



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA  
DIRETORIA GERAL DO CAMPUS JOÃO PESSOA  
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR  
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

LUCIANO LIMA CABRAL

ANÁLISE DA DRENAGEM PARA TRANSPOSIÇÃO DE TALVEGUES COM  
IMPLANTAÇÃO DE BUEIROS NA RODOVIA VICINAL PB-033, NO TRECHO PRAIA  
DE CAMPINA, ENTROCAMENTO PB-035 E RIO TINTO.

JOÃO PESSOA

2025

LUCIANO LIMA CABRAL

ANÁLISE DA DRENAGEM PARA TRANSPOSIÇÃO DE TALVEGUES COM  
IMPLANTAÇÃO DE BUEIROS NA RODOVIA VICINAL PB-033, NO TRECHO PRAIA  
DE CAMPINA, ENTROCAMENTO PB-035 E RIO TINTO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como requisito curricular obrigatório para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. Severino Ferreira da Silva Filho

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Mirella Leôncio Motta e Costa

JOÃO PESSOA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *Campus* João Pessoa

C117a Cabral, Luciano Lima.

Análise da drenagem para transposição de talvegues com implantação de bueiros na rodovia vicinal PB-033, no trecho Praia de Campina, entroncamento PB-035 e Rio Tinto / Luciano Lima Cabral . - 2025.

74 f. : il.

TCC (Graduação – Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação da Paraíba / Departamento de Ensino Superior / Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil, 2025.

Orientação: Prof<sup>o</sup> Me. Severino Ferreira da Silva Filho.

Coorientação: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mirella Leôncio Motta e Costa.

1. Drenagem. 2. Transposição de talvegues. 3. Bueiro. 4. Rodovia vicinal. 5. Hidrologia. I. Título.

CDU 625.7(043)

Bibliotecária responsável: Lucrecia Camilo de Lima – CRB 15/132

DECISÃO 28/2025 - CBEC/UA1/UA/DDE/DG/JP/REITORIA/IFPB, de 13 de junho de 2025.

**LUCIANO LIMA CABRAL**

**ANÁLISE DA DRENAGEM PARA TRANSPOSIÇÃO DE TALVEGUES COM IMPLANTAÇÃO DE BUEIROS NA RODOVIA VICINAL PB-033, NO TRECHO PRAIA DE CAMPINA, ENTRONCAMENTO PB-035 E RIO TINTO**

	Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito curricular para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil
--	--

Aprovado em 25 de março de 2025

**Banca Examinadora**

**Me. Severino Ferreira da Silva Filho (Orientador - IFPB)**

**Dr<sup>a</sup>. Mirella Leôncio Motta e Costa (Coorientadora - IFPB)**

**Me. Sara Fragoso Pereira (Examinadora Interna - IFPB)**

**Dr. Vamberto Monteiro da Silva (Examinador Interno - IFPB)**

**JOÃO PESSOA**

**2024**

Documento assinado eletronicamente por:

- **Mirella Leôncio Motta e Costa**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/06/2025 10:24:59.
- **Sara Fragoso Pereira**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/06/2025 13:22:55.
- **Vamberto Monteiro da Silva**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/06/2025 15:37:32.
- **Severino Ferreira da Silva Filho**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/06/2025 18:06:43.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 18/03/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse [https://suap.ifpb.edu.br/autenticar\\_documento/](https://suap.ifpb.edu.br/autenticar_documento/) e forneça os dados abaixo:

Código: 683584  
Verificador: 9b643906af  
Código de Autenticação:



**NOSSA MISSÃO:** Ofertar a educação profissional, tecnológica e humanística em todos os seus níveis e modalidades por meio do Ensino, da Pesquisa e da Extensão, na perspectiva de contribuir na formação de cidadãos para atuarem no mundo do trabalho e na construção de uma sociedade inclusiva, justa, sustentável e democrática.

**VALORES E PRINCÍPIOS:** Ética, Desenvolvimento Humano, Inovação, Qualidade e Excelência, Transparência, Respeito, Compromisso Social e Ambiental.

LUCIANO LIMA CABRAL

ANÁLISE DA DRENAGEM PARA TRANSPOSIÇÃO DE TALVEGUES COM  
IMPLANTAÇÃO DE BUEIROS NA RODOVIA VICINAL PB-033, NO TRECHO PRAIA  
DE CAMPINA, ENTROCAMENTO PB-035 E RIO TINTO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como, como requisito curricular obrigatório para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. Severino Ferreira da Silva Filho

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Mirella Leôncio Motta e Costa

Aprovado em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Me. Severino Ferreira da Silva Filho  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

---

Dr<sup>a</sup>. Mirella Leôncio Motta e Costa  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

---

Me. Sara Fragoso Pereira  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

---

Dr. Vamberto Monteiro da Silva  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

JOÃO PESSOA

2025

*A Olival Jorge Cabral.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder saúde, iluminar meus caminhos, guiar-me durante esta jornada e pelas ferramentas e pessoas especiais que colocou na minha vida, as quais me apoiaram e orientaram ao longo desta trajetória.

*In memoriam* ao meu querido pai, Olival Jorge Cabral, cuja memória e ensinamentos permanecerão sempre vivos em meu coração, sendo uma inspiração constante. À minha mãe, Maria Emília de Lima Cabral, pelo amor incondicional, apoio incansável e por acreditar em mim em todos os momentos. Ao meu irmão, Marcelo Lima Cabral, pelo incentivo e pelas palavras de motivação, que me fortaleceram nos momentos difíceis. A toda minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo apoio e compreensão ao longo desta caminhada.

Ao meu orientador, Me. Severino Ferreira, pela paciência, dedicação e orientação precisa, que foram fundamentais para a realização deste trabalho. À minha coorientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mirella Leôncio que, com o Professor Severino Ferreira, me encantaram ainda mais com o tema do trabalho e me incentivaram a aprofundar meus estudos.

Aos engenheiros Roberto e Hélio, que fazem parte do corpo técnico da obra de implantação e pavimentação da rodovia PB-033, pelo suporte técnico e profissional, bem como pelo cuidado em transmitir valiosas sugestões, que contribuíram significativamente para o desenvolvimento deste estudo.

Aos meus professores do Curso de Engenharia Civil do IFPB, que compartilharam seus conhecimentos e experiências, contribuindo para minha formação acadêmica e profissional. Aos meus amigos de curso, Kally, Juliana, Sara, Milena, Alex e Alexandre, por todas as trocas de conhecimento, pelo apoio mútuo e pelo companheirismo durante esta jornada.

Aos amigos que me acompanharam e auxiliaram no trabalho de campo, Milena e Alexandre (Pajé), pela dedicação e disposição em me acompanhar na realização dos levantamentos. Aos amigos do dia a dia, que, de diferentes formas, estiveram presentes, oferecendo apoio, conselhos e momentos de descontração, tornando essa caminhada mais leve e significativa.

Aos meus colegas de trabalho, meu profundo agradecimento pela colaboração e paciência durante minha trajetória acadêmica.

A todos vocês, minha eterna gratidão!

