

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS MG**  
**ENGENHARIA CIVIL**  
**LUIS FELIPE OLIVEIRA**

**INTERVENÇÃO NO CÓRREGO DO ROSÁRIO EM PARAGUAÇU-MG: Uma solução**  
para enchentes e inundações

**Varginha**

**2024**

**LUIS FELIPE OLIVEIRA**

**INTERVENÇÃO NO CÓRREGO DO ROSÁRIO EM PARAGUAÇU-MG: Uma solução  
para enchentes e inundações**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS/MG) como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Profa. Me. Luana Ferreira Mendes.

**Varginha**

**2024**

**LUIS FELIPE OLIVEIRA**

**INTERVENÇÃO NO CÓRREGO DO ROSÁRIO EM PARAGUAÇU-MG:** Uma solução  
para enchentes e inundações

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS/MG) como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, pela banca avaliadora:

Aprovado em    /    /

---

Prof. Me. Luana Ferreira Mendes (Orientadora)

---

Professor:

---

Professor:

Obs.:

## **AGRADECIMENTOS**

Quero expressar minha profunda gratidão a todos que dedicaram seu tempo para ler este trabalho. Sua atenção e interesse são muito apreciados. Agradeço especialmente aos colegas e mentores que contribuíram com seus conhecimentos e experiências durante a elaboração deste trabalho. Seu apoio foi inestimável. Espero que as informações e ideias apresentadas aqui possam ser úteis e inspiradoras para vocês, assim como foram para mim durante o processo de escrita.

## RESUMO

Este trabalho propõe um processo de canalização do Córrego do Rosário, localizado na cidade de Paraguaçu, que enfrenta desafios significativos relacionados a inundações devido à sua proximidade com corpos d'água. O rápido crescimento urbano, a falta de planejamento e a obstrução dos cursos d'água contribuem para eventos devastadores, impactando a economia, propriedades, saúde e acesso a serviços essenciais. Diante desse cenário, a intervenção proposta concentra-se na modificação do córrego local, abordando questões como pluviometria, permeabilidade do solo, estado do córrego e estratégias de prevenção de enchentes. Os objetivos incluem o estudo da pluviometria, mapeamento da permeabilidade do solo, análise do estado do córrego e desenvolvimento de estratégias de prevenção de enchentes. O referencial teórico aborda as inundações urbanas no Brasil, o ciclo hidrológico, consequências ambientais e a legislação municipal de Paraguaçu. As medidas de intervenção propostas incluem a canalização do córrego, com ênfase na utilização de canais de concreto. A proposta visa aprimorar a eficiência da vazão do córrego local, adotar práticas sustentáveis e promover a participação popular, visando uma cidade mais resistente e segura para as gerações futuras. Os resultados indicam que a canalização planejada pode reduzir significativamente a ocorrência de inundações, melhorando a capacidade de escoamento e a qualidade ambiental do córrego. Os diagnósticos realizados mostraram uma alta variabilidade pluviométrica e baixa permeabilidade do solo, confirmando a necessidade de intervenções estruturais. O orçamento do projeto foi dividido em quatro etapas principais, totalizando R\$ 4.119.172,87. O cronograma das etapas do orçamento para a execução do projeto é dividido em quatro etapas: a primeira etapa dura 9 dias, a segunda etapa 10 dias, a terceira etapa 18 dias e a quarta etapa 300 dias. Conclui-se que a implementação das medidas propostas não apenas mitigará os riscos de enchentes, mas também proporcionará benefícios socioeconômicos e ambientais para a comunidade de Paraguaçu.

Palavras-chave: Chuva. Córrego. Canalização. Vazão.

## **ABSTRACT**

*This work proposes a process of channeling the Rosário Stream, located in the city of Paraguaçu, which faces significant challenges related to flooding due to its proximity to bodies of water. Rapid urban growth, lack of planning, and obstruction of watercourses contribute to devastating events, impacting the economy, properties, health, and access to essential services. Given this scenario, the proposed intervention focuses on modifying the local stream, addressing issues such as rainfall, soil permeability, the state of the stream, and flood prevention strategies. The objectives include the study of rainfall, mapping of soil permeability, analysis of the state of the stream, and development of flood prevention strategies. The theoretical framework addresses urban floods in Brazil, the hydrological cycle, environmental consequences, and the municipal legislation of Paraguaçu. The proposed intervention measures include the channeling of the stream, with an emphasis on the use of concrete channels. The proposal aims to improve the efficiency of the local stream's flow, adopt sustainable practices, and promote popular participation, aiming for a more resilient and safe city for future generations. The results indicate that the planned channeling can significantly reduce the occurrence of floods, improving the drainage capacity and the environmental quality of the stream. The diagnoses carried out showed high rainfall variability and low soil permeability, confirming the need for structural interventions. The project budget was divided into four main stages, totaling R\$ 4,119,172.87. The schedule of the budget stages for the execution of the project is divided into four stages: the first stage lasts 9 days, the second stage 10 days, the third stage 18 days, and the fourth stage 300 days. It is concluded that the implementation of the proposed measures will not only mitigate flood risks but also provide socioeconomic and environmental benefits for the Paraguaçu community.*

*Keywords: Rain.Stream.Plumbing.Flow.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Canalização feita nos córregos de Lareira e Marimbondó no estado de Belo Horizonte.....	21
Figura 2 - Canalização em gabião.....	22
Figura 3 – Bacia de retenção no município de Uberaba.....	24
Figura 4 – Modelo de bacia de retenção.....	24
Figura 5 - Imagem por Satélite representando o córrego local e áreas permeáveis.....	32
Figura 6 - Curvas altimétricas do Ribeirão do Rosário.....	33
Figura 7 - Curvas altimétricas da cidade de Paraguaçu-MG.....	34
Figura 8 - Seção do córrego obstruída por vegetação e terra.....	36
Figura 9 - Tubulação de água pluvial sem presença de um dissipador.....	37
Figura 10 - Zoneamento de áreas de risco de alagamento.....	39
Figura 11 - Seção do córrego com risco de deslizamento e Alagamento.....	39
Figura 12 – Traçado dos Córregos no município de Paraguaçu-MG.....	40
Figura 13 - Imagem das áreas de Macrodrenagem Pluvial em Paraguaçu-MG.....	41
Figura 14 - Mapa das áreas de Macrodrenagem Paraguaçu-MG.....	41
Figura 15 - Delimitação de Pontos traçado no córrego do Rosário.....	43
Figura 16 - Dimensionamento Canal com características primárias do córrego.....	47
Figura 17 - Programa Canal dimensionando um canal trapezoidal em concreto armado com fundo de cascalho.....	48
Figura 18 - Programa Canal dimensionando um canal trapezoidal em gabião.....	49
Figura 19 - Dimensionamento Canal revestido em gabião com 8 metros de superficial.....	50
Figura 20 - Programa Canal dimensionando um canal trapezoidal em concreto armado.....	51
Figura 21 - Projeção 3d do Modelo do canal em concreto.....	52
Figura 22 - Comporta Metálica Implantada em canal.....	52
Figura 23 – Cálculo da vazão do tubo de concreto armado DN 500.....	53
Figura 24 – Gráfico da receita de Paraguaçu-MG.....	56

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Precipitação anual em Paraguaçu-MG.....	36
Quadro 2: Precipitação Pluviométrica - Paraguaçu-MG.....	37
Quadro 3 - Divisão de Áreas.....	44
Quadro 4 – Coeficiente de Runoff por Área.....	44
Quadro 5 – Quadro de Cotas.....	45
Quadro 6 - Determinação da Vazão Pluvial.....	46
Quadro 7 - Metadados Ide Sisema.....	47
Quadro 8 – Estimativa Orçamentaria do Canal Revestido em concreto armado.....	56



## LISTA DE FÓRMULAS

Equação 01 – Variação da altura (h).....	26
Equação 02 – Tempo de Concentração (t).....	26
Equação 03 – Intensidade (i).....	27
Equação 04 – Coeficiente de Run-off (Cm).....	27
Equação 05 – Vazão Pluvial (Q).....	28
Equação 06 – Velocidade de escoamento (V).....	29
Equação 07 – Vazão Unitária (q).....	31
Equação 08 – Capacidade de Reserva (q).....	31

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
2.1	Objetivo geral.....	14
2.2	Objetivos específicos .....	14
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
3.1	Inundações urbanas no Brasil .....	15
3.2	Ciclo Hidrológico e Problemas Associados.....	16
3.2.1	Precipitação .....	16
3.2.2	Consequências Ambientais.....	17
3.3	Legislação do Município de Paraguaçu-MG .....	18
3.4	Medidas de Intervenção em córregos .....	20
3.4.1	Canalização do córrego .....	21
3.4.2	Bacias de retenção .....	23
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
4.1	Métodos.....	26
4.1.1	Dimensionamento de Pluviométrica.....	26
4.1.2	Dimensionamento de Canais .....	28
4.1.3	Dimensionamento de Bacias de Detenção.....	31
4.2	Estudo de Caso.....	31
4.3	Levantamento pluviométrico .....	33
4.4	Patologias encontradas sobre o córrego .....	35
4.5	Área de Risco.....	37
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
5.1	Determinação de Parâmetros de Projeto .....	39
5.2	Dimensionamento de Vazão de Projeto .....	44
5.3	Dimensionamento de Canal .....	46

5.3.1	Verificação de Vazão do canal projetado .....	46
5.3.2	Dimensionamento de Barragem e manilha construtiva.....	51
<b>6</b>	<b>ORÇAMENTO E CRONOGRAMA .....</b>	<b>54</b>
6.1	Cronograma de execução de obras .....	57
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cidade de Paraguaçu, localizada às margens de um ribeirão, desfruta de uma beleza natural única e de oportunidades econômicas proporcionadas pela proximidade com corpos d'água. No entanto, essa vantagem geográfica também apresenta desafios consideráveis, destacando-se as inundações como um dos problemas mais notáveis. A inadequação da infraestrutura de drenagem tem exposto a comunidade a eventos devastadores que comprometem o ambiente, a economia local e a qualidade de vida dos residentes.

O contexto local revela uma interação complexa entre fatores como o rápido desenvolvimento urbano, a falta de planejamento adequado e a obstrução dos cursos d'água devido ao acúmulo de resíduos sólidos. Essa combinação contribui para a incapacidade da cidade em lidar eficazmente com o volume de água durante chuvas intensas, resultando em inundações prejudiciais.

As consequências desses eventos impactam diretamente a economia, causando a destruição de propriedades, infraestrutura e cultivos agrícolas, gerando perdas financeiras substanciais para a comunidade. Além disso, a exposição à água contaminada durante as inundações aumenta os riscos para a saúde, facilitando a propagação de doenças transmitidas pela água. A interrupção do acesso a serviços essenciais, como saúde e educação, agrava ainda mais o impacto negativo nas condições de vida dos habitantes.

Diante desse cenário, a necessidade urgente de uma intervenção se faz evidente. O projeto proposto visa abordar sistematicamente os desafios associados às inundações em Paraguaçu, focando na modificação do córrego que corta o município. Ao desenvolver esse projeto de intervenção, buscamos alcançar uma série de objetivos específicos que incluem o estudo da pluviometria local, a análise da permeabilidade do solo, a avaliação do estado atual do córrego e a concepção de estratégias eficazes de prevenção de enchentes.

A importância desse projeto vai além da simples mitigação de inundações; ele representa um compromisso com a segurança, sustentabilidade e resiliência da comunidade de Paraguaçu. Ao investir em infraestrutura de drenagem resiliente e adotar práticas de planejamento urbano sustentável, podemos não apenas reduzir os riscos iminentes de inundações, mas também promover um ambiente mais seguro e propício ao desenvolvimento sustentável.

A participação ativa da comunidade é fundamental para o sucesso desse projeto. Conscientizar os residentes sobre práticas de conservação da água, minimização do descarte

inadequado de resíduos sólidos e incentivá-los a se envolverem nos esforços de manutenção e limpeza dos cursos d'água são aspectos cruciais para a sustentabilidade a longo prazo.

Portanto, este projeto de intervenção é não apenas uma resposta necessária aos desafios presentes, mas também uma oportunidade para transformar Paraguaçu em uma cidade mais resistente, sustentável e segura para as gerações futuras. A implementação eficaz dessas medidas não só protegerá os habitantes de eventos climáticos extremos, mas também contribuirá para o florescimento contínuo de Paraguaçu como uma comunidade resiliente e vibrante.

## **2 OBJETIVOS**

A seguir será descrito quais objetivos este trabalho tem como sua concepção.

### **2.1 Objetivo geral**

Apresentar um projeto de intervenção do córrego que transpassa o município de Paraguaçu, visando aprimorar a capacidade de escoamento e mitigar os eventos de inundação que impactam a cidade.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Estudar a pluviometria da cidade de Paraguaçu nos últimos 3 anos;
- Desenvolver um mapa de permeabilidade do solo da cidade Paraguaçu;
- Analisar a situação do córrego que transpassa o município;
- Desenvolver um projeto de intervenção eficaz para o córrego;
- Analisar a viabilidade do projeto com base na receita municipal e uma planilha de orçamento;
- Desenvolver um cronograma de execução do projeto.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste tópico será abordado os temas essenciais como as inundações urbanas no Brasil, o ciclo hidrológico e seus problemas associados, as consequências ambientais e a legislação municipal de Paraguaçu-MG, além de medidas de intervenção em córregos.

#### **3.1 Inundações urbanas no Brasil**

As inundações urbanas representam um desafio significativo em diversas regiões do Brasil, impactando comunidades, infraestruturas e o meio ambiente. Este fenômeno é frequentemente resultado de um crescimento urbano desordenado, falta de planejamento adequado e ações insuficientes para lidar com os efeitos das chuvas intensas. A urbanização acelerada, aliada à impermeabilização do solo devido à expansão de áreas urbanas e construções, contribui para um aumento no escoamento superficial e na redução da infiltração. Essas mudanças no ciclo hidrológico das cidades brasileiras têm como consequência o aumento do volume e da velocidade da água durante eventos de chuvas intensas (Canholi, 2015).

De acordo com Tucci (2001), durante eventos de precipitação intensa, a água que atinge o solo pode exceder sua capacidade de drenagem. Isso pode ser devido à saturação do solo ou à sua impermeabilização, resultando em inundações e colocando a população e as atividades industriais em risco.

O impacto principal das inundações urbanas está relacionado ao aumento do pico de vazão, antecipação no tempo dessa vazão máxima e o incremento do volume do escoamento superficial. Esses fatores, quando combinados com a falta de infraestrutura adequada e o descumprimento das leis ambientais, resultam em inundações que prejudicam a população local. O Brasil enfrenta desafios específicos em diferentes regiões, considerando as vastas diferenças climáticas e geográficas do país. A inadequação na gestão das bacias hidrográficas é outro fator que contribui para as inundações. O desmatamento, a impermeabilização do solo, o assoreamento de canais e a falta de infraestrutura de drenagem são problemas comuns em diversas localidades do país. A ausência de investimentos e a aplicação efetiva de políticas públicas voltadas para o manejo sustentável das bacias hidrográficas aumentam os riscos de inundações (Canholi, 2015).

## 3.2 Ciclo Hidrológico e Problemas Associados

As condições hidrológicas que produzem a inundação podem ser naturais ou artificiais. As condições naturais são aquelas cuja ocorrência é propiciada pela bacia em seu estado não perturbado, incluindo relevo, tipo de precipitação, cobertura vegetal e capacidade de drenagem (Tucci, 2001).

### 3.2.1 Precipitação

Precipitação é o termo usado para descrever a água que se origina na atmosfera e cai na superfície da Terra, conforme definido por Tucci (2001). Esta água pode vir do vapor de água atmosférico e assumir várias formas ao atingir a superfície terrestre, como chuva, granizo ou orvalho.

A precipitação desempenha um papel crucial como a principal fonte de água para uma bacia hidrográfica. Ela contribui para a quantificação do suprimento de água, irrigação, controle de inundações, prevenção da erosão do solo, entre outros. Portanto, entender a precipitação é essencial para o planejamento adequado de estruturas hidráulicas e outras obras relacionadas, como afirmado por Collischon e Dornelles (2015).

