

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS GERAIS – UNIS MG**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**  
**SABRINA CUPERTINO MAGALHÃES**

**Diretrizes para implantação de projeto de drenagem e viário com base no estudo de caso para o sistema de macrodrenagem do córrego as margens da via de acesso do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Campus Machado-MG.**

**Varginha**  
**2017**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS GERAIS – UNIS MG  
SABRINA CUPERTINO MAGALHÃES**

**Diretrizes para implantação de projeto de drenagem e viário com base no estudo de caso para o sistema de macrodrenagem do córrego as margens da via de acesso do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Campus Machado-MG.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação da Professora M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos.

ORIENTADORA  
M. Sc. IVANA PRADO DE  
VASCONCELOS.

Varginha  
2017

**SABRINA CUPERTINO MAGALHÃES**

**Diretrizes para implantação de projeto de drenagem e viário com base no estudo de caso para o sistema de macrodrenagem do córrego as margens da via de acesso do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Campus Machado-MG.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil. Sob a orientação da Professora M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos.

Aprovado em: 07/12/2017

Prof. M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos.  
Presidente da banca – Orientadora

Eng. Luana Mendes Ferreira

Eng. Luana Nogueira

Varginha

2017

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido chegar a esta etapa de minha graduação, pois sem ele nada disso seria possível.

Aos meus familiares e amigos que de alguma forma sempre me apoiaram e acreditaram em mim.

A professora Ivana Prado de Vasconcelos por ter orientado e contribuído para a realização do presente trabalho.

## **RESUMO**

Visando minimizar os problemas oriundos da falta de planejamento para projetos, o presente trabalho tem por objetivo apresentar diretrizes para implantação de projetos de drenagem e viário. Para isto, foi realizado um estudo de caso de um córrego natural às margens da via de acesso do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IF) – Campus Machado, MG em que o mesmo se apresenta ineficaz todo ano. Foram necessárias conhecimento da literatura, coletas de dados, visitas em campo bem como manuseio de softwares que possibilitou o diagnóstico prévio da atual situação do córrego e dos demais fatores que influenciam na sua funcionalidade. Com isto, foram estabelecidas as diretrizes pela qual a elaboração de um projeto de drenagem e viário deve proceder, tendo como resultado final a prevenção de projetos ineficientes.

**Palavras chave:** Projeto de drenagem; Projeto Viário; Diretrizes de Projetos

## **ABSTRACT**

In order to minimize the problems arising from the lack of planning for projects, this paper aims to present guidelines for the implementation of drainage and road projects. For this, a case study of a natural stream was carried out along the access road of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the South of Minas Gerais (MG) - Campus Machado, MG, where it is ineffective every year. It was necessary to know the literature, data collection, visits in the field as well as software handling that made possible the previous diagnosis of the current situation of the stream and other factors that influence its functionality. With this, the guidelines by which the elaboration of a drainage and road project must proceed, having as final result the prevention of inefficient projects.

**Keywords:** Drainage design; Road Project; Project Guidelines;

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sub-bacia de contribuição .....	13
Figura 2 – Trecho do Córrego em análise .....	14
Figura 3– Recepção da Galeria IF .....	14
Figura 4 – Recepção da Galeria IF .....	15
Figura 5 – Situação em épocas de seca .....	15
Figura 6 – Relatório – Parâmetros para equação da intensidade, duração e frequência da precipitação.....	16
Figura 7– Tamanho de cada área dentro da sub-bacia .....	17
Figura 8 – Ábaco para obter o coeficiente de distribuição espacial da chuva (k).....	19
Figura 9 – Seção crítica .....	20
Figura 10 – Córrego na seção crítica .....	21
Figura 11 – Galeria vinda do IF .....	22
Figura 12- Vazão da galeria de concreto .....	23
Figura 13 – córrego em nível superior a via.....	24
Figura 14 – Via sem dreno .....	24
Figura 15 – Nova sub-bacia de contribuição.....	26
Figura 16 - Seção 1.....	28
Figura 17 - Posicionamento da Galeria .....	28
Figura 18 - Seção 2.....	29
Figura 19 - Seção 3.....	29
Figura 20 - Seção 4.....	29
Figura 21 - Seção 5.....	30
Figura 22 - Seção 6.....	30
Figura 23 - Seção 7.....	30
Figura 24 – Recomendações de medidas estruturais ou não .....	46
Figura 25 – Fluxograma de áreas de influencia.....	51
Figura 26 - Influência das características físicas dos veículos no dimensionamento geométrico e estrutural de uma via.....	52
Figura 27 - Estágios de uma viagem hipotética.....	54
Figura 28 - Relação entre os níveis de mobilidade e de acessibilidade nas diferentes classes de rodovias.....	55
Figura 29 - Síntese das Características dos Sistemas Funcionais das Rodovias .....	56
Figura 30 – Características desejáveis para diversas classes funcionais de vias.....	57
Figura 31 – Síntese das características das classes de projeto.....	59
Figura 32 – Velocidades de projeto.....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Intensidade para cada período de retorno .....	17
Tabela 2 – Coeficiente superficial para cada tipo de área .....	17
Tabela 3 – Coeficiente Corrigido .....	18
Tabela 4 – Características da seção crítica .....	20
Tabela 5 – Dados da sub-bacia do IF .....	22
Tabela 6 – Dados sub-bacia.....	26
Tabela 7 – Cálculo da vazão para cada trecho I PAI WU .....	27
Tabela 8 - Capacidade de cada trecho .....	32
Tabela 9 – Coeficientes para cada tipo de superfície de escoamento.....	40
Tabela 10– Nível de impermeabilização do solo em função do uso .....	41
Tabela 11 – Período de retorno para cada tipo de obra .....	42
Tabela 12– Elementos geométricos de canais .....	44
Tabela 13 – Principais dimensões básicas para veículos de projeto .....	52
Tabela 14 – Fator de equivalência.....	53

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
2.1. Objetivo Geral .....	12
2.2. Objetivo Específico.....	12
<b>3. DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>13</b>
3.1. Descrição do local .....	13
3.2. Análise dos dados obtidos .....	16
3.2.1. Dados Hidrológicos.....	16
3.2.2. Dados Hidráulicos.....	19
3.2.3. Fatores que influenciam no funcionamento do córrego.....	21
3.3. Indicativos de solução.....	25
<b>4. ESTUDO SOBRE AS CONDIÇÕES HIDRÁULICAS DO CANAL .....</b>	<b>26</b>
4.1. Demanda Pluvial.....	26
4.2. Capacidade hidráulica do canal.....	27
<b>5. CONCEITOS FUNDAMENTAIS PARA PROJETO DE DRENAGEM .....</b>	<b>34</b>
5.1. Comportamento superficial das águas .....	34
5.1.1. Fatores que influenciam no escoamento superficial das águas.....	34
5.1.2. Fatores associados ao escoamento superficial .....	35
<b>6. DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE MACRODRENAGEM.....</b>	<b>37</b>
6.1. Aplicação .....	37
6.2. Estudo de viabilidade .....	37
6.2.1. Vistoria do local .....	37
6.2.2. Coleta e análise de dados.....	37
6.2.3. Subdivisão de bacias principais e cálculo das áreas de contribuição.....	38
6.2.3.1 Coeficiente de forma.....	38
6.2.3.2 Coeficiente de escoamento superficial .....	39
6.2.3.3 Intensidade da precipitação.....	41
6.2.4. Cálculo da vazão contribuinte para cada trecho .....	41
6.2.5. Capacidade hidráulica da(s) estrutura(s) do local.....	44
6.2.6. Estudo das alternativas de soluções estruturais ou não .....	45
6.2.7. Compatibilização das alternativas estudadas com os demais elementos que compõe o projeto.....	46
6.2.8. Recomendações gerais .....	47
<b>7. DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETO VIÁRIO .....</b>	<b>49</b>

<b>7.1. Aplicação .....</b>	<b>49</b>
<b>7.2. Estudo de viabilidade .....</b>	<b>49</b>
<b>7.2.1. Estudos ambientais .....</b>	<b>49</b>
<b>7.2.2.1 Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral .....</b>	<b>50</b>
<b>7.2.2.2 Área de influência .....</b>	<b>50</b>
<b>7.2.2.3 Estudo do solo .....</b>	<b>51</b>
<b>7.2.2. Veículo de projeto .....</b>	<b>52</b>
<b>7.2.3. Classificação de via e velocidade de projeto .....</b>	<b>53</b>
<b>7.2.3.1 Classificação funcional .....</b>	<b>53</b>
<b>7.2.3.2 Classificação técnica .....</b>	<b>58</b>
<b>7.2.4. Projeção de tráfego provável .....</b>	<b>60</b>
<b>7.2.5. Escolha da alternativa adequada .....</b>	<b>60</b>
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>62</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A engenharia civil tem como uma de suas funções a gestão e o planejamento de obras tendo como objetivo analisar a demanda ofertada atendendo-a através da implantação de projetos. Estes por sua vez podem ser soluções estruturais ou não.

Um projeto de engenharia que apresenta problemas depois da sua implantação, ou seja, torna-se ineficiente, é razoável dizer que isto pode ter sido influenciado por vários fatores que causaram e/ou potencializaram esta situação podendo estar incluso neste diagnóstico a falta de planejamento do projeto.

No que diz respeito a projetos de drenagem juntamente com estradas, a água das chuvas, que é fator crucial a ser analisado, tem dois destinos: parte escorre sobre a superfície dos solos e parte se infiltra, podendo formar lençóis subterrâneos.

É claro que estas situações não são únicas e distintas, havendo variação das condições em função das graduações que tornam os solos mais ou menos permeáveis, criando condições próprias para cada região, influenciadas pelo tipo de solo, topografia e clima. E justamente pelos inúmeros fatores que regem o comportamento da água junto ao solo que o planejamento e o estudo de viabilidade de um projeto não só são importantes tanto quanto necessários, pois podem prever características específicas bem como obstáculos nas quais levam o projetista a tomar determinadas decisões que influenciará diretamente no bom funcionamento do projeto quando o mesmo for implantado.

Para o presente trabalho, foi adotado como estudo de caso, o córrego natural que passa as margens da via de acesso do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus Machado-MG, o qual apresenta sistema hidráulico ineficiente todo ano. Ainda que o córrego esteja em situação favorável como situar-se no meio rural, o mesmo apresenta outros tipos de adversidades na qual impedem seu bom funcionamento. O estudo de caso possibilitou um diagnóstico prévio da atual situação do córrego levando ao estabelecimento de diretrizes que deverão anteceder o projeto básico quanto a drenagem tanto quanto rodovias.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

O presente trabalho tem por objetivo estabelecer diretrizes para implantação de projetos de drenagem e viário.

### **2.2. Objetivo Específico**

- Estudo de caso do córrego as margens da via de acesso do IF do Sul de Minas.
- Realizar levantamento topográfico do trecho em estudo.
- Delimitar da bacia hidrográfica e estudo hidrológico.
- Caracterizar o sistema de drenagem existente.
- Diagnosticar os fatores que têm gerado problemas de drenagem na avenida de acesso.
- Apresentar, de acordo com o estudo e dados levantados, normas e literatura adequada diretrizes que possam capacitar um diagnóstico prévio para implantação de projeto de drenagem e projeto viário.

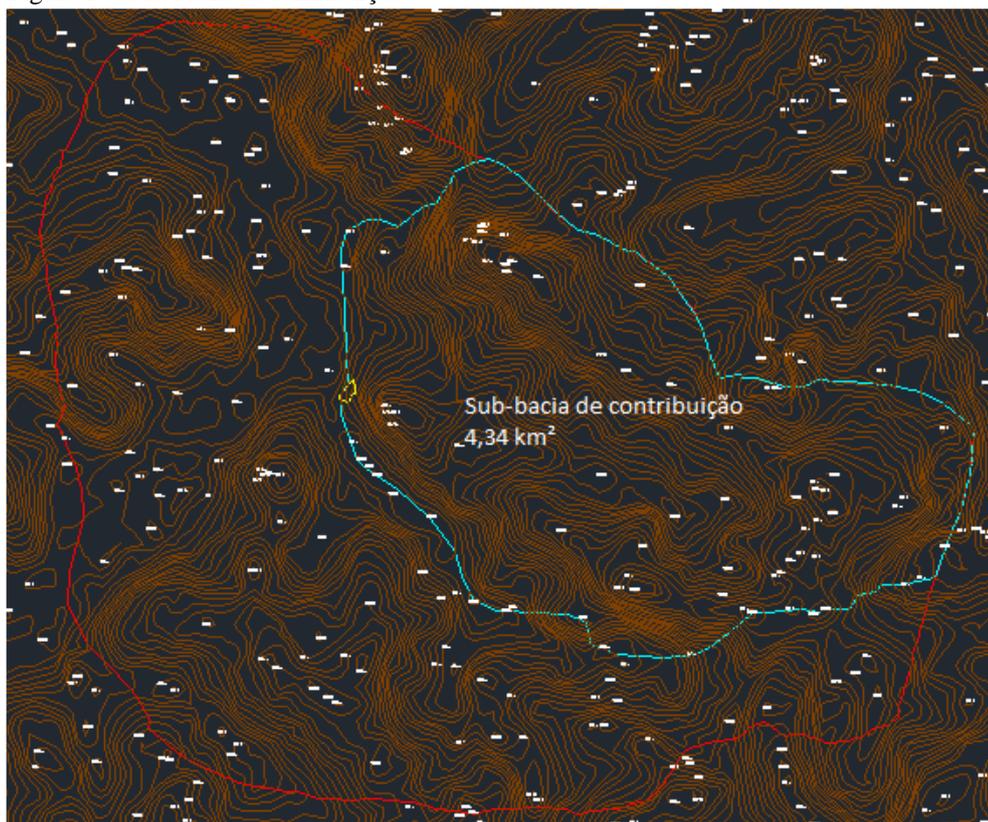
### 3. DIAGNÓSTICO

#### 3.1. Descrição do local

Para o presente estudo de caso foi analisado o córrego natural que esta as margens da avenida de acesso ao Instituto Federal do Sul de Minas – Campus Machado e que segundo a Prefeitura Municipal de Machado, o mesmo não possui denominação.

