

*
•
"

- * Taxa de ocupação do terreno
- Coeficiente de aproveitamento do terreno
- " Taxa de permeabilidade
- 1 Livre, de acordo com a prefeitura
- 2 Livre, de acordo com a administração do distrito industrial
- V Uso vetado

Fonte: Autor (2019)

Para efeito de cálculo das áreas mínimas permeáveis, e conforme apresentado na Tabela 06, a metade da área não edificada deve ser mantida sem pavimentação. As áreas não edificadas estão estipuladas por meio da taxa de ocupação já estabelecida e em vigor no município desde a publicação da Lei em 1988.

Outra medida que vem sendo utilizada como artifício de incentivo ao controle do escoamento superficial e ao controle da poluição urbana é a exoneração de alguns impostos, em troca da instalação de práticas ecológicas em lotes privados. As práticas variam de medidas voltadas a redução do escoamento superficial e a medidas ecológicas, como o reaproveitamento de água. Os tópicos seguintes apresentam instrumentos que permitem a infiltração ou retenção do escoamento superficial no

interior dos lotes e que podem ser associados ao armazenamento e utilização das águas pluviais.

5.3.1.1 Pavimentos permeáveis

Os pavimentos permeáveis caracterizam-se por apresentar volumes de vazios capazes de infiltrar a água através de sua estrutura. Existem revestimentos de diversos materiais com essa capacidade, desde pisos plásticos até pavimentos de concreto.

A adoção desses materiais pode ser instruída em norma a fim de possibilitar áreas permeáveis às águas pluviais sem a necessidade de utilizar áreas gramadas ou somente com o solo natural. Para isso, poderia ser agregado ao percentual de área permeável outro percentual definido para o uso de pavimentos permeáveis, conforme propõe a tabela 09.

Tabela 09 – Exigência de assentamento com especificação para pavimento permeável..

	ZCC	ZR1	ZR2 - ZE	ZR3	ZR4	SE1	SE2	SE3	SE4	SE5	ZI	PP	ZP - ZEU2
Residencial Unifamiliar	40	50	60	60	60				50				N O N A E D I F I C A N D I
	80	1	1,2	1,2	30	V	V	V	1	V	V	V	
	30 - 45	25 - 37,5	20 - 30	20 - 30	20 - 30				25 - 37,5				
Residencial Coletivo	50	60	50	60	40				50				
	2	2,4	1	1,2	0,8	V	V	V	1	V	V	V	
	25 - 37,5	20 - 30	25 - 37,5	20 - 30	30 - 45				25 - 37,5				
Misto comercial residencial	80	60	50	60	40				50				
	2,6	2,4	1	1,2	0,8	V	V	V	1	V	V	V	
	10 - 15	20 - 30	25 - 37,5	20 - 30	30 - 45				25 - 37,5				
Comércio e serviço Central	80	60		60				80	60				
	3,2	2,4	V	1,2	V	V	V	1,6	1,2	V	V	V	
	10 - 15	20 - 30		20 - 30				10 - 15	20 - 30				
Comércio e serviço Local	80	60	50	60				80					
	3,2	2,4	1	1,2	V	V	V	1,6	1	V	V	V	
	10 - 15	20 - 30	25 - 37,5	20 - 30				10 - 15					
Comercio atacadista			50					80					
	V	V	1	V	V	V	V	1,6	V	V	V	V	
			25 - 37,5					10 - 15					
Institucional	80	60	50	60	50				60				
	3,2	2,4	1	1,2	1	1	1	V	1,2	V	V	1	
	10 - 15	20 - 30	25 - 37,5	20 - 30	25 - 37,5				20 - 30				
Média Industria			60					80					
	V	V	1,2	V	V	V	V	1,6	V	V	2	V	
								10 - 15					
Pequena Industria	80	60	60	60					60				
	1,6	1,2	1,2	1,2	V	V	V	V	1,2	V	V	V	
	10 - 15	20 - 30	20 - 30	20 - 30					20 - 30				

*
•
" "

- * Taxa de ocupação do terreno
- Coeficiente de aproveitamento do terreno
- " Taxa de permeabilidade
- " Taxa de permeabilidade com o uso de pavimentos permeáveis
- 1 Livre, de acordo com a prefeitura
- 2 Livre, de acordo com a administração do distrito industrial
- V Uso vetado

Fonte: Autor (2019)

Outro método existente de pavimentos drenantes que possibilitam o armazenamento das águas infiltradas é por meio da própria estrutura do pavimento. Esse processo não transmite as águas precipitadas ao solo, sendo a mesma drenada para o sistema convencional após o pico de chuva, isto é, o escoamento superficial torna-se tardio ao pico de precipitação.