#### 3.2.1.1 Média de Precipitação em uma Área

A média de precipitação é descrita como uma camada uniforme de água que cobre toda a área em questão, associada a um período específico (hora, dia, mês, ano), conforme explicado por Tucci (2001). Esta média é baseada em estudos de precipitação de diferentes locais e regiões, pois fornece dados históricos da área.

O cálculo da precipitação média em qualquer superfície requer a utilização de observações feitas dentro dessa superfície e em suas proximidades. A avaliação é realizada através de medições feitas em pontos selecionados previamente, usando dispositivos conhecidos como pluviômetros ou pluviógrafos. Estes podem ser simples recipientes para coletar a água da chuva ou podem registrar a quantidade de precipitação ao longo do tempo (Pinto; Holtz; Martins; Gomide, 2011).



### 3.2.1.2 Máxima Precipitação

De acordo com Tucci (2001), a máxima precipitação é considerada um evento extremo, com duração e distribuição temporal e espacial críticas para uma área ou bacia hidrográfica<sup>1</sup>. A precipitação pode influenciar a erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, e obras hidráulicas.

As máximas precipitações são representadas pontualmente pelas curvas de intensidade, duração e frequência, e pela Precipitação Máxima Provável (PMP). Conforme a Tucci (2001), "a PMP é a maior quantidade de chuva, correspondente a uma duração fisicamente possível de ocorrer sobre uma determinada área de drenagem em uma determinada época do ano". Isso é crucial para a caracterização do fluxo na bacia.

O estudo da máxima precipitação é vital na construção de estruturas hidráulicas, visando a um coeficiente de segurança que não apresente riscos aos usuários. É imprescindível que um projeto de estrutura hidráulica preveja os valores máximos de fluxo (Tucci, 2001).

### 3.2.2 Consequências Ambientais

A drenagem urbana está diretamente relacionada a questões ambientais associadas ao solo. A ausência de um escoamento adequado ou um dimensionamento malfeito pode representar um risco significativo para a segurança na construção civil. Entre as consequências ambientais que podem ser causadas por um dimensionamento inadequado da drenagem urbana, a erosão é a mais crítica. O problema que precisa ser resolvido é o de um emissário cuja descarga é feita de forma imprópria, afetando o solo (Carvalho, 2008).

#### 3.2.2.1 Erosão

A erosão é o processo de separação e remoção de partículas de rocha e solo pela ação da água, do vento ou de outros agentes. Vários fenômenos têm um papel importante nesse processo. A erosão é o desgaste de rochas e solos, com a desagregação, deslocamento ou arrasto de partículas pela ação da água ou de outros agentes, como o vento (Carvalho, 2008).

Carvalho (2008), destaca vários problemas resultantes da erosão:

- a) A erosão nas cabeceiras dos rios pode levar à destruição das nascentes;
- b) Pode aumentar o risco de desertificação;

- c) Em áreas agrícolas, a erosão pode remover a camada fértil do solo, levando ao seu empobrecimento;
- d) O desprendimento e escorregamento de terras e taludes podem causar danos significativos;
- e) A erosão pode alterar as condições de escoamento da água na superfície e na calha dos rios;
- f) Desbarrancamentos em rios podem modificar a calha e provocar depósitos no leito;
- g) A erosão em terras devido a enxurradas pode produzir sulcos em locais indesejáveis;
- h) A erosão ao redor de estruturas pode causar danos irreversíveis.

### 3.3 Legislação do Município de Paraguaçu-MG

O Artigo 221 estabelece as diretrizes do Plano Municipal de Meio Ambiente, que tem como objetivo proteger e controlar os recursos hídricos do município. Para as áreas protegidas, o plano prevê a identificação e criação de outras áreas de interesse especial para a proteção de mananciais ou do patrimônio cultural e paisagístico, além de áreas de interesse turístico, em observação às legislações federal, estadual e municipal. Para a proteção e controle dos recursos hídricos do município, o plano prevê a proteção das cabeceiras e margens de rios, ribeirões e córregos, bem como dos mananciais, em especial a bacia do córrego Taquari, principal responsável pelo abastecimento da sede urbana. Além disso, o plano incentiva e promove a revitalização de matas de topo, de encostas e ciliar dos rios, ribeirões e córregos (Paraguaçu, MG, 2021).

Art. 221. São diretrizes do Plano Municipal de meio ambiente:

I - Para as áreas protegidas:

b) identificar e criar outras áreas de interesse especial para a proteção de mananciais ou do patrimônio cultural e paisagístico, além de áreas de interesse turístico, em observação às legislações federal, estadual e municipal;

II - Para proteção e controle dos recursos hídricos do município:

a) proteger as cabeceiras e margens de rios, ribeirões e córregos;

b) proteger os mananciais, em especial a bacia do córrego Taquari, principal responsável pelo abastecimento da sede urbana;

c) incentivar e promover a revitalização de matas de topo, de encostas e ciliar dos rios, ribeirões e córregos;

d) proteger os recursos hídricos do município contra os impactos ambientais causados pela urbanização, indústrias, mineradoras e por outros agentes;

e) proteger o nível de permeabilidade das bacias;

f) promover tratamento de fundo de vale dos cursos d'água da sede, integrando-os à paisagem urbana, com tratamento paisagístico e implantação de ciclovias e equipamentos de lazer, onde couber; (Paraguaçu, MG, 2021).

O Artigo 282 estabelece que a Política Municipal de Riscos e Desastres corresponde ao conjunto de ações que visam garantir a segurança da população e dos patrimônios do

município. As ações prioritárias para prevenção de riscos e desastres são: (Paraguaçu, MG, 2021).

Art. 282. A Política Municipal de Riscos e Desastres corresponde ao conjunto de ações que visam garantir a segurança da população e dos patrimônios do município. Parágrafo único. As ações prioritárias para prevenção de riscos e desastres são:

- I - Elaboração do Plano Municipal de Redução de Riscos;
- II - Mapeamento atualizado periodicamente com as áreas de risco, com classificação e registro das ocorrências associadas;
- V - Notificar os moradores e fazer acompanhamento das condições meteorológicas;
- VI - Prestar serviços de manejo de resíduos, desobstrução dos sistemas de drenagem, desassoreamento e limpeza dos córregos (Paraguaçu, MG, 2021).

O Artigo 238 estabelece os objetivos do Sistema de Drenagem, que incluem a redução dos riscos de uma drenagem inadequada, como inundações, deslizamentos e problemas sociais; a diminuição dos impactos ambientais pela poluição hídrica e assoreamento; e a recuperação dos rios e fundo de vales. (Paraguaçu, MG, 2021).

Art. 238. São objetivos do Sistema de Drenagem:

- I - Redução dos riscos de uma drenagem inadequada, como inundações, deslizamentos e problemas sociais;
- II - Diminuição dos impactos ambientais pela poluição hídrica e assoreamento
- III - recuperação dos rios e fundo de vales. (Paraguaçu, MG, 2021).

O Artigo 239 estabelece as diretrizes do Sistema de Drenagem, que incluem a conciliação da legislação de Uso e Ocupação do Solo com as áreas passíveis a problemas com chuvas, garantir espaços para o controle do escoamento das águas pluviais, desenvolver análise qualitativa para a preservação dos cursos hídricos, elaborar o controle dos dados hidrológicos das bacias do município, com o intuito de mapear as áreas com risco de inundação, desenvolver o tratamento urbanístico nas infraestruturas do Sistema de Drenagem, envolver a participação popular no planejamento e implantação das medidas necessárias e garantir integração com os demais serviços de saneamento ambiental presente no município. (Paraguaçu, MG, 2021).

Art. 239. São diretrizes do Sistema de Drenagem:

- I - Conciliar a legislação de Uso e Ocupação do Solo com as áreas passíveis a problemas com chuvas, como as várzeas, parte baixa das ruas de alto declive, áreas planas desfavoráveis ao escoamento da água, entre outros;
- II - Garantir espaços para o controle do escoamento das águas pluviais;
- III - desenvolver análise qualitativa para a preservação dos cursos hídricos;
- IV - Elaborar o controle dos dados hidrológicos das bacias do município, com o intuito de mapear as áreas com risco de inundação;

- V - Desenvolver o tratamento urbanístico nas infraestruturas do Sistema de Drenagem;
- VI - Envolver a participação popular no planejamento e implantação das medidas necessárias;
- VII - garantir integração com os demais serviços de saneamento ambiental presente no município. (Paraguaçu, MG, 2021).

Já o Artigo 240 estabelece as ações, programas e investimentos prioritários para o Sistema de Drenagem, que incluem projetar o Sistema de Drenagem municipal, de forma eficiente, com estrutura separada do Sistema de Esgotamento Sanitário; criar o Plano de Macrodrenagem; mapear as bacias hidrográficas que cercam o município, a fim de obter dados e análises de micro e macrodrenagem; planejar e implantar estruturas para a dissipação de energia das águas escoadas, para diminuir a velocidade de chegada nos cursos hídricos, impedindo dessa forma a erosão de margem; elaborar ações que diminuam a poluição difusa para os rios; adotar o uso de pisos drenantes para a pavimentação das vias e calçadas; monitorar as bacias que cercam o município, e assim determinar o diagnóstico do Sistema de Drenagem de Paraguaçu; definir metas a curto, médio e longo prazo para a aplicação das orientações citadas e melhoria do Sistema de Drenagem. (Paraguaçu, MG, 2021).

Art. 240. As ações, programas e investimentos prioritários para o Sistema de Drenagem são:

- I - Projetar o Sistema de Drenagem municipal, de forma eficiente, com estrutura separada do Sistema de Esgotamento Sanitário;
- II - Criar o Plano de Macrodrenagem;
- III - mapear as bacias hidrográficas que cercam o município, a fim de obter dados e análises de micro e macrodrenagem;
- IV - Planejar e implantar estruturas para a dissipação de energia das águas escoadas, para diminuir a velocidade de chegada nos cursos hídricos, impedindo dessa forma a erosão de margem;
- V - Elaborar ações que diminuam a poluição difusa para os rios;
- VI - Adotar o uso de pisos drenantes para a pavimentação das vias e calçadas;
- VII - monitorar as bacias que cercam o município, e assim determinar o diagnóstico do Sistema de Drenagem de Paraguaçu;
- VIII - definir metas a curto, médio e longo prazo para a aplicação das orientações citadas e melhoria do Sistema de Drenagem. (Paraguaçu, MG, 2021).

### **3.4 Medidas de Intervenção em córregos**

Existem vários métodos para melhorar a vazão de córregos, cada um com suas próprias vantagens e desvantagens.

### 3.4.1 Canalização do córrego

De acordo com Canholi (2015), a utilização da canalização se trata de estratégias não convencionais empregadas na drenagem urbana. Tais soluções se diferenciam do paradigma tradicional de canalização, embora possam ser associadas a este para ajustar ou otimizar o sistema de drenagem.

O termo "conceito de canalização", conforme definido por Walesh (1989), refere-se à prática tradicional de canalização que tem sido exercida por décadas em todo o mundo, especialmente no Brasil. Essa abordagem envolve a implementação de galerias e canais de concreto, o fechamento de córregos, a retificação de traçados, o aumento das declividades do leito e outras intervenções. O principal objetivo dessas ações era promover a rápida remoção dos escoamentos e aproveitar as áreas dos vales como vias de tráfego, tanto ao longo das margens dos canais quanto sobre eles.

#### 3.4.1.1 Canalização em Concreto

Para Chaves (2016), os canais a céu aberto podem ter várias formas geométricas. Entre todas as formas de canais abertos, o semicírculo possui o menor perímetro para uma determinada área e, portanto, é o mais eficiente hidraulicamente de todas as seções.

O fluxo em canais abertos pode ser classificado como uniforme e variado. No fluxo uniforme, a profundidade da água, a área do fluxo, a descarga e a velocidade de distribuição devem permanecer as mesmas em todas as seções de toda a extensão do canal (Chaves, 2016).

Figura 1 – Canalização feita nos córregos de Lareira e Marimbondo no estado de Belo Horizonte.



Fonte: Belo horizonte, (2003).

Para o cálculo do fluxo uniforme em canais abertos, são considerados diversos parâmetros, como o coeficiente de rugosidade ( $n$ ), a declividade do canal ( $S_0$ ), a geometria do canal (área de água ( $A$ ), raio hidráulico ( $R_h$ ), profundidade normal ( $y_n$ )), a descarga normal ( $Q$ ) e a velocidade média ( $V$ ), Chaves, (2016).

#### 3.4.1.2 Canalização em gabiões

De acordo com Barros (2017), o gabião é composto por telas de malha hexagonal torcidas duplamente, todas as unidades são formadas com costuras feitas de arames com as mesmas propriedades, tornando assim a estrutura monolítica. O preenchimento é realizado através da utilização de pedras de granulometria superior à abertura da malha, costuradas para formar uma estrutura distinta. Os gabiões são muito utilizados em projetos de contenção de encostas de córregos e rios.

Figura 2 - Canalização em gabião.



Fonte: Canholi (2015).

O gabião é visto como solução para problemas geotécnicos, hidráulicos e de controle de erosão. Suas propriedades incluem ser monolítico, resistente, durável, armado, flexível, permeável à água, de baixo impacto ambiental, prático, versátil e econômico (Canholi, 2015).

#### 3.4.1.2.1 Vantagens do uso de Gabiões

De acordo com Freeman e Fischenich (2000), as vantagens de utilizar gabiões.

- a) Flexibilidade: Como são construídos por uma estrutura flexível, permitem que o muro sofra recalques diferenciais sem que o talude perca estabilidade;
- b) Permeabilidade: Os espaços vazios deixados pela acomodação das pedras permitem que a água presente no talude escoe pelo muro, ocorrendo a drenagem necessária para que não tenha aumento da poro-pressão;
- c) Redução da velocidade da água: O muro de gabião auxilia na redução da velocidade da água;
- d) Crescimento da vegetação: Mantém o crescimento da vegetação ao seu redor, por possuir frestas na estrutura de arame.

Além disso, o uso de gabiões na construção de sistemas hidráulicos propicia ganhar espaço ao longo das margens, reconstruir uma área erodida específica, aumentar o fluxo de um curso de água, integrar cursos de água no desenho urbano e urbanizar os córregos (Freeman; Fischenich, 2000).

#### 3.4.2 Bacias de retenção

De acordo com Rodríguez e Teixeira (2021), as bacias de detenção são estruturas importantes para o controle de enchentes em áreas urbanas. Elas são projetadas para acumular temporariamente grandes volumes de água durante eventos de chuva, liberando a água em uma taxa controlada para evitar danos à região a jusante.

Os autores ainda afirmam que o processo de urbanização e a impermeabilização do solo provocam alterações no balanço hídrico, gerando maior percentagem de escoamento superficial, com o aumento da frequência e da magnitude de inundações. Para mitigar esses impactos, as bacias de detenção são implantadas para diminuir os picos de vazão. Portanto, embora as bacias de detenção sejam eficazes no controle hidrológico, são necessárias melhorias em relação à manutenção e à concepção das bacias, que devem prever usos múltiplos. A utilização de bacias de retenção como medida paliativa contra enchentes, não é muito difundido pela falta de espaço para implantação desse tipo de projeto (Rodríguez; Teixeira, 2021).



Figura 3 – Bacia de retenção no município de Uberaba.



Fonte: Uberaba (2003).

O emprego de bacias de retenção como medida preventiva baseia-se em sólidos fundamentos teóricos e hidrológicos. Estas estruturas são projetadas para armazenar temporariamente o excesso de água pluvial, reduzindo assim a carga sobre os sistemas de drenagem urbana. O princípio fundamental reside na desaceleração do escoamento superficial, permitindo a infiltração gradual da água no solo e minimizando os picos de vazão durante eventos de chuva intensa. (Canholi, 2015)

Figura 4 – Modelo de bacia de retenção



Fonte: Canholi (2015).

Canholi (2015), afirma que a capacidade de retenção dessas estruturas atua como uma medida de resposta rápida, reduzindo a probabilidade de inundações em áreas urbanas vulneráveis. Pesquisas, como as conduzidas por engenheiros hidráulicos e ambientais, destacam



a eficácia dessas bacias em mitigar os impactos negativos das enchentes, proporcionando benefícios tanto para a infraestrutura quanto para o meio ambiente.