## RESUMO

As rodovias vicinais desempenham um papel essencial na mobilidade e no desenvolvimento socioeconômico regional, conectando comunidades rurais a centros urbanos, permitindo o escoamento da produção agrícola e facilitando o acesso a serviços essenciais. A garantia dessas funções, no tempo, depende da qualidade dos projetos das rodovias, com destaque para o projeto de drenagem. A ausência de um sistema de drenagem eficiente pode comprometer a infraestrutura viária, tornando a transposição de talwegues um desafio crítico para a conservação dessas vias. Este estudo tem como objetivo avaliar a eficiência da drenagem para transposição de talwegues na rodovia vicinal PB-033, no trecho compreendido entre Praia de Campina, Entroncamento PB-035 e Rio Tinto, verificando-se a capacidade hidráulica dos bueiros implantados e sua conformidade com as normas técnicas vigentes do DNIT. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e análise de projetos fornecidos pelo DER/PB, seguidas da coleta de dados em campo. Utilizou-se o método racional para o dimensionamento das vazões de projeto, além de visitas técnicas na área de estudo. Os softwares AutoCAD, Google Earth Pro e ArcGIS foram empregados para a delimitação das microbacias e análise hidrológica do trecho estudado. O levantamento topográfico foi realizado por meio do equipamento GNSS/RTK T300, possibilitando uma avaliação detalhada da região. O dimensionamento hidráulico dos Bueiros Simples Tubular de Concreto (BSTC) com base no estudo hidrológico realizado, indicou que os bueiros existentes possuem capacidade insuficiente para as vazões estimadas de 11,44 m<sup>3</sup>/s na microbacia 1 e 12,28 m<sup>3</sup>/s na microbacia 4, demonstrando que as estruturas estão sujeitas a sobrecarga o que pode comprometer a eficiência da drenagem. A partir destes resultados, foi realizada uma análise e recomendada a readequação do sistema de drenagem a implantação de um Bueiro Triplo Tubular de Concreto - BTTC, a implementação de um plano de manutenção para a rodovia e um monitoramento contínuo do sistema de drenagem, para garantir maior eficiência e durabilidade a longo prazo. O estudo destaca a importância do correto dimensionamento dos dispositivos hidráulicos em rodovias vicinais, bem como a necessidade de um planejamento eficiente, seguro, durável na drenagem rodoviária.

**Palavras-chave:** drenagem; transposição de talwegues; bueiros; rodovias vicinais; hidrologia.

## ABSTRACT

Vicinal roads play a fundamental role in mobility and regional economic development, connecting rural communities to urban centers, enabling agricultural production flow, and facilitating access to essential services. However, the absence of an efficient drainage system can compromise road infrastructure, making the transposition of thalwegs a critical challenge for the preservation of these roads. This study aims to evaluate the efficiency of drainage for thalweg transposition on the vicinal road PB-033, in the section between Praia de Campina, Crossroad PB-035, and Rio Tinto, verifying the hydraulic capacity of the installed culverts and their compliance with the DNIT's technical standards. To achieve this, a bibliographic review was conducted, along with an analysis of projects provided by DER/PB, followed by field data collection using the rational method for project flow rate estimation, as well as technical visits to the study area. The AutoCAD, Google Earth Pro, and ArcGIS software were used for microbasin delimitation and hydrological analysis of the studied section. The GNSS/RTK T300 equipment was used for topographic surveying, allowing a detailed assessment of the region. The hydraulic sizing of the Simple Tubular Concrete Culverts (BSTC), based on the conducted hydrological study, indicated that the existing culverts have insufficient capacity for the estimated flow rates of 11.44 m<sup>3</sup>/s in microbasin 1 and 12.28 m<sup>3</sup>/s in microbasin 4, demonstrating that the structures are subject to overload, which may compromise drainage efficiency. Based on these results, an analysis was conducted, and the reconfiguration of the drainage system was recommended, including the implementation of a Triple Tubular Concrete Culvert (BTTC), a maintenance plan for the highway, and continuous monitoring of the drainage system to ensure greater efficiency and long-term durability. The study highlights the importance of properly sizing hydraulic structures in rural roads, as well as the necessity of efficient planning to ensure safety, durability, and effectiveness in road drainage.

**Keywords:** drainage; thalweg transposition; culverts; vicinal roads; hydrology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo Hidrológico.....	23
Figura 2 – Hidrograma .....	28
Figura 3 – Bueiro sob aterro de uma estrada.....	35
Figura 4 – Estrutura de bueiro e seus componentes .....	35
Figura 5 – Bueiro tubular .....	36
Figura 6 – Bueiro Celular .....	37
Figura 7 - Classificação dos bueiros quanto à forma e número de linhas .....	37
Figura 8 – Classificação dos bueiros quanto esconsidade.....	38
Figura 9 – Fluxograma da execução da metodologia.....	39
Figura 10 – Mapa de localização da rodovia.....	41
Figura 11 – Traçado da rodovia vicinal PB-033, trecho Praia de Campina, Entroncamento PB-035 e Rio Tinto-PB.....	42
Figura 12 – Trecho da área de estudo.....	43
Figura 13 – Delimitação das bacias e drenagem .....	43
Figura 14 – Bacias e drenagens para os estudos hidráulicos.....	44
Figura 15 – Equipamento de levantamento Topográfico .....	47
Figura 16 – Áreas e comprimento da drenagem.....	50
Figura 17 – Apresenta os perfis longitudinais das drenagens .....	50
Figura 18 – Rio Tinto – PB, posto – 635127, AESA. ....	51
Figura 19 – Canal ou conduto Livre em (a, b, c) e forçado em (d).....	54
Figura 20 – Configuração dos bueiros.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios de classificação de rodovias.....	19
Tabela 2 – Tempo de recorrência e valores recomendados.....	27
Tabela 3 – Tempo de concentração Recomendado pelo DNIT.....	28
Tabela 4 – Valores para coeficiente de escoamento.....	31
Tabela 5 – Valores para Coeficientes de Manning.....	33
Tabela 6 – Caderneta de Campo.....	45
Tabela 7 – Comprimento e declividade.....	52
Tabela 8 – Parâmetros de Intensidade Pluviométrica.....	53
Tabela 9 – Tempo de Concentração .....	56
Tabela 10 – Das bacias para obtenção do $I$ .....	57
Tabela 11 – Das bacias para obtenção da Vazão ( $Q$ ). .....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA-PB	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
BEIDOU	Sistema de Navegação por Satélite da China
BSTC	Bueiro Simples Tubular de Concreto
BTTC	Bueiro Triplo Tubular de Concreto
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
GALILEO	Sistema de Navegação Global por Satélite da Europa
GEOTIFF	Formato de arquivo de imagem que incorpora informações geográficas
GLONASS	Sistema de Navegação Global por Satélite Russo
GPS	Sistema Global de Posicionamento
HUT	Hidrograma unitário triangular
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDF	Curvas Intensidade Duração Frequência
MDE	Modelo Digital do Terreno
NBR	Normas Técnicas Brasileiras
OAC	Obras de Arte Correntes (OAC),
PB	Paraíba
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PRFV	Plástico Reforçado de Fibra de Vidro
QZSS	Sistema de Posicionamento de Satélites Japonês
RTK	Real Time Kinematic
SCS	Soil Conservation Service
SRTM	Missão Topográfica de Radar Transportado

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
3.1	RODOVIAS E ESTRADAS .....	16
3.2	CLASSIFICAÇÃO DAS RODOVIAS E ESTRADAS.....	17
<b>3.2.1.</b>	<b>Quanto à sua administração ou jurisdição</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2.2.</b>	<b>Quanto à sua funcionalidade</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Quanto às suas características físicas:</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Quanto ao seu padrão técnico</b> .....	<b>18</b>
3.3	RODOVIAS E ESTRADAS VICINAIS .....	19
3.4	DRENAGEM DE RODOVIAS .....	20
<b>3.4.1</b>	<b>Sistema de Macrodrenagem</b> .....	<b>21</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Estudo Hidrológico</b> .....	<b>22</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Ciclo Hidrológico</b> .....	<b>23</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Precipitação</b> .....	<b>24</b>
<b>3.4.5.</b>	<b>Tempo de recorrência ou período de retorno</b> .....	<b>26</b>
<b>3.4.6</b>	<b>Tempo de concentração</b> .....	<b>27</b>
<b>3.4.7</b>	<b>Escoamento superficial</b> .....	<b>28</b>
<b>3.4.8</b>	<b>Método racional</b> .....	<b>30</b>
<b>3.4.9</b>	<b>Equação de Manning</b> .....	<b>32</b>
3.5	TRANSPOSIÇÃO DE TALVEGUES .....	33
<b>3.5.1</b>	<b>Bueiros</b> .....	<b>34</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Classificação Bueiros</b> .....	<b>36</b>
3.5.2.1	<i>Quanto à forma da seção</i> .....	36
3.5.2.2	<i>Quanto ao número de linhas</i> .....	37
3.5.2.3	<i>Quanto ao material</i> .....	37
3.5.2.4	<i>Quanto à esconsidade</i> .....	38
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>39</b>
4.1	MATERIAIS .....	40
<b>4.1.1</b>	<b>Caracterização da área de estudo</b> .....	<b>40</b>