Com mais de 2 (dois) quilômetros de extensão o córrego pertence a uma bacia hidrográfica de mais de 11,5 quilômetros quadrados. Entretanto, para um estudo preliminar, levou-se em consideração o trecho do córrego que acompanha a via de aproximadamente 500 metros pertencendo a uma sub-bacia de 4,34 quilômetros quadrados como ilustra a Figura 1.

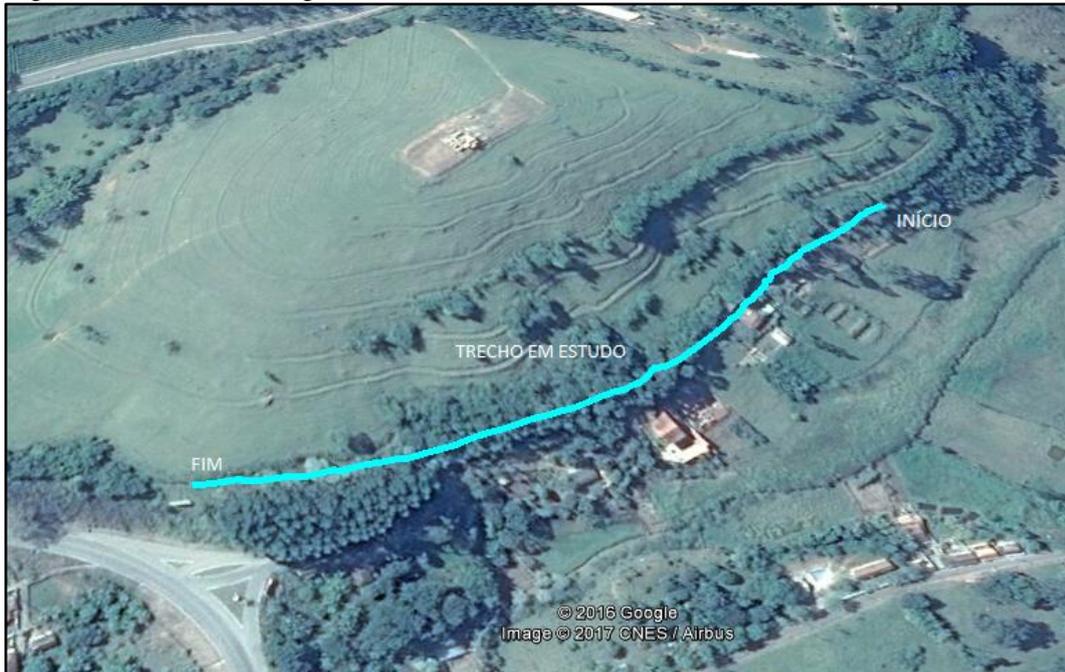
Figura 1 – Sub-bacia de contribuição



Fonte: A Autora (2017)

De acordo com a Figura 2, o trecho estudado se encontra totalmente em zona rural.

Figura 2 – Trecho do Córrego em análise



Fonte: A Autora (2017)

Além de toda área de contribuição, o córrego recebe uma vazão provinda de uma galeria do Instituto Federal (Figura 3 e 4).

Figura 3– Recepção da Galeria IF



Fonte: A Autora (2017)

Figura 4 – Recepção da Galeria IF



Fonte: A Autora (2017)

Os problemas de drenagens detectados na via são corriqueiros em épocas de seca (Figura 5) e mostram-se agravados em épocas de chuvas intensas.

Figura 5 – Situação em épocas de seca



Fonte: A Autora (2017)

### 3.2. Análise dos dados obtidos

#### 3.2.1. Dados Hidrológicos

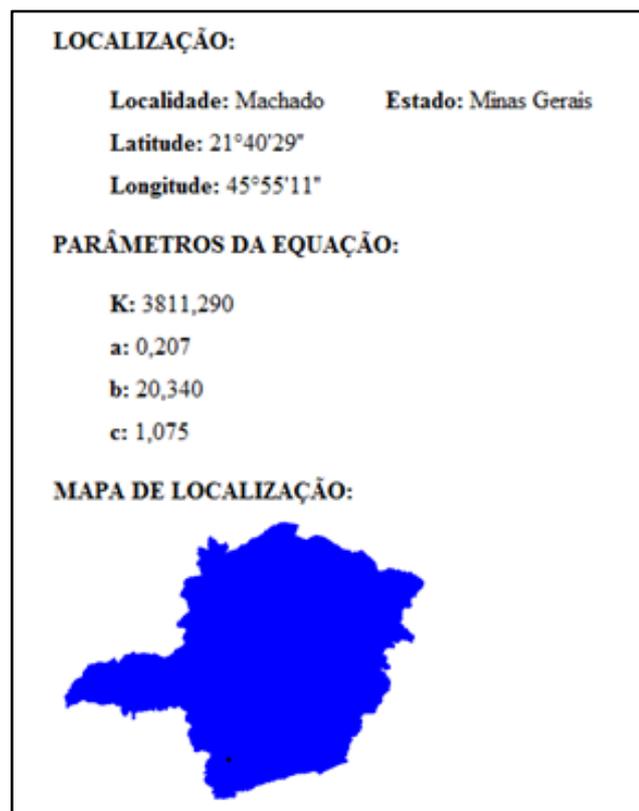
Um dos primeiros fatores analisados da bacia de contribuição foi o coeficiente de forma, verificando-se que a mesma não está sujeita a enchentes.

Para uma análise preliminar considerou-se apenas um tempo de concentração, e aplicou-se na fórmula de California Culverts Practice, obtendo-se:

$$tc = 140,36 \text{ min}$$

Para o cálculo de intensidade de chuva, para o Município de Machado foram encontrados os respectivos valores para os coeficientes K, a, b e c como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Relatório – Parâmetros para equação da intensidade, duração e frequência da precipitação.



Fonte: Plúvio 2.1 – Adaptada pela Autora (2017)

Aplicando-se na fórmula de intensidade, obtiveram-se os seguintes resultados para os respectivos períodos de retorno. (Tabela 1)

Tabela 1 – Intensidade para cada período de retorno

<b>Período de Retorno</b>	<b>Intensidade (mm/h)</b>
<b>50</b>	36,41
<b>75</b>	30,60
<b>100</b>	42,03
<b>1</b>	16,20

Fonte: A Autora (2017)

Sabendo-se que o córrego extravasa todo ano independentemente do período de chuvas, adotou-se também tempo de retorno de 1 ano para obter a intensidade e, consequentemente a vazão que atua no córrego.

O coeficiente volumétrico de escoamento (C2) é o obtido pela ponderação dos coeficientes das áreas que constituem a bacia de contribuição, assim apresentadas na Figura 7 e na Tabela 2.

Figura 7– Tamanho de cada área dentro da sub-bacia



Fonte: A Autora (2017)

Tabela 2 – Coeficiente superficial para cada tipo de área

<b>Tipo de Área</b>	<b>Coeficiente Superficial (adimensional)</b>
<b>Com cobertura Vegetal</b>	0,40
<b>Pavimentação asfáltica</b>	0,90
<b>Urbanizada</b>	0,60

Fonte: A Autora (2017)

Aplicando-se na fórmula de ponderação, se obteve o coeficiente volumétrico de escoamento:

$$C2 = \frac{(0,093 \times 0,9) + (0,33 \times 0,6) + (3,92 \times 0,4)}{4,34}$$

$$C2 = 0,43$$

O coeficiente de escoamento superficial então:

$$C = \left( \frac{0,43}{1,606} \right) \times \frac{2}{1 + 0,49}$$

$$C = 0,36$$

Foram feitas ainda, correções para o coeficiente de escoamento superficial de acordo com o período de retorno. (Tabela 3)

Tabela 3 – Coeficiente Corrigido

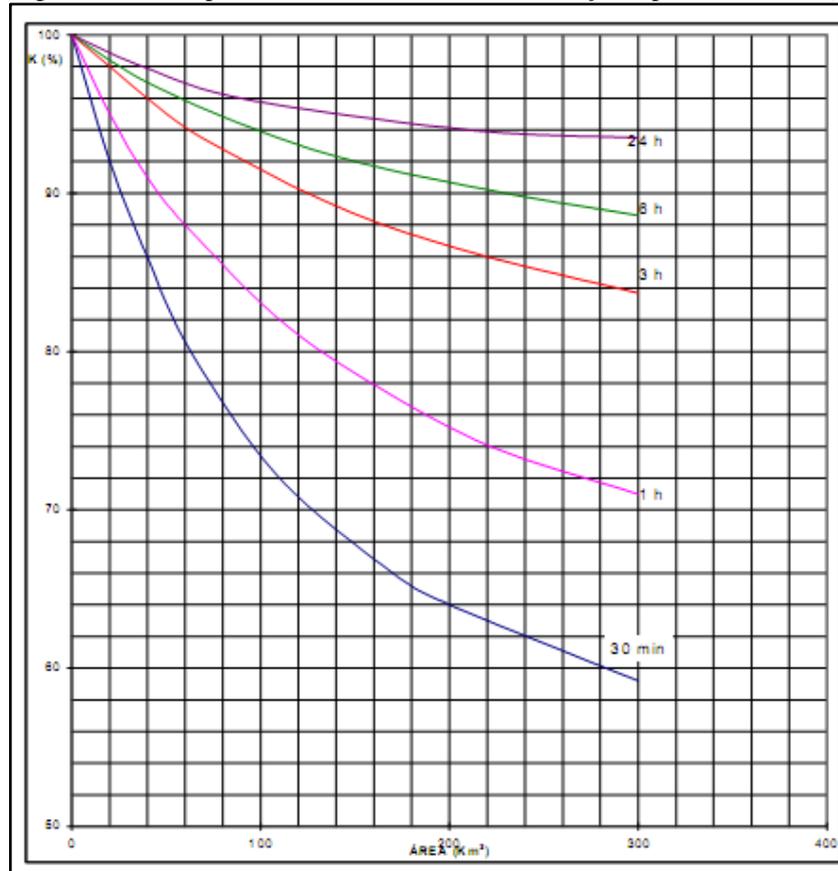
<b>Período de Retorno (anos)</b>	<b>Coeficiente Corrigido (adimensional)</b>
<b>50</b>	0,43
<b>75</b>	0,44
<b>100</b>	0,47

Fonte: A Autora (2017)

O coeficiente de escoamento superficial para período de retorno de 1 (um) ano não sofreu correção.

Para o coeficiente de distribuição espacial da chuva (k) foi utilizado o ábaco (Figura 8) tendo então, k =1.

Figura 8 – Ábaco para obter o coeficiente de distribuição espacial da chuva (k)



Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo (1999)

Com a intensidade de precipitação, coeficiente de escoamento superficial e área da bacia já definidos, determinou-se as vazões pelo método de I PAI WU e de acordo com o respectivo período de retorno.

- 50 anos:  $Q = (0,278 \times 0,43 \times 36,41 \times 4,34^{0,9}) \times 1 = 16,31 \text{ m}^3/\text{s}$
- 75 anos:  $Q = (0,278 \times 0,44 \times 39,60 \times 4,34^{0,9}) \times 1 = 18,15 \text{ m}^3/\text{s}$
- 100 anos:  $Q = (0,278 \times 0,47 \times 42,03 \times 4,34^{0,9}) \times 1 = 20,58 \text{ m}^3/\text{s}$
- 1ano:  $Q = (0,278 \times 0,36 \times 16,20 \times 4,34^{0,9}) \times 1 = 6,08 \text{ m}^3/\text{s}$

### 3.2.2. Dados Hidráulicos

Com o propósito de um primeiro diagnóstico, foi analisada apenas uma seção do canal, sendo esta uma seção crítica.

De acordo com as medições levantadas *in locu*, a seção crítica do canal possui uma profundidade de 20 centímetros e largura de 90 centímetros, conforme ilustra a Figura 9.

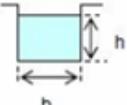
Figura 9 – Seção crítica



Fonte: A Autora (2017)

De acordo com a seção do córrego foi possível chegar aos valores mostrados na Tabela 4 a seguir, que caracterizam a seção crítica do canal.