O projeto e a implementação adequados de bacias de retenção são essenciais para garantir sua eficácia. A localização estratégica, o dimensionamento apropriado e a integração com outros elementos do sistema de drenagem urbana são considerações fundamentais. Normativas específicas e diretrizes de engenharia hidráulica são aplicadas no processo de projeto, garantindo que as bacias atendam aos requisitos de retenção e descarga controlada (Canholi, 2015).

## 4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no projeto de canalização do Córrego do Rosário, em Paraguaçu-MG, é dividida em várias etapas, abrangendo desde os estudos preliminares até a execução das obras. Cada fase foi planejada detalhadamente para garantir a eficiência e a eficácia da intervenção, considerando as especificidades do local e os objetivos do projeto.

### 4.1 Métodos

Este trabalho revisa tecnicamente as possíveis intervenções contra enchentes no córrego, analisa a hidrologia da bacia hidrográfica, dimensiona a canais e recomenda as operações técnicas, avalia o plano diretor do município e orienta a inspeção e a manutenção.

#### 4.1.1 Dimensionamento de Pluviométrica

Para se calcular usa-se como base autores como Tucci (2001) e Carvalho (2008).

##### 4.1.1.1 Tempo de concentração

Para calcular o tempo de concentração foi utilizado a fórmula de Fórmula de Kirpich, também indicada por Botelho (2011), onde:

$$H = Ca - Cb \quad (\text{Equação 01})$$

$$t = 57 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (\text{Equação 02})$$

T – Tempo de concentração (min);

L – Comprimento do talvegue principal (km);

Ca – Cota mais alta do canal (m);

Cb – Cota mais baixa do canal (m);

H – Variação de altura entre o ponto mais alto e mais baixo (m);

#### 4.1.1.2 Período de retorno

Para o estudo foram utilizados o tempo de retorno para 25 anos, por se tratar de uma grande área com possibilidade de crescimento e prejuízos econômicos.

#### 4.1.1.3 Intensidade

A intensidade foi calculada através da fórmula geral com os parâmetros de Varginha definidos pelo software Plúvio 2.1, que foi desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa-UFV.

$$i = \frac{K * Tr^a}{(t+b)^c} \quad \text{(Equação 03)}$$

Tr – Tempo de retorno (anos);

t – Tempo de concentração (min);

K, a, b e c – Parâmetros para equação

i – intensidade (mm/h).

Coefficiente de Runoff

Para o coeficiente de deflúvio do cálculo de drenagem foi utilizado o C médio conforme orientado pela Carvalho (2008), e levando em consideração os dados da tabela 02.

$$Cm = \frac{1}{A} * \sum Ci * A \quad \text{(Equação 04)}$$

Ci – Coeficiente conforme descrição da área e característica da superfície;

A – Percentual da área do coeficiente (%).

Tabela 1: Coeficiente de Run-off	
TIPO DE SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c"
<b>Ruas:</b>	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Tijolos	0,70 a 0,85

Trajetos de acesso a calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
<b>Gramados; solos arenosos</b>	
Plano, 2%	0,05 a 0,010
Médio, 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
<b>Gramados; solo compacto:</b>	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Fonte: DNIT (2005).

#### 4.1.1.4 Vazão

Para elaboração do cálculo da vazão foi utilizado o método racional, que é definido por Botelho (2011) como:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{1000 \times 3600} \quad (\text{Equação 05})$$

Q – Vazão pluvial (m<sup>3</sup>/s);

C – Coeficiente de deflúvio superficial;

I – Intensidade da precipitação (mm/h);

A – Área de contribuição (m<sup>2</sup>).

#### 4.1.2 Dimensionamento de Canais

De acordo Canholi (2015), tempo de escoamento em canais naturais ou artificiais, ou mesmo em galerias artificiais, pode ser calculado cinematicamente, como no caso anterior, supondo regime uniforme, e as velocidades médias do escoamento, dos diversos trechos.

Tabela 2 - Valores de n de Manning para diversos tipos de canais

	mínimo	médio	máximo
<b>A</b>	<b>CONDUTOS PARCIAMENTE CHEIOS</b>		

<b>A1</b>	<b>Concreto</b>			
	Galeria reta e livre de detritos	0,010	0,011	0,013
	Galeria com curvas, conexões e poucos detritos	0,011	0,013	0,014
	tubo de concreto com poços de visita, jutas etc.	0,013	0,015	0,017
	sem acabamento, forma rugosa (madeira)	0,015	0,017	0,020
	sem acabamento, forma lisa (aço)	0,012	0,013	0,014
<b>A2</b>	<b>Metal corrugado</b>	0,021	0,024	0,030
<b>A3</b>	<b>Tubos cerâmicos</b>	0,011	0,013	0,017
<b>B</b>	<b>CANAIS A CÉU ABERTO</b>			
<b>B1</b>	<b>Concreto</b>			
	acabamento liso	0,013	0,015	0,016
	sem acabamento	0,014	0,017	0,020
	acabado (margens com cascalhos (fundo)	0,015	0,017	0,020
	projetado, seção uniforme	0,016	0,019	0,023
	projetado, seção não uniforme (ondulada)	0,018	0,022	0,025
<b>B2</b>	<b>Pedra Argamassada</b>			
	pedra argamassada (margens com fundo) em concreto acabado.	0,017	0,020	0,024
	pedra argamassada (margens com fundo) em concreto cascalha	0,020	0,023	0,026
<b>B3</b>	<b>Gabiões</b>			
	gabião manta, sem revestimento	0,022	0,025	0,027
	gabião caixa, sem revestimento	0,026	0,027	0,028
	gabião manta, recoberto com argamassa	0,015	0,016	0,018
	gabião manta, sem revestimento, com vegetação recente	0,028	0,030	0,032
<b>C</b>	<b>Canais escavados ou dragados</b>			
<b>C1</b>	<b>Solo reto e uniforme</b>			
	limpo, recente	0,016	0,018	0,020
	limpo, após intempéries	0,018	0,022	0,025
	cascalhos, limpo	0,022	0,025	0,030

	com grama curta	0,022	0,027	0,033
<b>C2</b>	<b>Solo sinuoso e não uniforme</b>			
	sem vegetação	0,023	0,025	0,030
	grama com poucos arbustos	0,025	0,030	0,033
	arbustos densos ou plantas aquáticas em canais fundos	0,030	0,035	0,040
<b>C3</b>	<b>Solo sinuoso e não uniforme</b>			
	fundo em solo e margem em materiais granulares	0,028	0,030	0,035
	fundo pedregoso com taludes vegetados	0,025	0,035	0,040
<b>C4</b>	<b>Escavado em rocha</b>			
	liso e uniforme	0,025	0,035	0,040
	pontiagudo e irregular	0,035	0,040	0,050
<b>C5</b>	<b>Canais sem manutenção mata densa</b>	0,050	0,080	0,120
	fundo limpo, arbusto nas margens	0,040	0,050	0,080
	idem, pedras no fundo e vegetação	0,045	0,070	0,110
	arbusto denso, alta profundidade	0,080	0,100	0,140
<b>D</b>	<b>Canais</b>			
<b>D1</b>	<b>Córregos em planícies (largura &lt; 30m)</b>			
	limpo, reto, cheio, seções uniformes	0,025	0,030	0,033
	idem, pedras no fundo e vegetação	0,030	0,035	0,040
	limpo, sinuoso, alguns remansos, seções não uniformes	0,033	0,040	0,045
	idem. Algumas vegetações nas margens e pedras	0,035	0,045	0,050

Fonte: Canholi, (2015).

Consulte o quadro de Canholi (2015), e aplique na equação abaixo.

$$V = \frac{1}{n} x S^{1/2} x R h^{2/3} \quad (\text{Equação 06})$$

V - Velocidade média do escoamento (m/s);

n - coeficiente de rugosidade de

Manning (s/m);

S - Declividade longitudinal de fundo do canal (m/ m);

$Rh^{2/3}$ - Raio hidráulico do canal (m).

$$Q = V \times A \quad \text{(Equação 07)}$$

Q – Vazão (m<sup>3</sup>/s)

V – Velocidade (m/s)

A – Área(m<sup>2</sup>)

#### 4.1.3 Dimensionamento de Bacias de Detenção

Seguindo as orientações de Griibiin (2009), a capacidade da bacia foi determinada por meio de medidas de cota e área. Estas medidas foram obtidas in loco, utilizando equipamentos básicos como trena métrica, mangueira de nível, entre outros. Após a realização dessas medidas, calcular o volume da bacia e compará-lo com a capacidade necessária.

O cálculo da capacidade necessária de reservação utilizando o método proposto por Tomaz (2011), que se baseia no coeficiente de Runoff do método racional. Para determinar a vazão e o tempo de concentração, foram utilizadas as fórmulas abaixo. Com esses dados, foi possível calcular o volume da bacia.

$$Vol = Q_{pós} \times t_c \times 60 \quad \text{(Equação 08)}$$

Vol – Volume (m<sup>3</sup>);

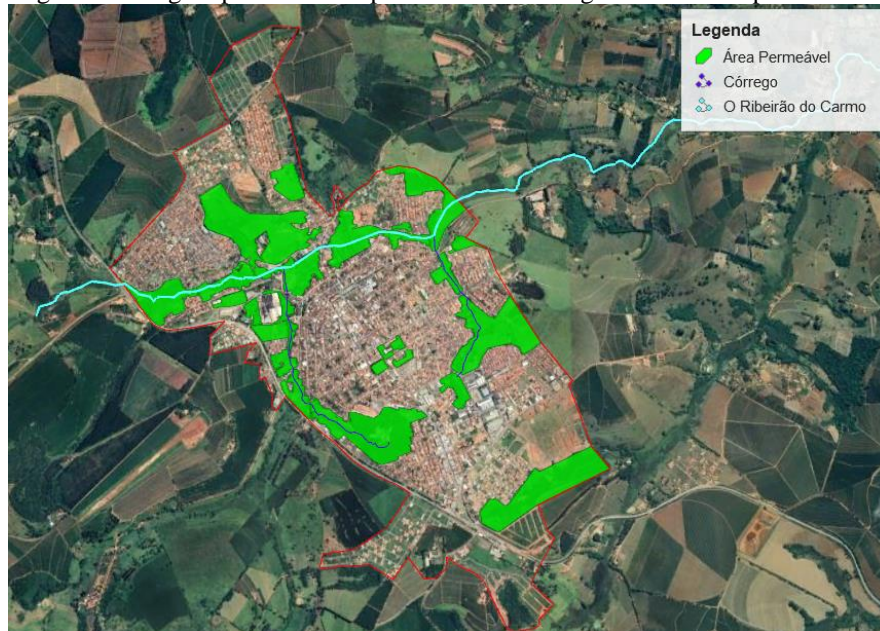
Q<sub>pós</sub> – Vazão pós-desenvolvimento (m<sup>3</sup>);

t<sub>c</sub> – Tempo de concentração (min).

## 4.2 Estudo de Caso

O município de Paraguaçu-MG com uma área urbana de aproximadamente 7 Km<sup>2</sup> possui um de área permeável ao espalhadas na cidade em torno de 21,74%. Isso possibilita uma a implantação de dissipadores com o objetivo de dispersar a água de forma mais suave reduzindo sua velocidade consequentemente sua vazão.

Figura 5 - Imagem por Satélite representando o córrego local e áreas permeável.

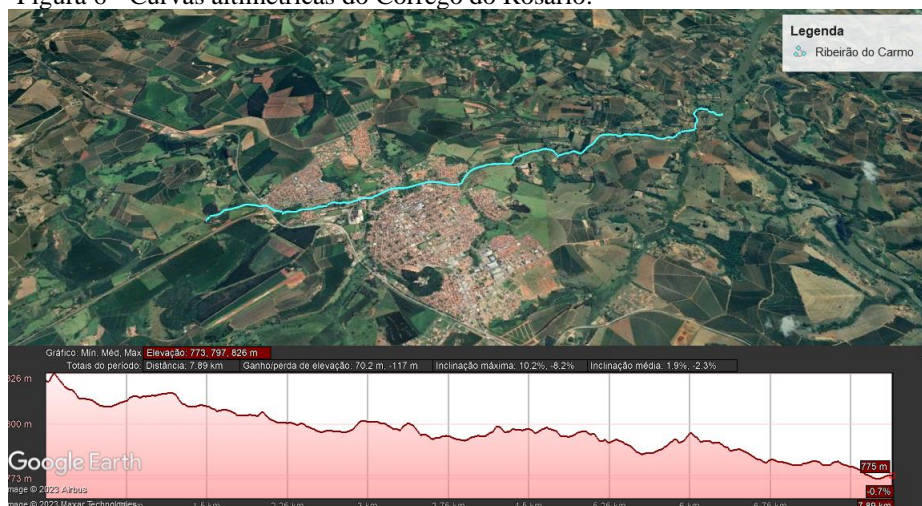


Fonte: Google Earth, (2023).

O município foi desenvolvendo a partir do córrego como epicentro o que acabou por várias pessoas irem por morar próximas ao córrego, local esse considerado de alto risco de enchente, pôr o córrego do Rosário não suportar a vazão de água pluvial demandada em picos de chuva como as que ocorreram em 2020 e 2023.

O córrego do Rosário possui uma extensão de 7,91 Km e uma inclinação média de 1,9% e 10,2% de inclinação máxima. A compreensão da altimetria da cidade de Paraguaçu-MG é crucial. A altimetria, que estuda a topografia de uma cidade em termos de elevação, inclinação e declividade, é fundamental para entender as causas das enchentes e planejar intervenções eficazes.

Figura 6 - Curvas altimétricas do Córrego do Rosário.



Fonte: Google Earth, (2024).



Paraguaçu-MG está situada em uma região de altitude, rodeada por campos agrícolas e florestas. A densidade de construções com telhados vermelhos na área central da cidade, bem como a presença de várias estradas e rodovias que a atravessam, são características importantes a serem consideradas no planejamento de intervenções.

Figura 7 - Curvas altimétricas da cidade de Paraguaçu-MG.



Fonte: Google Earth, (2023).

A Figura 7, extraída do Google Earth, descreve a altimetria da Rua Presidente Vargas, uma das principais vias de Paraguaçu-MG. Essa informação é particularmente relevante para o nosso estudo, pois nos permite avaliar como a topografia da rua pode influenciar o escoamento da água durante períodos de chuva intensa, contribuindo para o problema das enchentes. Com esses dados, podemos planejar intervenções mais eficazes para mitigar o problema das enchentes na cidade.

### 4.3 Levantamento pluviométrico

A pluviometria do município de Paraguaçu-MG é o estudo da quantidade de chuva que cai na região ao longo do ano. De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a precipitação anual média em Paraguaçu-MG é de 1.501,6 mm. A tabela abaixo apresenta a precipitação anual em milímetros para cada mês entre 2004 e 2013:

Quadro 1. Precipitação anual em Paraguaçu-MG.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média
<b>Janeiro</b>	207	527	237	646	175	357	258	364	264	310	334,50
<b>Fevereiro</b>	388	59	186	68	219	231	196	81	110	156	169,40
<b>Março</b>	122	211	324	94	246	162	262	303	96	137	195,70
<b>Abril</b>	66	75	24	107	220	96	24	64	19	43	73,80
<b>Mai</b>	43	150	7	76	39	57	11	10	63	56	51,20
<b>Junho</b>	40	21	24	7,5	22	62	20	23	129	44	39,25
<b>Julho</b>	41	53	26	48,5	0	21	13	0	17	30	24,95
<b>Agosto</b>	0	8	20	0	32	49	0	8	8	8	13,30
<b>Setembro</b>	14	68	99	24	86	164	37	1	22	46	56,10
<b>Outubro</b>	106	36	181	204	110	101	74	166	87	80	114,50
<b>Novembro</b>	196	110	279	220	227	126	199	32	82	239	171,00
<b>Dezembro</b>	274	315	287	108	290	348	323	272	198	164	257,90
<b>Total Anual</b>	1497	1633	1694	1603	1666	1774	1417	1324	1095	1313	1501,6

Fonte: José Hermano Prado (Fazenda Ipezinho), (2014).