Nesse modelo de pavimento permeável é possível associar o sistema drenante a um armazenamento das águas pluviais e a possível reutilização da mesma. Desse modo, o escoamento superficial é reduzido, podendo ser lançado ao sistema público como água servida ou por meio da infiltração, caso seja utilizada para irrigação.

5.3.1.2 Telhados reservatório

O telhado é um elemento da edificação que realiza o fechamento da parte superior do imóvel. Existem diversos tipos de telhados de diferentes mecanismos e materiais, tendo todos eles a função de realizar o cobrimento das edificações. Junto a isso, os telhados reservatórios surgiram com a capacidade de reservar as águas provenientes das precipitações, sendo que a água retida é eliminada aos poucos, podendo a mesma ser armazenada em um reservatório e reutilizada.

Os artifícios utilizados para captar e armazenar as águas pluviais de telhados são diversos e com características distintas. Alguns são capazes de armazenar em sua própria estrutura enquanto outros servem como área contribuinte para a captação e drenagem até um reservatório.

Outra aplicação comum às coberturas são os telhados verdes, que possibilitam a infiltração e armazenamento de água em seu interior. Existem modelos que são utilizados somente como cobertura e modelos que permitem maior interação com a residência, de modo a servir como área de lazer e possibilitar o cultivo de hortaliças, árvores e flores.

No ponto de vista ambiental, esse método possui aquiescência, por sua própria infiltração das águas pluviais, qualidade como isolante térmico e aspecto visual agradável. No entanto, esses métodos são onerosos e não trazem benefícios econômicos aos proprietários. Além disso, os métodos aumentam as cargas sobre a estrutura das edificações, o que diminui sua aceitabilidade.

5.3.2 Medidas nos logradouros públicos

As medidas de redução ou retenção do escoamento superficial possuem mais relevância na esfera da macrodrenagem. Isso devido às análises de grandes áreas contribuintes, e, com isso, a geração de grandes volumes de escoamento superficial.

A Lei Municipal Nº 1.288 de 13 de abril de 1988, Lei de Uso e Ocupação do Solo, apresentada nesse trabalho no tópico 4.2, estabelece parâmetros aos projetistas relativos a loteamentos no Capítulo VI – Do parcelamento do solo.

Como em toda cidade, as áreas rurais ao entorno do município possuem alto valor especulativo para a implantação de empreendimentos imobiliários. Cabe à prefeitura definir áreas permitidas às expansões da zona urbana, sendo elas passíveis ou não ao desmembramento. A definição dessas áreas de expansão leva em conta diversos fatores, sendo as avaliações hidrológicas um fator preponderante na decisão. A análise das estruturas de drenagem pré-existentes das águas pluviais e servidas definem a possibilidade de expansão e, sobretudo as estruturas necessárias para a aprovação de cada empreendimento imobiliário.

No ponto de vista ambiental, a ideia que deve ser analisada pelos projetistas é possibilitar a infiltração das águas pluviais de modo a aproximar a infiltração das condições naturais, neste caso, sem a impermeabilização ocasionada pela urbanização. Isso pode ser feito por meio de diversos instrumentos apresentados detalhadamente no tópico 3.3, sendo eles: Trincheira de infiltração; Vala de infiltração; Poço de infiltração; Micro reservatório; Bacia de detenção; Bacia de retenção; Condutos de armazenamento; Faixas gramadas, entre outros.

É conhecido que poucos empreendedores são conscientes em utilizar métodos de controle de escoamento, visto que a instalação das estruturas ocasiona um aumento nos custos da obra, o que não agrada os financiadores. Por isso, diretrizes de imposição para o uso dessas práticas precisam ser oferecidas pelo poder público e judiciário.