Tabela 4 – Características da seção crítica

Forma da Seção	Área - A (m <sup>2</sup> )	Perímetro Molhado - P (m)	Raio Hidráulico - R (m)	Largura do Topo - B (m)
	$0,9 \times 0,2 = 0,18$	$0,9 + 2 \times 0,2 = 1,30$	$\frac{A}{P} = \frac{0,9 \times 0,2}{0,9 + 2 \times 0,2} = 0,138$	0,90

Fonte: A Autora (2017)

A seção crítica se estende por aproximadamente 17 (dezessete) metros e possui declividade 0,0125m/m na seção. (Figura 10)

Figura 10 – Córrego na seção crítica



Fonte: A Autora

Assim, aplicando-se na expressão de Chézy foi possível determinar a velocidade na seção crítica do canal.

$$V = \frac{1}{0,04} 0,138^{2/3} 0,0125^{1/2}$$

$$V = 0,75 \text{ m/s}$$

Com a velocidade determinada, chegou-se então na capacidade da seção em estudo pela equação da continuidade:

$$Q = 0,75 \times 0,18$$

$$Q = 0,135 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 3.2.3. Fatores que influenciam no funcionamento do córrego

Um dos fatores que influencia no funcionamento do córrego é a galeria provinda do IF. (Figura 11)

Figura 11 – Galeria vinda do IF



Fonte: A Autora (2017)

Para análise desta vazão, se admitiu uma sub-bacia da qual os dados são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados da sub-bacia do IF

<b>Tempo de retorno (anos)</b>	5
<b>Intensidade de Chuva</b>	22,61
<b>Coefficiente de escoamento superficial</b>	0,6
<b>Área contribuinte (Km)</b>	0,33

Fonte: A Autora (2017)

Com os dados foi possível estimar-se a vazão pelo método Racional:

$$Qp = 0,275 \times 0,6 \times 18,96 \times 0,33$$

$$Qp = 1,23 \text{ m}^3/\text{s}$$

Além de gerar uma vazão concentrada, a galeria que é de concreto, apresentando uma rugosidade bem menor do que a do canal natural, provocando consequentemente um aumento de velocidade do escoamento que chega ao córrego (Figura 12).

Figura 12- Vazão da galeria de concreto



Fonte: A Autora (2017)

Como se pode ver ainda na Figura 12, a galeria é mal posicionada uma vez que não se interliga ao córrego com inclinação de  $45^\circ$ .

Outro fator que esta interferindo no bom funcionamento do córrego é a posição da via de acesso em relação ao mesmo. Nota-se (Figura 13) que o córrego encontra se em um nível mais elevado do que a via de acesso o que instiga a conclusão que a estrada foi cortada e construída ultrapassando os limites das zonas saturadas (lençol freático) fazendo com que o córrego, na sua seção crítica, ficasse acima da pavimentação.

Figura 13 – córrego em nível superior a via



Fonte: A Autora (2017)

E como mostra a Figura 14, a via não possui nenhum sistema de drenagem, fazendo com que água floresça de maneira incontrolável, causando danos até mesmo na sua pavimentação.

Figura 14 – Via sem dreno



Fonte: A Autora (2017)

### **3.3. Indicativos de solução**

Para o desenvolvimento de projeto referente ao problema relatado anteriormente é necessário um estudo mais aprofundado do córrego, analisando-se não só a seção crítica, mas todo o seu percurso em diferentes seções.

Ainda assim, com a análise já realizada é possível chegar a indicativos de algumas soluções para o caso.

Como a vazão pluvial é maior que a capacidade hidráulica do curso d'água pode ser analisada a viabilidade do aumento da seção transversal do córrego, juntamente com o aumento da velocidade em função da redução do coeficiente de Manning, fazendo com que o mesmo suporte uma vazão maior.

Outro fator que pode ser estudado é a criação de um sistema de drenagem na via já que a mesma não apresenta nenhum.

Levando se em consideração a má locação da via, poderia ainda ser estudada a possibilidade da relocação da mesma. Mas para essa opção de solução, seriam necessários parâmetros de engenharia de transporte na qual não se enquadraram no embasamento teórico apresentado e proposto no presente trabalho.

## 4. ESTUDO SOBRE AS CONDIÇÕES HIDRÁULICAS DO CANAL

### 4.1. Demanda Pluvial

Um estudo mais aprofundado e concreto da demanda pluvial exige um nível de detalhamento mais elevado quando se trata das variáveis envolvidas no processo.

Tornou-se então necessário a delimitação de uma nova sub-bacia de contribuição.

Figura 15 – Nova sub-bacia de contribuição



Fonte: A Autora (2017)

Com uma nova área de contribuição (Figura 15) a partir da seção crítica, foi possível definir parâmetros necessários para o cálculo de demanda, bem como coeficiente de escoamento superficial, área de contribuição para cada trecho em análise.

Tabela 6 – Dados sub-bacia

<b>DADOS DA SUB-BACIA</b>	
<b>Áreas (km)</b>	
Área urbanizada	0,27
Área vegetal	0,65
Área total	0,92
<b>Coef. de escoamento</b>	
C1	1,57
C2	0,46
Coef. Esc. Sup.	0,38
<b>Coeficientes corrigidos</b>	
25 anos	0,42
50 anos	0,45
75 anos	0,47

Fonte: A Autora (2017)

Além dos parâmetros adotados, nota-se na Tabela 6 que os períodos de retornos foram fixados em 25,50 e 75 anos assim como indica a literatura.

Com os demais parâmetros do canal, bem como as seções de estudo que serão apontadas posteriormente foi possível chegar a uma demanda pluvial para cada seção de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7 – Cálculo da vazão para cada trecho I PAI WU

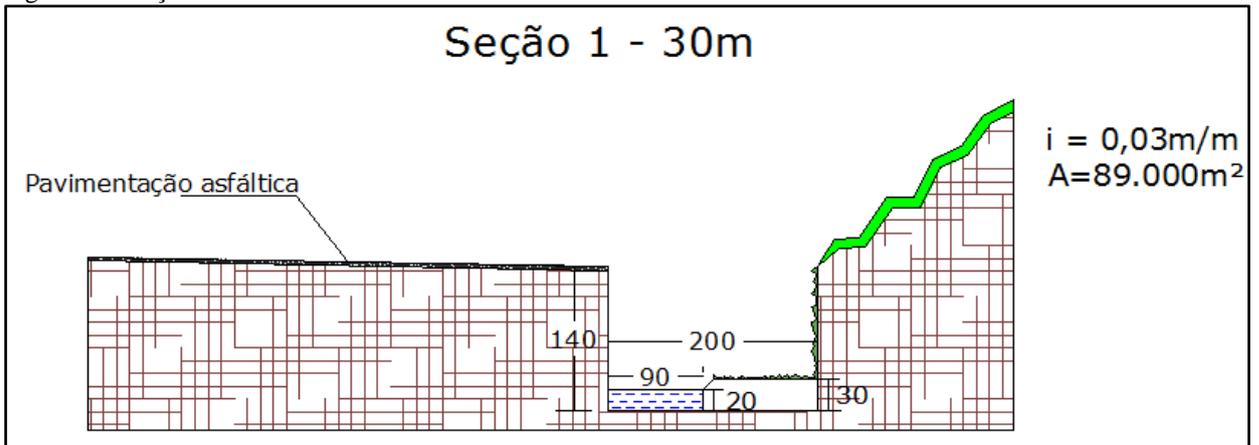
<b>CÁLCULO DA VAZÃO PARA CADA TRECHO- I PAI WU</b>										
<b>SEÇÕES DE ESTUDO</b>				<b>PARÂMETROS DE CÁLCULO PARA CADA TRECHO</b>				<b>TR</b>	<b>INTENSIDADE</b>	<b>VAZÃO</b>
<b>SEÇÃO</b>	<b>COM P. (m)</b>	<b>DIMENSÕES (cm)</b>		<b>ÁREA A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>DECLIV. (m/m)</b>	<b>TC (min)</b>	<b>ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(anos)</b>	<b>(mm/h)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>1°</b>	30	90	30	0,27	0,100	123,76	0,890	25	35,47	0,105
								50	40,95	0,112
								75	44,53	0,117
<b>2°</b>	5	90	30	0,27	0,101	123,98	0,895	25	35,41	0,105
								50	40,88	0,113
								75	44,46	0,117
<b>3°</b>	13	90	30	0,27	0,100	125,84	0,898	25	34,93	0,105
								50	40,32	0,113
								75	43,85	0,118
<b>4°</b>	8	90	30	0,27	0,099	127,05	0,901	25	34,62	0,106
								50	39,96	0,113
								75	43,46	0,118
<b>5°</b>	4	90	20	0,18	0,099	127,60	0,904	25	34,48	0,106
								50	39,80	0,114
								75	43,29	0,118
<b>6°</b>	12,8	120	20	0,24	0,098	129,52	0,909	25	34,01	0,107
								50	39,26	0,114
								75	42,69	0,119
<b>7°</b>	17,5	90	20	0,18	0,096	132,44	0,916	25	33,31	0,107
								50	38,45	0,115
								75	41,82	0,120

Fonte: A Autora (2017)

#### 4.2. Capacidade hidráulica do canal

Para uma análise do real comportamento do córrego, foi necessário um estudo mais aprofundado onde o mesmo foi seccionado em 7 (sete) seções.

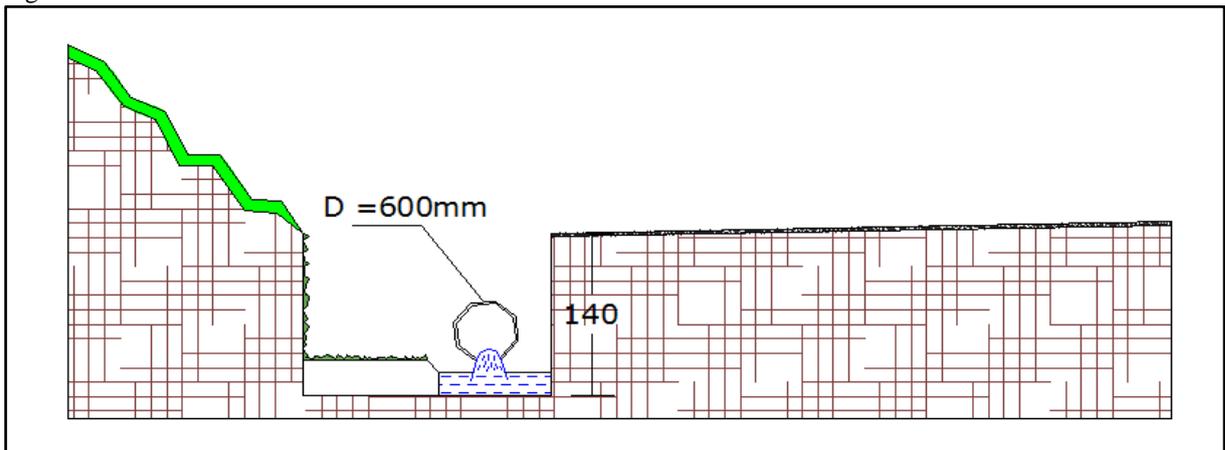
Figura 16 - Seção 1



Fonte: A Autora (2017)

De acordo com a Figura 16, o córrego apresenta seção combinada e apesar de vantajoso para sua capacidade a mesma foi ignorada pelo posicionamento do recebimento da galeria como mostra a Figura 17.

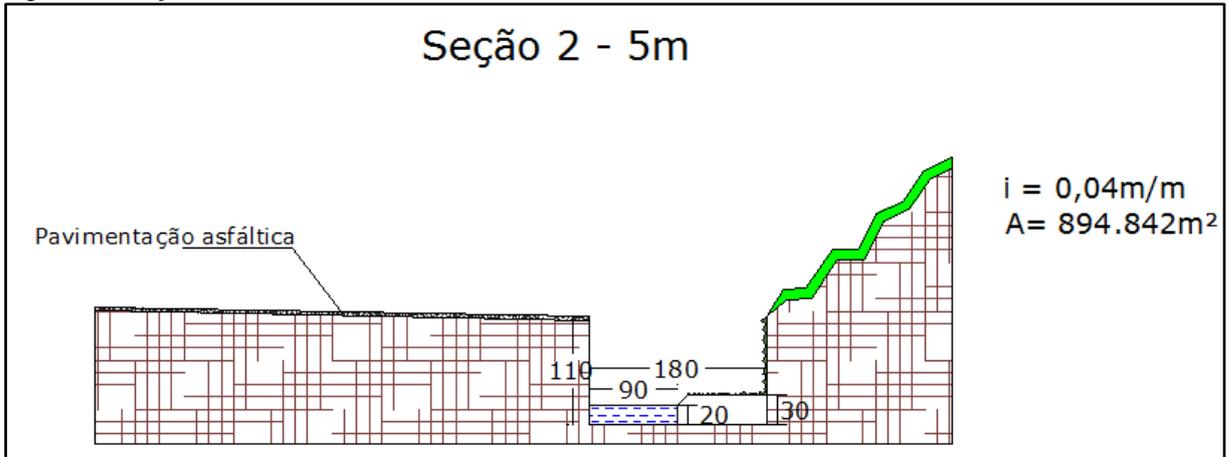
Figura 17 - Posicionamento da Galeria



Fonte: A Autora (2017)

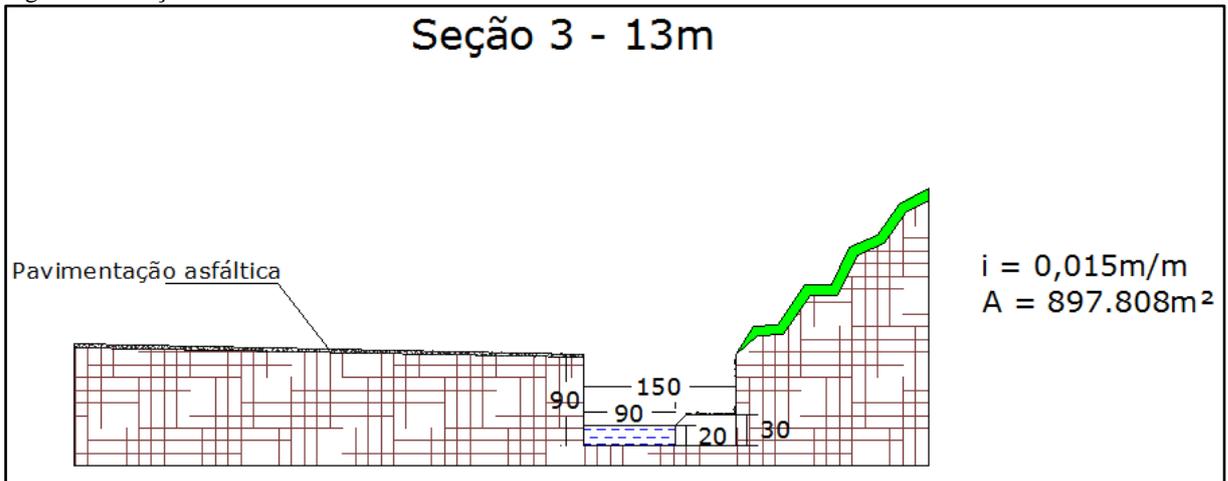
A abaixo da Figura 18 à 23 estão relatadas as seções dois, três, quatro, cinco, seis e sete com suas respectivas características.