A pluviometria é o estudo da quantidade de chuva que cai na região ao longo do ano. Esses dados são essenciais para entender o comportamento hídrico da região e planejar intervenções eficazes para a canalização do córrego. O quadro 2, fornecida pela Concessionária de Água e Esgoto (Cosagua) de Paraguaçu-MG, apresenta a precipitação anual em milímetros para cada mês entre 2015 e 2024. Durante esse período, a precipitação anual média em Paraguaçu-MG foi de 1.333,9 mm. Essas informações são vitais para avaliar o volume de água disponível e planejar adequadamente a infraestrutura de canalização. Com esses dados, podemos entender melhor como as chuvas influenciam o córrego do Rosário e planejar intervenções mais eficazes para mitigar o problema das enchentes na cidade.

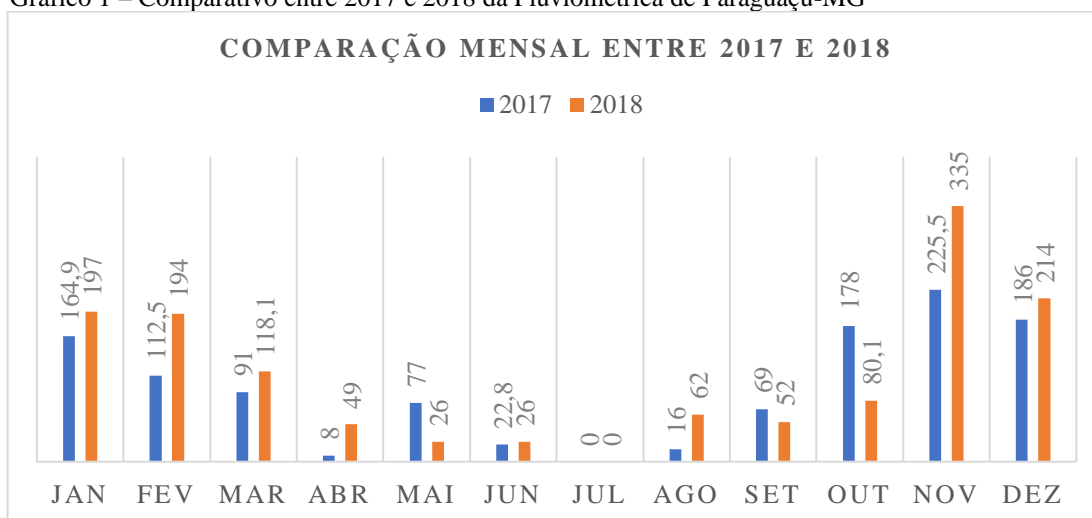
Quadro 2: Precipitação Pluviométrica - Paraguaçu-MG

Ano	2015	2016	2017	2018	2018	2020	2021	2022	2023	2024	Média
<b>Jan</b>	68,5	387,0	164,9	197,0	197,0	343,0	133,0	432,5	484,5	198,0	<b>260,5</b>
<b>Fev</b>	119,5	75,0	112,5	180,0	180,0	572,7	153,0	206,5	162,6	187,5	<b>194,9</b>
<b>Mar</b>	101,5	286,5	91,0	118,1	118,1	57,1	68,0	61,0	227,0	140,0	<b>126,8</b>
<b>Abr</b>	34,5	18,6	8,0	43,0	43,0	36,5	4,5	12,6	100,0		<b>33,4</b>
<b>Mai</b>	94,0	41,0	77,0	26,0	26,0	14,8	23,5	43,5	3,5		<b>38,8</b>
<b>Jun</b>	12,5	57,5	22,8	26,0	26,0	23,0	16,0	10,0	57,5		<b>27,9</b>
<b>Jul</b>	25,0	0,0	0,0	55,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0		<b>15,0</b>
<b>Ago</b>	35,0	60,0	16,0	17,0	17,0	17,0	2,0	17,5	30,0		<b>23,5</b>
<b>Set</b>	202,5	1,0	69,0	74,5	74,5	15,0	20,0	88,5	33,0		<b>64,2</b>
<b>Out</b>	37,0	64,8	178,0	81,0	81,0	46,5	242,0	169,5	161,0		<b>117,9</b>
<b>Nov</b>	261,5	181,1	225,5	366,0	366,0	97,0	229,5	113,5	87,6		<b>214,2</b>
<b>Dez</b>	255,0	104,9	186,0	214,0	214,0	318,0	150,1	288,7	162,5		<b>210,3</b>
<b>Total</b>	<b>1.246,5</b>	<b>1.277,4</b>	<b>1.150,7</b>	<b>1.397,6</b>	<b>1.397,6</b>	<b>1.540,6</b>	<b>1.041,6</b>	<b>1.443,8</b>	<b>1.509,2</b>		<b>1.333,9</b>

Fonte: Cosagua (2024).

Analisar a variação de chuvas ao longo dos anos mostra como a chuva se comporta em determinada região, no caso do gráfico 1 mostrado abaixo ele compara as chuvas mensais ocorridos durante os anos de 2017 e 2018.

Gráfico 1 – Comparativo entre 2017 e 2018 da Pluviométrica de Paraguaçu-MG



Fonte: Cosagua (2019).

Durante a estação chuvosa, os meses de pico de chuva em Paraguaçu-MG são janeiro, fevereiro e março, com médias de precipitação de 251 mm, 153 mm e 150 mm, respectivamente. Já durante a estação seca, os meses de seca em Paraguaçu-MG são abril, maio, junho, julho, agosto e setembro, com médias de precipitação variando entre 21 mm e 77 mm.

#### 4.4 Patologias encontradas sobre o córrego

Ao longo do trajeto do córrego se nota a formação de diques formados através do assoreamento natural do solo e do crescimento de vegetação. Isso ocorre pelo assoreamento do córrego um processo que ocorre quando sedimentos, como areia, terra, rochas, lixo e outros materiais, são levados até o leito dos cursos d'água pela ação da chuva, do vento ou do ser humano.

Figura 8 – Seção do córrego obstruída por vegetação e terra.



Fonte: O autor.

Em vários pontos foram encontradas manilhas de concreto despejando água pluvial diretamente no leito do córrego. A falta de um dissipador para reduzir velocidade de escoamento da água antes de ser despejado no córrego acaba por aumentar o volume de água despejado sobre o córrego por segundo.

Figura 9 – Tubulação de água pluvial sem presença de um dissipador



Fonte: O autor.

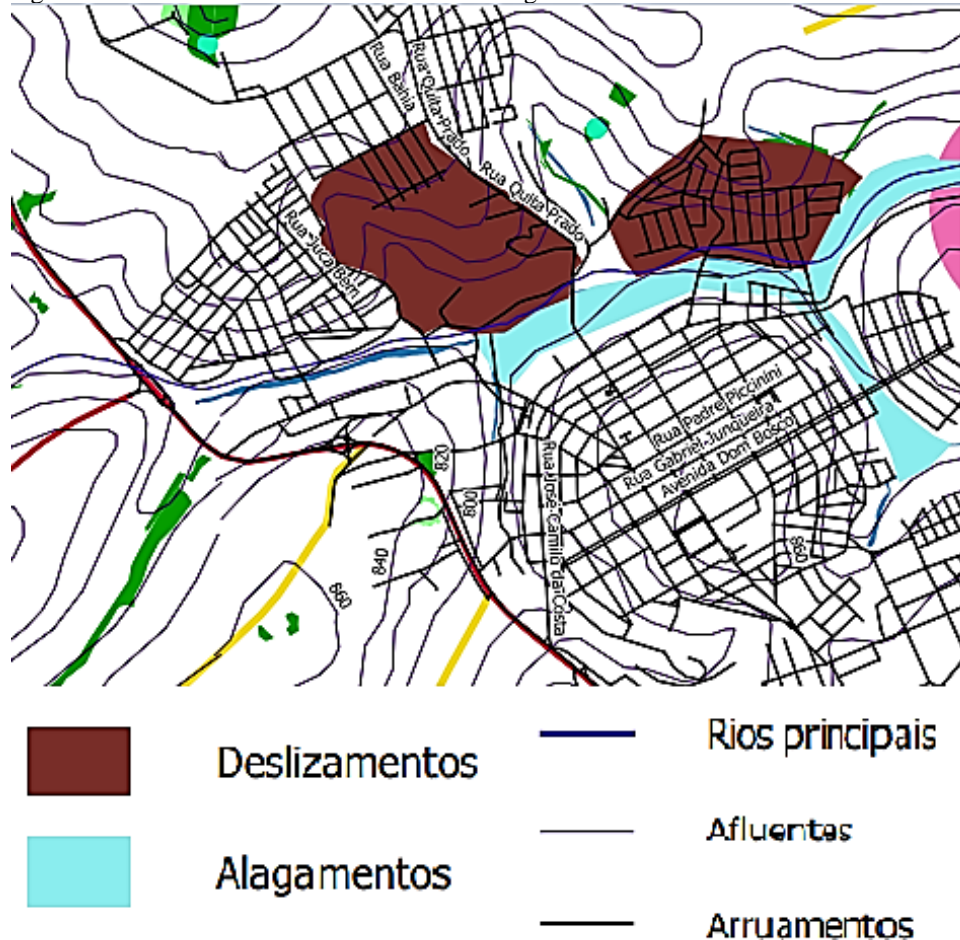


#### 4.5 Área de Risco

A figura 10 em questão é um mapa colorido que indica áreas propensas a enchentes e deslizamentos. As áreas de deslizamento são marcadas em marrom, enquanto as áreas de alagamento são representadas em azul claro. Os rios principais e afluentes são indicados por linhas azuis e cinzas, respectivamente, e os arruamentos são representados por linhas pretas.

O mapa mostra uma região urbana com ruas organizadas em um padrão de grade, intercaladas por áreas marcadas para deslizamentos e alagamentos. Essas áreas de risco são claramente identificadas, o que sugere a necessidade de medidas preventivas para minimizar os danos potenciais causados por esses eventos naturais.

Figura 10 – Zoneamento de áreas de risco de alagamento



Fonte: Paraguaçu, MG, (2024).

A implantação de um canal em concreto nas áreas marcadas como propensas a enchentes e desbarrancamentos seria benéfica por várias razões. Primeiro, um canal em concreto poderia direcionar o fluxo de água durante chuvas intensas para longe das áreas residenciais, evitando

assim inundações. Além disso, a construção de um canal em concreto poderia ajudar a estabilizar o solo nessas áreas, prevenindo deslizamentos que poderiam causar danos significativos à infraestrutura urbana e colocar em risco a segurança dos habitantes da região.

Figura 11 – Seção do córrego com risco de deslizamento e Alagamento



Fonte: Google Earth, (2024).

A figura 11 apresenta uma vista aérea de um segmento do Córrego do Rosário, localizado no município de Paraguaçu-MG. O trecho delimitado na figura 11 é propenso a deslizamentos e alagamentos, o que torna a implantação de um canal de concreto uma medida necessária. Esse canal tem como objetivo evitar enchentes, protegendo a comunidade local e melhorando a infraestrutura urbana.



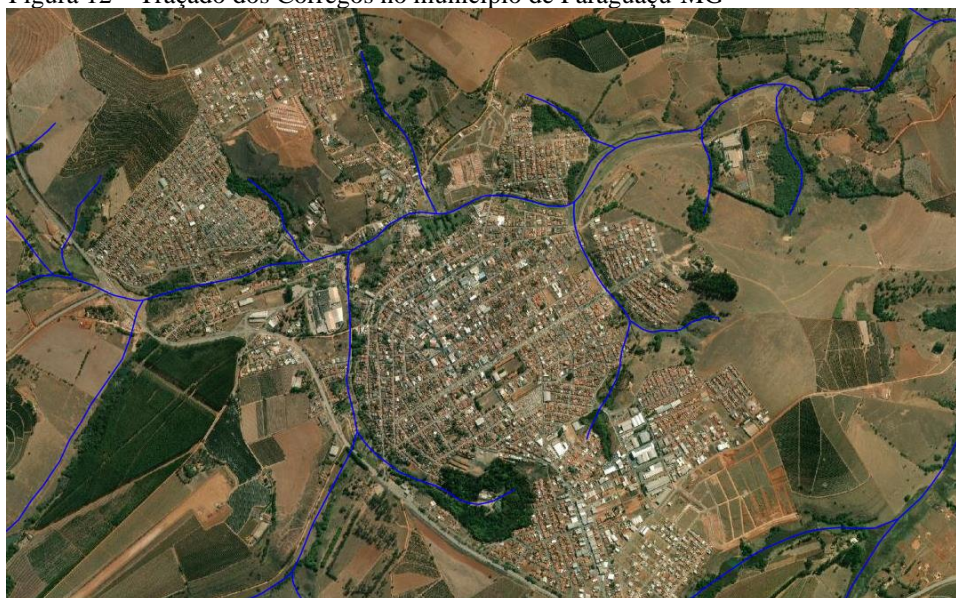
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este tópico do trabalho apresenta uma análise detalhada das soluções propostas para a mitigação das inundações em Paraguaçu. O foco principal é a modificação do córrego do Rosário e a implementação de infraestrutura adequada para gerenciar o escoamento das águas pluviais.

### 5.1 Determinação de Parâmetros de Projeto

A figura 12 foi retirada do site IDE-Sisema, apresenta uma visão aérea do município de Paraguaçu, Minas Gerais. Nela, é possível observar os diversos córregos que atravessam a cidade, representados por linhas azuis. O mapeamento preciso desses cursos d'água é de suma importância para o planejamento urbano e a gestão ambiental. Ele auxilia na prevenção de enchentes, na conservação da biodiversidade aquática e na garantia da qualidade da água para os residentes. Ela fornece informações para a compreensão do comportamento hídrico da região e para o planejamento de intervenções eficazes para a canalização do córrego. Com esses dados, é possível entender melhor como as chuvas e o relevo influenciam o escoamento da água, contribuindo para o problema das enchentes na cidade. Assim, podemos planejar intervenções mais eficazes para mitigar esse problema.

Figura 12 – Traçado dos Córregos no município de Paraguaçu-MG

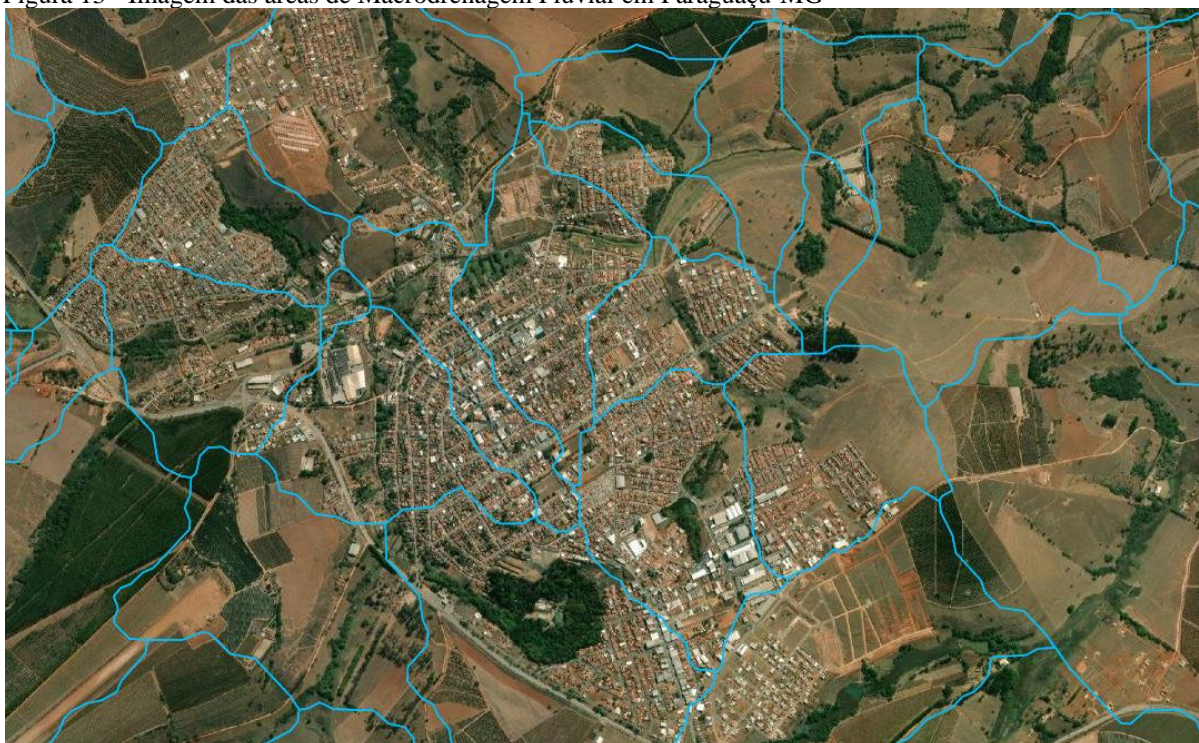


Fonte: Ide Sisema, (2024)

A figura 13, também retirada do site IDE-Sisema, apresenta uma visão aérea do município de Paraguaçu, Minas Gerais, com áreas de macrodrenagem indicadas por linhas azuis. A macrodrenagem refere-se ao sistema de drenagem que coleta, conduz e descarrega as águas pluviais provenientes das microdrenagens. Ela permite uma compreensão mais profunda do sistema de drenagem da cidade, que é fundamental para o planejamento de intervenções eficazes para a canalização do córrego.