<b>4.1.2 Rodovias</b> .....	41
<i>4.1.2.1 Delimitação da área de estudo</i> .....	42
<b>4.1.3 Especificação dos dispositivos implantados</b> .....	45
<b>4.1.4 Coletas de dados</b> .....	46
<b>4.1.5 Softwares</b> .....	46
<b>4.1.6 GNSS/RTK T300</b> .....	47
<b>4.2 MÉTODOS</b> .....	48
<b>4.2.1 Coletas de dados e processamento</b> .....	48
<b>4.2.2 Geração das curvas de nível, microbacias e drenagens através imagem SRTM</b> ....	49
<b>4.2.3. Parâmetros hidrológicos</b> .....	49
<i>4.2.3.1 Área, declividade e drenagem</i> .....	49
<i>4.2.3.2 Precipitação</i> .....	50
<i>4.2.3.3 Tempo de Recorrência ou período de retorno</i> .....	51
<i>4.2.3.4 Tempo de Concentração</i> .....	52
<i>4.2.3.5 Intensidade Pluviométrica</i> .....	52
<i>4.2.3.6 Escoamento Superficial</i> .....	53
<i>4.2.3.6.1 Método racional (cálculo da vazão máxima)</i> .....	53
<i>4.2.3.6.2 Equação de Manning</i> .....	54
<b>4.3 IDENTIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS.</b> .....	54
<b>5 RESULTADOS E ANÁLISE</b> .....	<b>56</b>
<b>5.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS</b> .....	56
<b>5.1.1 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO</b> .....	56
<b>5.1.2 Intensidade de Precipitação</b> .....	57
<b>5.1.3 Escoamento Superficial</b> .....	57
<b>5.2 ESTRUTURAS HIDRÁULICAS EXISTENTE NO TRECHO DE ESTUDO</b> .....	57
<b>5.2.1 Análise hidráulica do BSTC 1 da bacia 1</b> .....	58
<b>5.2.2 Análise hidráulica do BSTC 2 da bacia 4:</b> .....	60
<b>6 PROPOSTA PARA REDIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO SISTEMA</b> .	<b>61</b>
<b>6.1 PROPOSTA HIDRÁULICA PARA DO BSTC:</b> .....	62
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>66</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A infraestrutura é essencial no desenvolvimento socioeconômico de uma região, especialmente nas regiões rurais, onde as rodovias vicinais garantem o acesso a centros urbanos, facilitam o escoamento da produção agrícola e promovem a conectividade e mobilidade da população. Contudo, a falta de um sistema de drenagem adequado ameaça a longevidade das estradas, o que pode levar a consequências ambientais e estruturais importantes. Neste contexto, a transposição de talwegues se torna um dos principais desafios para a manutenção das rodovias vicinais, exigindo a implementação de dispositivos hidráulicos adequados, como bueiros por exemplo, que garantam a vazão eficiente das águas pluviais, conforme o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2006).

O problema desta pesquisa fundamenta-se na seguinte questão: os bueiros implantados na rodovia vicinal PB-033 possuem capacidade hidráulica suficiente para garantir o escoamento adequado das águas pluviais e evitar impactos na infraestrutura viária? Estudos como os de Tucci (2014) e Azevedo Netto (2019) ressaltam que o subdimensionamento de dispositivos de drenagem pode ocasionar erosões, alagamentos e danos ao corpo estradal, comprometendo a segurança e a trafegabilidade das vias. Assim, a verificação da eficiência dos bueiros implantados é fundamental para identificar possíveis falhas no dimensionamento do sistema hidráulico e propor medidas corretivas que assegurem maior durabilidade e segurança para a rodovia.

Considerando esse cenário, o presente estudo tem como objetivo geral avaliar a eficiência da drenagem para transposição de talwegues na rodovia vicinal PB-033, no trecho que compreende Praia de Campina, Entroncamento PB-035 e Rio Tinto, verificando a situação dos bueiros implantados com o atendimento às normas técnicas vigentes e às demandas hidráulicas do trecho referente à área de estudo. Para alcançar este objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos: definição de estradas e rodovias; abordagem sobre a drenagem de estradas; exposição das diretrizes do manual de drenagem de rodovias DNIT (2006) relacionadas ao dimensionamento de bueiros; estudo do projeto de drenagem, verificando a implantação de bueiros e as readequações realizadas, com foco no trecho em estudo.

A delimitação desta pesquisa concentra-se na avaliação das estruturas do sistema hidráulico implantado na rodovia PB-033, com ponto inicial localizado em P1, na latitude  $6^{\circ}50'0.75''S$  e longitude  $35^{\circ}0'39.34''O$ , enquanto o ponto final está situado no P6, na latitude  $06^{\circ}50'23.51''S$  e longitude  $34^{\circ}58'50.20''O$ , analisando os bueiros existentes nos pontos P1 e P4, este situado na latitude  $6^{\circ}50'27.84''S$  e longitude  $34^{\circ}59'35.32''O$ , e seu dimensionamento

hidráulico com base em parâmetros hidrológicos, geomorfológicos e normativos. O estudo se restringe a análise do projeto executivo, com base em dados hidrológicos dos portais da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA-PB e de informações obtidas em campo, através de visitas à área de estudo, assim como verificar a conformidade dos dispositivos segundo as normativas estabelecidas pelo DNIT (2006).

A motivação para esta pesquisa baseia-se na importância de uma drenagem eficiente para a conservação das rodovias vicinais e na necessidade de aprimoramento das diretrizes de dimensionamento hidráulico para bueiros em transposição de talwegues. A negligência tanto na concepção quanto na manutenção, assim como o uso de dispositivos hidráulicos com dimensionamento inadequado, podem acelerar o desgaste do pavimento, comprometer a estabilidade da rodovia e aumentar os custos de recuperação da infraestrutura viária. Além disso, a pesquisa contribui nas metodologias de análise hidrológica aplicadas à engenharia rodoviária, oferecendo dados técnicos relevantes para futuras intervenções e projetos na área.

A ideia principal deste estudo é investigar se o sistema de drenagem implantado na PB-033 possui capacidade hidráulica suficiente para suportar as vazões pluviais da região e, em caso de insuficiência, propor a readequação dos bueiros para garantir a eficiência do escoamento das águas pluviais. Esta hipótese será analisada por meio da aplicação de métodos hidrológicos, levantamentos topográficos e simulações de dimensionamento, permitindo a proposição de soluções baseadas nas diretrizes normativas vigentes.

A estrutura do trabalho está organizada em sete (7) capítulos de forma sistemática para abordar o tema proposto: Capítulo 1 apresenta a Introdução, contextualizando o problema. No Capítulo 2, são definidos os Objetivos, seguidos pelo Referencial Teórico no Capítulo 3, que embasa a pesquisa. O Capítulo 4 detalha a Metodologia utilizada, enquanto o Capítulo 5 expõe os Resultados e Análise. O Capítulo 6 propõe o Redimensionamento Hidráulico do Sistema, e o Capítulo 7 traz as Considerações Finais, encerrando o estudo.

