

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS-UNIS/MG**

**EMERSON PEREIRA PICHELI LEONEL**

**ANÁLISE E PROPOSTA DE SOLUÇÕES PARA MINIMIZAR AS INUNDAÇÕES  
DO CÓRREGO JARDIM DE ELÓI MENDES.**

**Varginha- MG**

**2014**

**FEPESMIG**

EMERSON PEREIRA PICHELI LEONEL

|            |          |
|------------|----------|
| N. CLASS.  | M.627.54 |
| CUTTER     | L.5830   |
| ANO/EDIÇÃO | 2014     |

**ANÁLISE E PROPOSTA DE SOLUÇÕES PARA MINIMIZAR AS INUNDAÇÕES  
DO CÓRREGO JARDIM DE ELÓI MENDES.**

Trabalho Acadêmico apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito básico para a apresentação do Projeto de Conclusão de Curso – TCC, sob a orientação do(s) Prof.(s). M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos.

**Orientador (a):**

**M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos**

Varginha- MG

2014

**FEPESMIG**

**EMERSON PEREIRA PICHELI LEONEL**

**ANÁLISE E PROPOSTA DE SOLUÇÕES PARA MINIMIZAR AS INUNDAÇÕES  
DO CÓRREGO JARDIM DE ELÓI MENDES.**

Trabalho Acadêmico apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito básico para a apresentação do Projeto de Conclusão de Curso – TCC, sob a orientação do(s) Prof.(s). M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos.

**Data da aprovação:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA:**

**Mauricio da Silva Pinto**

---

**Armando Belato Pereira**

---

**M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos (ORIENTADORA)**

---

## Resumo

As inundações de córregos ocorrem, principalmente, devido à forma como a drenagem urbana é negligenciada nas cidades e pela impermeabilização das superfícies que produzem aumento de escoamento superficial. O estudo das inundações, em áreas urbanas, é de grande importância, devido aos impactos que provocam nas atividades comerciais, nos serviços, na interrupção do transporte e no alagamento das áreas residenciais. Sobre essa temática, refere-se a inundações provocadas pelo alto índice de chuvas, que, por sua vez, acarreta no seu transbordamento; a expansão das moradias dentro da bacia hidrográfica também pode levar ao aumento do volume dos córregos e rios. Com base nesse conceito foi realizado um estudo a respeito do problema das inundações, que vem acontecendo no Córrego Jardim na cidade de Elói Mendes. Levantada toda a área de contribuição da bacia, a intensidade pluviométrica do local, a taxa de ocupação do local, a seção do canal, a vazão de água e a declividade do terreno foram objetos de estudo, para se fazer uma análise referente à situação em que se encontra o problema. Em seguida, será feito um levantamento, a fim de se realizar todo o parecer a respeito de qual a melhor maneira de sanar o tema.

**Palavras-chaves:** Inundações, vazão, Córrego Jardim, análise, população.

## **Abstract**

Flooding of streams occur mainly due to how urban drainage is neglected in the cities and the sealing surfaces that produce increased runoff. The study of flooding in urban areas is of great importance due to the impacts they cause in commercial activities, services, interruption in transportation and flooding of residential areas. On this subject, refers to flooding caused by the high rate of rainfall, which in turn leads to your overflowing; the expansion of housing within the watershed can also lead to increased volume of streams and rivers. Based on this concept was carried out a study on the problem of flooding, what is happening in the Stream Garden City Eloi Mendes. Raised entire catchment area of the basin, the rainfall intensity of the site, the occupancy rate of the local section of the channel, the flow of water and the terrain slope were object of study, to make an analysis concerning the situation in which is the problem. Then, a survey will be done in order to realize the full opinion about how best to remedy the issue.

**Keywords :** flood, flow, Stream Garden, analysis, population.

## Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introdução.....</b>                              | <b>7</b>  |
| <b>2. Revisão Literária.....</b>                       | <b>8</b>  |
| 2.1. Calculo da vazão do Escoamento Livre.....         | 9         |
| 2.2. Bacia Hidrográfica.....                           | 11        |
| 2.3. Distribuição de Velocidades.....                  | 12        |
| <b>3. Objetivo.....</b>                                | <b>13</b> |
| <b>4. Metodologia.....</b>                             | <b>14</b> |
| <b>5. Diagnóstico.....</b>                             | <b>15</b> |
| <b>6. Apresentação das Propostas e Resultados.....</b> | <b>28</b> |
| <b>7. Considerações Finais.....</b>                    | <b>31</b> |
| <b>8. Referências.....</b>                             | <b>32</b> |

## 1. Introdução

Conforme pesquisa no TCC I, a principal intenção deste projeto é apresentar análises e propostas de soluções para as inundações do Córrego Jardim, principal canal de transporte de água pluviais, da cidade de Elói Mendes-MG.

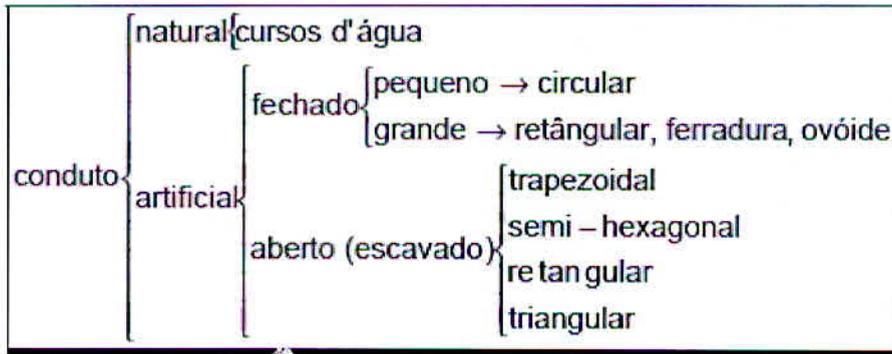
Fez-se um levantamento da bacia de contribuição, onde se limita pelos pontos mais elevados do terreno, conhecidos como divisores de água. Calculou-se a intensidade e analisaram-se as porcentagens de ocupação para o cálculo do coeficiente de deflúvio médio e a vazão suportada pelo canal; previu-se diante do cálculo que não é a dimensão, e se desenvolveram os possíveis problemas.

Levantando a declividade do Córrego, nota-se que há uma enorme variação no nível do terreno; isso afeta bruscamente a velocidade de escoamento das águas. Com a redução da velocidade, haverá a retenção de partículas sólidas, conseqüentemente a variação do movimento retardado e, dessa maneira, forma-se um remanso. Isso acontece devido à grande variação de declividade encontrada no córrego, onde declive a montante, reduzindo consideravelmente a jusante, formando um ressalto hidráulico, em que se tinha um escoamento tranquilo ou fluvial, antes de se transformar em um escoamento supercrítico ou torrencial.

Neste projeto, serão realizados alguns estudos e pesquisas a respeito de qual seria a melhor maneira de minimizar o problema, com o menor custo e melhor eficiência, para tentar obter o objetivo final.