As áreas de macrodrenagem, representadas pelas linhas azuis, indicam os principais caminhos de fluxo de água na cidade. Esses caminhos são essenciais para entender como a água da chuva é direcionada e onde podem ocorrer acúmulos que levam a enchentes. Com essas informações, é possível planejar intervenções que melhorem a drenagem nessas áreas, reduzindo assim o risco de enchentes.

Figura 13 - Imagem das áreas de Macrodrenagem Pluvial em Paraguaçu-MG

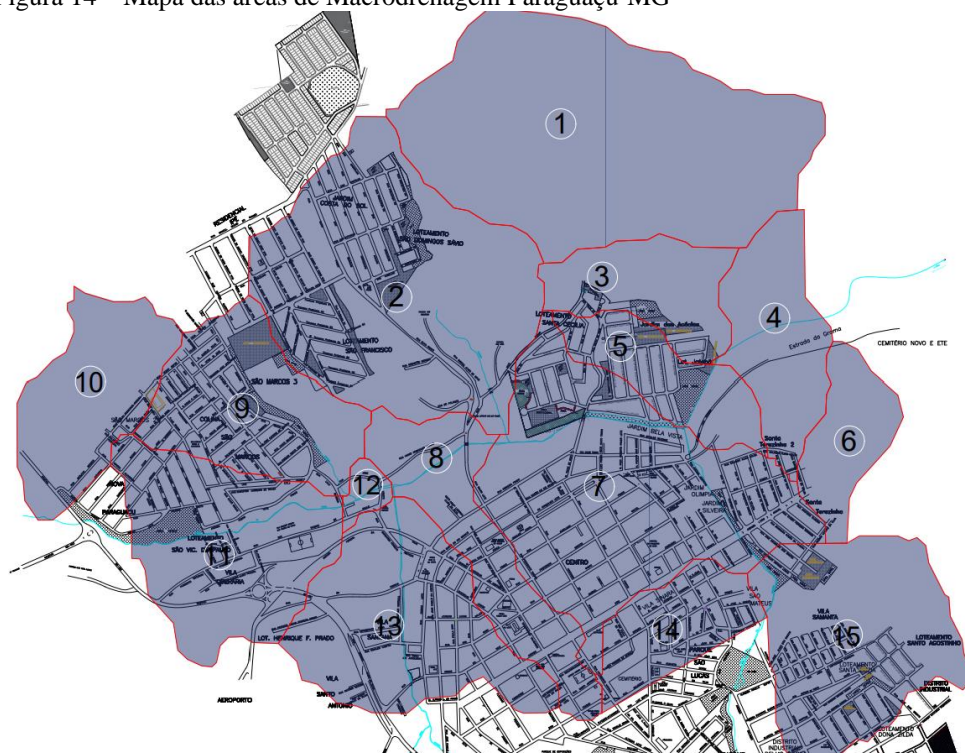


Fonte: Ide Sisema, (2024).

A figura 14 é o resultado da sobreposição do projeto em CAD e as áreas de macrodrenagem do IDE-Sisema.



Figura 14 – Mapa das áreas de Macrodrenagem Paraguaçu-MG



Fonte: O adaptado do Ide Sisema no Autocad, (2024).

O quadro abaixo oferece dados quantitativos detalhados sobre o tamanho de cada seção para análise ou comparação. A variação significativa nas áreas das seções pode indicar uma distribuição desigual de espaço ou recursos entre as seções. A Seção 1, com a maior área, pode sugerir uma concentração de recursos ou atividades, enquanto a Seção 12, com a menor área, pode indicar limitações de espaço ou recursos.

Quadro 3 - Divisão de Áreas

SEÇÃO	ÁREA
1	1.100.437,98 m <sup>2</sup>
2	896.477,82 m <sup>2</sup>
3	232.959,83 m <sup>2</sup>
4	278.331,08 m <sup>2</sup>
5	203.500,45 m <sup>2</sup>
6	169.787,40 m <sup>2</sup>
7	853.295,58 m <sup>2</sup>
8	328.431,79 m <sup>2</sup>
9	399.793,68 m <sup>2</sup>
10	326.543,91 m <sup>2</sup>
11	496.588,62 m <sup>2</sup>
12	33.059,52 m <sup>2</sup>
13	512.971,17 m <sup>2</sup>
14	201.524,05 m <sup>2</sup>

15	523.281,52 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>6.556.984,40 m<sup>2</sup></b>

Fonte: O autor.

O quadro 3 que especifica as áreas de quinze seções distintas, todas expressas em metros quadrados (m<sup>2</sup>). A soma total das áreas dessas seções é de 6.556.984,40 m<sup>2</sup>. Há uma variação considerável nas áreas individuais, com a Seção 1 tendo a maior área de 1.100.437,98 m<sup>2</sup> e a Seção 12 tendo a menor área de 33.059,52 m<sup>2</sup>.

A Quadro 4 apresenta os coeficientes de Runoff para diferentes tipos de áreas: construída, verde e ruas. Cada tipo de área tem um valor específico de coeficiente de Runoff associado a ele, que é usado para calcular a vazão de água e o escoamento superficial. O coeficiente de Runoff é uma medida da quantidade de água que será escoada em uma área específica em vez de ser absorvida pelo solo. Áreas construídas, como edifícios e ruas, geralmente têm coeficientes de Runoff mais altos porque a água não pode penetrar no solo, resultando em mais escoamento. Por outro lado, áreas verdes, como parques e jardins, têm coeficientes de Runoff mais baixos porque a água pode ser absorvida pelo solo. Esses coeficientes são usados nas equações 5 da vazão e 4 do Coeficiente de Runoff.

Quadro 4 – Coeficiente de Runoff por Área

<b>Tipos</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>C</b>
Área Construída	1.809.112,65 m <sup>2</sup>	0,5
Área Verde	3.759.285,60 m <sup>2</sup>	0,2
Ruas	988.586,15 m <sup>2</sup>	0,95
<b>TOTAL:</b>	<b>6.556.984,40 m<sup>2</sup></b>	

Fonte: O autor.

A figura 15 mostra uma visão de satélite de uma área urbana com o traçado do Córrego do Rosário. Os pontos de P01 a F01 está marcada, fornecendo uma representação visual do fluxo do córrego através da cidade dentro do perímetro urbano.

Figura 15 – Delimitação de Pontos traçado no córrego do Rosário



Fonte: Google Earth, (2024).

A Quadro 5 contém dados sobre diferentes trechos entre os pontos P01 a F01), suas respectivas alturas ( $h_f$  e  $h_i$ ), diferenças de altura ( $\Delta Cota$ ) e comprimentos ( $L$ ). Este quadro fornece uma visão detalhada das mudanças de elevação de um terreno ou estrutura. Cada linha do quadro representa um trecho entre dois pontos no trajeto do Córrego do Rosário.

Quadro 5 – Quadro de Cotas

Trecho		$h_f$	$H_i$	$\Delta Cota$ (m)	$L$ (m)
P01	P02	815	814	1,00	180,00
P02	P03	814	805	9,00	901,00
P03	P04	805	802	3,00	244,00
P04	P05	802	797	5,00	481,00
P05	P06	797	797	0,00	718,00
P06	F-01	797	794	3,00	270,00
<b>TOTAL</b>					<b>2794,00</b>

Fonte: O autor.

O comprimento total dos trechos medidos é de 2.794 metros. Este dado é crucial para calcular a vazão de água e dimensionar corretamente as estruturas de drenagem necessárias para mitigar riscos de inundações.

## 5.2 Dimensionamento de Vazão de Projeto

O quadro 6 fornece medidas e unidades específicas para vários elementos envolvidos neste cálculo. Cada linha do quadro representa um cálculo de vazão de projeto para um determinado intervalo de tempo (T), com uma intensidade pluviométrica específica (i). A vazão de projeto (Q) é calculada usando a equação 5, onde C é o coeficiente de Runoff, Im é a intensidade pluviométrica e A é a área.

Quadro 6 - Determinação da Vazão Pluvial

<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unid</b>
<b>Cota mais alto (Ca):</b>	815	metros
<b>Cota mais baixo (Cb):</b>	794	metros
<b>Altura (H):</b>	21	metros
<b>Percorso D'água (L):</b>	2794	metros
<b>Percorso D'água (L):</b>	2,794	Km
<b>Tempo de Concentração(t):</b>	57,8378	minutos
<b>Constante Local "k":</b>	3810,66	
<b>Constante Local "a":</b>	0,207	
<b>Constante Local "b":</b>	20,341	
<b>Constante Local "c":</b>	1,075	
<b>Tempo de Retorno (T):</b>	25	anos
<b>Intensidade (Im):</b>	68,4389	mm/h
<b>Área Total de Contribuição (At):</b>	6.556.984	m <sup>2</sup>
<b>Coeficiente de Run Off (Cm):</b>	0,39585	
<b>Vazão Total Final (Q)</b>	49,3439	m <sup>3</sup> /s

Fonte: O autor.

O quadro 7 que é um conjunto de dados hidrológicos detalhados referentes ao Córrego do Rosário. Este quadro é uma ferramenta essencial para o dimensionamento da rede de desvio de água do córrego.

Quadro 7 - Metadados Ide Sisema

<b>FID</b>	<b>Vazão equivalente ao volume precipitado (Peq - m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>vazões médias anuais de longa duração (Qmld - m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazão mínima Associada a uma permanência de 90% (Q90 - m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazão mínima Associada a uma permanência de 95% (Q95 - m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazão mínima de sete dias e período de Retorno de 10 anos (Q7,10 - m<sup>3</sup>/s)</b>
25256	0,361	0,180	0,056	0,044	0,024
25257	0,378	0,189	0,059	0,046	0,025

25260	0,113	0,058	0,017	0,013	0,007
25263	0,395	0,197	0,062	0,049	0,026
32356	0,435	0,216	0,068	0,054	0,029
32368	0,444	0,221	0,070	0,055	0,030
32384	0,509	0,252	0,080	0,063	0,034
38407	0,094	0,050	0,015	0,011	0,006
38395	0,089	0,048	0,014	0,011	0,005
40472	0,029	0,016	0,004	0,003	0,002
40480	0,007	0,004	0,001	0,001	0,000
65282	0,358	0,165	0,051	0,040	0,021
65283	0,379	0,174	0,055	0,043	0,023
65320	0,237	0,110	0,034	0,026	0,014
65321	0,134	0,063	0,019	0,015	0,007
66226	0,882	0,399	0,130	0,103	0,058
66227	0,822	0,372	0,121	0,096	0,053
66229	0,513	0,234	0,074	0,058	0,032
66230	0,490	0,224	0,071	0,056	0,030
66238	0,963	0,434	0,142	0,113	0,064
66239	1,082	0,486	0,160	0,127	0,072
66240	1,011	0,456	0,149	0,119	0,067
66326	0,989	0,446	0,146	0,116	0,066
66334	1,240	0,556	0,184	0,146	0,084
66466	1,351	0,604	0,201	0,160	0,092
144246	0,131	0,068	0,020	0,016	0,008
144236	0,175	0,090	0,027	0,021	0,011
144238	0,208	0,107	0,033	0,025	0,013
144244	0,108	0,056	0,017	0,013	0,006
144248	0,152	0,078	0,023	0,018	0,009
144357	0,846	0,420	0,137	0,109	0,061
144579	0,399	0,202	0,064	0,050	0,027
144646	0,566	0,284	0,091	0,072	0,039
144814	0,511	0,257	0,082	0,064	0,035
144816	0,475	0,239	0,076	0,060	0,032
144820	0,552	0,277	0,089	0,070	0,038
144831	0,822	0,409	0,133	0,106	0,059
144833	0,750	0,374	0,121	0,096	0,054
144837	0,712	0,356	0,115	0,091	0,051
144839	0,701	0,350	0,113	0,090	0,050
162474	0,306	0,149	0,046	0,036	0,019
162478	0,244	0,119	0,037	0,028	0,015
165118	0,290	0,141	0,044	0,034	0,018
165120	0,262	0,128	0,039	0,031	0,016
165122	0,278	0,135	0,042	0,033	0,017

165136	0,175	0,086	0,026	0,020	0,010
165138	0,156	0,077	0,023	0,018	0,009
165227	0,063	0,032	0,009	0,007	0,003
165229	0,005	0,003	0,001	0,001	0,000
165822	0,026	0,013	0,004	0,003	0,001
165825	0,044	0,022	0,006	0,005	0,002

Fonte: Ide Sisema, (2024).

O quadro apresenta várias métricas importantes, incluindo a precipitação (em mm), a vazão FIP (Pequeno Retorno -  $m^3/s$ ), as vazões médias anuais de longa duração ( $Q_{mld}$  -  $m^3/s$ ), a vazão mínima associada a uma permanência de 90% ( $Q_{90}$  -  $m^3/s$ ), a vazão mínima associada a uma permanência de 95% ( $Q_{95}$  -  $m^3/s$ ), e a vazão mínima de sete dias de retorno de 10 anos ( $Q_{7,10}$  -  $m^3/s$ ). As vazões médias do Córrego do Rosário são de aproximadamente  $0,50 m^3/s$ . esta informação é crucial para o dimensionamento da rede de desvio de água.

### 5.3 Dimensionamento de Canal

O dimensionamento de canal é um passo crucial no planejamento e implementação de sistemas de drenagem urbana. Este processo envolve a verificação de vazão e o ajuste das dimensões do canal para garantir que ele possa acomodar o volume de água esperado, prevenindo inundações e garantindo a eficiência do escoamento.

#### 5.3.1 Verificação de Vazão do canal projetado

A verificação da vazão é realizada para vários canais, cada um com um coeficiente de rugosidade diferente. O objetivo é determinar qual modelo de canal é mais viável.