Com essa abordagem, o estudo busca contribuir para a melhoria da drenagem rodoviária em estradas vicinais, promovendo segurança, eficiência e sustentabilidade na infraestrutura viária, além de fornecer subsídios técnicos para futuras intervenções na área de engenharia civil e hidrologia aplicada.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar o projeto de drenagem para transposição de talvegues com a implantação de bueiros na rodovia vicinal PB-033, no Trecho Praia de Campina, Entroncamento PB-035 e Rio Tinto, a partir do projeto original da obra, de parâmetros hidrológicos e geomorfológicos locais e normativos do DNIT.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conceituar estradas e rodovias;
- Descrever sobre drenagem de estradas;
- Apresentar os fundamentos do Manual de Drenagem de Rodovias - DNIT, quanto ao dimensionamento de bueiros;
- Analisar o projeto de drenagem da rodovia vicinal PB-033, no que tange a implantação de bueiros no trecho em estudo;
- Verificar quais foram às readequações realizadas na implantação do sistema de drenagem da rodovia vicinal PB-033, quanto aos bueiros;
- Identificar se essas readequações se enquadram nas recomendações do DNIT.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

As estradas desempenham um papel crucial na matriz de transporte de um país, por contribuir na conectividade regional, no desenvolvimento socioeconômico e na mobilidade da população. Para compreender a importância e o funcionamento das estradas e rodovias é essencial analisar diversos aspectos relacionados a essa infraestrutura viária. Razão pela qual realizou-se a presente fundamentação teórica para alicerçar o estudo e análise do projeto e da execução da rodovia vicinal PB-033, que liga o trecho Praia de Campina, entroncamento PB -035 e Rio Tinto com uma extensão total de 20,831 km.

#### 3.1 RODOVIAS E ESTRADAS

Uma rodovia é uma via terrestre, geralmente pavimentada, projetada para o tráfego de veículos automotores, como carros, caminhões, ônibus e motocicletas, principalmente. As rodovias são parte integrante da infraestrutura de transporte de um país, permitindo a conexão entre cidades, estados e regiões, bem como o transporte eficiente de pessoas e mercadorias.

O termo "estrada" é frequentemente usado de maneira genérica para se referir a vias de transporte terrestre, mas a definição pode variar em diferentes contextos, de região para região. Em geral, uma estrada é uma via terrestre que conecta dois ou mais lugares e é projetada para permitir o tráfego de veículos.

O Código de Trânsito Brasileiro (Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997) faz uma divisão em seu Artigo 60. As vias abertas à circulação, de acordo com sua utilização, são:

**I - Vias urbanas:** de acordo com sua necessidade do trânsito, subdividem-se em:

- Via de trânsito rápido: é uma categoria de rodovia ou estrada projetada para permitir o tráfego a uma velocidade mais alta do que em estradas convencionais;
- Via arterial: é uma categoria de rodovia ou estrada que desempenha um papel fundamental no sistema de transporte de uma área urbana;
- Via coletora: é uma categoria de estrada ou rodovia que desempenha um papel intermediário entre as vias arteriais e as vias locais em um sistema viário urbano;
- Via local: é uma categoria de estrada ou rua dentro de um sistema viário urbano que tem como principal função servir o tráfego local.

**II - Vias rurais:** são estradas ou caminhos que estão localizados em zonas não urbanas, e classificam-se em:

- Rodovias: são as vias pavimentadas;
- Estradas: são as vias não pavimentadas.

### 3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS RODOVIAS E ESTRADAS

A classificação das rodovias e estradas é regulamentada pelo DNIT (2010). Existem basicamente quatro critérios para a classificação das rodovias:

#### 3.2.1. Quanto à sua administração ou jurisdição

Segundo o Manual de Implantação Básica de Rodovia do DNIT (2010), a divisão das rodovias e a sua classificação compreende 4 grupos:

- Federais: são em geral vias arteriais e interessam diretamente à Nação, quase sempre percorrendo mais de um Estado;
- Estaduais: ligam entre si cidades e a capital de um Estado. Atende às necessidades de um Estado, ficando contida em seu território;
- Municipais: são de interesse de um município ou dos municípios vizinhos;
- Particulares: são de interesse particulares de empresas que atuam na região e que são implantadas para escoar suas produções e produtos. Estas são vias de escoamentos que se enquadram em rodovias vicinais, cujas características técnicas serão tratadas no item 4.2.5 (Quanto ao seu padrão técnico). Ademais, algumas rodovias de jurisdição municipal também se enquadram como vicinais em razão das suas funções e parâmetros técnicos.

#### 3.2.2. Quanto à sua funcionalidade

Lee (2000) explica que a forma de classificação funcional pode ser dividida hierarquicamente, de acordo com o serviço oferecido:

- Arteriais: compreendem as rodovias cuja função principal é propiciar mobilidade;

- Coletoras: englobam as rodovias que proporcionam um misto de funções de mobilidade e acesso;
- Locais: abrangem as rodovias cuja função principal é oferecer condições de acesso.

### 3.2.3 Quanto às suas características físicas:

- Rodovias Pavimentadas: são aquelas com superfície asfaltada ou de concreto;
- Estradas de Terra: são aquelas sem pavimentação asfáltica ou de concreto.

### 3.2.4 Quanto ao seu padrão técnico

Dividem-se em classes instituídas, obedecendo alguns critérios de classificação técnica que está diretamente ligada aos elementos de projetos como o de geometria da rodovia. E, para atender ao uso das rodovias, são estabelecidas categorias funcionais, de acordo Antas (2010).

- **Classe 0:** Rodovia do mais alto padrão, via expressa com mais de uma pista, todos os cruzamentos em desnível, total controle de acesso e bloqueio total de pedestres;
- **Classe I-A:** Rodovia de pista dupla com controle parcial de acesso, destinada a situações em que, com pista simples em terreno plano ou ondulado, o nível de serviço seja inferior a C, e em terreno montanhoso ou fortemente ondulado, nível de serviço inferior a D;
- **Classe I-B:** Rodovia de pista simples de elevado padrão, prevista para volume de tráfego inferior ao exigido pela Classe I-A e superior a 200 veículos horários bidirecionais ou um volume médio diário bidirecional de 1.400 veículos mistos;
- **Classe II:** Rodovia de pista simples, projetada para atender volume médio diário bidirecional de 700 a 1.400 veículos mistos;
- **Classe III:** Rodovia de pista simples, projetada para atender volume médio diário bidirecional de 300 a 700 veículos mistos;
- **Classe IV:** Rodovia de pista simples com apenas revestimento primário; caso o volume médio diário bidirecional seja superior a 100 veículos ou a precipitação pluviométrica anual exceda 1.500 mm, deve ser avaliada economicamente a necessidade de pavimentação. Compreende a Classe IV-A, para volume médio diário entre 50 e 200 veículos, e a Classe IV-B, para volume médio diário inferior a 50 veículos.

A Tabela 1 apresenta como estão descritos os critérios de classificação técnica das rodovias segundo o Manual de Implantação Básica de Rodovias do DNIT (2010).

Tabela 1 – Critérios de classificação de rodovias.