Figura 18 - Seção 2



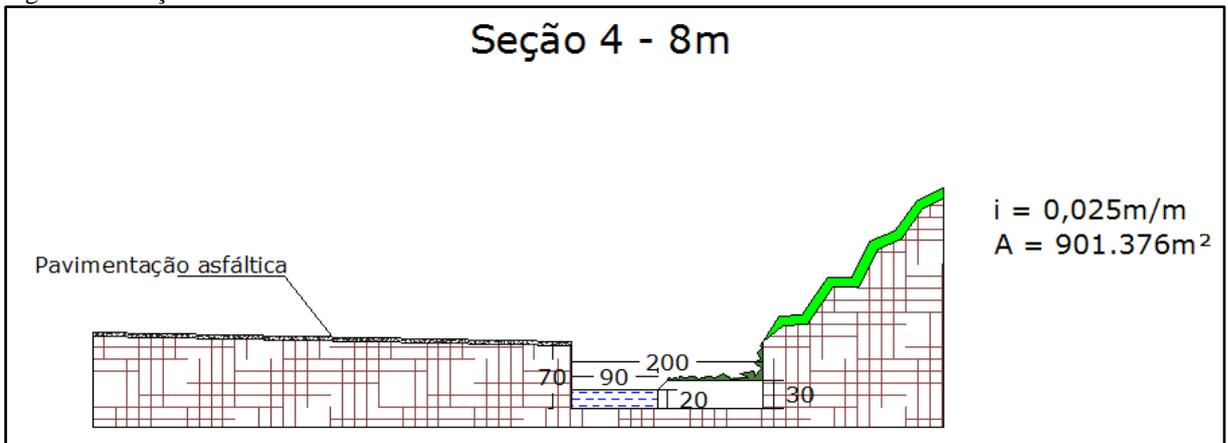
Fonte: A Autora (2017)

Figura 19 - Seção 3



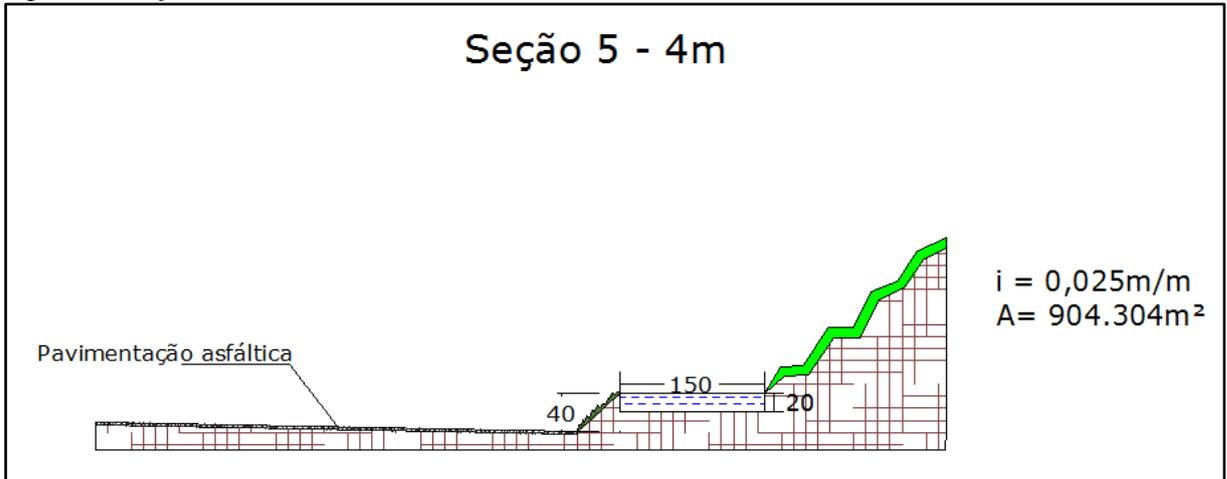
Fonte: A Autora (2017)

Figura 20 - Seção 4



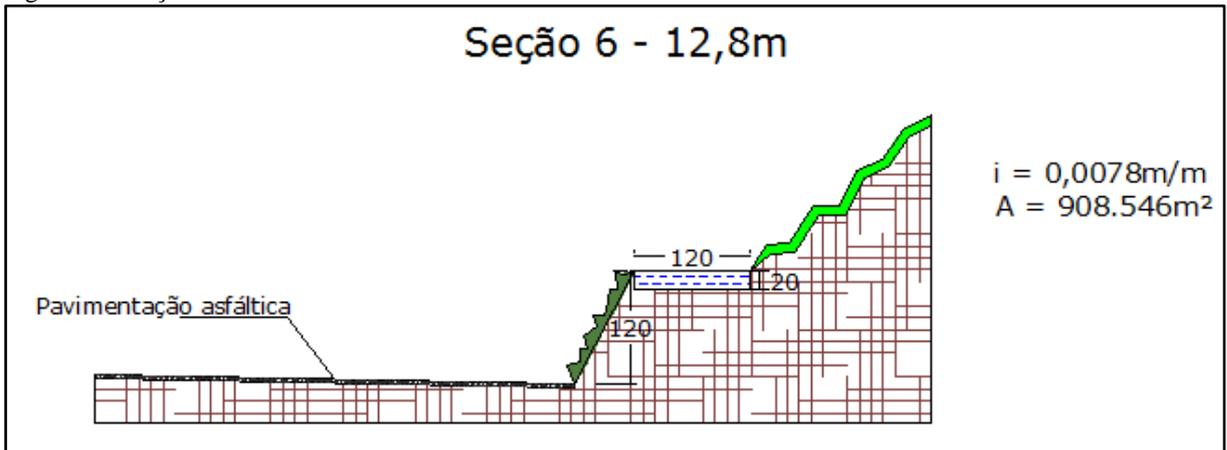
Fonte: A Autora (2017)

Figura 21 - Seção 5



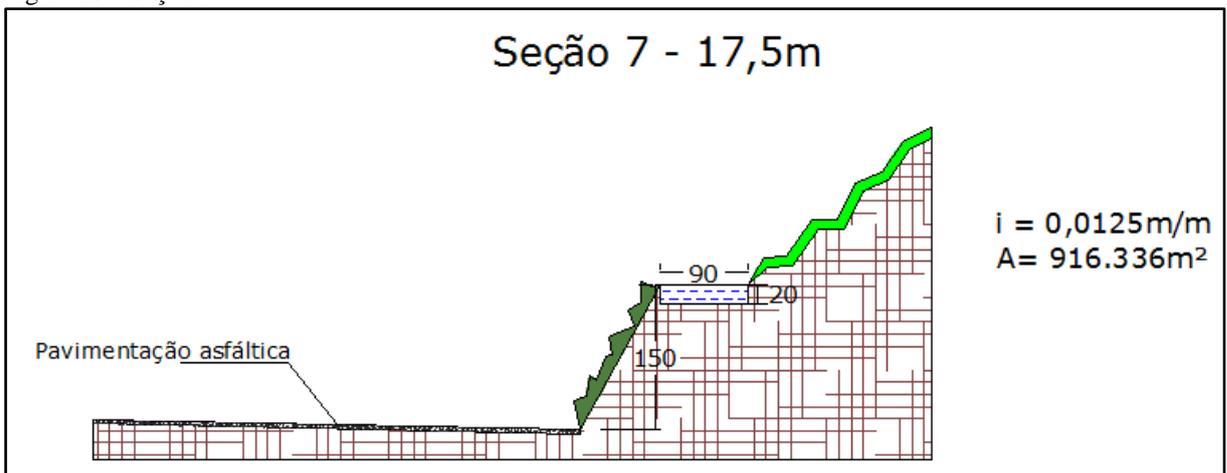
Fonte: A Autora (2017)

Figura 22 - Seção 6



Fonte: A Autora (2017)

Figura 23 - Seção 7



Fonte: A Autora (2017)

Como indicado na literatura para estudo da macrodrenagem, foram colhidos parâmetros com valores diferentes para cada seção de estudo. Tais como área de contribuição, tempo de concentração, seguido da vazão para cada trecho.

Tabela 8 - Capacidade de cada trecho

<b>CAPACIDADE DE CADA TRECHO</b>													
<b>CARACTERÍSTICAS DAS SEÇÕES DE ESTUDO</b>										TR (anos)	INTENSIDADE (mm/h)	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	SUPORTA?
<b>SEÇÃO</b>	COMP. (m)	DIMENSÕES (cm)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	P MOLHADO (m)	RH (m)	DECLIVIDADE (m/m)	VELOCIDADE (m/s)	CAPACIDADE (m <sup>3</sup> /s)					
<b>1°</b>	30	90	30	0,27	1,5	0,18	0,0367	1,53	0,4121	25	35,47	0,105	SIM
										50	40,95	0,112	SIM
										75	44,53	0,117	SIM
<b>2°</b>	5	90	30	0,27	1,5	0,18	0,0400	1,59	0,4304	25	35,41	0,105	SIM
										50	40,88	0,113	SIM
										75	44,46	0,117	SIM
<b>3°</b>	13	90	30	0,27	1,5	0,18	0,0154	0,99	0,2669	25	34,93	0,105	SIM
										50	40,32	0,113	SIM
										75	43,85	0,118	SIM
<b>4°</b>	8	90	30	0,27	1,5	0,18	0,0250	1,26	0,3402	25	34,62	0,106	SIM
										50	39,96	0,113	SIM
										75	43,46	0,118	SIM
<b>5°</b>	4	90	20	0,18	1,3	0,138	0,0250	1,06	0,1904	25	34,48	0,106	SIM
										50	39,80	0,114	SIM
										75	43,29	0,118	SIM
<b>6°</b>	12,8	120	20	0,24	1,6	0,15	0,0063	0,56	0,1339	25	34,01	0,107	SIM
										50	39,26	0,114	SIM
										75	42,69	0,119	SIM
<b>7°</b>	17,5	90	20	0,18	1,3	0,138	0,0126	0,75	0,1350	25	33,31	0,107	SIM
										50	38,45	0,115	SIM
										75	41,82	0,120	SIM

Fonte: A Autora (2017)

Como se pode notar na Tabela 8, o córrego tem capacidade suficiente para drenar a sua sub-bacia de contribuição. Assim sendo, conclui-se que o problema envolvido no canal em questão não é sua capacidade, mas sim outros fatores em seu entorno tal como a locação da via.

Com base neste pressuposto, é razoável afirmar que a falta de análise e planejamento na implantação de um projeto pode agravar ou até mesmo acarretar problemas inesperados justamente pela falta de elaboração de um plano.

Portanto, é necessário definir diretrizes para a implantação de um projeto contemplando quais estudos devem ser feitos e quais conceitos devem ser utilizados.

## **5. CONCEITOS FUNDAMENTAIS PARA PROJETO DE DRENAGEM**

### **5.1. Comportamento superficial das águas**

O escoamento superficial nada mais é que um segmento do ciclo hidrológico caracterizado pelo deslocamento da água na superfície da terra e nos cursos d'água naturais. Sua origem é basicamente nas precipitações e contempla, para o profissional de engenharia, a principal fase do ciclo hidrológico, sendo que a maioria dos estudos está vinculada ao aproveitamento da água superficial e à proteção contra fenômenos provocados pelo seu deslocamento, tais como erosão do solo, inundações, etc.

A ocorrência do escoamento superficial é descrita como fase do ciclo hidrológico sendo necessário levar em consideração os seguintes fatos. Quando uma chuva atinge determinada área ou bacia hidrográfica, parte de suas águas é interrompida pela vegetação (e/ou outros obstáculos), evaporando posteriormente, e o restante atinge a superfície do solo. Desta que atinge a superfície do solo, parcela é retida nas depressões do terreno, outra se infiltra e o restante escoar pela superfície do terreno. É razoável admitir-se que, durante a chuva, as quantidades evaporadas ou evapotranspiradas são desprezíveis. O escoamento da água que atinge a superfície do terreno acontece, portanto, após a intensidade da precipitação superar a capacidade de infiltração do solo e depois de serem preenchidas as depressões armazenadoras da superfície.

#### **5.1.1. Fatores que influenciam no escoamento superficial das águas**

São três fatores fundamentais que exercem influência no escoamento superficial, sendo eles de natureza climática, fisiográficos e também da ação antrópica.

##### a) Fatores climáticos

Estes resultam das características de intensidade e duração da precipitação. Assim, pode-se afirmar que quanto maior a intensidade da precipitação, mais rápido o solo atingirá a sua capacidade de infiltração, fazendo com que o excesso da precipitação escoar então, superficialmente.

Quanto a duração é evidente que há aumento do escoamento superficial proporcional ao intervalo da chuva.