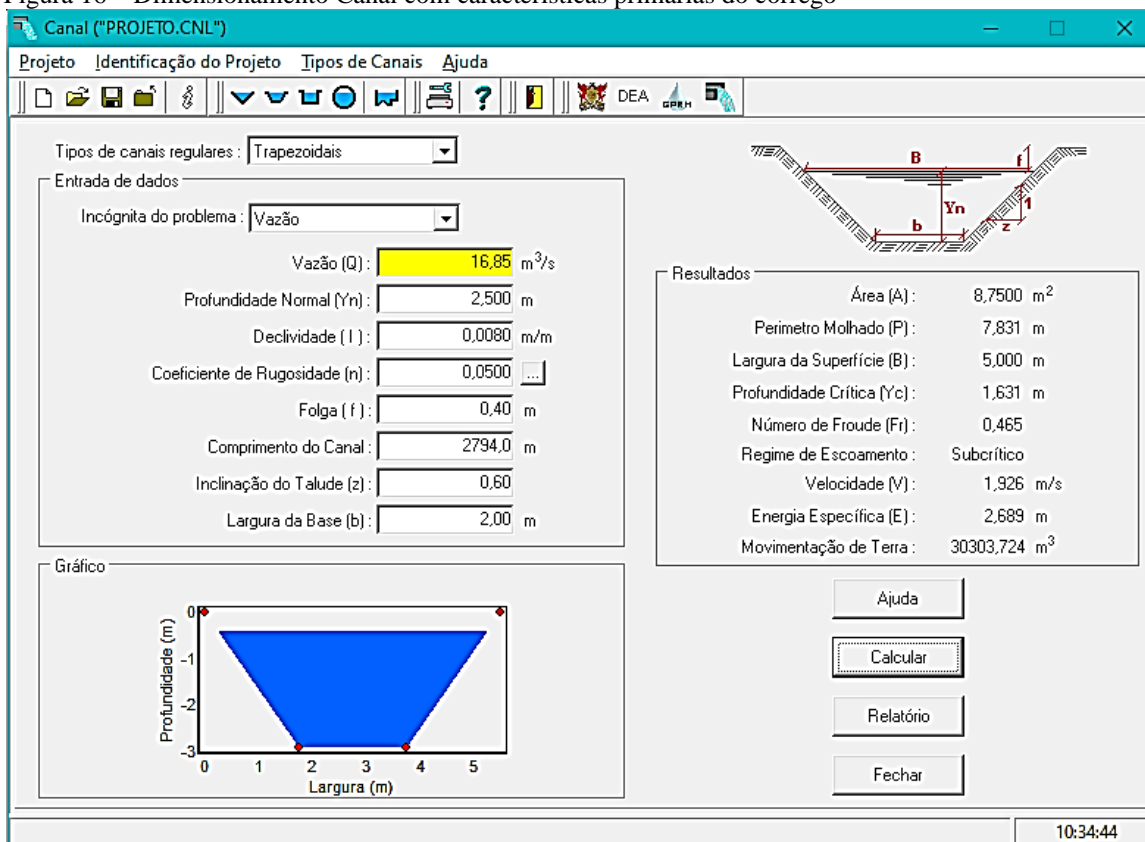
##### 5.3.1.1 Verificação de Vazão do canal estado natura de solo coberto por vegetação

Para verificar a vazão do córrego utilizou o canal em solo com grama com vegetação se com coeficiente de rugosidade 0,05; com largura superficial de 5 metros, 2 metros de fundo e 2,5 metros de altura, valores médios determinados através de medições do Google Earth.



Na figura 16, a vazão calculada para o canal do córrego é de  $16,85 \text{ m}^3/\text{s}$ . Isso é feito com base nas características primárias do solo com vegetação. No entanto, a demanda estimada para o córrego do Rosário em picos de chuva é de  $49,34 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Figura 16 – Dimensionamento Canal com características primarias do córrego



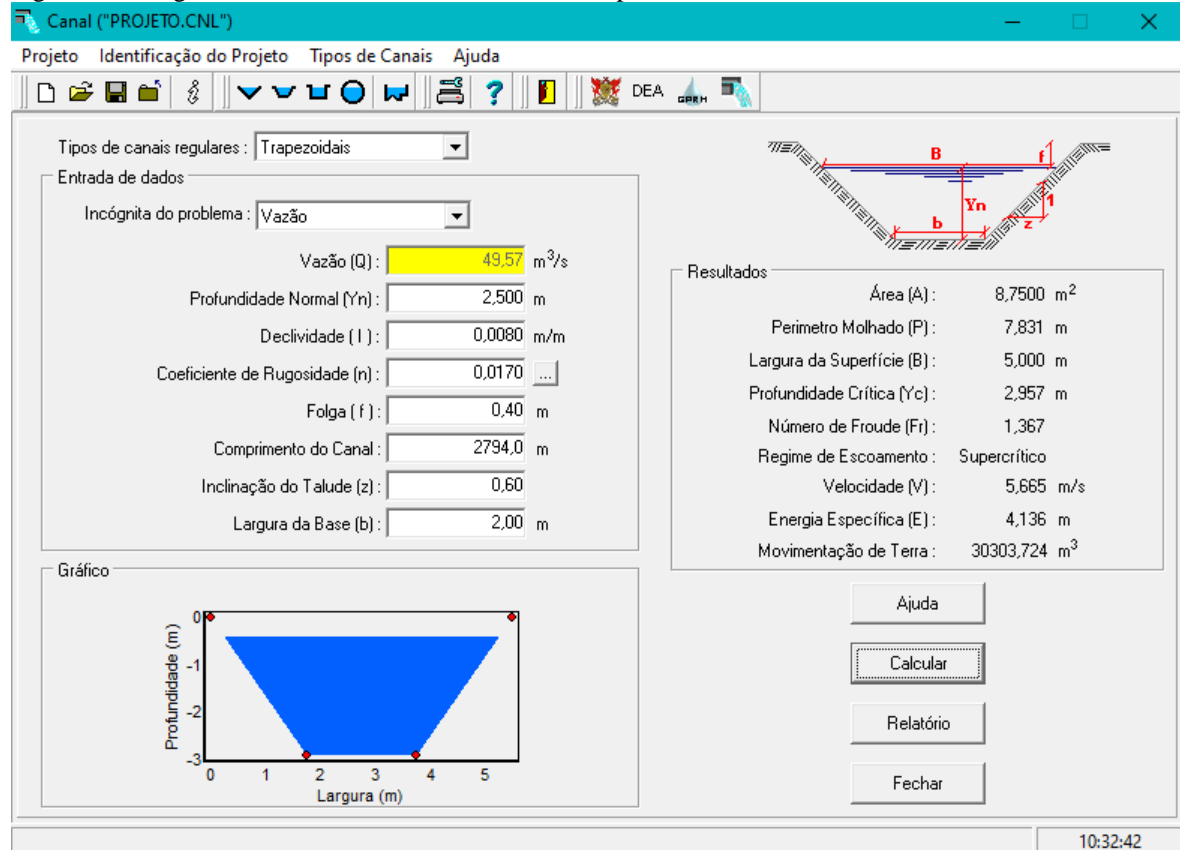
Fonte: Programa Canal, UFV, (2024).

Isso indica que o córrego não possui capacidade para suportar as vazões em picos de chuva, como as que ocorreram em 2020 ou 2014 no município de Paraguaçu-MG.

### 5.3.1.2 Verificação de Vazão do canal em concreto com fundo de cascalho

Ao verificar a vazão do córrego utilizou o canal em solo com grama com vegetação se com coeficiente de rugosidade 0,05; com largura superficial de 5 metros, 2 metros de fundo e 2,5 metros de altura. A figura 17 representa a estimativa de um canal trapezoidal de concreto armado com o fundo em cascalho.

Figura 17 - Programa Canal dimensionando um canal trapezoidal em concreto armado com fundo de cascalho.



Fonte: Programa Canal, UFV, 2024

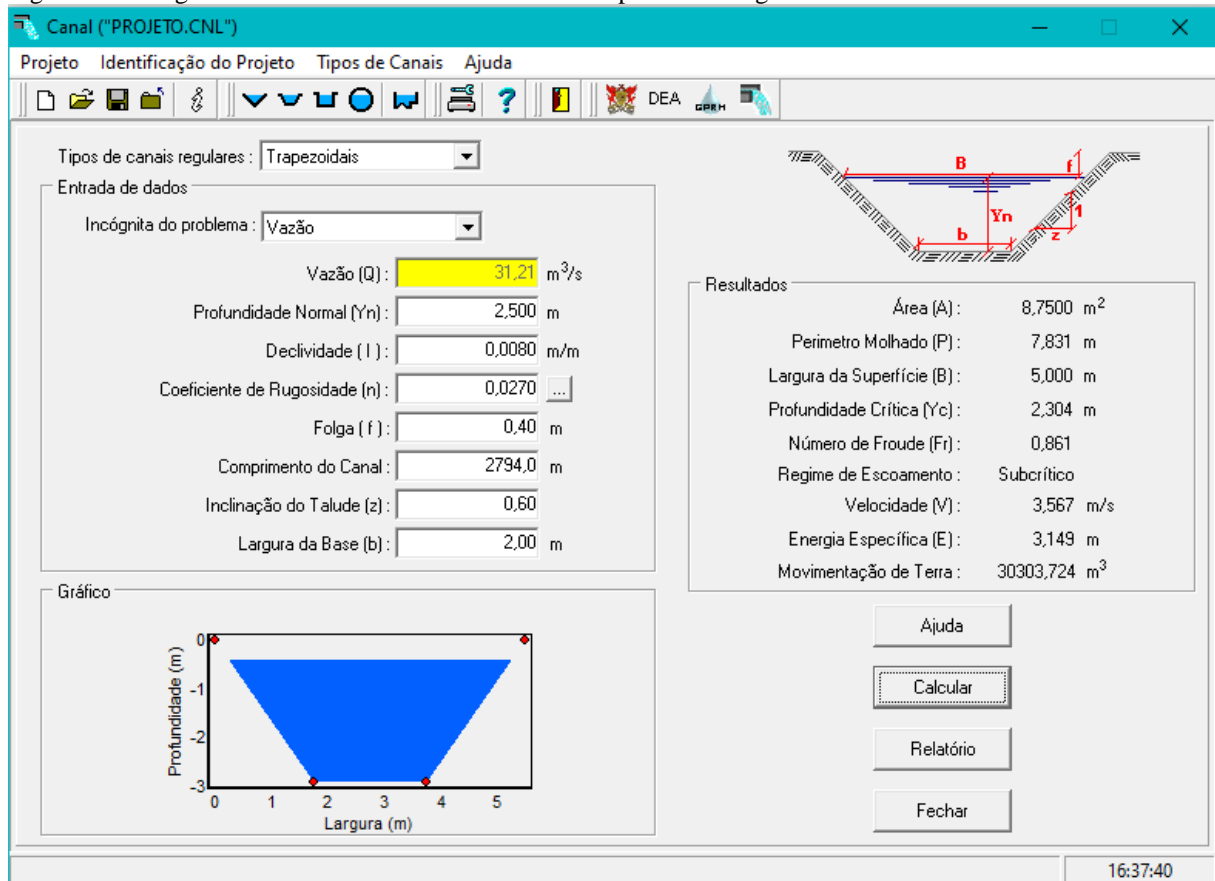
O programa determinou uma vazão de 49,57 m<sup>3</sup>/s para esse modelo específico. Atendendo a demanda, calculada no quadro 6 de 49,34 m<sup>3</sup>/s, com uma pequena margem de diferença em relação à vazão calculada.

### 5.3.1.3 Verificação de Vazão do canal em gabião

A verificar a vazão do córrego utilizou o canal em solo com grama com vegetação se com coeficiente de rugosidade 0,027; com largura superficial de 5 metros, 2 metros de fundo e 2,5 metros de altura. A figura 18 representa a estimativa de um canal trapezoidal de concreto armado com o fundo em cascalho.



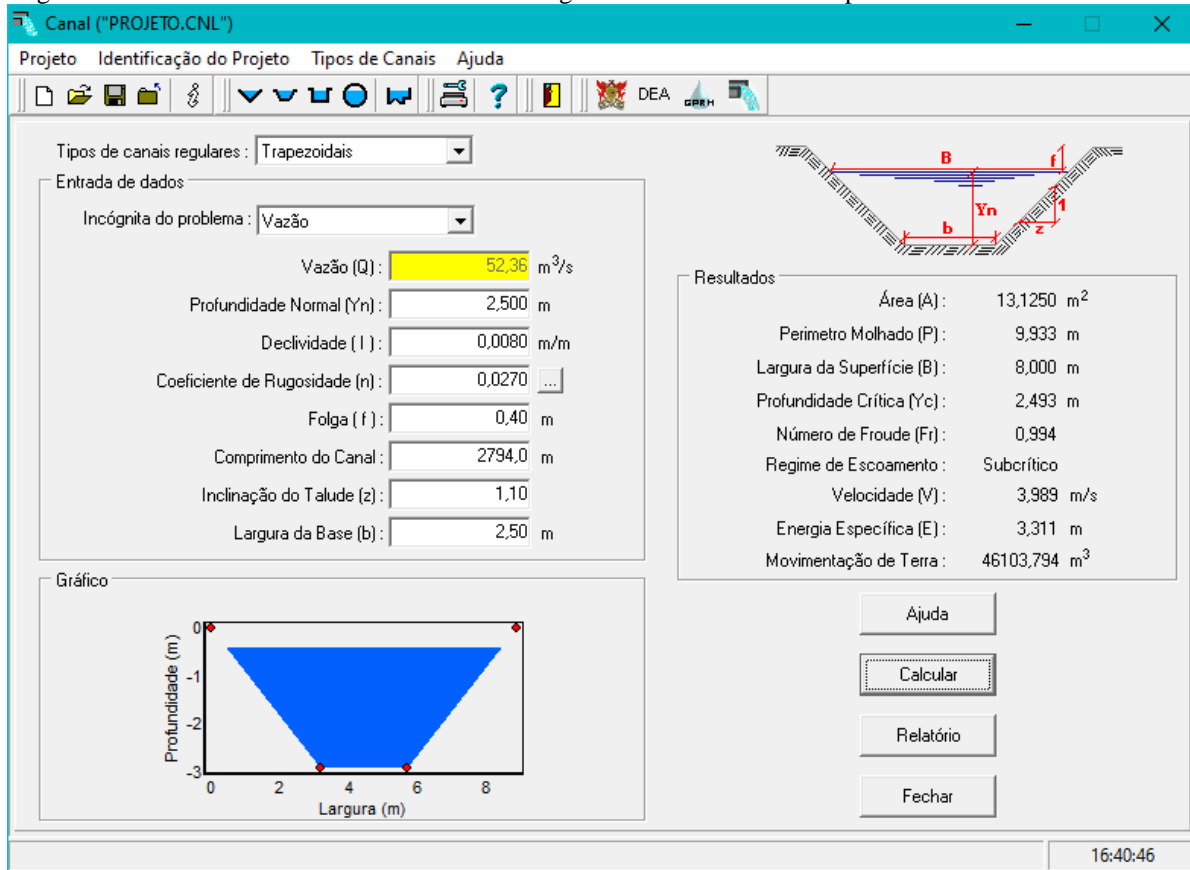
Figura 18 – Programa Canal dimensionando um canal trapezoidal em gabião.



Fonte: Programa Canal, UFV (2024).

A demanda calculada no quadro 6 resultou em uma vazão de 49,34 m<sup>3</sup>/s., no entanto, a vazão calculada para esse canal específico é de apenas 31,21 m<sup>3</sup>/s., portanto, há uma diferença significativa entre a capacidade do canal e a demanda necessária.