CLASSE DE PROJETO (1)	CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA (2)	VELOCIDADE DE PROJETO POR REGIÃO (km/h)		
			Plana	Ondulada	Montanhosa
0	Via Expressa – controle total de acesso	Decisão administrativa	120	100	80
I	A Pista dupla – Controle parcial de acesso	O volume de tráfego previsto reduzirá o nível de serviço em uma rodovia de pista simples abaixo do nível “C” (4)	100	80	60
	B Pista simples	Volume horário de projeto VHP > 200 Volume médio diário VMD > 1400			
II	Pista simples	Volume médio diário VMD 700 - 1400	100	70	50
III	Pista simples	Volume médio diário VMD 300 - 700	80	60	40
IV	Pista simples	Volume médio diário VMD < 300	80 – 60 (3)	60 – 40 (3)	40 – 30 (3)

Fonte: Manual de Implantação Básica de Rodovia – DNIT (2010)

(1) Como exemplo da compatibilização pretendida entre a classificação técnica e a funcional, menciona-se que as vias integrantes do Sistema Arterial Principal, conforme definido pelo DNIT, devem possuir as características básicas das Classes 0 e I, não devendo ser projetadas com base em padrões inferiores, a não ser no caso especial de rodovias pioneiras;

(2) Os volumes de tráfego bidirecionais indicados referem-se a veículos mistos e são aqueles previstos ao fim dos dez primeiros anos de operação da via;

(3) A ser decidido de acordo com as características da região e a finalidade da rodovia;

(4) Nível de Serviço: vide Highway Capacity Manual

### 3.3 RODOVIAS E ESTRADAS VICINAIS

São consideradas vicinais as rodovias e estradas que têm a função de interligar localidades vizinhas, por vias terrestres e que desempenham conectividade entre as áreas rurais e comunidade locais, tendo início e fim bem definidos. Segundo Thomaz, “o adjetivo vicinal define a função da estrada, que é de ligar vizinhos ou povoações próximas, sendo, lícito entendê-la como pertencente à menor categoria do sistema rodoviário”. Levando em consideração o padrão técnico, estão as rodovias e estradas vicinais classificadas na classe IV. Para efeito da sua administração pode ser no nível estadual ou municipal.

Em concordância com o Manual Básico de Estradas Vicinais, Volume I (2012), as estradas vicinais possuem uma enorme importância no escoamento da produção das regiões onde estão implantadas, interligando as fontes de produção com as áreas de consumo ou vias

coletoras. Cabe, ainda, esclarecer que as vicinais pavimentadas são denominadas rodovias vicinais e as não pavimentadas estradas vicinais.

Segundo Ferreira (2008), as estradas vicinais são aquelas que fazem a ligação entre os núcleos urbanos e os núcleos rurais e seus pontos de interesse. O crescimento é dado de forma orgânica a fim de atender às demandas de pequeno volume de tráfego e seu traçado se desenvolve sobre a topologia do terreno, diminuindo a necessidade de obras de terraplenagem.

Para Agg (1957), estradas vicinais de terra servem apenas a um volume de tráfego muito reduzido. Essas estradas disponibilizam o acesso a zonas que não são servidas pela malha rodoviária principal. Estas vias possuem o objetivo de dar escoamento da produção agrícola.

### 3.4 DRENAGEM DE RODOVIAS

Drenagem é a arte de conduzir e controlar o fluxo ou a percolação de água pelas rodovias e estradas. Com isso, evitando-se casos de patologias causadas pelas águas, sejam elas superficiais ou subterrâneas. Segundo Demarchi (2003), as estradas propagam grandes interferências nos padrões de drenagem naturais. Estas interferências acarretam desequilíbrio do sistema, tendendo a promover pontos de concentração de água. Devido ao grau de compactação da superfície da plataforma da via, a água tem a sua capacidade de infiltração limitada, aumentando, portanto, a taxa de escoamento superficial. Um sistema de drenagem eficaz é essencial e abrange os dispositivos de drenagem superficial, profunda e de transposição de talwegues, para prevenir inundações, erosões e danos no corpo estradal, garantindo a segurança dos usuários e integridade da via, como também a preservação e durabilidade da via.

A drenagem adequada desempenha um papel essencial na preservação da funcionalidade das bacias hidrográficas do entorno das estradas e rodovias vicinais, garantindo o escoamento natural das águas pluviais para rios e riachos, evitando impactos ambientais negativos. Segundo Tucci (2014), um sistema de drenagem eficiente reduz riscos de erosão, enchentes e degradação do solo, assegurando a manutenção dos serviços ecossistêmicos essenciais para a sustentabilidade ambiental. Além disso, Azevedo Netto (2019) destaca que a drenagem bem planejada contribui para a recarga dos aquíferos, a qualidade da água e a proteção da biodiversidade, promovendo equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e a preservação ambiental. A gestão inadequada das águas pluviais pode comprometer a estabilidade do solo e afetar ecossistemas aquáticos, tornando indispensável à implementação de estratégias de drenagem sustentáveis, conforme orientações do Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006). Portanto, para garantir que a água atinja os cursos d'água de forma

equilibrada é essencial fortalecer a resiliência ambiental, proteger a infraestrutura e a segurança viária e socioeconômica das regiões, alinhando-se aos princípios da gestão integrada de recursos hídricos.

Antes da elaboração do projeto geométrico de uma rodovia e estrada vicinal, é importante realizar um estudo hidrológico para determinar como as chuvas afetarão a região e projetar sistemas de drenagem apropriados, buscando-se conferir qualidade e eficácia. Deve-se levar em consideração os aspectos naturais da localidade para que não venham acontecer obstáculos na execução da obra, já que a escolha do local de implantação das rodovias e estradas vicinais pode ocasionar um desequilíbrio no sistema, como instabilidade em encostas e alterações nos cursos naturais dos corpos d'água.

Uma vez que a drenagem é um elemento crítico, é de suma importância enfatizá-la desde as primeiras etapas da elaboração dos projetos. Um bom exemplo é adotar greides elevados, com a preocupação de assegurar uma boa drenagem. Onde o greide se apresenta enterrado, sempre que possível, deve-se procurar melhorá-lo.

Sabe-se que não é fácil resolver problemas de drenagem. O tema é tão relevante que, através de estudos, o DNER, atualmente substituído pelo DNIT, elaborou o Manual de Drenagem de Rodovias. Esse manual é constituído por capítulos que abordam a transposição de talwegues, drenagem superficial, drenagem do pavimento, drenagem subterrânea ou profunda e drenagem de travessia urbana, visando minimizar e solucionar os problemas mais comuns em rodovias e estradas vicinais.

### **3.4.1 Sistema de Macrodrenagem**

O sistema de macrodrenagem é uma parte fundamental do planejamento e execução de obras de infraestrutura rodoviária, como também para a conservação de rodovias e estradas vicinais, especialmente em regiões onde há grande volume de precipitação e a necessidade de controlar fluxos hídricos.

De acordo com Azevedo Netto e Alvarez (2019), o objetivo principal da macrodrenagem é assegurar que a água seja rapidamente coletada e conduzida para fora das rodovias, evitando a deterioração da infraestrutura e garantindo a segurança dos usuários. Logo, a macrodrenagem refere-se ao conjunto de estruturas e dispositivos projetados para captar, conduzir e drenar grandes volumes de águas pluviais provenientes de áreas extensas, geralmente em bacias hidrográficas. Estes sistemas têm o papel de controlar e prevenir

enchentes, evitar erosões e proteger o corpo estradal das rodovias e estradas vicinais de danos estruturais.

Segundo Brito e Santos (2020), o principal desafio dos sistemas de macrodrenagem é lidar com as vazões de pico durante eventos extremos de chuva, que têm se tornado mais frequente devido às mudanças climáticas, ocorrendo a qualquer momento ou ano.

Portanto, os sistemas de macrodrenagem bem projetados podem aumentar a vida útil das rodovias, minimizando os custos de manutenção e melhorando a segurança viária.

### **3.4.2 Estudo Hidrológico**

Segundo Canholi (2020), a determinação da intensidade média de precipitação, em muitos casos, é suficiente para o dimensionamento de canais de drenagem. Nos projetos de canalização, o parâmetro mais importante a considerar é a vazão de projeto, isto é, o pico dos deflúvios associados a uma precipitação crítica e a um determinado risco assumido.

Em determinadas situações, quando se busca dados hidrológicos para distribuição das precipitações no tempo, como também a sua variação espacial, depara-se com a inexistência dessas informações. Nestes casos, é comum o uso de dados de registros históricos de precipitação de locais próximos ou de semelhanças hidrológicas, mesmo comprometendo a confiabilidade dos resultados.