## 2. Revisão da Literatura

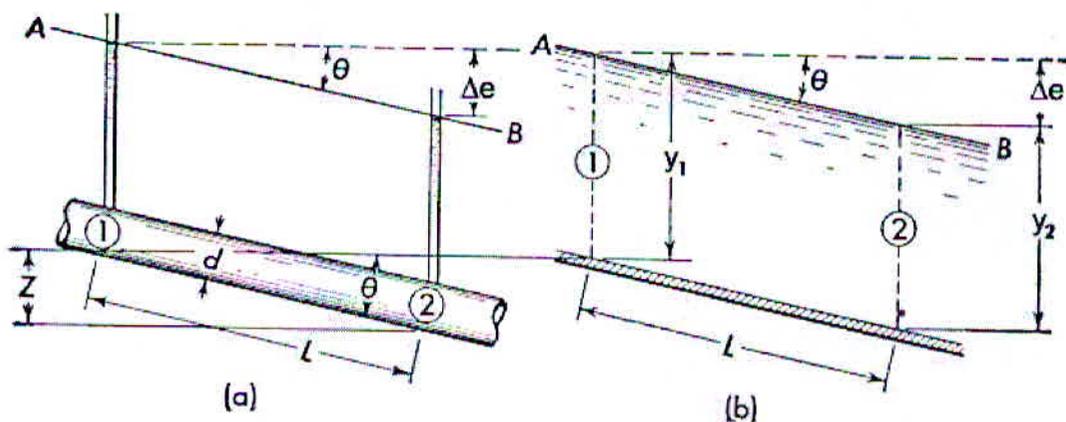
Segundo Martins e Ramos (2004), denomina-se conduto livre ou canal o local onde o escoamento é caracterizado por apresentar uma superfície livre na qual reina a pressão atmosférica. Nesse contexto, os cursos d'água naturais constituem o melhor exemplo de condutos livres; também os canais artificiais de irrigação e drenagem, os rios, os aquedutos abertos, e, de modo geral, as canalizações onde o líquido não preenche totalmente a seção do canal. Abaixo, pode-se verificar como se classifica um conduto.



Fonte: Martins, José Rodolfo S.; Ramos, Carlos L. *Condutos Livres*,

PHD Hidráulica, São Paulo 2004

De acordo com Evangelista (2011), os escoamentos em condutos livres diferem dos que ocorrem em condutos forçados, porque o gradiente de pressão não é relevante. Neles, os escoamentos são mais complexos devido às variáveis e são interdependentes com relação à variação no tempo e espaço. Uma importante característica da hidráulica dos canais, além da superfície livre é a deformidade desta. No escoamento em condutos livres, a distribuição de pressão pode ser considerada como hidrostática e o agente que proporciona o escoamento é a gravidade. Apesar da semelhança entre os escoamentos, os livres são mais complexos e com resolução mais sofisticada, pois as variáveis são interdependentes com variação no tempo e espaço. No desenho, a seguir, percebe-se a diferença entre um conduto forçado e um livre.



a) conduto forçado ou sobressão

b) conduto livre

Fonte: Martins, José Rodolfo S.; Ramos, Carlos L. *Condutos Livres*,

PHD Hidráulica, São Paulo 2004

A interpretação e o dimensionamento de condutos livres são extremamente importantes com relação aos aspectos relacionados ao trabalho, nas áreas de: drenagem, contenção, previsão e proteção das cheias, diagnósticos e estudos de impacto ambiental, pois a maioria dos cursos d'água naturais são instáveis dinamicamente, produzindo curvas, assim, a velocidade real do curso é complexa, mas, em muitos casos, os estudos são conduzidos como unidirecionais, isto é, com velocidades vetoriais médias.

## 2.1. Cálculo da vazão do Escoamento Livre

Os parâmetros usualmente empregados na análise e tratamento dos escoamentos livres são:

- $A$  = área molhada corresponde à área efetiva de escoamento (m);
- $B$  = comprimento superficial ou boca é a distância horizontal da superfície livre do conduto (m);
- $b$  = comprimento da base do conduto (m);
- $h$  = Altura total do canal;
- $P$  = perímetro molhado é o comprimento da linha de contorno da área molhada sem a superfície livre (m);
- $R_h = A \div P$  = raio hidráulico é o quociente entre área e perímetro molhados (m);
- $I$  = declividade da linha de energia (m/m);

- $n$  = Coeficiente de rugosidade;
- $Q$  = vazão em volume ( $m^3/s$ );
- $C$  = coeficiente de deflúvio;
- $i$  = intensidade pluviométrica ( $mm/h$ );

Utilizou-se a equação da vazão e, depois, a de Manning. Na fórmula de Manning, primeiramente foi determinada a área molhada correspondente à área efetiva de escoamento; em seguida, o perímetro molhado, o raio hidráulico, que é a divisão da área molhada pelo perímetro molhado e, por último, o coeficiente de rugosidade, para, assim, calcular-se a vazão. Já a fórmula da vazão foi determinada a área da bacia, sua intensidade pluviométrica e, para finalizar, o coeficiente de deflúvio, para depois calcular a vazão. As fórmulas nada mais são que:

$$Q = \frac{A \cdot R_H^{2/3} \cdot I^{1/2}}{n} \quad \therefore Q = A \times i \times C$$

O coeficiente de rugosidade e o coeficiente de deflúvio representado na fórmula por  $n$  e  $C$  encontra-se em várias tabelas, demonstrando que, para cada material, o seu coeficiente altera de acordo com o seu grau de rugosidade de Manning e a natureza da superfície de deflúvio. Vejam-se as tabelas adotadas.

| <b>Natureza da Superfície</b>   | <b>Valores de C</b> |
|---|---------------------|
| Telhados perfeitos, sem fuga  | 0,70 a 0,95         |
| Superfícies asfaltadas e em bom estado  | 0,85 a 0,90         |
| Pavimentações de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas           | 0,75 a 0,85         |
| Para as superfícies anteriores sem as juntas tomadas  | 0,50 a 0,70         |
| Pavimentações de blocos inferiores sem as juntas tomadas  | 0,40 a 0,50         |
| Estradas macadamizadas  | 0,25 a 0,60         |
| Estradas e passeios de pedregulho   | 0,15 a 0,30         |
| Superfícies não revestidas, pátios de estrada de ferro e terrenos descampados                     | 0,10 a 0,30         |
| Parques, jardins, gramados e campinas, dependendo da declividade do solo e da natureza do subsolo | 0,01 a 0,20         |

Fonte: VILLELA, 1975. *Valores do Coeficiente de Deflúvio(C)*.

O coeficiente de Manning, quando aplicado em condutos livres, traduz as perdas de energia distribuídas e localizadas (singularidades ou acidentais) de um determinado intervalo, podendo-se majorá-los para representar as características particulares locais.