Figura 19 – Dimensionamento Canal revestido em gabião com 8 metros de superficial



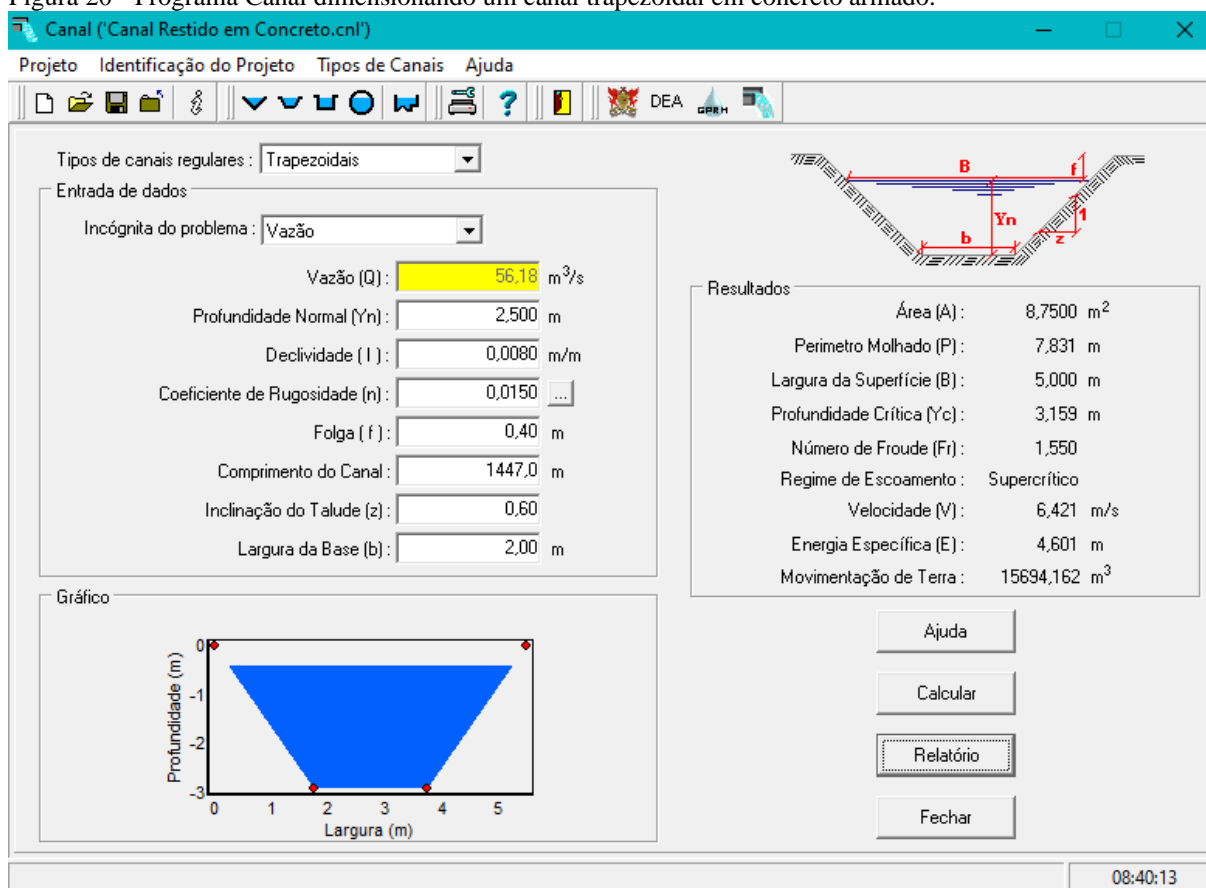
Fonte: Programa Canal, UFV (2024).

O dimensionamento do canal em gabião atendeu a vazão média com as dimensões 8m, 2,5 m e 2,5 m., mas suas dimensões estão no limite de largura do córrego, o ultrapassaria na verificação de vazão de pico largura permitida antes que entre em conflitos com tubulações pré-existentes de água pluvial.

#### 5.3.1.4 Canal Revestido em concreto armado

A verificar a vazão do córrego utilizou o canal em solo com grama com vegetação se com coeficiente de rugosidade 0,15; com largura superficial de 5 metros, 2 metros de fundo e 2,5 metros de altura. A figura 20 representa a estimativa de um canal trapezoidal de concreto armado.

Figura 20 - Programa Canal dimensionando um canal trapezoidal em concreto armado.



Fonte: Programa Canal, UFV (2024).

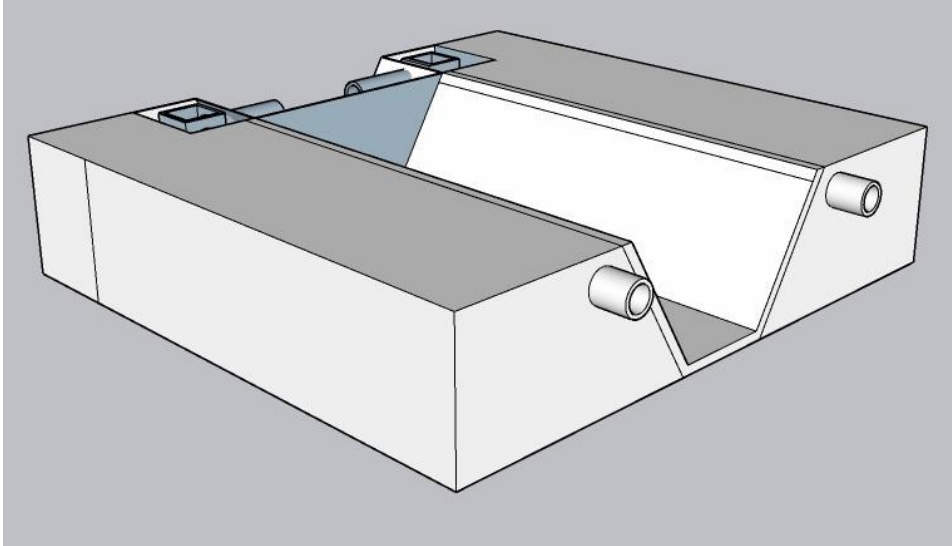
O canal trapezoidal em questão, com uma vazão de  $56,18 \text{ m}^3/\text{s}$ , atende à vazão calculada no quadro 6 de  $49,34 \text{ m}^3/\text{s}$ . E demonstra um maior eficiência do que os canais calculados nos tópicos 6.3.1.1 e 6.3.1.2, que atendiam a uma vazão respectiva de  $16,85 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $49,57 \text{ m}^3/\text{s}$ . Foi adotado como modelo o uso do canal de concreto armado do tópico 6.3.1.4.

### 5.3.2 Dimensionamento de Barragem e manilha construtiva

A figura 21 representa uma projeção em 3D do início de um canal de concreto armado, criada no software Sketchup. Vamos analisar os principais elementos presentes nessa visualização:

- Poços de Visita: Esses elementos cilíndricos estão posicionados em intervalos ao longo do canal. Eles servem para inspeção e manutenção do sistema;
- Tubos de Concreto: Localizados nas laterais do canal, esses tubos têm a função de desviar a água do córrego. Eles permitem que a água flua de forma controlada e direcionada;
- Comporta metálica: Essa estrutura metálica está inserida no canal e tem a responsabilidade de barrar ou controlar o fluxo de água conforme necessário;

Figura 21 – Projeção 3d do Modelo do canal em concreto



Fonte: O autor.

O canal de concreto em si é representado como um grande conduto retangular aberto, projetado para facilitar o movimento da água. O design é funcional e prático, priorizando a eficiência no controle e direcionamento do fluxo hídrico.

Figura 22 – Comporta Metálica Implantada em canal



Fonte: FKB (2024).

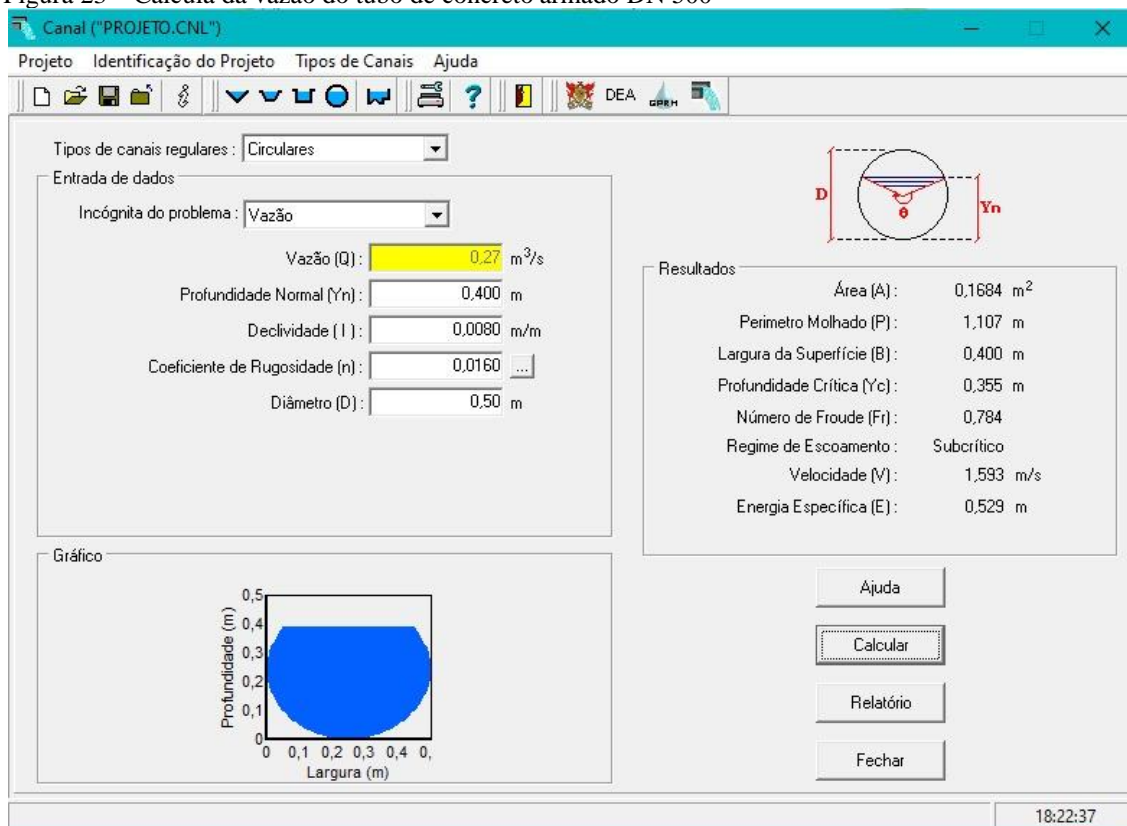
A Figura 22 mostra uma comporta metálica implantada em um canal de drenagem. Esta comporta é uma estrutura crítica para o controle do fluxo de água dentro do sistema de drenagem. A sua função principal é permitir a gestão do nível de água, abrindo ou fechando conforme necessário para prevenir inundações e regular o escoamento. A instalação da comporta metálica, conforme ilustrada, reflete uma solução técnica robusta para enfrentar

problemas de drenagem, proporcionando controle eficiente e segurança ao sistema de manejo hídrico.

### 5.3.2.1 Dimensionamento de Manilha de Drenagem

A figura 23 ilustra o cálculo da vazão para um tubo de concreto armado com diâmetro nominal (DN) de 500 mm. Esse cálculo é crucial para dimensionar adequadamente o sistema de drenagem, garantindo que ele possa lidar com o volume de água esperado.

Figura 23 – Calcula da vazão do tubo de concreto armado DN 500



Fonte: Programa Canal, UFV (2024).

De acordo com o quadro 7, a vazão média do córrego é de 0,49 m<sup>3</sup>/s. Para atender essa vazão estimada, através do programa canal foi calculado para um tubo de concreto de 500 mm uma vazão é de 0,27 m<sup>3</sup>/s. para atender a essa vazão normal, o uso de duas redes de tubos de concreto de diâmetro de 500 mm seria adequado.

## 6 ORÇAMENTO E CRONOGRAMA

O Quadro 8 apresenta uma estimativa orçamentária para a construção de um canal revestido em concreto armado. O orçamento é dividido em quatro etapas principais, cada uma com seus respectivos serviços e custos:

1. Serviços Preliminares: Esta etapa inclui a locação do canteiro de obras, a montagem do canteiro de obras, a locação dos pontos geométricos do canal e a locação dos poços de visitas de desvio. O custo total desta etapa é de R\$ 8.753,42.
2. Execução da Comporta Metálica: Esta etapa envolve a execução da base para a comporta metálica e a instalação da comporta metálica. O custo total desta etapa é de R\$ 37.893,36.
3. Execução de Desvio de Água do Córrego: Esta etapa inclui a escavação de valas para tubos de concreto DN 500, o assentamento de tubos de concreto DN 500, a montagem de poços de vista DN 1000 com caixa pré-moldada de concreto (1,2x1,2 m) e o aterro e compactação de vala. O custo total desta etapa é de R\$ 672.256,85.
4. Execução do Canal em Concreto Armado: Esta é a etapa final e a mais cara, incluindo a escavação do solo para compatibilização de geometria, o aterro e compactação de solo do canal, a cobertura de borda com canal com lona, o lastro de brita sobre o fundo do canal com 3 cm de espessura, a execução de forma sobre a borda do canal, a execução de armação do canal, o transporte e execução da concretagem do canal e colocação de juntas, e a desmontagem de forma. O custo total desta etapa é de R\$ 3.400.269,25.

O valor total do projeto, somando todas as etapas, é de R\$ 4.119.172,87. Esta estimativa orçamentária foi adaptada de TCPO, 2010.

Quadro 8 - Estimativa Orçamentaria do Canal Revestido em concreto armado.

C.O.D	Descrição do Serviço	Unid	Valor Unit	Quant.	Valor Total
<b>1- Serviços Preliminares</b>					
1520.8.1.1	Montagem Canteiro de Obras.	m <sup>2</sup>	R\$ 84,26	20	R\$ 1.685,20
2595.8.1.1	Locação dos pontos geométricos do canal	m <sup>2</sup>	R\$ 4,24	1649,58	R\$ 7.000,32

2595.8.1.1	Locação dos poços de Visitas de Desvio	m <sup>2</sup>	R\$ 4,24	16	R\$ 67,90
<b>2 - Execução da Comporta Metálica</b>					
3110.8.1	Montagem de forma da base	m <sup>2</sup>	R\$ 71,83	20,16	R\$ 1.448,09
3220.8.1.1	Execução da armadura da base	kg	R\$ 10,18	293	R\$ 2.982,53
Composição	Transporte e Execução da Concretagem da base	m <sup>3</sup>	R\$ 777,73	2,93	R\$ 2.278,75
Composição	Colocação de juntas fugenband	m	R\$ 95,76	9,78	R\$ 936,49
3110.8.21.1	Desmontagem de forma	m <sup>2</sup>	R\$ 7,09	20,16	R\$ 142,93
Composição	Instalação da Comporta Metálica	Unid	R\$ 30.104,55	1	R\$ 30.104,55
<b>3 - Execução de desvio de Água do Córrego</b>					
2315.8.4.5	Escavação de Valas de Para Tubos de Concreto DN 500.	m <sup>3</sup>	R\$ 15,97	2894	R\$ 46.222,97
2632.8.2	Assentamento de Tubos de concreto DN 500.	m	R\$ 166,91	3184,00	R\$ 531.452,07
Composição	Montagem de Poços de Vista DN 1000 com Caixa Pré-moldado de Concreto (1,2x1,2 m).	Unid	R\$ 2.643,86	16	R\$ 42.301,69
Composição	Descarte de excesso de terra.	m <sup>3</sup>	R\$ 6,59	723,5	R\$ 4.767,87
Composição	Aterro e Compactação de Vala.	m <sup>3</sup>	R\$ 21,89	2170,5	R\$ 47.512,25
<b>4 - Execução do Canal em concreto Armado</b>					
2315.8.4.5	Escavação do Solo para compatibilização de Geometria.	m <sup>3</sup>	R\$ 15,97	35458,245	R\$ 566.339,09
2315.8.6.1	Aterro e Compactação de Solo do Canal.	m <sup>3</sup>	R\$ 21,89	27642,56	R\$ 605.095,64
Composição	Descarte de excesso de terra.	m <sup>3</sup>	R\$ 6,59	7815,6854	R\$ 51.505,37
Composição	Forragem de lateral inclinada do canal com filme plástico.	m <sup>2</sup>	R\$ 4,12	9593,61	R\$ 39.525,67
2720.83.1	Lastro de Brita sobre o fundo do canal 3 cm de espessura.	m <sup>3</sup>	R\$ 223,24	86,82	R\$ 19.381,65

3110.8.1	Execução de Forma sobre a lateral inclinada do canal.	m <sup>2</sup>	R\$ 28,43	9593,61	R\$ 272.743,93
3220.8.1.1	Execução de armação do canal.	kg	R\$ 10,18	14151,66	R\$ 144.053,99
Composição	Transporte e Execução da Concretagem do canal.	m <sup>3</sup>	R\$ 777,73	1933,77	R\$ 1.503.953,84
Composição	Colocação de juntas fugenband	m	R\$ 91,43	1418,1	R\$ 129.654,05
3110.8.21.1	Desmontagem de forma.	m <sup>2</sup>	R\$ 7,09	9593,61	R\$ 68.016,01
<b>Total</b>					<b>R\$ 4.119.172,87</b>

Fonte: Adaptado de TCPO, 2010

O valor total do projeto é de R\$ 4.119.172,87. Ao comparar esse valor com a receita mensal do município de Paraguaçu-MG, conforme mostrado na Figura 24, percebe-se que o custo do projeto é significativo. A receita mensal do município varia ao longo do ano, com os maiores valores arrecadados em janeiro e fevereiro.