Conforme Azevedo (2017), para se desenvolver corretamente os estudos hidrológicos, nos projetos rodoviários, é de suma importância a escolha da metodologia para cálculo das vazões máximas prováveis, visto que uma metodologia inadequada poderá comprometer o dimensionamento das obras.

De acordo com o DNIT (2006), os métodos recomendados para descarga de bacias são:

- Método racional (para áreas menores que 4 km<sup>2</sup>);
- Método racional com coeficiente de retardo (para áreas entre 4 km<sup>2</sup> e 10 km<sup>2</sup>);
- Hidrograma unitário triangular (para áreas superiores a 10 km<sup>2</sup>).

Os estudos hidrológicos são essenciais para o planejamento e a execução de sistemas de drenagem em rodovias e estradas vicinais, onde as condições de drenagem frequentemente são limitadas, sendo a primeira etapa para o dimensionamento hidráulicos dos bueiros. De acordo com o DNIT (2005), “os estudos hidrológicos visam primordialmente o dimensionamento dos

dispositivos capazes de conduzir satisfatoriamente as vazões afluentes e os métodos usuais empregados buscam a quantificação das descargas através de procedimentos matemáticos”.

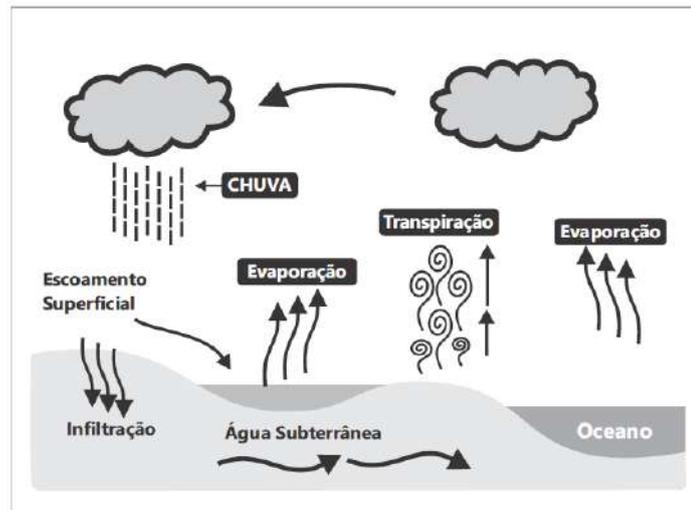
Conforme Jabôr (2013), os estudos hidrológicos têm por finalidade a aquisição de dados e o estabelecimento de critérios para a determinação das vazões para o cálculo das obras de drenagem novas e também para verificar a suficiência das obras de drenagem existentes. Sendo desenvolvido em duas fases, a preliminar e anteprojeto.

Portanto, os estudos hidrológicos fornecem subsídios técnicos capazes de relacionar o comportamento d'água no ciclo hidrológico, possibilitando a análise de precipitações, escoamento superficial e os fenômenos que provocaram seu deslocamento. Para o dimensionamento eficiente e duradouro de estruturas de sistemas de drenagem, é fundamental considerar as características locais, como clima, topografia e cobertura vegetal. Dessa forma, busca-se minimizar possíveis falhas ou patologias, garantindo a segurança das obras e a preservação do meio ambiente.

### **3.4.3 Ciclo Hidrológico**

O ciclo hidrológico é o processo do movimento contínuo de circulação da água no planeta Terra, na atmosfera, nos solos e nos corpos d'água, que inclui etapas como evaporação, condensação, precipitação, infiltração e escoamento superficial, sendo fechado em nível global. Na figura 1 pode-se visualizar de forma representativa o ciclo hidrológico.

Figura 1 – Ciclo Hidrológico



Fonte: Jarbôr (2020)

De acordo com Jarbôr (2020), o ciclo hidrológico é essencial para compreender o impacto das condições climáticas e topográficas nos volumes de água que as obras de drenagem deverão manejar.

Para engenharia hidráulica desenvolver um projeto de drenagem de rodovias e estradas vicinais, deve-se levar em consideração o ciclo hidrológico e outros fatores naturais locais como clima, solo e topografia. Em um projeto de sistema de drenagem eficiente pode-se destacar duas fases básicas do ciclo: a precipitação e o escoamento superficial, sendo essa a mais importante para os engenheiros hidráulicos. Além disso, torna-se indispensável a consideração de projeções extremas, uma vez que eventos naturais, como secas e enchentes, podem ocorrer de forma imprevisível, ocasionando variações nos dados tanto espacial quanto temporalmente.

Dessa forma, o ciclo hidrológico em rodovias e estradas vicinais passa a ser essencial, já que uma interrupção desse ciclo, causada pela construção de vias e pelas alterações no entorno, como a remoção da vegetação, pode aumentar o escoamento superficial e, por conseguinte, reduzir a infiltração. Isso pode resultar em problemas como erosão e alagamentos, onde o escoamento pode causar danos diretos à estrutura da via, afetando e prejudicando tanto obras em andamento quanto rodovias já concluídas.

### 3.4.4 Precipitação

A precipitação é definida como toda a água proveniente da atmosfera que alcança a superfície terrestre na forma de chuva, neve ou granizo, Villela e Mattos (1975). Este fenômeno desempenha um papel crucial na definição das vazões utilizadas na elaboração de projetos de transposição de talvegues. Segundo Jarbôr (2020), a análise da precipitação envolve parâmetros

como intensidade, duração e frequência, que são essenciais para o cálculo das vazões que bueiros e canais devem conduzir de forma eficiente. Além disso, a seleção do tempo de retorno apropriado para cada tipo de obra é fundamental para assegurar a confiabilidade e a eficiência das soluções hidráulicas.

Em rodovias e estradas vicinais, o estudo detalhado da precipitação possibilita o controle de inundações e a mitigação de impactos negativos, como escorregamentos de taludes, erosão e instabilidade em fundações de aterros. Estes problemas podem levar à redução da capacidade hidráulica das estruturas, como o entupimento de bueiros. Assim, a precipitação é um dos fatores determinantes para o dimensionamento de sistemas de drenagem e manejo de águas. Em projetos de transposição de talvegues, a precipitação de projeto é indispensável para estimar a vazão de pico, prever enchentes e garantir a segurança estrutural.

Os diferentes tipos de precipitação variam conforme os processos meteorológicos envolvidos. De acordo com Chow, Maidment e Mays (1988), e reforçado por Collischonn e Dornelles (2003), os principais tipos de chuvas são:

- Convectiva: resultante do aquecimento do ar próximo à superfície, que, ao elevar-se rapidamente, resfria e condensa. Esse tipo é característico de regiões tropicais e ocorre em forma de chuvas intensas e de curta duração;
- Orográfica: causada pela elevação do ar ao encontrar barreiras geográficas, como montanhas. Durante essa ascensão, o ar resfria e condensa, provocando chuvas frequentes na encosta voltada para o fluxo de ar (barlavento), em altitudes mais elevadas, essa forma de chuvas pode persistir por algumas horas ou até mesmo dias;
- Frontal: associada ao encontro de massas de ar com diferentes temperaturas. O ar quente, ao se sobrepor ao ar frio, resfria e condensa, gerando chuvas de longa duração e menor intensidade.

Conforme Collischonn e Dornelles (2003), os instrumentos mais utilizados para medição ou estimativa da precipitação são:

- Pluviômetros: registram a precipitação acumulada em um período específico de tempo;
- Pluviógrafos: fornecem registros contínuos, indicando a intensidade da chuva ao longo do tempo;
- Radar Meteorológico: estima a precipitação em grandes áreas, sendo útil para monitoramento em tempo real.