##### b) Fatores fisiográficos

Os mais relevantes são a área e forma da bacia hidrográfica, a capacidade de infiltração e permeabilidade do solo e a topografia da bacia.

É óbvia a influência da área da bacia, pois esta corresponde à toda superfície coletora da água de chuva, quanto mais extensa, maior a quantidade de água captada.

A respeito da forma da bacia hidrográfica, como próprio nome já diz, define seu formato. Este por sua vez, quando compacto tende a concentrar o escoamento no canal principal que drena a bacia, aumentando os riscos de inundação.

A capacidade de infiltração do solo é influi inversamente na quantidade de escoamento superficial, isto é, para uma dada chuva, quanto mais permeável for o solo, menos escoamento superficial irá se obter.

O efeito da topografia destaca-se por definir a declividade da bacia e consequentemente a velocidade do escoamento. Assim, bacias íngremes têm escoamento superficial mais rápido e volumoso, pois a alta declividade torna menor a chance de infiltração. Já a presença das depressões acumuladoras de água retarda o escoamento superficial, que passa a ocorrer somente após terem suas capacidades excedidas.

#### c) Obras hidráulicas construídas na bacia

Como exemplo pode-se citar uma barragem que, acumulando a água em seu reservatório por ocasião de uma chuva intensa, reduz as vazões máximas do escoamento superficial e retarda a sua propagação para jusante. A presença da barragem propicia, ainda, a regularização das vazões: as águas reservadas nos períodos chuvosos podem permitir a manutenção de uma vazão aproximadamente constante a sua jusante nos períodos de estiagem.

Já a retificação de um rio por sua vez, tem efeito inverso da barragem, aumentando a velocidade do escoamento superficial.

Ainda, a derivação de água da bacia ou para a bacia (transposição), o uso da água seja para irrigação e abastecimento e a drenagem do terreno podem e devem se constituir em importantes fatores a considerar.

### **5.1.2. Fatores associados ao escoamento superficial**

É através do escoamento superficial que são definidos parâmetros necessários para cálculo de projeto em obras hidráulicas, sendo eles:

#### a) Coeficiente de escoamento superficial

De acordo com Vasconcelos (2017) o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *runoff* é o C médio obtido pela somatória dos diferentes tipos de áreas dentro de uma bacia multiplicada pelo seu coeficiente específico, isto pela área total da bacia.

#### b) Tempo de concentração

McCuen (1984 apud SILVEIRA, 2005) relata que o tempo de concentração é o tempo gasto por uma gota d'água escoar superficialmente do ponto mais distante da bacia até seu exutório. Isto permite concluir que basicamente, tempo de concentração é o ponto onde a descarga da bacia em estudo é máxima.

c) Período de retorno (T)

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

d) Vazão

É definida como o volume de água que atravessa a seção transversal considerada por unidade de tempo. Geralmente é expressa em  $m^3/s$ . A vazão máxima de escoamento superficial representa importante parâmetro para os projetos de sistemas de drenagem, de obras para controle da erosão e cheias. (Wilken, 1978)

## **6. DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETO DE MACRODRENAGEM**

### **6.1. Aplicação**

Segundo PMSP (1999) o projeto para macrodrenagem aplica-se a extensas áreas e, geralmente, é realizado para planejamento urbano, podendo fazer parte do plano diretor de drenagem da região. Esse tipo de projeto tem nível de detalhamento de um estudo de viabilidade.

### **6.2. Estudo de viabilidade**

Para análise preliminar de implantação de projeto, deve-se realizar:

- a) Vistoria do local;
- b) Coleta e análise de dados;
- c) Subdivisão de bacias principais e cálculo das áreas de contribuição;
- d) Cálculo da vazão contribuinte para cada trecho
- e) Capacidade hidráulica das estruturas do local;
- f) Estudo das alternativas de soluções estruturais ou não
- g) Compatibilização das alternativas estudadas com os demais elementos que compõem o projeto: viário, obras-de-arte e com interferências cadastradas;
- h) Recomendações gerais;

#### **6.2.1. Vistoria do local**

A vistoria do local de estudo deve ser realizada de maneira a registrar fatores físicos que influenciam ou podem influenciar no funcionamento do canal.

Devem ser coletadas as seções do canal de acordo com a declividade, rugosidade ou ainda aumento ou redução da seção propriamente dita.

#### **6.2.2. Coleta e análise de dados**

Para estudo da bacia de contribuição será necessário o levantamento das curvas de nível do local em estudo bem como a demarcação do canal. Recomenda-se que o levantamento seja feito metro a metro.

Deverá ser feito o cadastro de possíveis redes existentes que interferem no local de estudo.

Para definição de dados relativos à urbanização da bacia de contribuição, recomenda-se o uso de software como Google Earth para melhor visibilidade da atual condição da bacia. Deve ainda ser considerada uma urbanização futura caso a bacia estiver propensa a crescimento urbano. Vale ressaltar que o coeficiente de permeabilidade da bacia impacta diretamente na demanda pluvial, sendo um fator crucial na determinação da vazão é necessária uma boa coleta e análise dos dados relacionados.

### **6.2.3. Subdivisão de bacias principais e cálculo das áreas de contribuição**

A partir da determinação do ponto de estudo é necessário que se faça a limitação da bacia hidrográfica (com auxílio do software Auto CAD) e daí, a limitação das sub-bacias de contribuição (se houver).

A área de contribuição deverá ser considerada de acordo com cada seção do canal, sendo obviamente acumulativa de jusante para montante e poderá ser aferida também com o software Auto CAD.

Deverão ser levantadas características relacionadas à bacia de contribuição que serão relatadas a seguir sendo feito assim uma análise hidrológica.

#### 6.2.3.1 Coeficiente de forma

Conforme a Prefeitura Municipal de São Paulo (1999), o coeficiente de forma da bacia pode ser definido como:

$$C1 = \frac{4}{2+kf}$$

Sendo:

C1 = Forma da bacia

Kf = fator de forma

De acordo com Vilela (1975) o fator de forma da bacia pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$kf = \frac{A}{L^2}$$

Onde:

L= Comprimento do eixo da bacia (m)

A= área da bacia (m<sup>2</sup>);

Kf= fator de forma da bacia;

Os valores de Kf podem ser interpretados da seguinte maneira:

- 1,00 – 0,75 - sujeito a enchentes;
- 0,75 – 0,50 - tendência mediana;
- <0,50 - não sujeito a enchentes

### 6.2.3.2 Coeficiente de escoamento superficial

Segundo Tomaz (2014) a equação que se encontra o coeficiente C é:

$$C = \left( \frac{C2}{C1} \right) \times \frac{2}{1 + F}$$

Sendo:

C= coeficiente de escoamento superficial;

C2= coeficiente volumétrico de escoamento;

C1= coeficiente de forma;

F= fator de forma da bacia;

O coeficiente volumétrico de escoamento (C2), é o obtido pela ponderação dos coeficientes das áreas que constituem a bacia de contribuição pela seguinte equação:

$$Cm = \frac{\sum Ai \times Ci}{AT}$$

Onde:

Cm= C médio da bacia em estudo (adimensional)

Ai= Áreas da bacia

Ci= Coeficiente de escoamento

AT= Área total da bacia

O coeficiente de escoamento Ci deve ser retirado de tabelas, conforme a Tabela 13 e são coeficientes classificados pelo nível de impermeabilização do solo em função do seu uso.

Tabela 9 – Coeficientes para cada tipo de superfície de escoamento

Superfície	Coefficiente de Rugosidade de Manning
Fontes impermeáveis	0,90 á 0,95
Terreno estéril montanhoso	0,90 á 0,9
Terreno estéril ondulado	0,60 a 0,8
Terreno estéril plano	0,50 a 0,7
Prados, campinas, terreno ondulado	0,40 a 0,65
Matas decíduas, folhagem caduca	0,35 a 0,60
Matas coníferas, folhagem permanente	0,25 a 0,50
Pomares	0,15 a 0,40
Terrenos cultivados em zonas altas	0,15 a 0,40
Terrenos cultivados em vales	0,10 a 0,30
Telhados	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas	0,85 a 0,90
Superfícies asfaltadas e paralelepípedos	0,75 a 0,85
Estradas macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas não pavimentadas	0,15 a 0,30
Terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, campinas	0,05 a 0,20

Fonte: Azevedo Netto (1998)

Como no estudo de macrodrenagem é considerado um período de retorno maior é conveniente que se faça a correção do coeficiente de escoamento superficial através da equação:

$$CT = 0,8 \times T^{0,1} \times C10$$

Onde:

CT = Coeficiente de escoamento corrigido

T= período de retorno superior a 10 anos;

C10= coeficiente de escoamento superficial segundo Tabela 10

Tabela 10– Nível de impermeabilização do solo em função do uso

GRAU DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO	COBERTURA OU TIPO DE SOLO	USO DO SOLO OU GRAU DE URBANIZAÇÃO
Baixo (0,30)	- Com vegetação rala ou esparsa -Solo arenoso seco -Terrenos cultivados	- Zonas verdes não urbanizadas
Médio (0,50)	-Terrenos com manto fino de material poroso -Solos com pouca vegetação -Gramados amplos -Declividades médias	- Zona residencial com lotes amplos (maiores que 1000m <sup>2</sup> ) - Zona residencial rarefeita
Alto (0,80)	-Terrenos pavimentados -Solos argilosos -Terrenos rochosos estéreis ondulados -Vegetação quase inexistente	- Zona residencial com lotes pequenos (100 a 1000m <sup>2</sup> )

Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo (1999) – Adaptada pela Autora

#### 6.2.3.3 Intensidade da precipitação

Tomaz (2012) assegura que principal forma de caracterização de chuvas intensas é por meio da equação de intensidade, duração e frequência da precipitação, representada por:

$$Im = \frac{K \times Tr^a}{(tc + b)^c}$$

Sendo:

Im = intensidade média, (mm/h)

Tr = período de retorno, (anos)

Tc = tempo de concentração, (min)

K, a, b e c = Parâmetros relativos à localidade retirados do Plúvio (software desenvolvido pela Faculdade Federal de Viçosa Minas Gerais)

#### 6.2.4. Cálculo da vazão contribuinte para cada trecho

O cálculo da vazão necessita de valores de diversos fatores que influenciam e determinam a demanda de projeto. Têm-se:

- a) Período de retorno: recomenda-se que a vazão seja calculada para um período de retorno de no mínimo vinte e cinco anos, de forma a prevenir conflitos de novos projetos com soluções já implantadas. Dependendo das condições específicas de projetos, deve-se admitir um período de retorno ainda maior, como mostra a Tabela 11.

Tabela 11 – Período de retorno para cada tipo de obra

TIPOS DE OBRA	PADRÕES DE OCUPAÇÃO	T(anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Aeroportos	2-5
	Comercial densa – vias principais	5-10
Macro-drenagem	Comerciais e residenciais	50-100
	Específicas	500
<b>ESTRUTURA HIDRÁULICA</b>		
	<b>CARACTERIZAÇÃO</b>	<b>T(anos)</b>
Bueiros rodoviários	Tráfego baixo	5-10
	Tráfego intermediário	10-25
	Tráfego alto	50-100
Pontes rodoviárias	Vias secundárias	10-50
	Vias principais	50-100
Drenagem urbana	Galerias em pequenas cidades	2-25
	Galerias em grande cidade	25-50
	Canalização de córregos	50-100
Diques	Área rural	2-50
	Área urbana	50-200
Pequenas barragens	Ausência do risco de perda de vidas humanas	50-100
	Risco de perda de vidas humanas	100-1000
Grandes barragens		10000

Fonte: Pinheiro e Neghettini (1998)

- b) Tempo de concentração: Há um grande número de condicionantes envolvidos para na determinação do tempo de concentração, como formato da bacia, tipo de cobertura vegetal, declividade média da bacia, condições de permeabilidade do solo, distância entre o ponto mais afastado e o exutório, comprimento e declividade de afluentes e do rio principal, etc. Devido a sua complexidade de determinação existem várias formulas para se definir o tempo de concentração, entre elas SMDU (2012):
- Fórmula de Kirpich

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

- California Culverts Practice

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

- Federal Aviation Agency

$$tc = 22,73 \times (1,1 - C) \times L^{0,50} \times S^{-0,33}$$

- Método Cinemático

$$tc = \frac{100}{60} \sum \frac{L}{V}$$

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 do Método Racional

Vale ressaltar que em macrodrenagem, deve-se calcular diferentes tempos de concentração para cada seção analisada.

Com o período de retorno e tempo de concentração definidos é possível calcular a vazão de demanda através de vários métodos indicados na literatura, entretanto para estudos de macrodrenagem com bacia hidrográfica acima de 2km<sup>2</sup> é indicado utilizar o método de I PAI WU:

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

$$Q_{pico} = Q_b + Q$$

Sendo:

Q= vazão de pico (m<sup>3</sup>/s)

Q<sub>b</sub>= vazão base (m<sup>3</sup>/s). Se não tiver informação adotar 0,1xQ.

I= intensidade de chuva (mm/h)

C= coeficiente de escoamento superficial (adimensional)

A= área da bacia (km<sup>2</sup>) ≤ 200 km<sup>2</sup>

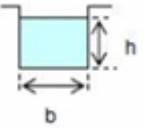
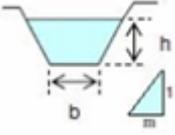
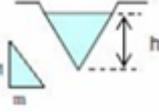
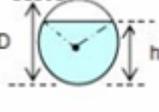
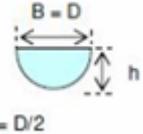
K= coeficiente de distribuição espacial da chuva (adimensional)

### 6.2.5. Capacidade hidráulica da(s) estrutura(s) do local

O cálculo da capacidade hidráulica reuni fatores coletados conforme indicado no item 6.2.1.