## 2.2 Bacia Hidrográfica

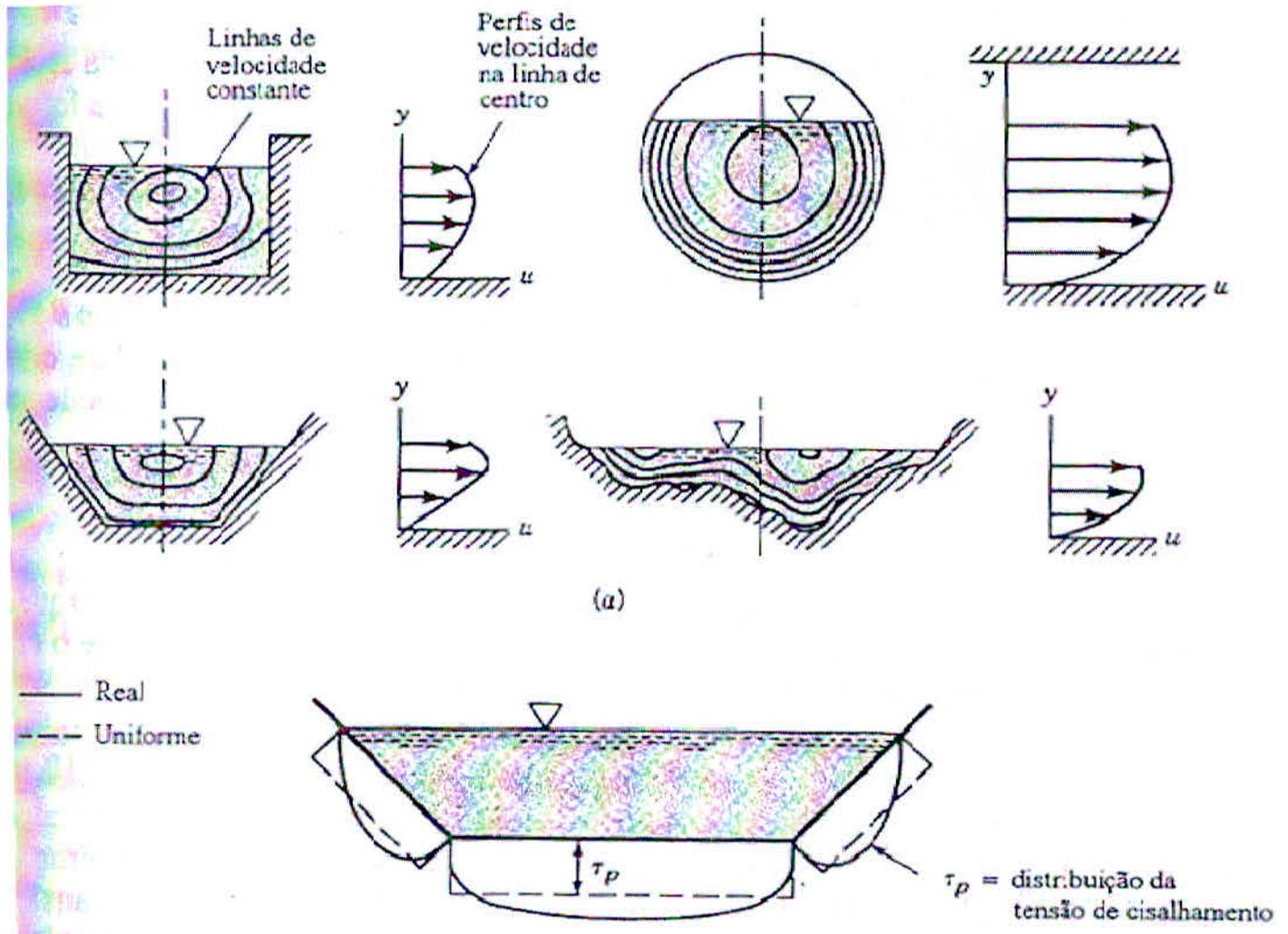
De acordo com Dantas (2011), a bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos (elevações do terreno), que recolhe a precipitação e age como um reservatório de água e de sedimentos que migram para uma seção fluvial única, o exutório. A rede de drenagem de uma bacia hidrográfica é, assim, formada pelo escoamento da precipitação, a partir das maiores elevações do terreno, em direção aos vales, seguida pela sua concentração em pequenos cursos d'água, os quais confluem, formando o rio principal da bacia e seus afluentes.

Uma bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação, age como um reservatório de água e sedimentos, defluindo-os em uma seção fluvial única, denominada exutório. Os divisores topográficos ou divisores de água são as cristas das elevações do terreno que separam a drenagem da precipitação entre duas bacias adjacentes. A rede de drenagem de uma bacia hidrográfica é formada pelo rio principal e pelos seus tributários, constituindo-se um sistema de transporte de água e sedimentos, enquanto a sua área de drenagem é dada pela superfície da projeção vertical da linha fechada dos divisores de água sobre um plano horizontal, sendo geralmente expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>).

As vazões de uma bacia dependem de fatores climáticos e geomorfológicos. A intensidade, a duração, a distribuição espaço-temporal da precipitação sobre uma bacia, bem como a evaporação, estão entre os principais fatores climáticos. Essas podem ser sintetizadas pela extensão da bacia, forma, distribuição de relevo, declividade, comprimento do rio principal, densidade de drenagem, cobertura vegetal, tipo e uso do solo, entre outras.

### 2.3 Distribuição de Velocidades

Segundo Martins e Ramos (2004), a distribuição de velocidades no fluido em condutos livres é função, principalmente, da resistência do fundo e das paredes, da resistência superficial da atmosfera, ventos, resistência interna da viscosidade do fluido e da aceleração da gravidade, conforme mostrado na figura abaixo:



Fonte: Martins, José Rodolfo S.; Ramos, Carlos L. *Condutos Livres*,

PHD Hidráulica, São Paulo, 2004.

### 3. Objetivos

#### Objetivo Geral

Propor alternativas para minimizar o problema da drenagem no curso de água do Córrego Jardim, localizada na cidade de Elói Mendes, MG.

#### Objetivos Específicos

- Dimensionar a bacia de contribuição ao trecho em estudo;
- Dividir a Bacia em Trecho;
- Calcular a Vazão e Velocidade;
- Desenvolver um Projeto de Contenção.

#### 4. Metodologia

Todo o estudo teve início com um levantamento bibliográfico sobre condutos livres, bacias hidrográficas, ocupação de solo, distribuição de velocidade, dentre outros tópicos pertinentes à correta proposta de adaptação. A visualização do local também foi de fundamental importância para verificar as atuais condições.

O próximo passo foi o dimensionamento de área da bacia hidrográfica do Córrego Jardim e a determinação dos níveis, com a ajuda do programa Google Earth e pesquisas no IBGE sobre o relevo da cidade, levantando todos os dados necessários. Com isso, conseguiu-se fazer a delimitação dos divisores da bacia e determinaram-se os coeficientes de deflúvios para as áreas pavimentadas. Outro dado pesquisado foi a equação de intensidade pluviométrica, em que foram utilizados a fórmula e os dados da própria cidade de Elói Mendes, fornecidos pela Associação dos Municípios do Lago de Furnas (ALAGO), com um tempo mínimo de vinte cinco anos de retorno.

Pela tabela **Valores do Coeficiente de Deflúvio(C)**, obtida do livro VILLELA (1975), pode-se determinar o "C" para as áreas pavimentadas com paralelepípedo, com edificações, em superfícies onde não há edificações, superfície asfáltica em bom estado, área verde e vegetação natural, utilizado no cálculo da vazão.

Com a bacia delimitada, os cálculos de intensidade pluviométrica, o tempo de retorno, coeficiente de deflúvio médio, a rugosidade e declividade encontrado, foi dividido-se o canal em trechos e calcularam-se a velocidade e a vazão de cada segmento, utilizando a Equação de Manning.