A medição dessas precipitações é essencial para estudos hidrológicos, pois fornece os dados necessários para o cálculo de vazões, a elaboração de curvas intensidade-duração-

frequência (IDF) e o hidrograma. Estes elementos, no contexto de projetos, permitem prever a resposta hidrológica de uma bacia diante de eventos críticos, contribuindo para o planejamento de obras capazes de resistir a extremos climáticos. A análise IDF relaciona três variáveis principais da precipitação:

- Intensidade ( $i$ ): quantidade de chuva por unidade de tempo (mm/h);
- Duração ( $tc$ ): tempo da precipitação (minutos);
- Frequência ( $Tr$ ): tempo de retorno (anos).

Tucci (2014) descreve a fórmula genérica para curvas IDF:

$$i = \frac{K \cdot Tr^a}{(tc + b)^c} \quad (1)$$

Onde  $K$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$  são coeficientes ajustados para cada localidade com base em dados históricos. Estas curvas são fundamentais para dimensionar obras como bueiros, considerando diferentes cenários de chuva.

### 3.4.5. Tempo de recorrência ou período de retorno

O tempo de recorrência, também denominado período de retorno, é um conceito muito utilizados nos estudos hidrológicos, como também no dimensionamento de obras hidráulicas em rodovias e estradas vicinais, para assim caracterizar a frequência com que eventos extremos possam ocorrer, como chuvas intensas em intervalo médio de tempo. Segundo Jarbôr (2013), o período de recorrência ou retorno representa o intervalo médio de tempo esperado entre eventos de precipitação com intensidade igual ou superior a um dado valor.

Esse parâmetro é calculado com base na análise estatística de séries históricas de dados hidrológicos, permitindo prever a probabilidade de ocorrência de eventos extremos. É fundamental para o planejamento de estruturas de drenagem e transposição de talwegues, como bueiros, pontes e galerias pluviais, pois asseguram que estas sejam projetadas para suportar eventos hidrológicos críticos, definindo o nível de segurança das estruturas, assim como minimizando riscos de falhas e impactos significativos. Então quanto maior for o período escolhido, maiores os valores das vazões de pico e, por conseguinte, será maior o custo da obra e maior será a capacidade da obra de suportar eventos extremos.

Portanto, o DNIT (2006) recomenda como tempo de recorrência ou retorno os seguintes valores:

Tabela 2 – Tempo de recorrência e valores recomendados.

Tipo de Elemento		TR (anos)
Drenagem. Superficial		5 a 10
Drenagem. Subsuperficial		10
Drenagem profunda		1
Bueiros Tubulares	Canal	10
	Orifício	25
Bueiros Celulares	Canal	25
	Orifício	50
Pontilhão		50
Ponte		100

Fonte: DNIT (2006)

### 3.4.6 Tempo de concentração

Para determinar a duração das chuvas, é fundamental levar em consideração o tempo de concentração ( $t_c$ ), particularmente em projetos de drenagem, pois corresponde ao intervalo necessário para que a água precipitada em uma bacia percorra a maior distância até atingir o exutório. Esse fator é determinante nos cálculos das vazões de pico, já que cada bacia de drenagem tem seu próprio  $t_c$ . Em rodovias e estradas vicinais, elementos como a inclinação do terreno, o tipo de solo e a cobertura vegetal têm influência direta sobre o tempo de concentração. Segundo Viessman e Lewis (1996), bacias pequenas, frequentemente encontradas em áreas de estradas vicinais, apresentam tempos de concentração reduzidos, demandando respostas rápidas e precisas no dimensionamento de sistemas de drenagem para evitar falhas estruturais e alagamentos.

Um dos métodos amplamente utilizados no Brasil, descrito por Tucci (2014), é a equação empírica de Kirpich, aplicada em bacias pequenas e médias, que considera fatores como o comprimento e a declividade do talvegue, tipo de cobertura do solo, condições climáticas e topográficas.

A equação de Kirpich é dada por:

$$t_c = 57 \left( \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \quad (2)$$

Sendo:

$t_c$  = Tempo de concentração, em minutos;

L = Comprimento do talvegue principal, em km;

$\Delta H$  = Desnível do talvegue principal, em metros.

O  $t_c$  é uma variável complexa de ser estimada, exigindo observação simultânea dos eventos pluviais e hidrogramas. Em projetos de microdrenagem, adota-se, geralmente, um tempo de concentração entre 5 e 10 minutos.

Tabela 3 – Tempo de concentração Recomendado pelo DNIT

Tipo de dispositivo	$t_c$ (min)
Drenagem Superficial	5
Drenagem Subsuperficial	60
Drenagem de Transposição de Talwegues	10

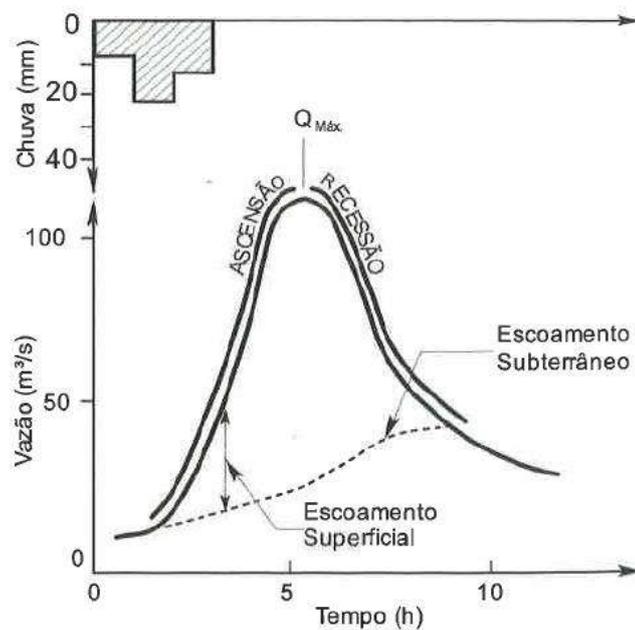
Fonte: DNIT (2006)

Portanto, o tempo de concentração é uma variável indispensável para qualquer planejamento de obras hídricas, garantindo a eficiência e a segurança de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais. Sua análise permite mitigar riscos e promover a sustentabilidade em projetos de infraestrutura (Jarbôr, 2020).

### 3.4.7 Escoamento superficial

A relação entre chuva e escoamento superficial é representada por um hidrograma, que ilustra a variação da vazão de um curso d'água ao longo do tempo, em resposta a um evento de precipitação. A Figura 2 apresenta um exemplo de hidrograma de um rio, onde se observa o tempo de resposta da bacia hidrográfica, após a ocorrência de uma chuva intensa, contra a variação da vazão de um curso d'água ao longo do tempo, em resposta a um evento de precipitação. A análise do hidrograma é essencial para compreender o comportamento hidrológico de uma bacia e para o dimensionamento adequado de estruturas de drenagem.

Figura 2 – Hidrograma



Fonte: Collischonn; Dornelles (2013)

- Chuva (mm) → representada na parte superior, indica a intensidade e distribuição temporal do evento de precipitação;
- Tempo (h) → no eixo horizontal, mostra a evolução do evento ao longo das horas;
- Vazão (m³/s) → no eixo vertical, expressa a quantidade de água escoando no rio ao longo do tempo;
- Ascensão → período inicial de aumento da vazão, influenciado pelo escoamento superficial;
- Q Máx. → ponto de pico da vazão, que representa a resposta máxima do rio ao evento de chuva;
- Recessão → período de declínio da vazão, dominado pelo escoamento subterrâneo;
- Escoamento Superficial → fluxo rápido de água sobre a superfície, causando resposta imediata no hidrograma;
- Escoamento Subterrâneo → fluxo mais lento de água infiltrada, que mantém a vazão residual do rio após a chuva.

De acordo com Jabor (2013), para o adequado desenvolvimento dos estudos hidrológicos em projetos rodoviários, é fundamental escolher corretamente a metodologia para o cálculo das vazões máximas prováveis. A utilização de uma abordagem inadequada pode comprometer o dimensionamento das estruturas, resultando em falhas que afetam a eficiência e a segurança das obras rodoviárias.