As características do canal deverão ser observadas e classificadas conforme a Tabela 12.

Tabela 12– Elementos geométricos de canais

Forma da seção	Área - A (m <sup>2</sup> )	Perímetro Molhado - P (m)	Raio Hidráulico - R (m)	Largura do Topo - B (m)
	$b \cdot h$	$b + 2 \cdot h$	$\frac{A}{P} = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h}$	$b$
	$(b + m \cdot h) \cdot h$	$b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$b + 2 \cdot m \cdot h$
	$m \cdot h^2$	$2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$2 \cdot m \cdot h$
	$\frac{1}{8}(\theta - \text{sen}\theta) \cdot D^2$ $\theta = \text{RAD}$	$\frac{\theta \cdot D}{2}$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}\right) \cdot D$	$\left(\text{sen} \frac{\theta}{2}\right) \cdot D$
	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4} = \frac{h}{2}$	$D = 2 \cdot h$

Fonte: Evangelista (2011)

Depois de definidas as características físicas do canal, pode se obter a sua capacidade através da equação indicada por Gribbin (2014):

$$Q = V \times Am$$

Onde:

Q = Vazão (m<sup>3</sup>/s);

V= Velocidade do escoamento (m/s);

Am= Área molhada (m<sup>2</sup>)

Deverá ser analisada ainda o comportamento do canal(verificação de velocidade, ressalto hidráulico, tipo de escoamento).

Se houver demais estruturas hidráulicas existentes no local, é necessário conhecer o seu funcionamento e qual impacto que a mesma causa ou possa vir a causar com o estudo em questão.

#### **6.2.6. Estudo das alternativas de soluções estruturais ou não**

Para entender o controle do escoamento superficial direto é necessária uma distinção entre duas medidas que se complementam: as estruturais e as não estruturais.

As estruturais são constituídas por medidas físicas de engenharia destinadas a desviar, deter, reduzir ou escoar com maior rapidez e menores níveis as águas do escoamento superficial direto, evitando assim os danos causados pelas inundações. Envolve, em sua maioria, obras hidráulicas de porte com aplicação maciça de recursos. Entretanto, não são projetadas para propiciar proteção absoluta, pois na maioria das situações estas seriam física e economicamente inviáveis.

As não estruturais, obviamente, não utilizam estruturas que alteram o regime de escoamento das águas do escoamento superficial direto. São representadas por medidas destinadas ao controle do uso e ocupação do solo ou à diminuição da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco dos efeitos das inundações. Nesta última buscam-se maneiras para que estas populações passem a conviver melhor com o fenômeno e fiquem mais bem preparadas para absorverem o impacto dos prejuízos materiais que venham a ocorrer pelas inundações. Esse tipo de medida envolve muitas vezes aspectos de natureza cultural, que conseqüentemente dificultam sua implantação em curto prazo. O envolvimento do público é indispensável para o sucesso dessa implantação.

Na Figura 24, temos de forma sucinta, recomendações de medidas estruturais ou não.

Figura 24 – Recomendações de medidas estruturais ou não

<b>Medidas Estruturais</b>			
Aumento da capacidade de escoamento das calhas	Diques marginais ou anulares Melhoria das calhas (aumento da seção transversal, desobstruções e retificações) Canalização (melhoria da calha e revestimento, substituição da calha por galeria / canal, canal de desvio)		
Redução das vazões de cheias	Reservatórios nos cursos d'água principais		
	Medidas para controle do escoamento superficial direto:	Medidas para detenção das águas pluviais	Medidas locais ( armazenamento em telhados, cisternas, bacias de detenção em parques, etc.) Medidas fora do local ( armazenamento em leitos secos ou em reservatórios implantados em pequenos cursos d'água )
		Medidas para infiltração das águas pluviais	Medidas locais ( poços, trincheiras, bacias de infiltração, escoamento dirigido para terrenos gramados, etc)
<b>Medidas Não Estruturais</b>			
	Regulamentação do uso e ocupação do solo (principalmente em fundo de vale)		
	Proteção contra inundações (medidas de proteção individual das edificações em áreas de risco)		
	Seguro contra inundações		
	Sistemas de alerta, ações de defesa civil, relocações		

Fonte: PMSP (1999)

### **6.2.7. Compatibilização das alternativas estudadas com os demais elementos que compõe o projeto**

A escolha do tipo de seção transversal de um canal a ser projetado depende de diversos fatores fundamentais.

Para total compatibilização da obra a ser executada com elementos já existentes é indispensável averiguação dos itens listados a seguir:

- a) Espaço disponível para implantação;
- b) Características do solo de apoio;
- c) Níveis de água
- d) Restrições à jusante;
- e) Declividade;
- f) Condições de operação;

Depois de averiguadas, caberá ao projetista a escolha da melhor medida a ser implantada de acordo com os dados colhidos.

### 6.2.8. Recomendações gerais

Em face dos fatores apontados, recomenda-se sempre que possível:

- Canalizações em cursos d'água
  - a) Prever faixas laterais, eventualmente inundáveis que permitam futuras ampliações do canal, caso necessário;
  - b) Afastamento das vias de tráfego das margens do canal, evidentemente, limitadas por outro lado pelo alinhamento das edificações.
  - c) As faixas destinadas às edificações em cada margem devem estar fora da faixa de inundação correspondente à cheia de 100 anos de período de retorno;
  - d) Nos casos em que as medidas acima não sejam possíveis em virtude da ocupação existente, é conveniente caracterizar as áreas de risco que poderão no futuro ser reurbanizadas ou, eventualmente beneficiadas com obras de retenção na bacia, a montante, que venham reduzir a incidência de inundações.
- Canais abertos:
  - a) Adoção de seção trapezoidal simplesmente escavada com taludes gramados, pela sua simplicidade de execução e manutenção, assim como pelo menor custo de implantação;
  - b) Maior espaço para implantação e declividades limitadas atendendo ao requisito de velocidades máximas relativamente reduzidas geralmente admitidas;
  - c) Quando, por outro lado, o espaço de implantação for limitado, deve-se adotar medidas de canais revestidos garantindo maiores velocidades de escoamento necessitando assim, menores seções transversais;
  - d) Os canais abertos sempre devem ser cogitados pela sua possibilidade de veiculação de vazões superiores a de projeto (mesmo prejudicando a borda livre), facilidade de manutenção e limpeza, possibilidade de seções mista (gerando economia nos investimentos) e maior facilidades para ampliações futuras (caso necessário);
  - e) É conveniente que tais seções sejam projetadas de modo a serem auto-limpantes;
- Galerias de grandes dimensões:
  - a) Sempre que possível, adotar galerias de célula única;
  - b) Nos casos em que for impraticável adoção de célula única, recomenda-se introduzir trechos em canal aberto se possível, que atuariam como elementos de homogeneização do fluxo d'água, situando-os principalmente nos locais de entrada

das principais contribuições laterais, de modo a evitar a necessidade de janelas nas paredes internas dos tramos de galeria.

- c) Sempre que não for possível célula única, é preferível optar por galeria de duas células;
- d) Se for necessária a utilização de janelas de equalização, estas devem ser dimensionadas considerando as diferenças das afluências em cada célula, por trecho de galeria, que deverão transpassar de lado.
- e) Julga-se também recomendável, no sentido de reduzir o problema de retenção de detritos nas janelas, que o bordo vertente das mesmas esteja situado de  $1/2$  a  $2/3$  da altura livre da galeria;

## **7. DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETO VIÁRIO**

### **7.1. Aplicação**

O projeto viário, de rodovias mais especificamente, se aplica em grandes áreas com o intuito de interligar trechos de tráfegos que se julgam necessárias. Este tipo de projeto necessita de um estudo de viabilidade para melhor escolha de medidas estruturais, locação da via entre outros sempre obedecendo aos limites do impacto ambiental.

### **7.2. Estudo de viabilidade**

O estudo de viabilidade técnica e econômica de rodovias deverá conter o conjunto de estudos desenvolvidos para avaliação dos benefícios sociais e econômicos decorrentes dos investimentos em implantação de novas rodovias ou melhoramentos de rodovias já existentes.

Nesta fase é imprescindível a realização dos estudos relativos ao impacto da rodovia sobre o meio ambiente.

Assim esta contemplará:

- a) Estudos ambientais (uso e ocupação do solo em torno da via);
- b) Veículo de Projeto
- c) Classificação da via e velocidade de projeto;
- d) Projeção de tráfego provável;
- e) Escolha da alternativa adequada;

#### **7.2.1. Estudos ambientais**

Os Estudos Ambientais devem ser desenvolvidos em conformidade com as Normas e Instruções do DNER, buscando obediência aos preceitos do desenvolvimento sustentável e princípios estabelecidos na Política Ambiental do DNER, visando assegurar a melhoria contínua de sua gestão ambiental.

Este estudo, portanto, deve englobar:

- a) Acompanhamento da elaboração dos estudos da engenharia rodoviária, verificando sua adequação ambiental visando detectar possíveis impactos provenientes da obra;
- b) Verificação junto aos órgãos competentes da existência de fatores restritivos ao uso do solo pela rodovia (áreas urbanas e Unidades de Conservação);

- c) Proposição de medidas para evitar ou mitigar problemas ambientais identificados através dos estudos;

#### 7.2.2.1 Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral

Todo e qualquer projeto deve ser desenvolvido com base no levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral.

Este levantamento deve conter todas e quaisquer interferências visíveis tais como postes, árvores, jardins, meio-fio, sarjetas, semáforos, distribuição de energia, etc.

Deve ainda conter representações de lotes vizinhos com indicação de futuras construções bem como indicação dos sentidos das vias.

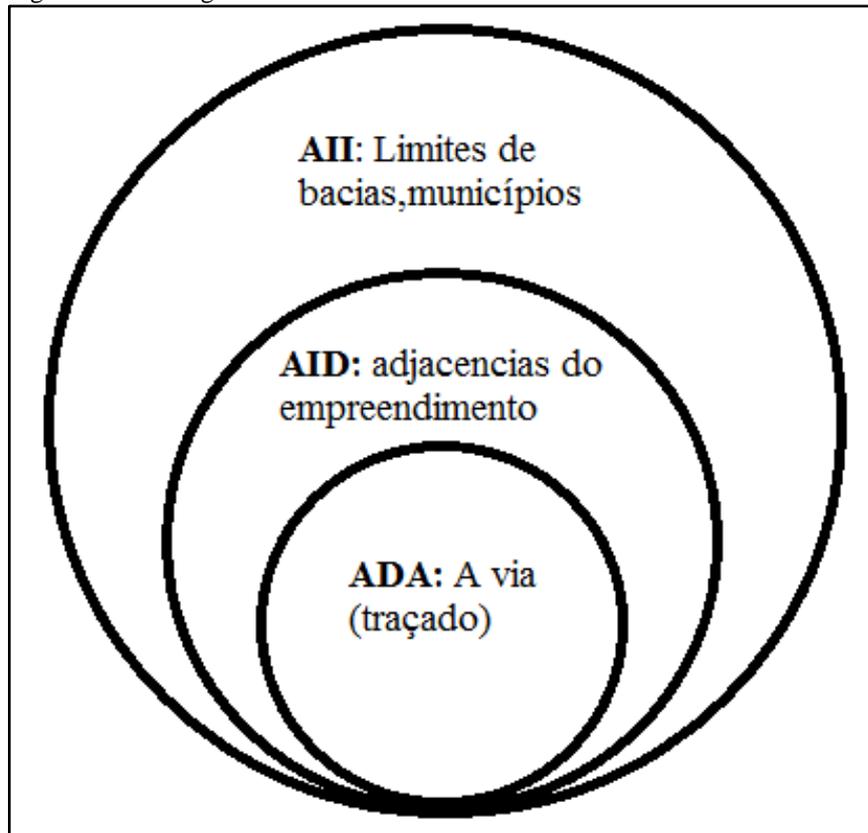
A extensão total do levantamento dependerá da área de influencia do projeto (relatada posteriormente).

#### 7.2.2.2 Área de influência

Deverá ser delimitada toda área de influência, sabendo que a mesma se subdivide em três: Área Diretamente Afetada (ADA), Área de Influência Direta (AID) e Área de Influência Indireta (AII).

Para melhor entendimento, as mesmas estão representadas na Figura 25, de forma simples e objetiva.