Partiu-se, então, para a vistoria do local, verificando-se que o canal se divide em três partes. Na primeira, ele segue seu curso natural; ao começar a cortar a cidade, está canalizada no formato trapezoidal, com uma manilha no centro do canal e sua borda concretada; depois, sua seção é alterada novamente tendo formato retangular com gabião em suas laterais, por onde segue, por alguns metros, até retornar ao seu curso natural novamente, até desaguar no Córrego Mutuca. O marco inicial do estudo será no momento em que o córrego passa por dentro do Município, ou seja, quando sua seção é alterada, até retornar ao seu curso normal.

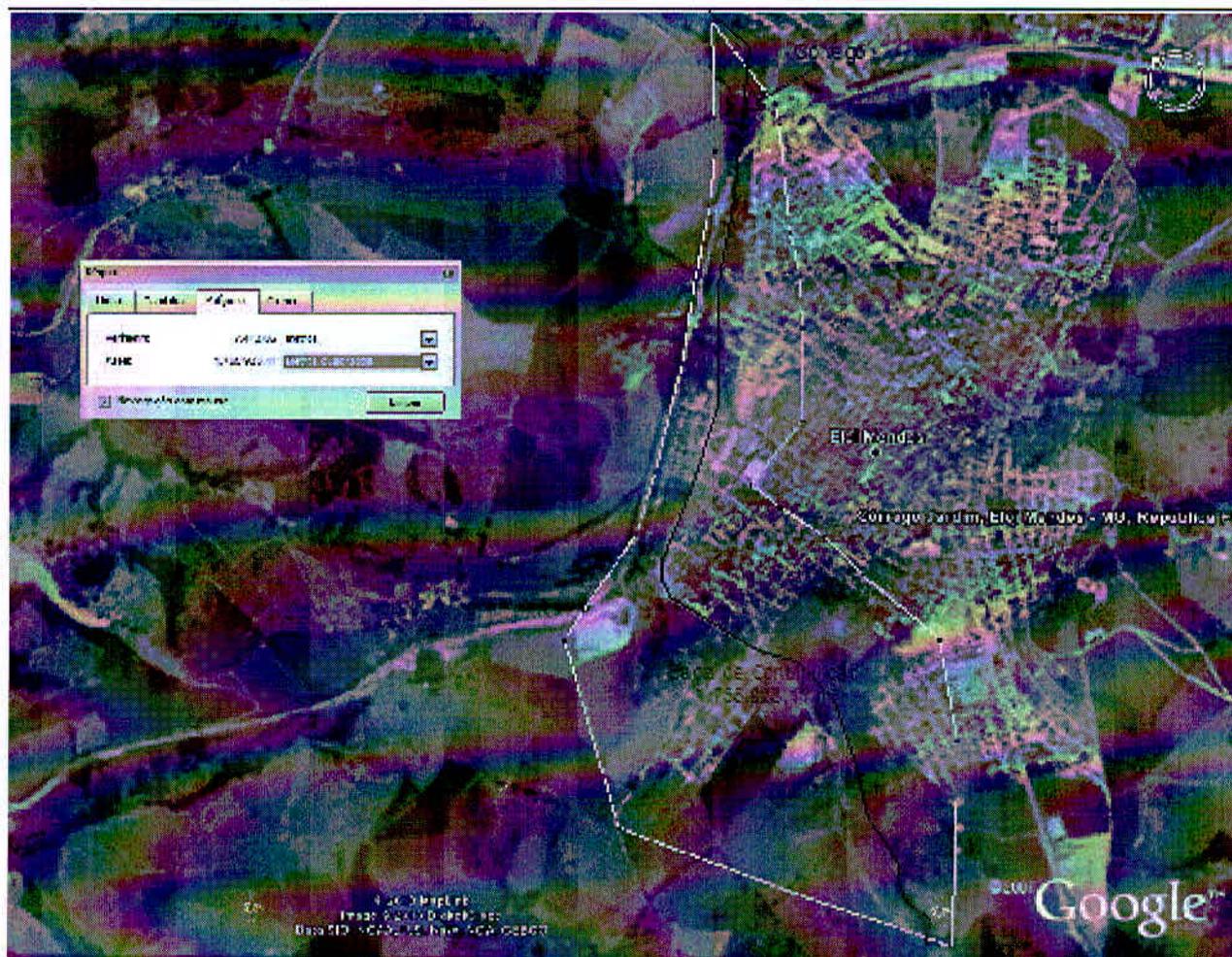
## 5. Diagnóstico

O plano urbano é composto pelo Córrego Jardim, onde se registraram, no seu entorno, várias inundações, durante todo o ano. Essas inundações são devidas ao grande índice de chuvas intensas durante um curto período, que, pela falta de uma impermeabilização do meio urbano e a diferença de nível do terreno, gera um elevado escoamento direto, o qual ultrapassa a capacidade de vazão do sistema de drenagem das águas pluviais da cidade.

No mês de dezembro a março, é uma estação com elevado índice de chuvas, trazendo, assim, os alagamentos, e, junto com ele, os problemas, pelas precipitações intensas, como também a quantidade de lixo despejado, a falta de poda das vegetações e o alto assoreamento, conduzindo ao seu transbordamento.

A princípio, foi feita uma análise, para conhecer a real situação do Córrego, que é preocupante, e foi constatado como possíveis causas o mau dimensionamento do canal, a grande quantidade de vegetação e o assoreamento das manilhas, provavelmente, causados pela diferença de nível do terreno. A área total da bacia é 1.755.923,11 m<sup>2</sup> (175,59 hectares), com um perímetro de 7.412,06 m e com uma extensão de 3.963,30 metros. O estudo vai contemplar somente uma extensão de 1.100 metros.

Figura 01 – Determinação da Bacia Hidrográfica



Fonte: Google Earth.

A taxa ocupação da bacia é: residencial 43,40% (761.837,77 m<sup>2</sup>), comercial 10,90%(191.514,16 m<sup>2</sup>), área verde 8,84% (70.947,29 m<sup>2</sup>), terreno natural 27,00%, (731.623,89 m<sup>2</sup>), pavimentação asfáltica 4,60% (80.877,60 m<sup>2</sup>) e calçamento em paralelepípedo 5,26%(9.2190 m<sup>2</sup>).

Figura 02 – Determinação da Área de Ocupação



Fonte: Google Earth.

Analisou-se e determinou-se, com auxílio do Google Earth, o nível de toda a extensão; depois, traçado o perfil do córrego pelo Excel, que será utilizado no cálculo da intensidade de precipitação, para se calcular a vazão, conforme pode se observar nas Tabelas 01, 02 e os Gráficos 01, 02:

Tabela 01 – Determinação do Desnível

| Seção Trapezoidal |     |           |              |      |
|-------------------|-----|-----------|--------------|------|
| Marco (m)         |     | Nível (m) | Desnível (m) | Obs. |
| 0                 | 3   | 845       | 0            |      |
| 3                 | 21  | 844,5     | -0,5         |      |
| 21                | 43  | 844       | -0,5         |      |
| 43                | 59  | 843,5     | -0,5         |      |
| 59                | 76  | 843       | -0,5         |      |
| 76                | 93  | 842       | -1           |      |
| 93                | 110 | 841       | -1           |      |
| 110               | 142 | 840       | -1           |      |
| 142               | 161 | 839       | -1           |      |
| 161               | 175 | 838       | -1           |      |
| 175               | 231 | 837       | -1           |      |
| 231               | 275 | 836       | -1           |      |

|     |     |         |        |       |
|-----|-----|---------|--------|-------|
| 275 | 298 | 835,5   | -0,5   | Ponte |
| 298 | 323 | 835     | -0,5   |       |
| 323 | 333 | 835     | 0      | Ponte |
| 333 | 433 | 833,395 | -1,605 |       |
| 433 | 523 | 833,25  | -0,145 |       |
| 523 | 579 | 832,77  | -0,48  |       |
| 579 | 754 | 832,64  | -0,13  |       |
| 754 | 800 | 832,37  | -0,27  | Ponte |