Figura 24 – Gráfico da receita de Paraguaçu-MG



Fonte: Paraguaçu, MG (2024)

No entanto, mesmo nesses meses de maior arrecadação, o custo total do projeto representa uma parcela considerável da receita do município. Portanto, é essencial planejar e gerenciar cuidadosamente os custos para garantir a viabilidade financeira do projeto.



## 6.1 Cronograma de execução de obras

O cronograma das etapas do orçamento é detalhado no Quadro 8. As etapas e suas respectivas durações são as seguintes:

### 1. Serviços Preliminares:

Esta etapa inclui a montagem do canteiro de obras, a locação dos pontos geométricos do canal e a locação dos poços de visitas de desvio. Com um total de 9 dias, esta fase estabelece a infraestrutura inicial necessária para o início do projeto.

### 2. Execução da Comporta Metálica:

Nesta fase, que dura 10 dias, é realizada a execução da base e a instalação da comporta metálica. Este é um passo essencial para controlar o fluxo de água durante a construção e após a conclusão do canal.

### 3. Execução de Desvio de Água do Córrego:

Esta etapa envolve a escavação de valas para os tubos de concreto, o assentamento desses tubos, a montagem de poços de vista e o aterro e compactação das valas. Com uma duração de 18 dias, este processo garante que o fluxo de água seja adequadamente desviado para permitir a construção do canal.

### 4. Execução do Canal em Concreto Armado:

A etapa final e mais longa, com 300 dias, inclui a escavação do solo, a compatibilização de geometria, o aterro e compactação, a cobertura com lona, a aplicação de brita no fundo do canal, a execução de formas e armações, o transporte e a concretagem do canal, além da colocação de juntas e desmontagem das formas. Esta fase completa a construção do canal revestido em concreto armado, proporcionando a estrutura necessária para mitigar os riscos de inundações.

## 7 CONCLUSÃO

A cidade de Paraguaçu enfrenta desafios significativos devido à sua localização geográfica que, apesar de proporcionar vantagens econômicas e naturais, também a torna vulnerável a inundações. A intervenção proposta aborda esses desafios através de uma abordagem sistemática que envolve o estudo detalhado de fatores climáticos e geológicos, além da implementação de estratégias de engenharia específicas, como a construção de um canal de concreto armado.

A análise detalhada e os cálculos apresentados neste estudo fornecem uma base para o planejamento e execução de projetos de drenagem pluvial. A aplicação das fórmulas e equações abordadas, desde o tempo de escoamento superficial até a vazão pluvial, é crucial para a compreensão dos fluxos de água e para o dimensionamento adequado das infraestruturas de drenagem.

Além disso, a integração de dados meteorológicos, como a intensidade e a frequência das precipitações, permite prever cenários de risco e planejar intervenções preventivas. A engenharia aplicada ao contexto local de Paraguaçu-MG assegura que as soluções propostas sejam não apenas tecnicamente viáveis, mas também economicamente sustentáveis e ambientalmente responsáveis.

Portanto, a adoção das práticas e fórmulas delineadas neste estudo contribuirá significativamente para a melhoria da infraestrutura de drenagem pluvial em Paraguaçu, mitigando problemas de inundação e erosão, e promovendo uma gestão hídrica mais eficaz e segura para a comunidade. A continuidade deste trabalho, com atualizações periódicas e monitoramento constante, será essencial para o desenvolvimento urbano sustentável e a proteção dos recursos naturais da nossa região.

A análise realizada revelou que o rápido desenvolvimento urbano, aliado à falta de planejamento e à obstrução dos cursos d'água por resíduos sólidos, agrava a situação das inundações na cidade. A metodologia adotada no projeto, incluindo o dimensionamento de vazões e a concepção de um sistema de drenagem eficiente, visa mitigar esses problemas, promovendo um ambiente mais seguro e sustentável para os residentes.

Os resultados obtidos, que incluem o dimensionamento do canal, a estimativa de custos e o cronograma de execução, demonstram a viabilidade do projeto. O orçamento total, estimado em R\$ 4.119.172,87, e o cronograma detalhado garantem um planejamento eficiente, essencial para evitar atrasos e assegurar a conclusão bem-sucedida das obras.

## REFERÊNCIAS

BELO HORIZONTE. **Obras nos córregos Lareira e Marimbondo contribuem com a prevenção de enchentes**, 2019. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/obras-nos-corregos-lareira-e-marimbondo-contribuem-com-prevencao-de-enchentes>. Acesso em: 06 out. 2023.

BARROS, Pécio L. A.; FRACASSI, Gerardo; DURAN, Jaime S.; TEIXEIRA, Alexandre M. **Manual Técnico: Obras de Contenção**. São Paulo: MACCAFERRI, 2017.

BOTELHO, Louise L. R.; CUNHA, Cristiano C. de A.; MACEDO, Marcelo. **O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais**. *Gestão e Sociedade*, Belo Horizonte, v. 5, n. 11, p. 121-136, maio/ago. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.21171/ges.v5i11.1220>. Acesso em: 05 out. 2023.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CARVALHO, J. de A. **Dimensionamento de pequenas barragens para irrigação**. Lavras: Ed. UFLA, 2008.

CHAVEZ, J. D. R. Escoamento – Canais, Fórmulas Empíricas, perda de carga. **Apostila da Disciplina LOB1216 – Hidrologia e Hidráulica Aplicadas**. Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. Departamento de Ciências Básicas e Ambientais. Lorena, 2016.

DE SOUSA, Ana Caroline Batista; DE OLIVEIRA, Fernanda Ribeiro; DE MORAIS, Larissa Helena Rodrigues; DE SÁ, Larissa Rodrigues Santana. **Estrutura de Gabiões. Estudo de aplicação no córrego Água Fria em Anápolis**. 2022. GO. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO.

DINIZ, F. G.; SILVA, M. do S. F. da; ANDRADE, M. H. da S. **Impactos socioambientais e a conservação do Córrego Bandeira em Campo Grande - MS**. 2021. *Revista Monografias Ambientais*. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2236130865737>. Acesso em: 05 out. 2023.

FREEMAN, G. E.; FISCHENICH, J. C. **Gabions for streambank erosion control**. 2000. EMRRP Technical Notes Collection (ERDC TN-EMRRP-SR-22). U.S. Army Engineer Research and Development Center. Disponível em: <https://www.wes.army.mil/el/emrrp>. Acesso em: 22 set. 2023.

GRIBBIN, J. E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

KIRPICH, T.P. **Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds**. *J. of Civ. Eng.*, v.10, n.6, p. 362, 1940.

PARAGUAÇU, MG. **Institui a revisão do Plano Diretor do Município de Paraguaçu (PDMP) e dá outras providências.** 2021. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-paraguacu-mg>. Acesso em: 06 out. 2023.

PARAGUAÇU, MG. 2021. **Portal da Transparência.** Disponível em: <https://pmparaguacu-transparencia.gpecloud.com.br/Receitas>. Acesso em: 06 maio. 2024.

RODRÍGUEZ, Carlos Andrés Martínez; TEIXEIRA, Bernardo Arantes do Nascimento. **Avaliação de bacias de retenção de águas pluviais implantadas no município de São Carlos (SP).** 2011. Brasil. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/5LdxspnHC88QmzRzRRhcd6w/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 out. 2023.

SINAPI. **SINAPI ref insumos Composições MG 202403 Desonerado.** 2024 Disponível em: [https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/download.aspx#categoria\\_648](https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/download.aspx#categoria_648). Acesso em 5 de mai. 2024.

PINI. **Tabela de Composição de Preço para Orçamentos (TCPO)(13ª ed.).** São Paulo. 2010.

TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, ABRH, 2001.

UBERABA. **Uberaba quebrando tabus.** 2003. Disponível em: <http://www.uberaba.mg.gov.br:8080/portal/acervo/portavoz/arquivos/2003/494%20-%2017-10-2003.pdf>. Acesso em: 20 set. 2023.

WALESH, S. G. **Urban Surface Water Management.** New York: John Wiley & Sons, Inc., 1989.

## APÊNDICE

Cálculos referentes ao quadro 6 abaixo.

$$H = Ca - Cb = 815 - 794 = 21 \text{ m}$$

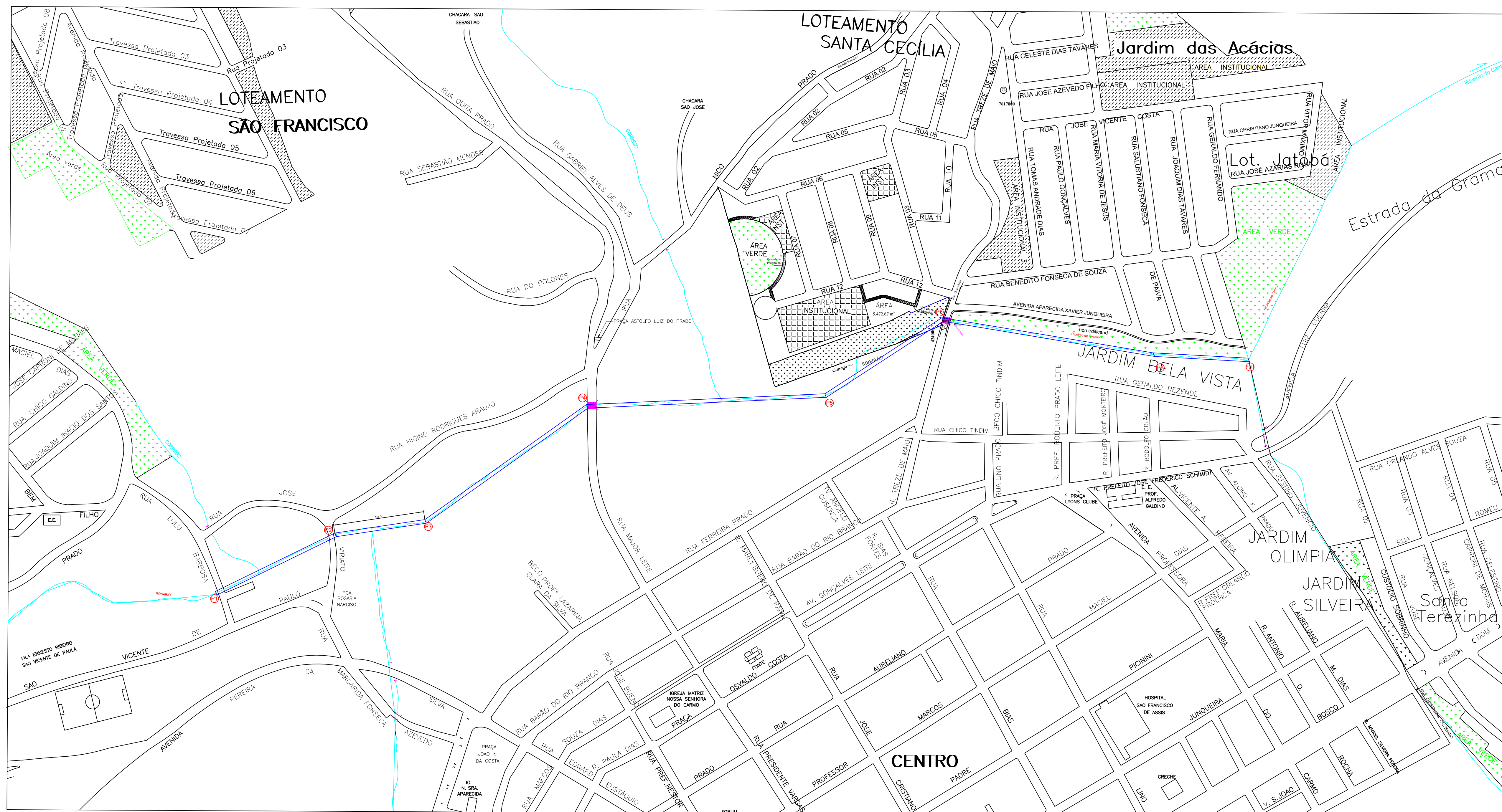
$$t = 57 \times \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} = 57 \times \left( \frac{2794^3}{21} \right)^{0,385} = 57,838 \text{ min}$$

$$Im = \frac{k \times T^a}{(t + b)^c} = \frac{3810,66 \times 25^{0,207}}{(57,838 + 20,341)^{1,075}} = 68,44 \text{ mm/h}$$

$$Cm = \frac{1}{A} * \sum Ci * A = \frac{1.809.112,65 * 0,5 + 3.759.285,60 * 0,2 + 988.586,15 * 0,95}{6.556.984,40} = 0,396$$

$$Q = C \times \frac{Im}{1.000} \times \frac{A}{3.600} = 0,396 \times \frac{68,44}{1.000} \times \frac{6.556.984,40}{3.600} = 49,344 \text{ m}^3/\text{s}$$





# Localização do Canal

● PLANTA DE IMPLANTAÇÃO  
ESCALA 1/2900

### Legenda

- Armadura em tela de Aço CA-60 100x100 mm (bitola 4,2 mm)
- Terra
- Estrutura Metalica Comporta
- Área de Escavação de Terra
- Área de Aterro de Terra
- Comporta de Metalica
- Traçado Canal Projetado
- Revestimento de concreto fck 30 MPa

### Detalhamento Comporta Metalica

● DETALHAMENTO COMPORTA  
ESCALA 1/50

### Vista de Superior Canal em Concreto Armado

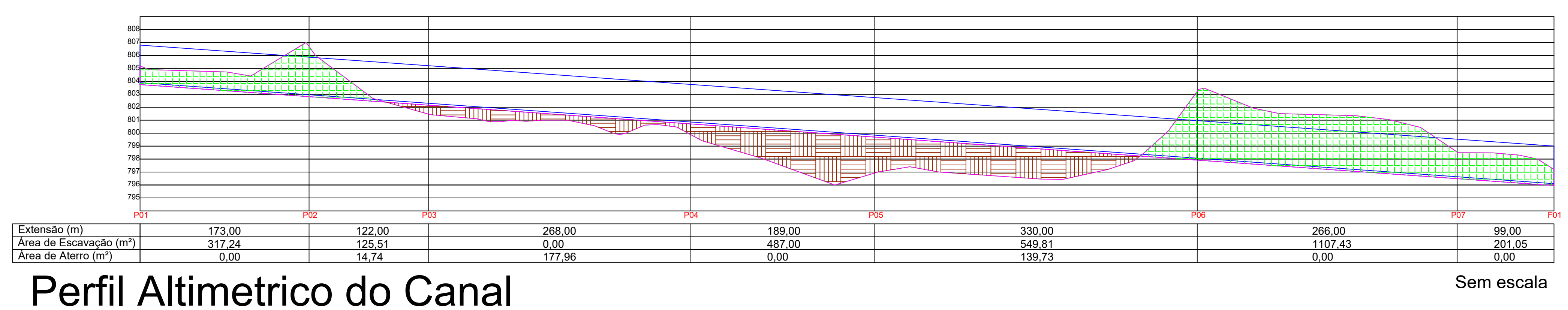
● SEM ESCALA

- CANAL REVESTIDO EM CONCRETO ARMADO
- ARMADURA EM TELA DE AÇO CA-60 100x100 DE BITOLA 4,20 MM.
- ESPESURA DO CANAL DE 15 CM
- SOBRE O FUNDO DO CANAL DEVERÁ SER REALIZADO UM LASTRO DE BOTA DE 5 CM DE ESPESURA.
- SOBRE AS BORDAS DO CANAL COLOCAR LONA PARA REALIZAR A CONCRETAGEM.

### VISTA FRONTAL DO CANAL

● DETALHAMENTO CANAL  
ESCALA 1/50

- REDE DE DESVIO DE ÁGUA
- 16 UNIDADES DE FOSOS DE VISITAS
- 1184 UNIDADE DE TUBOS DRSV DE (1,50 M)
- 18 TAMBORES DE CONCRETO PARA TUBOS DN 800
- TUBOS DE CONCRETO DEVERÃO ESTAR A 1,30 M DE PROFUNDIDADE DO SOLO.



PROJETO DE INTERVENÇÃO DO CÓRREGO

CANAL REVESTIDO EM CONCRETO ARMADO

PREFEITURA DE PARAGUAÇU-MG

PARAGUAÇU-MG JUNHO / 2024

LUIS FELIPE OLIVEIRA