Para os projetos futuros, propõe-se acrescer à Lei, mais especificamente na Seção II do Capítulo VI, medidas de controle e redução do escoamento superficial obrigatórias para aqueles loteamentos que estiverem contidos nas bacias contribuintes às áreas com insuficiência na drenagem. Nesse trecho da lei é estipulado padrões de urbanização com a definição de obras cruciais para a execução de loteamentos. O conceito das medidas de controle do escoamento superficial se encaixa nesse trecho por estar voltado ao bem estar ambiental, o qual propõe uma evolução consciente do município por meio de estruturas ecologicamente corretas.

Para os empreendimentos cujo escoamento contribui às áreas problemáticas seria necessária a instalação dos instrumentos de retenção de modo a conter o escoamento superficial que exceder as condições naturais pré-urbanização. Isto é, a diferença entre o escoamento de pós-urbanização e pré-urbanização deve ser mantida no próprio loteamento durante os picos de chuva. Conforme apresentado no tópico 4.1.2 Hidrografia, a Figura 06 apresenta estudo das sub-bacias presentes na malha urbana de Três Pontas, sendo todas elas contribuintes ao Ribeirão Araras.

Recomenda-se então acrescer às 10 exigências estabelecidas no Capítulo VI, Seção II, Art. 34, a imposição da execução de instrumento de controle do escoamento superficial aos loteamentos drenados por qualquer cursos d'água que desagua ao Ribeirão Araras dentro da área urbana. Essa medida evitaria que as vazões, que já ultrapassam a capacidade do canal, aumentem com a construção de novos loteamentos.

Para o cálculo do volume de água a ser retido nos loteamentos devem ser utilizados os cálculos para vazão de projeto apresentados no título 5.1 com a variação do tempo de concentração das bacias e do coeficiente de escoamento superficial. Para isso se leva em conta as condições naturais de pré-urbanização (maiores tempos de retorno e menores coeficientes de escoamento superficial) e as condições alteradas de pós-urbanização (menores tempos de retorno e maiores coeficientes de escoamento superficial). Os instrumentos podem ou não possibilitar a infiltração no próprio local, sendo o principal objetivo reter o escoamento pluvial durante as chuvas, momento em que a capacidade dos canais é solicitada.

Os possíveis loteamentos localizados fora das bacias drenadas pelo Ribeirão Araras não necessariamente precisam conter os escoamentos gerados pela urbanização. Isso em razão de que a expansão do município para fora da bacia interna já ocupada não influenciaria nos problemas existentes com a drenagem da área urbana. No entanto, a viabilidade das medidas de controle e retenção do escoamento superficial deve ser incentivada, podendo aqueles loteamentos que utilizarem dos métodos de redução do escoamento superficial ser dispensados de possíveis impostos cobrados nesse tipo de empreendimento.

5.4 Medidas de controle aos problemas existentes.

Conforme apresentado no diagnóstico do município, título 4.4 - Áreas com problemas no sistema de drenagem pluvial, o principal problema do sistema de drenagem de Três Pontas atribui aos córregos que cortam a área urbana. O volume de

escoamento superficial gerado em picos de chuva não consegue ser drenado de forma eficiente pelo sistema.

Por se tratar de problemas de drenagem em áreas totalmente urbanizadas, as análises de controle do escoamento superficial se tornam insuficiente e de difícil instalação. As medidas que devem ser adotadas aos córregos que alagam devem associar as ideologias de controle do escoamento superficial às possíveis reformas estruturais de aumento da capacidade de escoamento dos canais. Entretanto, aumentar a capacidade drenante dos canais somente transfere as elevadas vazões para jusante, o que necessitaria de melhorias em todos os trechos e córregos subsequentes.

Com base nas medidas propostas nesse trabalho, a seguir, estão elencadas propostas de soluções para alguns dos principais pontos problemáticos.

5.4.1 Córregos que cortam a malha urbana

O Córrego dos bambus possui grande relevância no sistema de drenagem do município, isso porque grande parte das áreas que são drenadas por este córrego faz parte do centro da cidade. Por serem zonas centrais, pouquíssimas áreas possibilitam a infiltração no solo, o que leva a grandes volumes de escoamento superficial.