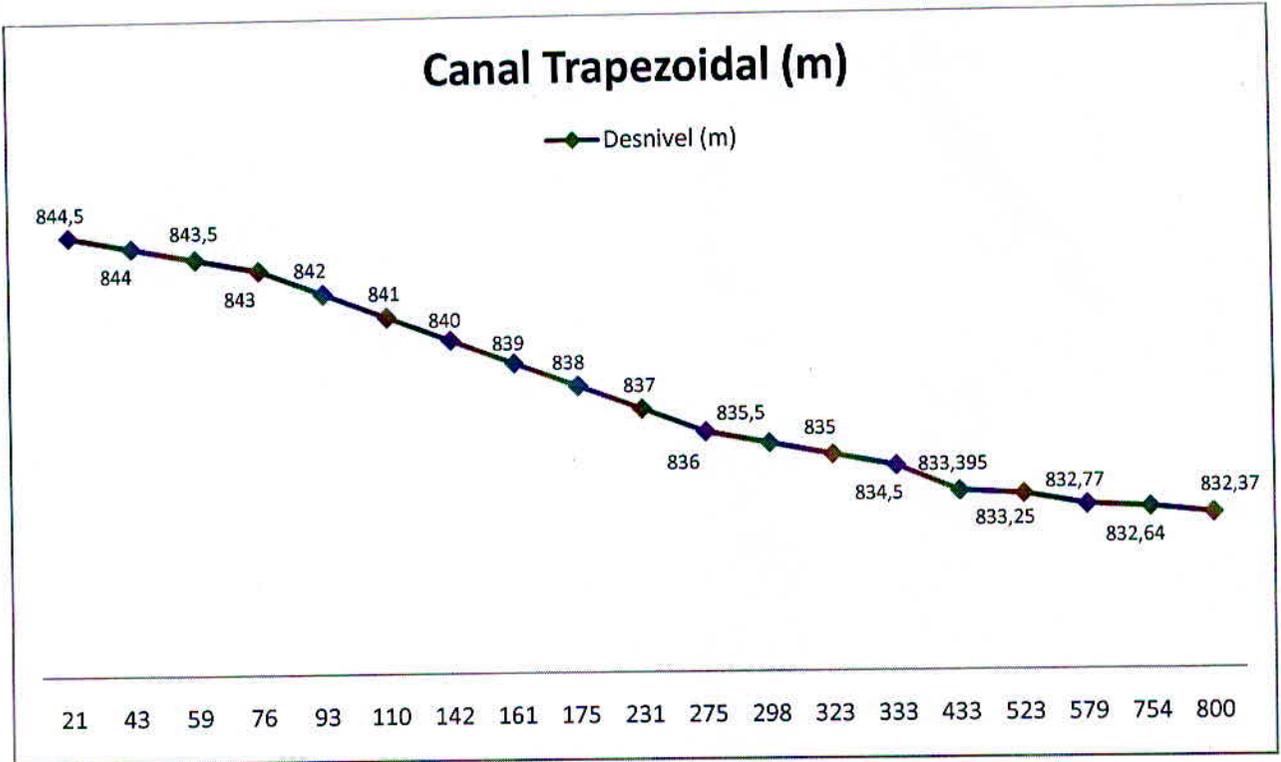
Fonte Própria Autoria.

Tabela 02 – Determinação do Desnível

| Seção Retangular |     |           |              |       |
|------------------|-----|-----------|--------------|-------|
| Marco (m)        |     | Nível (m) | Desnível (m) | Obs.  |
| 41               | 83  | 832       | 0,37         | Ponte |
| 83               | 125 | 831,5     | 0,5          |       |
| 125              | 169 | 831       | 0,5          |       |
| 169              | 220 | 830       | 1            | Ponte |
| 220              | 250 | 829,5     | 0,5          |       |
| 250              | 280 | 829       | 0,5          |       |
| 280              | 300 | 828,5     | 0,5          |       |

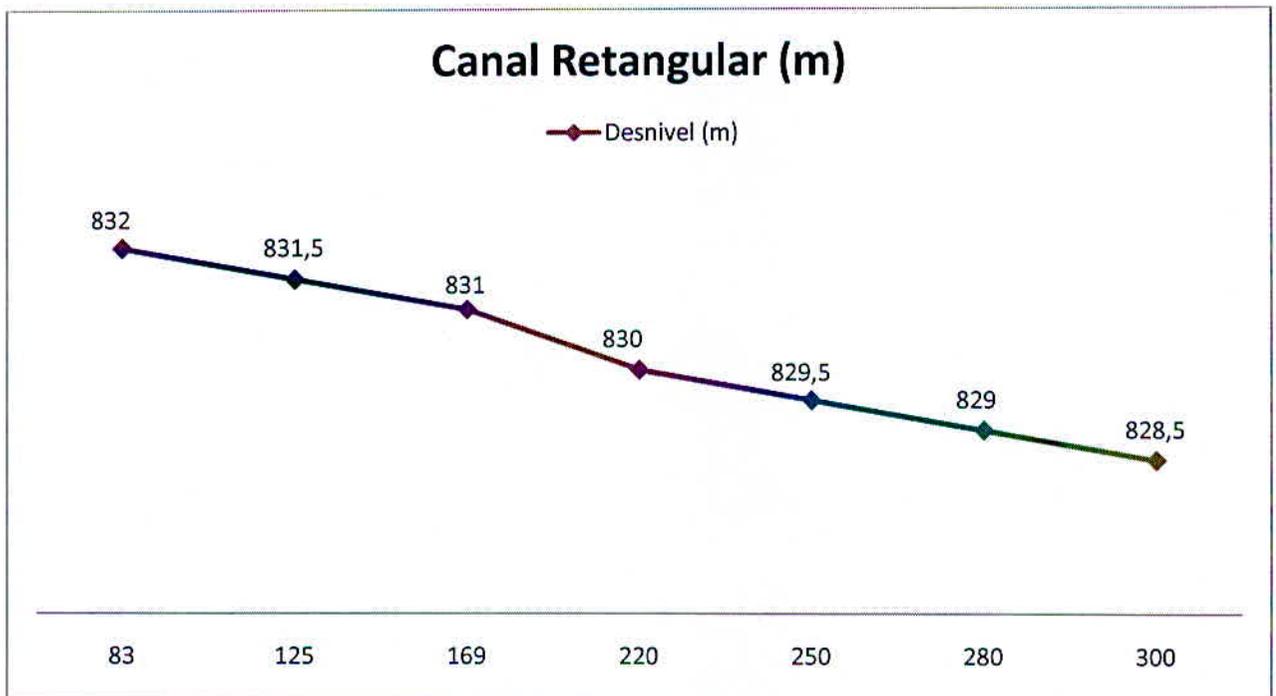
Fonte Própria Autoria.