Figura 25 – Fluxograma de áreas de influencia



Fonte: A autora (2017)

#### 7.2.2.3 Estudo do solo

A análise preliminar do solo é fundamental para posterior elaboração de projeto viário. É necessário a execução de ensaio SPT que consiste na cravação de um amostrador - padrão cujo o resultado de resistência e tipo de solo se dá pela relação de números de golpes necessários para a cravação deste cilindro. O ensaio deve ser executado conforme a NBR 6484 que contempla:

- a) Aparelhagem
- b) Furos
- c) Processo de perfuração
- d) Critérios de paralisação
- e) Observação do nível de lençol freático
- f) Identificação das amostras
- g) Resultados

### 7.2.2. Veículo de projeto

É inevitável a influência das características físicas dos veículos no dimensionamento geométrico e estrutural de uma via. (Figura 25)

Figura 26 - Influência das características físicas dos veículos no dimensionamento geométrico e estrutural de uma via

Característica do Veículo	Elemento de Projeto da Rodovia
Largura do veículo	Largura da faixa de rolamento
	Largura dos ramos
	Largura dos acostamentos
Distância entre eixos	Raios mínimos internos e externos dos ramos
	Largura dos ramos
Comprimento do veículo	Largura dos canteiros centrais
	Extensão das faixas de armazenamento
	Extensões das baias de ônibus
Relação peso bruto / potência*	Declividade longitudinal máxima admissível
	Necessidade de faixa adicional de subida
	Determinação da equivalência em unidades de carros de passeio
Peso bruto / configuração dos eixos	Dimensionamento do pavimento
	Dimensionamento estrutural de separadores rígidos e defensas
Altura admissível para o veículo	Gabarito vertical sob redes aéreas
	Gabarito vertical sob viadutos, sinalização vertical e semáforos
	Dimensões dos túneis (altura da seção)

Fonte: DER/SP (2006)

Portanto, para fins de projeto é imprescindível a análise de todos os tipos de veículos em circulação, selecionando-os em classes e estabelecendo a representatividade dos tamanhos dos veículos dentro de cada classe. Para isto a Tabela 13 auxilia na classificação dos veículos usuais seguidos das suas dimensões básicas.

Tabela 13 – Principais dimensões básicas para veículos de projeto

Designação do veículo tipo / Características	Veículos leves (VP)	Caminhões e ônibus convencionais (CO)	Caminhões e ônibus longos (O)	Semi-reboques (SR)	Reboques (RE)
Largura total	2,1	2,6	2,6	2,6	2,6
Comprimento total	5,8	9,1	12,2	16,8	19,8
Raio min. da roda externa dianteira	7,3	12,8	12,8	13,7	13,7

Raio min. da roda externa traseira	4,7	8,7	7,1	6,0	6,9
------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Fonte: DNIT (2006) – Adaptada pela autora

Deverá ser analisado também o fator de equivalência (Tabela 14) destes veículos para que posteriormente possam ser utilizados nos cálculos do projeto viário.

Tabela 14 – Fator de equivalência

Tipo de veículo	VP	CO	SR/RE	M (motocicletas)	B (bicicletas)	SI
Fator de Eq.	1	1,5	2	1	0,5	1,1

Fonte: DNIT (2006) – Adaptada pela autora

### 7.2.3. Classificação de via e velocidade de projeto

Existem basicamente três tipos de classificações viárias, sendo a classificação administrativa, funcional e técnica.

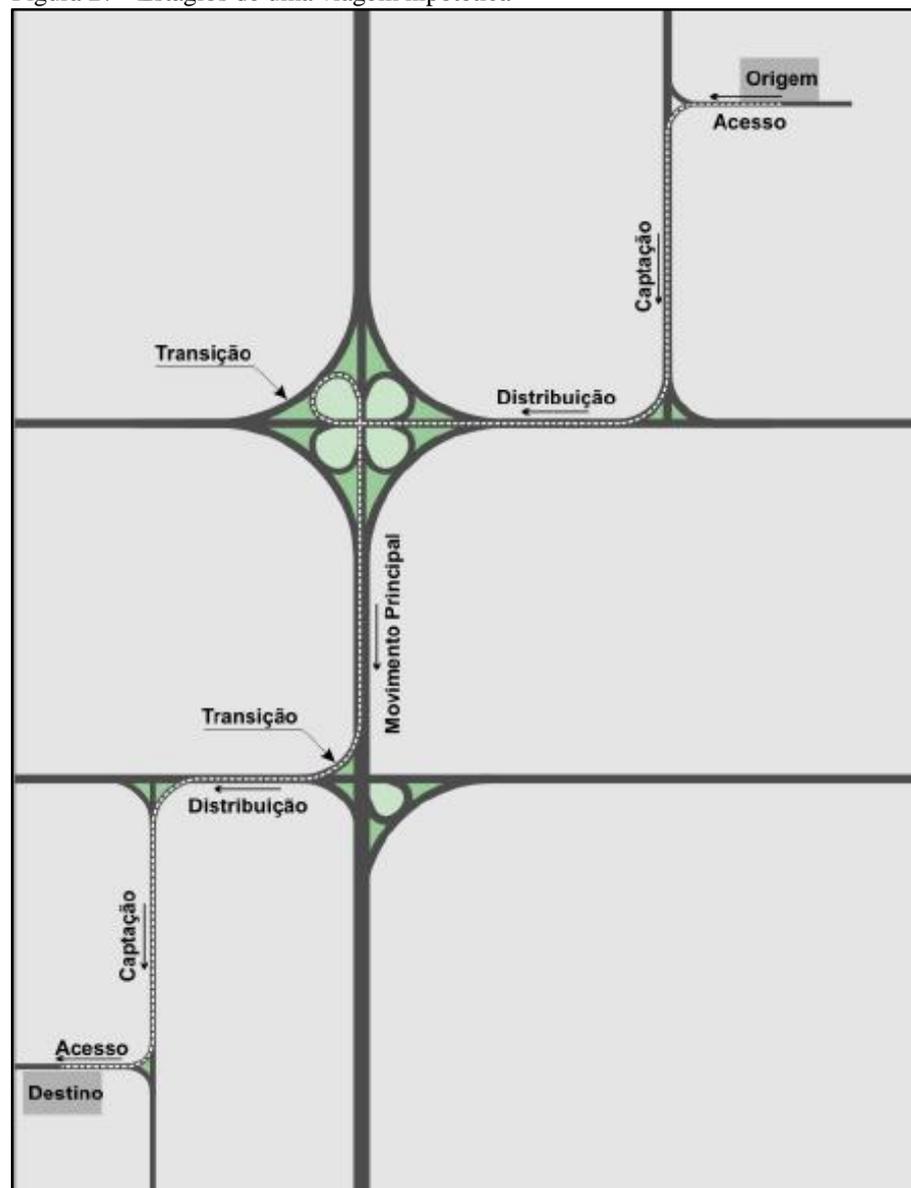
A classificação tem por objetivos gerais o planejamento do desenvolvimento físico da rede viária, a definição da responsabilidade institucional nos níveis federal, estadual ou municipal, o estabelecimento de bases para programas de diferentes alcances, e a priorização de melhorias.

Embora não menos importante a classificação administrativa não traz ligação direta com o projeto geométrico da via, portanto para fins de análise preliminar de implantação não é decisiva.

#### 7.2.3.1 Classificação funcional

Para este tipo de classificação deve-se considerar os deslocamentos que envolvem fases de acesso, captação, distribuição, transição e movimento principal. É importante atentar-se que nem todas as viagens envolvem necessariamente todos estes estágios, podendo eventualmente ser eliminadas etapas intermediárias. De qualquer forma, cada um dos estágios de uma viagem típica deve ser atendido por uma via com características específicas para sua função, conforme caracterizado em uma viagem hipotética ilustrada na Figura 26 a seguir.

Figura 27 - Estágios de uma viagem hipotética

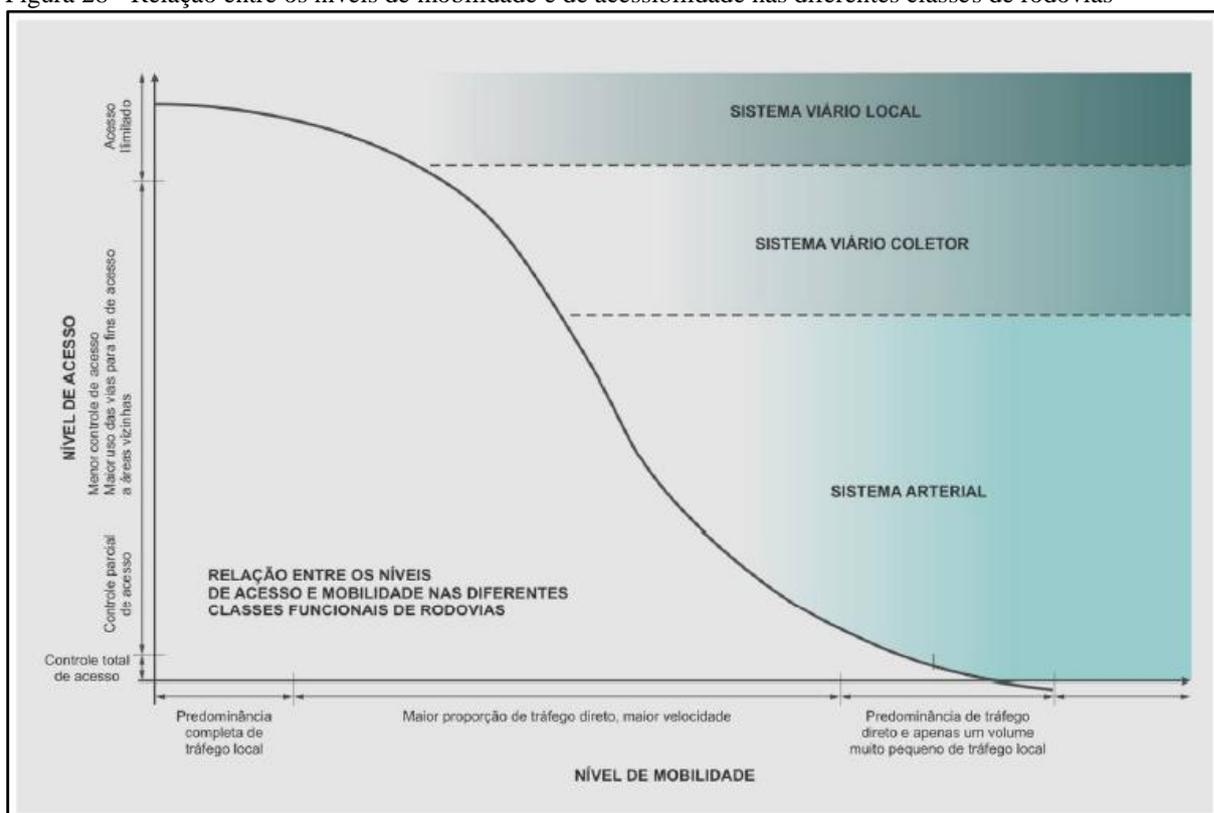


Fonte: DER/SP (2006)

De maneira hierárquica as vias destinadas a movimento principal devem proporcionar mobilidade a maiores volumes de tráfego. As vias associadas às demais etapas dos deslocamentos devem ocupar posições sucessivamente inferiores, restando no outro extremo as vias destinadas ao acesso e à etapa final das viagens.

Percebe-se que cada um dos estágios está diretamente vinculada à função da via. Assim, torna-se crucial a análise das relações entre os níveis de mobilidade e acessibilidade associados às diferentes classes funcionais como ilustra a Figura 28.

Figura 28 - Relação entre os níveis de mobilidade e de acessibilidade nas diferentes classes de rodovias



Fonte: DER/SP (2006)

Além desta distinção puramente funcional, também é importante levar em conta as características de uso e densidade de ocupação da região atravessada pela rodovia e mais particularmente do seu entorno imediato, considerando a sua localização em áreas rurais ou urbanas de forma a assegurar, no desenvolvimento do projeto, o foco adequado quanto às necessidades de mobilidade e acessibilidade.

De acordo com os manuais da AASHTO e do DNER é razoável considerar que áreas urbanas são densamente mais povoadas, têm mais de cinco mil habitantes e estão situadas em zonas de limites estabelecidos por autoridades. Fora isso, são zonas rurais e a mesma deve ser enquadrada em três sistemas: arterial, coletor e local.

A Figura 29 apresenta as características gerais de cada uma destas classificações e de suas subclassificações. A Figura 30 é inserida na seqüência e indica características desejáveis para as vias das diversas classes funcionais, inclusive no que se refere às interseções necessárias. Sempre que possível deverão ser adotadas.