O canal do córrego é, em sua total extensão, rodeado pela urbanização, com avenidas às margens direita e esquerda. Esse fator limita as possíveis obras estruturais que podem ser realizadas no canal. Diversos estudos apontam medidas que aumentariam a capacidade de vazão desse córrego, sendo elas aumento da seção do canal, revestimento das paredes com concreto liso, reformulação de trechos com estrangulamento de seção, entre outras obras. Em geral, são medidas que envolvem a demolição de quase toda a extensão do córrego e reconstrução do canal.

De acordo com informações fornecidas pela secretaria municipal de obras de Três Pontas, seriam implantadas paralelas ao córrego tubulações compensatórias na tentativa de aliviar as vazões solicitantes ao canal e, com isso aumentar a capacidade de drenagem do atual sistema. Entretanto, apesar de haver registros de compra das referidas tubulações, a obra não foi executada por motivos não informados.

As aplicações de controle na fonte que podem ser implantadas no local seriam aquelas que permitem a retenção do escoamento superficial no momento em que as vazões ultrapassarem a capacidade do canal. Para isso, as bacias de detenção necessitariam armazenar o escoamento superficial excedente a montante do trecho com a ocorrência de alagamentos. Para o Córrego dos Bambus esta medida é inexecutável por

toda a área contribuinte já estar urbanizada. Mais a frente, quando ocorre a junção dos córregos e então início do Ribeirão Araras existem áreas sem qualquer tipo de ocupação, o que possibilita nestes pontos a instalação de alguns instrumentos de retenção do escoamento superficial. A criação de bacias de retenção nos possíveis pontos que margeiam o ribeirão reduziria a vazão solicitante ao canal, que em dias de forte chuva extravasam sua capacidade de drenagem, tornando possível a drenagem sem alagamentos e sem grandes alterações estruturais no canal do Ribeirão.

A figura 22 apresenta vista aérea de parte do município de três Pontas com destaque aos referidos trechos da área urbana que são cortados por alguns córregos. Nela é possível observar a existência de áreas não edificadas e sem qualquer tipo de impermeabilização. Também nesta imagem podemos observar a área central do município, a qual é drenada pelos córregos em destaque.

Figura 22 - Vista aérea da cidade de Três Pontas com demarcação dos córregos e ribeirão.



Fonte: Captura de tela. Disponível em: < <https://earth.google.com>>. Acesso em 27 de Outubro de 2019.

A Figura 23 apresenta os possíveis pontos de instalação das bacias de retenção. A marcação 1 define área de possível instalação de uma bacia de retenção para reter o escoamento do córrego Custodinho. Essa medida proporcionaria um alívio à vazão do Ribeirão Araras a jusante deste ponto. A demarcação 2 localiza uma área de grande extensão sem qualquer tipo de urbanização, podendo ser utilizada para o reter o escoamento de pico do córrego Condongas, o que também aliviaria o Ribeirão Araras. As demarcações 3 e 4 estão situadas às margens do Ribeirão Araras, podendo as mesmas servirem para a instalação de bacias de retenção.

Figura 23 - Indicação dos pontos sugeridos para medidas de controle.



Fonte: Captura de tela. Disponível em: < <https://earth.google.com>>. Acesso em 27 de Outubro de 2019.

CONCLUSÃO

Tendo em vista a falta de diretrizes voltadas para o desenvolvimento de projetos em drenagem urbana específicas ao município de Três Pontas, o presente trabalho traz análises técnicas sobre o dimensionamento de sistemas de drenagem pluvial. Também foram propostas alterações e complementações das atuais leis que regem o crescimento urbano do município.

No tocante aos projetos de drenagem, verificou-se a inexistência de parâmetros técnicos para o dimensionamento dos sistemas de drenagem. Além disso, a baixa fiscalização de projetos intensifica os problemas relacionados às águas pluviais. Por esses motivos, o presente trabalho indica métodos de dimensionamento adequados às condições de Três Pontas e que poderiam ser convencionados pela prefeitura municipal.