Gráfico 01 – Determinação do Desnível



Fonte: Própria Autoria.

Gráfico 02 – Determinação do Desnível



Fonte: Própria Autoria.

### Cálculo da Intensidade de Precipitação

$$t = \frac{16 \cdot L}{(1,05 - 0,2 \cdot p) \cdot (100 \cdot I)^{0,04}}$$

$$t = \frac{16 \cdot 1,100}{(1,05 - 0,2 \cdot 0,1) \cdot (100 \cdot 0,0127)^{0,04}}$$

$$I = \frac{(CotaMaior - CotaMenor)}{Comprimento} = \frac{(845 - 831)}{1100} = 0,0127 \frac{m}{m}$$

$$ts = t + 10 = 16,93 + 10,00 = 26,93 \text{ min}$$

$$Im = \frac{K \cdot TR^a}{(ts + b)^c}$$

Em que:  $Im$  é a intensidade máxima média de precipitação em mm/h,  $TR$  é o tempo de retorno da chuva em anos e  $K$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  são parâmetros locais obtidos por regressão não linear, com base nas informações extraídas de pluviogramas.

$$Im = \frac{4262,09 \cdot 25^{0,209}}{(26,93 + 23,324)^{1,067}}$$

$$Im = 127,83 \frac{mm}{H}$$

### Cálculo da Vazão do Canal Trapezoidal Área da Bacia

$$Cm = \frac{\sum Ai * Ci}{At}$$

$$Cm = \frac{(43,40 * 0,5 + 10,90 * 0,8 + 8,84 * 0,2 + 27 * 0,105 + 4,6 * 0,875 + 5,26 * 0,80)}{100}$$

$$Cm = 0,4326$$

$$Q = C . i . A$$

$$Q = 0,4326 * (0,12783 \text{ m/h}) * 1.342.979,79 \text{ m}^2$$

$$Q = 74.265,79 \text{ m}^3/\text{h}$$

### CANAL CÓRREGO JARDIM

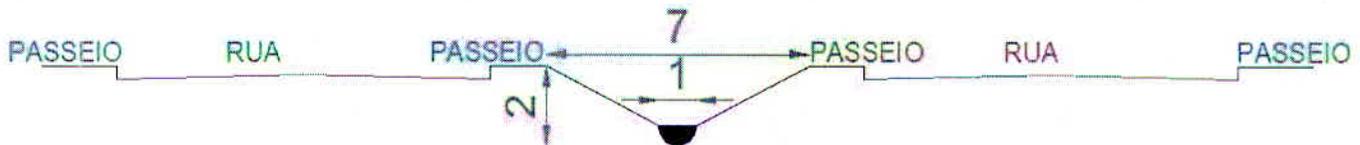


Figura 03 – Representação do Canal (Cotas em metros)

### Cálculo da Vazão do Canal Retangular Área da Bacia

$$Cm = \frac{\sum Ai * Ci}{At}$$

$$Cm = \frac{(43,40 * 0,5 + 10,90 * 0,8 + 8,84 * 0,2 + 27 * 0,105 + 4,6 * 0,875 + 5,26 * 0,80)}{100}$$

$$Cm = 0,4326$$

$$Q = C . i . A$$

$$Q = 0,4326 . (0,12783 \text{ m/h}) * 412.943,32 \text{ m}^2$$

$$Q = 22.835,46 \text{ m}^3/\text{h}$$

## CANAL CÓRREGO JARDIM

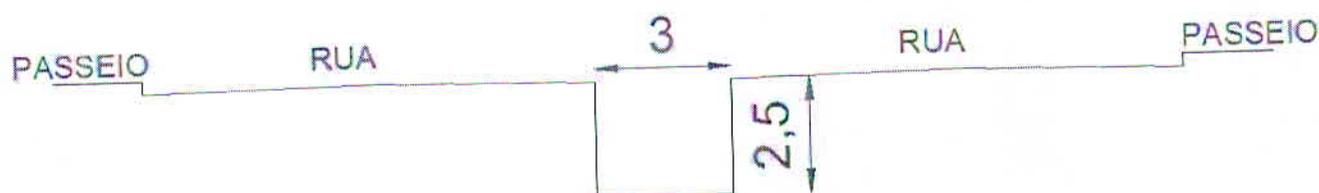


Figura 04 – Representação do Canal (Cotas em metros)

$$Q_{\text{final}} = 22.835,46 + 74.265,79 = 97.101,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Cálculo utilizando a Equação de Manning

Aplicado o cálculo da Equação de Manning, em que foi realizado para duas seções atuais do canal, o valor empregado para a primeira seção do coeficiente  $\eta$  foi de 0,014 (superfície de cimento alisado), que representa a rugosidade das paredes do canal e, na segunda seção,  $\eta$  igual 0,020 (gabião). A sua inclinação também foi levado em consideração.

#### ➤ Seção Trapezoidal

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{1}{2} + \left( \frac{B + b}{2} \right) \cdot H$$

$$A = \frac{\pi \cdot 1,0^2}{8} + \left( \frac{1 + 6,2}{2} \right) \cdot 2,0$$

$$A = 7,60 \text{ m}^2$$

P = Base Inferior + Lateral Direita + Lateral Esquerda

$$P = 0,40 \text{ m} + 1 \text{ m} + 3,35 \text{ m} + 3,35 \text{ m}$$

$$P = 8,10 \text{ m}$$

$$Rh = \frac{7,60}{8,10} \therefore Rh = 0,938\text{m}$$

$$I = \frac{\text{CotaMaior} - \text{CotaMenor}}{\text{Distância}}$$

$$I = \frac{845 - 823,37}{800} \therefore I = 0,027\text{m/m}$$

$$Q = \frac{A \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot I^{0,5}}{n}$$

$$Q = \frac{7,60 \cdot 0,938^{\frac{2}{3}} \cdot 0,027^{0,5}}{0,014}$$

$$Q = 85,47 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{ ou } 307.707,80 \text{m}^3/\text{h}$$

### ➤ Seção Retangular

$$A = B \cdot H$$

$$A = 2,0 \cdot 3,0$$

$$A = 6,00 \text{ m}^2$$

P=Base Inferior + Lateral Direita + Lateral Esquerda

$$P = 3,0 \text{ m} + 2,50 \text{ m} + 2,50 \text{ m}$$

$$P = 8,00 \text{ m}$$

$$Rh = \frac{6,00}{8,00} \therefore Rh = 0,75 \text{ m}$$

$$I = \frac{\text{CotaMaior} - \text{CotaMenor}}{\text{Distância}}$$

$$I = \frac{832,37 - 828,50}{300} \therefore I = 0,013 \text{ m/m}$$

$$Q = \frac{A \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot I^{0,5}}{n}$$

$$Q = \frac{6,00 \cdot 0,75^{\frac{2}{3}} \cdot 0,013^{0,5}}{0,020}$$

$$Q = 28,24 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{ ou } 101.648,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ao se fazer um comparativo com a vazão que o canal suporta e a vazão encontrada pela da fórmula de Manning, constatou-se que o problema não está relacionado ao mau dimensionamento do canal, conforme pode se observar na Tabela 03:

Tabela 03 – Comparativo

| Vazão |                   |  | Q (m³/h)  | Q (Manning)(m³/h) | Comparação( %) |
|-------|-------------------|--|-----------|-------------------|----------------|
|       | Canal Trapezoidal |  | 74.265,79 | 307.707,80        | 24,14          |
|       | Canal Retangular  |  | 22.835,46 | 101.648,96        | 22,47          |

Fonte: Própria Autoria.