Figura 29 - Síntese das Características dos Sistemas Funcionais das Rodovias

Sistemas funcionais		Função básicas	Espaçamento
Sistema arterial	principal	Trânsito internacional e inter-regional. Grande mobilidade. Sistema contínuo na região. Conexão com rodovias similares em regiões vizinhas. Conectar as cidades com população acima de 150000 habitantes e as capitais.	Controlado pela localização das cidades e regiões conectadas por estas rodovias.
	primário	Trânsito inter-regional e interestadual. Mobilidade. Sistema contínuo em combinação com o sistema principal. Conectar cidades com população acima de 50000 habitantes.	Estabelecido de forma a não duplicar os serviços das rodovias arteriais principais.
	secundário	Trânsito interestadual e intra-estadual. Mobilidade. Sistema contínuo combinado com os sistemas arteriais principal e primário. Conectar cidades com população acima de 10000 habitantes.	Estabelecido de forma a não duplicar os serviços das rodovias arteriais principais
Sistema coletor	primário	Trânsito intermunicipal. Mobilidade e acesso. Sistema contínuo combinado com o sistema arterial. Alimentador do sistema arterial. Conectar cidades com população acima de 5000 habitantes	Estabelecido de acordo com a distribuição e concentração populacional
	secundário	Trânsito intermunicipal. Acesso e mobilidade. Alimentador dos sistemas de mais alta função. Conectar cidades com população acima de 2000 habitantes e as sedes municipais. Atender às grandes áreas de baixa densidade populacional.	Não duplicar serviços
Sistema local		Trânsito intra-municipal. Deve proporcionar principalmente acesso. Pode sofrer descontinuidade mas não ser isolado do resto da rede.	Estabelecido de acordo com a distribuição e concentração populacional

Fonte: DER/SP (2006)

Figura 30 – Características desejáveis para diversas classes funcionais de vias

Características de Projeto e Controle			Sistema Arterial Principal			Sistema Arterial Secundário	Sistema de Vias Coletoras	Sistema de Vias Locais
			Via Expressa Primária	Via Expressa Secundária	Vias Arteriais Primárias			
Controle de acesso			Total	Total ou parcial	Parcial ou livre	Livre	Livre	Livre
Interseções	Sistema arterial principal	Via expressa primária	Desnível	Desnível	Desnível	Desnível ou travessia sem conexão	Travessia sem conexão ou bloquelo	Bloquelo
		Via expressa secundária	Desnível	Desnível	Desnível ou nível	Nível	Nível ou bloquelo	Bloquelo
		Via arterial primária	Desnível	Desnível ou nível	Desnível ou nível	Nível	Nível	Nível
	Sistema arterial secundário		Desnível ou travessia sem conexão	Nível	Nível	Nível	Nível	Nível
	Sistema de vias coletoras		Travessia sem conexão ou bloquelo	Nível ou bloquelo	Nível	Nível	Nível	Nível
	Sistema de vias locais		Bloquelo	Bloquelo	Nível	Nível	Nível	Nível
Controle de tráfego nas interseções			Total (desnível)	Quando parcial: semáforos; placas de parada nas vias menores	Quando parcial: semáforos; placas de parada nas vias menores	Quando parcial: semáforos; placas de parada nas vias menores	Quando parcial: semáforos; placas de parada nas vias menores	Placas de parada
Acesso às propriedades adjacentes			Nenhum	Nenhum ou restrito	Restrito	Restrito ou livre	Livre	Livre
Tratamento dos acessos às interseções			Ramos	Ramos ou canalização do tráfego	Quando em nível normal ou alargado	Normal ou alargado	Normal	Normal
Vias marginais			Onde necessário	Onde necessário	Geralmente não	Não	Não	Não
Canteiro central			Sempre	Sempre	Onde possível	Geralmente não	Não	Não
Cruzamento de pedestres			Passarela	Faixa zebraada ou passarela	Faixa zebraada	Faixa zebraada	Faixa zebraada	Livre
Estacionamento			Não permitido	Não permitido	Controlado	Controlado	Controlado ou livre	Livre
Acostamento			Sempre com largura total	Sempre com largura total ou parcial	Geralmente nenhum ou faixa de estacionamento	Nenhum	Nenhum	Nenhum

Fonte: DER/SP (2006)

### 7.2.3.2 Classificação técnica

A classificação técnica é a classificação do projeto que de acordo com o DNER é de 0 a IV.

Os condicionantes que devem ser observados na classificação do projeto são:

- a) O tráfego, que deve ser considerado o projetado para 10 anos de utilização da via;
- b) A classificação funcional (comentado anteriormente);
- c) O fator econômico;
- d) O terreno (não é usual estabelecer critérios rígidos quando a este condicionante, recomenda-se enquadrar o terreno em plano, ondulado ou montanhoso);

Cabe ressaltar alguns critérios complementares para que enquadramento de uma rodovia seja especificamente na Classe Zero:

- quando a função absolutamente preponderante for de mobilidade, em detrimento da acessibilidade;

- quando a interferência entre fluxo direto e atividades em propriedades lindeiras ou áreas vizinhas à faixa de domínio causar atritos indesejáveis sob os aspectos operacionais e de segurança;

- quando a rodovia for um trecho ou parte de um conjunto de rodovias, para as quais se optou pela adoção de categorias uniformes e que atendem às condições que justificam o enquadramento na Classe Zero.

As características gerais que deverão ser adotadas de acordo com a classificação da via estão sintetizadas na Figura 31.

Figura 31 – Síntese das características das classes de projeto

Classificação Técnica	Características Gerais	Crterios de Enquadramento na Classe de Projeto Considerada
Classe Zero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pista dupla</li> <li>- Padrão técnico mais elevado</li> <li>- Características de via expressa</li> <li>- Controle total de acesso</li> </ul>	<p>Quando o volume de tráfego no 10º ano após abertura resulta, para uma rodovia de pista simples, em:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nível de Serviço (NS) inferior ao nível C para relevo plano ou levemente ondulado, o qual corresponde a: <ul style="list-style-type: none"> <li>- VDM &gt; 5500 para região plana com excelentes condições de visibilidade, ou</li> <li>- VDM &gt; 1900 para região levemente ondulada com más condições de visibilidade</li> </ul> </li> <li>▪ NS inferior ao nível D em caso de relevo fortemente ondulado ou montanhoso, o qual corresponde a: <ul style="list-style-type: none"> <li>- VDM &gt; 2600 para relevo fortemente ondulado ou montanhoso com condições excelentes de visibilidade, ou</li> <li>- VDM &gt; 1000 para relevo montanhoso com más condições de visibilidade</li> </ul> </li> </ul>
Classe I - A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pista dupla</li> <li>- Controle parcial de acesso</li> </ul>	<p>Caso de rodovia arterial com grande demanda de tráfego, em condições semelhantes às descritas para a Classe Zero, mas que permite maior tolerância no que diz respeito às interferências causadas por acessos mais frequentes.</p> <p>Volumes de tráfego atendidos são da mesma ordem de grandeza da Classe Zero, mas sofrendo alguma redução por interferência mais frequente de acessos.</p>
Classe I - B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pista simples de elevado padrão</li> </ul>	<p>dos seguintes limites:</p> <p><b>Limite inferior</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ VDM &gt; 1400 ou VHP &gt; 200, que corresponde a: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nível de Serviço C em relevo montanhoso com excelentes condições de visibilidade</li> <li>- Nível de Serviço B em relevo plano com más condições de visibilidade</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Limites superiores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nível de Serviço C para relevos planos e fortemente ondulados, que corresponde a: <ul style="list-style-type: none"> <li>- VDM &lt; 5500 para relevo plano com excelentes condições de visibilidade</li> <li>- VDM &lt; 1900 para relevo levemente ondulado com más condições de visibilidade</li> </ul> </li> <li>▪ Nível de Serviço D para relevos montanhosos ou fortemente ondulados, que corresponde a: <ul style="list-style-type: none"> <li>- VDM &lt; 2600 para relevo fortemente ondulado com condições excelentes de visibilidade</li> <li>- VDM &lt; 1000 para relevo montanhoso com más condições de visibilidade</li> </ul> </li> </ul>
Classe II	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pista simples</li> </ul>	<p>Deve atender volume de tráfego no 10º ano após a abertura dentro dos seguintes limites:</p> <p><b>Limite inferior</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ VDM ≥ 700 com NS variando de A para o limite entre C ou D conforme condições locais</li> </ul> <p><b>Limite superior</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ VDM &lt; 1400 com NS variando entre A e D conforme condições locais</li> </ul>
Classe III	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pista simples</li> </ul>	<p>Deve atender volume de tráfego no 10º ano após a abertura dentro dos seguintes limites</p> <p><b>Limite inferior</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ VDM &gt; 300 com NS variando entre A e D conforme condições locais</li> </ul> <p><b>Limite superior</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ VDM &lt; 700 com NS variando entre A e D conforme condições locais</li> </ul>
Classe IV - A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pista simples</li> </ul>	<p>Características para atendimento a custo mínimo no ano de abertura. Geralmente não pavimentada e fazendo parte do sistema local. No ano de abertura: 50 &lt; VDM &lt; 200</p>
Classe IV - B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pista simples</li> </ul>	<p>Características para atendimento a custo mínimo no ano de abertura. Geralmente não pavimentada e fazendo parte do sistema local. No ano de abertura: VDM &lt; 50</p>

Fonte: DER (2006)

Após análise classificatória é indicado a obtenção da velocidade de projeto (Figura 32), pois a velocidade influenciará de maneira decisiva nas características básica da via

Figura 32 – Velocidades de projeto

Classe de projeto	Velocidade de projeto (km/h)		
	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	120	100	80
Classe I	100	80	60
Classe II	100	70	50
Classe III	80	60	40
Classe IV	80-60	60-40	40-30

Fonte: DER (2006)

#### 7.2.4. Projeção de tráfego provável

Segundo o Departamento de Estradas de Rodagem (2005) as projeções de tráfego devem ser realizadas por intermédio de taxas de crescimento obtidas com base em dados históricos coletados em estudos econômicos consistentes, tais como planos multimodais de transportes etc. No caso de não existirem tais informações, a metodologia a ser adotada deve ser discutida com o setor competente do órgão.

Os demais cálculos referentes ao tráfego deverão obedecer as diretrizes do DNIT

#### 7.2.5. Escolha da alternativa adequada

Nesta etapa, deverão ser consideradas:

- a) Impactos positivos e negativos no meio ambiente e no planejamento do meio urbano local;
- b) Tempo (vida útil) em que esta medida se mantenha eficiente;
- c) Custo/benefício;

## 8. CONCLUSÃO

O presente estudo de caso juntamente com toda literatura e normas envolvidas no assunto foi possível concluir como a falta de planejamento em obras é diretamente prejudicial seja em aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Nota-se que o projeto que se torna ineficaz não só pode gerar danos e prejuízo a população, mas muitas vezes podem ser irreversíveis simplesmente pelo fato que foi implantado de maneira totalmente incorreta justamente pela falta de análise, de conhecimento do local de implantação entrando em total contradição com o resultado que se pretende obter.

É claro que o planejamento de um projeto não exclui uma boa execução, pois isso também acarretará problemas futuros nos quais muitas vezes se resumem em correções onerosas. Mas um projeto cria grandes porcentagens de um bom funcionamento a partir do momento que o mesmo é antecedido do levantamento de dados nos quais possibilitam o projetista nas tomadas de decisões. É coerente que um bom levantamento procede de um amplo conhecimento teórico sobre o quais dados levantar, o que analisar. Uma estrada não deve ser implantada invadindo uma zona de recarga, uma via não deve omitir um sistema de drenagem e é isto que acontece inúmeras vezes.

Portanto, fica claro a importância do seguimento das diretrizes de implantação de projeto para prevenir más conseqüências oriundas do mau planejamento ou ainda pela sua inexistência.

A grande questão é: A engenharia foi feita pra solucionar problemas, mas conclui-se que a mesma quando mal manejada tem o poder de potencializar indesejadas situações ou até mesmo criá-las. Por isto, antes da elaboração de um projeto base é determinante a realização de um estudo viável para que o projeto seja pensado incluindo todos os fatores que podem e/ou vão influenciar na sua implantação e bom funcionamento.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington DC, **American Association of Highway and Transportation Officials**, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos** – NBR 6424, 2001.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Blucher, 1998.

BAPTISTA, M. B; COELHO, M. M. L. P. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. 3. ed. rev. ampl. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

CARVALHO, D.F;MELLO, J.L.P e SILVA,L.D.B. **Irrigação e Drenagem**. IT 115-2007.

CARVALHO, N. **Erosão Crescente na Bacia do São Francisco**. Revista Brasileira de Engenharia, Caderno de Recursos Hídricos. Vol.13 , Nº 2, Dezembro,1995

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

DER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Diretrizes Básicas Para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários**. Rio de Janeiro, 1999.

DER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Elaboração de Estudos de Tráfego**. São Paulo, 2005.

DER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Notas Técnicas de Projeto Geométrico**. São Paulo, 2006.

DNER. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Divisão de Capacitação Tecnológica. Rio de Janeiro, 1999

EVANGELISTA, Adão W. P. **Condução de água**. Condutos livres ou canais. Universidade Federal de Goiás 2011.

GRIBBIN, John E. **Introdução a Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. 4ª edição, São Paulo: Cengage Learning, 2014.

JUNIOR, Arlindo Phillippi. (Coord.) **Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 1ª ed. São Paulo: Manole, 2005.

McCUEN, R. H., WONG, S. L., RAWLS, W.J., 1984, **Estimating urban time of concentration, Journal of Hydraulic Engineering**, vol. 110, n.7, ASCE, pp 887-904

MENDONÇA, E. C. **Metodologia Para Avaliação e Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana**. Brasília, 2009.

MUNSON, B. R.; YOUNG, D. F.; OKIISHI, T. H. **Fundamentos da mecânica dos fluidos**. Editora Blucher, tradução da 4ª edição americana, 2004.

PINHEIRO, M. M. G. e NAGHETTINI, M. (1998). **Análise regional da frequência e distribuição temporal das tempestades na Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol.3, nº4.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. 3. ed. São Carlos: Eesc-usp, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**, 1999.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Diretrizes de Projeto de Hidráulica e Drenagem**, 1999.

RIGHETTO, A. M. (1998): **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC-USP.

RIGHETTO, Antônio Morazzi. **PROSAB: Manejo de águas pluviais urbanas**. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009

SECRETÁRIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Aspectos Tecnológicos, Fundamentos**. Volume 2, São Paulo: SMDU, 2012

SILVEIRA, A. L. L. **Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais**. RBRH. V 10 n.1 Jan/Mar 2005, 5-23.

SOUZA, P. A. Experiência de Laboratório. **Apostila da disciplina de Hidráulica I**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987

SUDECAP. **Sistema de Microdrenagem**. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2014

TAKAYAMA, Celso; MIYAZAWA, Leika Fabiana; YAMASAKI, Willian. **Exemplos de Planos Diretores de Drenagem Urbana**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária; Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais**. Capítulo 22, Chuvas Intensas. Junho 2012.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais**. Capítulo 66, Método de I-PAI- WU. Julho 2014.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana**. 1ªedição, Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

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

VASCONCELOS, Ivana Prado. **Notas de Aula**. Varginha. 2017

VILLELA, S. M.& MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: MacGraw-Hill, 1975.

WILKEN, Paulo Sampaio. **Engenharia de Drenagem Superficial**. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.