Aliado às práticas de dimensionamento, este trabalho propôs alterações na lei municipal de uso e ocupação do solo com a adoção de novas exigências que visam melhorar as condições de drenagem pluvial. As mudanças propostas são voltadas a redução do escoamento superficial por meio de critérios condicionantes à aprovação de novas obras, sejam elas edificações ou loteamentos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. D. Diagnóstico preliminar para o plano diretor de drenagem urbana no município de Matias Barbosa–MG. **Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora**, 2014.

BAPTISTA, Márcio Benedito; DE OLIVEIRA NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, Sylvie. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. ABRH, 2011.

BARACHO, Rafaella Oliveira. **Análise e avaliação de planos municipais de saneamento básico no Paraná: um estudo de caso em cinco cidades**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BRASIL. **Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. "Estabelece as diretrizes nacionais para o Saneamento Básico; [...] e dá outras providências", publicada no DOU de 11/01/2007.

CETESB. **Drenagem Urbana**. 2ª edição, São Paulo: DAFE/CETESB, 1980.

FCTH – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA “**Plano Direto de Drenagem Urbana de Porto Alegre - RS**”, Porto Alegre, (2012).

FIORIO, Peterson R. et al. Comparação de equações de chuvas intensas para localidades do estado de São Paulo. *Engenharia Agrícola*, v. 32, n. 6, 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018. Estimativa de população dos municípios brasileira para 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/ibge-divulga-as-estimativas-de-populacao-dos-municipios-para-2018>> Publicado em 29/08/2018 - Acesso em: 16/05/2019.

IMADA, Rafael Guerreiro; **Práticas de microdrenagem sustentável para a redução do escoamento superficial urbano. Monografia apresentada ao curso de graduação em engenharia ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo**, 2014.

MDU/PR, **MANUAL DE DRENAGEM URBANA**, Região Metropolitana de Curitiba, PR, Governo do Estado do Paraná, 2002.

PMSB/TP, **PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE TRÊS PONTAS**, Etapa II, Prefeitura de Três Pontas, 2014.

PMSB/TP, **PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE TRÊS PONTAS**, Etapa III, Prefeitura de Três Pontas, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BETIM, Diretrizes para o desenvolvimento e apresentação de projetos de infraestruturas. Betim, 2012

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS PONTAS – Conheça Três Pontas: terra da música e capital mundial do café, disponível em: <<http://www.trespontas.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/conheca-tres-pontas-terra-da-musica-e-capital--mundial-do-cafe/6497> >. Publicado em 28/10/2013 - Atualizado em 09/04/2018 - Acesso em: 25/04/2019

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS PONTAS. LEI Nº 1288 DE 13 DE ABRIL DE 1988. Dispõe sobre o Uso e a Ocupação do Solo Urbano do Município de Três Pontas e dá outras providências. Três Pontas, 1988

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS PONTAS. LEI Nº 1289 DE 13 DE ABRIL DE 1988. Institui o Código de Obras do Município de Três Pontas e dá outras providências. Três Pontas, 1988

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS PONTAS. LEI Nº 2733 DE 09 DE OUTUBRO DE 2006. Dispõe sobre o Plano Estratégico de Desenvolvimento Integrado do Município de Três Pontas – P.E.D.I., e dá outras providências. Três Pontas, 2006

PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS PONTAS. RESOLUÇÃO Nº 02, de 23 de outubro de 2013 do CODEMA de Três Pontas. dispõe sobre medidas de caráter ambiental a serem implementadas pelo Município. Três Pontas, 2013

SOUZA, Alfredo de Oliveira. SOLUÇÕES DE DRENAGEM: Eventos de enchentes ocorridas no Ribeirão Santana. 2016.

SUDECAP, Superintendência de Desenvolvimento da Capital. Drenagem Urbana. Belo Horizonte, 1995.

TÁCITO, Allan Oliveira. IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IBIRAREMA. São Paulo, 2016.

TUCCI, Carlos EM. Águas Urbanas–Desenvolvimento Urbano. **Estudos avançados**, v. 22, p. 63, 2008.

TUCCI, Carlos EM. Gestão da drenagem urbana. 2012.