Diagnosticado o problema, foi feita a divisão do canal em trechos e calculadas as vazões e velocidades por trecho, conforme pode se analisar na Tabela 04 e 05:

Tabela 04 – Determinação da Vazão

| Seção Trapezoidal |           |     |           |           |              |        |          |        |           |       |
|-------------------|-----------|-----|-----------|-----------|--------------|--------|----------|--------|-----------|-------|
| Trecho            | Marco (m) |     | Dist. (m) | Nível (m) | Desnível (m) | I(m/m) | Rh (m/m) | V(m/s) | Q (m³/h)  | Obs.  |
| 1                 | 0         | 21  | 21        | 844,5     | 0,5          | 0,0238 | 0,938    | 10,56  | 288956,17 |       |
| 2                 | 21        | 43  | 43        | 844       | 0,5          | 0,0227 | 0,938    | 10,32  | 282312,61 |       |
| 3                 | 43        | 59  | 59        | 843,5     | 0,5          | 0,0313 | 0,938    | 12,10  | 331040,88 |       |
| 4                 | 59        | 76  | 76        | 843       | 0,5          | 0,0294 | 0,938    | 11,74  | 321156,83 |       |
| 5                 | 76        | 93  | 93        | 842       | 1            | 0,0588 | 0,938    | 16,60  | 454184,34 |       |
| 6                 | 93        | 110 | 110       | 841       | 1            | 0,0588 | 0,938    | 16,60  | 454184,34 |       |
| 7                 | 110       | 142 | 142       | 840       | 1            | 0,0313 | 0,938    | 12,10  | 331040,88 |       |
| 8                 | 142       | 161 | 161       | 839       | 1            | 0,0526 | 0,938    | 15,70  | 429615,38 |       |
| 9                 | 161       | 175 | 175       | 838       | 1            | 0,0714 | 0,938    | 18,29  | 500486,77 |       |
| 10                | 175       | 231 | 231       | 837       | 1            | 0,0179 | 0,938    | 9,15   | 250243,38 |       |
| 11                | 231       | 275 | 275       | 836       | 1            | 0,0227 | 0,938    | 10,32  | 282312,61 |       |
| 12                | 275       | 298 | 298       | 835,5     | 0,5          | 0,0217 | 0,938    | 10,09  | 276107,18 | Ponte |
| 13                | 298       | 323 | 323       | 835       | 0,5          | 0,0200 | 0,938    | 9,68   | 264832,70 |       |
| 14                | 323       | 333 | 333       | 834,5     | 0,5          | 0,0500 | 0,938    | 15,30  | 418737,27 | Ponte |
| 15                | 333       | 433 | 433       | 833,395   | 1,105        | 0,0111 | 0,938    | 7,19   | 196851,06 |       |
| 16                | 433       | 523 | 523       | 833,25    | 0,145        | 0,0016 | 0,938    | 2,75   | 75165,64  |       |
| 17                | 523       | 579 | 579       | 832,77    | 0,48         | 0,0086 | 0,938    | 6,34   | 173373,70 |       |
| 18                | 579       | 754 | 754       | 832,64    | 0,13         | 0,0007 | 0,938    | 1,87   | 51039,84  |       |
| 19                | 754       | 800 | 800       | 832,37    | 0,27         | 0,0059 | 0,938    | 5,24   | 143469,50 | Ponte |

Fonte Própria Autoria.

Tabela 05 – Determinação da Vazão

| Seção Retangular |           |     |           |           |              |        |          |        |           |       |
|------------------|-----------|-----|-----------|-----------|--------------|--------|----------|--------|-----------|-------|
| Trecho           | Marco (m) |     | Dist. (m) | Nível (m) | Desnível (m) | I(m/m) | Rh (m/m) | V(m/s) | Q (m³/h)  | Obs.  |
| 1                | 0         | 83  | 83        | 832       | 0,37         | 0,004  | 0,75     | 2,76   | 59524,13  | Ponte |
| 2                | 83        | 125 | 125       | 831,5     | 0,5          | 0,012  | 0,75     | 4,50   | 97272,85  |       |
| 3                | 125       | 169 | 169       | 831       | 0,5          | 0,011  | 0,75     | 4,40   | 95036,39  |       |
| 4                | 169       | 220 | 220       | 830       | 1            | 0,020  | 0,75     | 5,78   | 124837,82 | Ponte |
| 5                | 220       | 250 | 250       | 829,5     | 0,5          | 0,017  | 0,75     | 5,33   | 115094,78 |       |
| 6                | 250       | 280 | 280       | 829       | 0,5          | 0,017  | 0,75     | 5,33   | 115094,78 |       |
| 7                | 280       | 300 | 300       | 828,5     | 0,5          | 0,025  | 0,75     | 6,53   | 140961,75 |       |

Fonte Própria Autoria.

Terminados os cálculos e feita a análise dos resultados, em que se verificou a grande variação de velocidade, causado pelo desnível, percebeu-se que o coeficiente de atrito do canal prejudica o escoamento, acarretando na retenção de sedimentos no decorrer do canal, causando assoreamento.

De acordo com o diagnóstico das diferenças de velocidade consideraram-se alguns trechos do cada canal para um comparativo. Realizou-se uma análise no canal trapezoidal nos trechos 09 e 19, em que pôde se verificar que possui uma redução de 71,25%, conforme Tabela 06:

Tabela 06– Comparativo entre Trechos

| Canal Trapezoidal |           |     |           |           |              |        |          |        |           |                 |
|-------------------|-----------|-----|-----------|-----------|--------------|--------|----------|--------|-----------|-----------------|
| Trecho            | Marco (m) |     | Dist. (m) | Nível (m) | Desnível (m) | I(m/m) | Rh (m/m) | V(m/s) | Q (m³/h)  | Comparativo (%) |
| 9                 | 161       | 175 | 175       | 838       | 1            | 0,0714 | 0,938    | 18,29  | 500386,66 | 71,25           |
| 19                | 754       | 800 | 800       | 832,37    | 0,27         | 0,0059 | 0,938    | 5,26   | 143840,98 |                 |

Fonte Própria Autoria.

Com a redução da velocidade, haverá a retenção de solo, consequentemente, a variação do movimento retardado e, dessa maneira, forma-se um remanso. Isso acontece devido à grande variação de declividade encontrada no córrego, onde declive a montante, reduzindo consideravelmente a jusante formando um ressalto hidráulico. Com isso, o

escoamento tranquilo ou fluvial em que se encontrava o córrego transforma-se em escoamento supercrítico ou torrencial.

Outro ponto diagnosticado foi devido à grande quantidade de lixo que se encontra dentro do canal, pois o lixo é colocado na calçada ou no meio-fio para ser recolhido pelo lixeiro, só que, geralmente, é colocado à noite, para evitar levantar de manhã. Com isso, os cachorros de rua acabam rasgando a sacolinha e deixam todo o lixo espalhado pelas ruas; daí vem as chuvas e arrastam para dentro do canal, ajudando no agravamento da situação.

## 6. Apresentação das Propostas e Resultados

De acordo com toda a análise a respeito do problema, levantaram-se seguintes propostas:

1. É uma medida projetiva à população a construção de um reservatório de acumulação, cuja finalidade seja confinar o maior nível de água dentro do canal natural do rio, nos pontos à montante (devido ao represamento das águas) e à jusante (devido ao acréscimo de descarga, resultante da redução da acumulação).

O melhor método para minimizar o assunto em questão seria a construção de um reservatório de acumulação não controlado, ou seja, não há regulação da capacidade de deflúvio. Essas estruturas geralmente dispõem de sangradouro para o deflúvio e, dentre suas vantagens, está o fato de que reduz a velocidade do escoamento das águas pluviais para as bacias hidrográficas, nas áreas urbanas que apresentem alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem. Além disso, a ação de controlar a ocorrência de inundações e minimizar os problemas das vazões de cheias, captar as águas provenientes de telhados ou qualquer outro tipo de cobertura, terraços e similares, sendo encaminhadas diretamente aos reservatórios de retardo e despejada na rede pública, após, no mínimo, de uma hora de chuva.

A forma como é projetado e construído o reservatório tem várias condicionantes. Por exemplo, a área disponível em função do volume e o custo de desapropriação. Quanto menor a área do terreno, mais profunda deve ser a obra e, por isso, o metro cúbico de reservatório vai custar mais caro.

São requisitos necessários para os reservatórios de retenção por acumulação: construção a partir de material resistente a esforços mecânicos; revestimento que assegure a manutenção do padrão de qualidade da água; apresentação de superfícies internas lisas e impermeáveis; o fato de ser dotado de proteção contra inundações, infiltrações e a penetração de corpos estranhos; acessibilidade para a manutenção, a inspeção e a limpeza; posse de extravasor que possibilite o deságue dos excedentes hídricos para o reservatório de retardo; possibilidade de esgotamento total; posse de dispositivo que impeça o retorno da água para o reservatório de acumulação.

Para Canholi (2005), o importante em um reservatório é o volume e a forma de operação. É preciso saber o volume a reter, em certo local, para atender a uma determinada

vazão de restrição de jusante. Reservatórios a céu aberto, mais rasos e com descarga por gravidade tendem a ser de mais fácil implantação e com menores custos. O reservatório de acumulação aberto custa cerca de US\$ 34,00 o metro cúbico, segundo Tomaz (2011).

Esse reservatório será construído na cota altimétrica 850, com as coordenadas: 21°37'01,58"S e 45°34'36,03" O, conforme Figura 03:

*Figura 03 – Determinação do Local da Instalação do Reservatório*



*Fonte: Google Earth.*

Este abrangeria uma área de 617.746,19 m<sup>2</sup>, que representa cerca de 35,18% da área total da bacia, sendo dimensionado para suportar uma vazão de 34.160,91 m<sup>3</sup>, para se tentar solucionar o problema, retendo a água no seu interior.

2. É necessária uma fiscalização rígida da Prefeitura, para que se evitem ocupações irregulares em torno do córrego; e a conscientização da população local ao depositar o lixo de forma adequada, para que seja coletado, e não jogado ou colocado na calçada ou no meio-fio, sendo levado pela força da água até o córrego. Isso para amenizar as inundações em tempos de cheia.

Um maior rigor nas aprovações dos novos loteamentos, para se evitar que o esgoto e a água pluvial sejam jogados diretamente no córrego, sem tratamento sanitário, piorando a

situação em que se encontra. O crescimento do Município interfere no aumento de água em que é desaguado no córrego. Outro ponto é a manutenção do canal, como sua limpeza, pois influencia na velocidade de escoamento e no coeficiente atrito. Sendo feito o saneamento do córrego pelo menos três vezes ao ano, diminuiria o retardamento da água e o acúmulo de sedimento no percurso.

Também torna-se necessário cobrar e fiscalizar a taxa de ocupação dos terrenos e a impermeabilização dos solos. Tais aspectos constam no código de obras do município, mas não são cobrados. Pelo fato de não ter o controle sobre isso e a falta de fiscalização por parte da Prefeitura, já que não há local para provoca a água se infiltrar, acaba indo para dentro do canal e, então, aumento o nível do córrego.

## 7. Considerações Finais

Após todo o estudo realizado, constatou-se que o problema acontece devido à grande variação do nível encontrada no local, pois, com isso, afeta diretamente na velocidade de escoamento e, respectivamente, na vazão de transporte das águas. Para se tentar minimizar o assunto em questão, será necessária a construção de um reservatório de acumulação não controlado, para que se reduza a velocidade da água das chuvas, podendo regular a saída, para que não ocorra o transbordamento da jusante.

Outro problema é a falta de controle a respeito da ocupação do córrego, onde há variação do coeficiente de deflúvio, devido ao calçamento das ruas e avenidas, gerando um aumento na velocidade de escoamento, que, ao desaguar no córrego, sofre uma desaceleração devido à diferença de rugosidade e variação do nível.

Será necessária também a conscientização da população e a criação de um local específico para se jogar o lixo, antes de ser coletado pelo órgão responsável, visto que ao serem colocados nas calçadas, vêm as chuvas e acabam carregando para dentro do córrego, isso também ajudará a agravar o problema.

Há, também, a necessidade de uma limpeza periódica do canal, a cobrança da taxa de ocupação e a impermeabilização do solo, que constam no código de obras do município.

Depois de todo o levantamento realizado e as propostas apresentadas, espero-se alcançar o objetivo de sanar o problema das inundações do Córrego Jardim, que vem afetando muitos moradores do Município de Elói Mendes.

## 8. Referências

- CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**, Editora Oficina de Textos, São Paulo 2005.
- CHERNICHARO, C. A. de L; COSTA, A. M. L. M. da. Drenagem Pluvial. In: **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Vol. 2 – Saneamento. Belo Horizonte, MG: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 179p.
- DANTAS, Jackson Jonnanthan R. **Modificações no Fluxo Hídricos Causadas por Interferências Antrópicas no Riacho Dos Tinguis e Suas Conseqüências Para os Habitantes de Macaúbas- BAHIA**, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA 2011.
- EVANGELISTA, Adão W. P. **Condução de Água**, Condutos Livre ou Canais, Universidade Federal Goiás 2011.
- LIIDTHE, Odeir A.; VITTI, Dalva Maria C.; JUNIOR, José Carlos V. **Análise da Ocupação Urbana na Bacia do Córrego dos Pires, Jahu – SP e seus Impactos na Drenagem Urbana**, Fatec Jahu 2012.
- MACHADO, Marco Aurélio de M.; SILVA, Eder David B. **Estimativa de Chuvas Intensas Para o Oeste de Minas Gerais e o Entorno do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas**, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba-PR 2011.
- MARTINS, José R. S.; RAMOS, Carlos L. **Condutos Livres**, PHD Hidráulica, São Paulo 2004.
- NETO, José Martiniano de Azevedo; **Manual da Hidráulica**, 8ª Edição, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em 1942.
- TOMAZ, Plínio; **Cálculo Hidrológico e Hidráulico Para Obras Municipais**, 2ª Edição, São Paulo, 2011.