Como métodos de determinação da vazão máxima de projeto, citam-se: o método da Curva Número *Soil Conservation Service* (SCS), hidrograma unitário triangular (HUT) e o método racional. Este último é amplamente utilizado e, segundo o DNIT (2006), um dos mais empregados para o dimensionamento de sistemas de drenagem de pequeno porte em rodovias. Por isso, foi o método escolhido e será o foco desta discussão.

### 3.4.8 Método racional

O método racional é um dos modelos mais utilizados no dimensionamento de sistemas de drenagem, sendo empregado para estimar a vazão de pico em bacias hidrográficas de pequeno porte, geralmente inferiores a 4 km<sup>2</sup>, tanto em áreas urbanas quanto rurais. De maneira geral, esse método é aplicado na determinação da descarga de projeto, proporcionando uma abordagem simplificada e eficiente. Um dos principais parâmetros exigidos pelo método é o coeficiente de deflúvio, que representa a relação entre a vazão gerada e a precipitação incidente na área, expressando o comportamento da bacia na formação do escoamento superficial DNIT (2006).

Segundo o DNIT (conforme orientação da IS-203), o método racional deve ser utilizado para o cálculo de descargas em bacias com área de até 4,0 km<sup>2</sup> em projetos rodoviários, adotando-se a seguinte fórmula:

$$Q = 0,278 \times C \times i \times A \quad (3)$$

Sendo:

- Q = vazão máxima em m<sup>3</sup>/s;
- C = coeficiente de deflúvio ou *run-off* (tabelado que pode variar de 0 a 1);
- i = intensidade de precipitação em mm/h.
- A = área da bacia em km<sup>2</sup>;

O escoamento superficial é um dos principais componentes do ciclo hidrológicos e está diretamente relacionado à ocorrência de chuvas intensas. Quando a precipitação supera a capacidade de infiltração do solo, a água excedente escoar sobre a superfície, podendo gerar impactos estruturais do corpo estradal das rodovias e estradas vicinais, como erosão, assoreamento e inundações. Esse fenômeno é influenciado por fatores como a intensidade e

duração das chuvas, a permeabilidade do solo, a cobertura vegetal e a declividade do terreno (Collischonn; Dornelles, 2003).

Segundo Collischonn e Dornelles (2003), o coeficiente de escoamento superficial varia entre 0 e 1, sendo influenciado por fatores físicos e climáticos da bacia hidrográfica, como o tipo de solo, a cobertura vegetal, a inclinação do terreno e o nível de impermeabilização. O coeficiente de escoamento é amplamente utilizado no método racional, um dos mais empregados no dimensionamento de sistemas de drenagem.

De acordo com o DNIT (2006), a determinação do coeficiente de escoamento é realizada através de tabelas, conforme expressa a Tabela 4. A tabela evidencia a influência da cobertura do solo na magnitude do escoamento superficial. Superfícies impermeáveis, como revestimentos de concreto e asfalto, apresentam altos coeficientes, favorecendo o rápido escoamento da água e aumentando os riscos de enchentes.

Tabela 4 – Valores para coeficiente de escoamento

Características da superfície	Coeficiente de escoamento
Revestimento de concreto de cimento Portland	0,70 - 0,90
Revestimento betuminoso	0,80 - 0,95
Revestimento primário	0,40 - 0,60
Solos sem revestimento com baixa permeabilidade	0,10 - 0,30
Solos sem revestimento com permeabilidade moderada	0,10 - 0,50
Taludes gramados	0,15 - 0,30
Prados e campinas	0,05 - 0,15
Áreas florestais	0,10 - 0,25
Terrenos cultivados em zonas altas	0,15 - 0,40
Terrenos cultivados em vales	0,10 - 0,30

Fonte: Adaptado de DNIT (2006, p. 220)

Assim, coeficiente de escoamento superficial é um parâmetro indispensável no planejamento de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais, sendo fundamental para minimizar os impactos de enchentes e garantir a sustentabilidade de projetos de infraestrutura. Em especial, em rodovias e estradas vicinais, o escoamento superficial é uma das principais causas de erosão e assoreamento, agravando-se em trechos com terrenos cultivados, solos expostos ou sem revestimento adequado.

Portanto, o método racional continua sendo uma ferramenta fundamental no planejamento de sistemas de drenagem das rodovias e estradas vicinais, permitindo o dimensionamento eficiente de bueiros, galerias e canais pluviais, contribuindo assim para a

mitigação de impactos causados pelo escoamento superficial, subsuperficial, transposição de talvegues e promovendo a sustentabilidade das infraestruturas viárias.

### 3.4.9 Equação de Manning

Em rodovias e estradas vicinais, onde as condições de drenagem podem ser desafiadoras devido a terrenos irregulares e variações nas superfícies, a versatilidade dessa equação se torna ainda mais relevante, permitindo assim, sua aplicação em diferentes cenários para assegurar a eficiência no escoamento das águas da chuva através de bueiros (transposição de talvegues) e, assim, evitando acúmulo de água, como alagamentos e danos às vias.

A equação de Manning é uma das principais ferramentas utilizadas na engenharia hidráulica e hidrológica para estimar a velocidade do fluxo e a vazão de água em canais abertos, como rios, córregos e sistemas de drenagem em rodovias e estradas vicinais. Ela foi proposta pelo engenheiro norte-americano Robert Manning, e é amplamente aplicada para calcular o escoamento superficial em diversos tipos de terrenos.

De acordo com Collischonn e Dornelles (2003), a equação de Manning é um dos métodos mais empregados devido à sua simplicidade e aplicabilidade em diferentes condições hidráulicas. Essa equação é essencial no dimensionamento de bueiros, pois permite determinar a vazão de projeto associada à declividade do canal e às características do escoamento da área.

Segundo DNIT (2006), a declividade crítica do canal influencia diretamente no regime de escoamento, determinando se o fluxo será subcrítico, crítico ou supercrítico, exigindo um dimensionamento adequado da drenagem a um fluxo pluvial em situações de chuvas intensas. Para tanto, usa-se a equação de Manning, sendo expressa da seguinte forma:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (4)$$

Sendo:

- V é a velocidade média do escoamento (m/s);
- n é o coeficiente de rugosidade de Manning;
- R é o raio hidráulico (m). O raio hidráulico é o quociente entre a área molhada e o perímetro molhado;
- S é a declividade (m/m). A inicial “S” vem da palavra inglesa *Slope* que quer dizer declividade.

Em consequência disso, a equação de Manning pode ser associada à Equação da Continuidade para obtenção da vazão em canais naturais e bueiros.

A equação da continuidade:

$$Q = A \times V \quad (5)$$

Sendo:

- Q é a vazão (m<sup>3</sup>/s);
- A é a área molhada da seção transversal do canal (m<sup>2</sup>);
- V é a velocidade do escoamento (m/s).

O coeficiente de rugosidade n, essencial na equação de Manning, varia conforme o material do canal e a condição de sua superfície para construção de bueiros, por conseguinte evitar um possível subdimensionamento.

Tabela 5 – Valores para Coeficientes de Manning

Coeficientes de Manning	
Aço Corrugado	0,19 a 0,032
Aço Soldado	0,009 a 0,011
Alvenaria de Pedra	0,017 a 0,025
Cerâmica	0,012 a 0,014
Concreto Liso	0,011 a 0,013
Ferro Fundido	0,11 a 0,15

Fonte: Adaptado de DNIT (2006).

O uso correto garante a eficiência do escoamento superficial e reduz os riscos de erosão e alagamentos nas estradas e rodovias vicinais, tendo um impacto direto na segurança e mais eficiência e sustentabilidade dos sistemas viários evitando transbordamento e falhas estruturais.

### 3.5 TRANSPOSIÇÃO DE TALVEGUES

A transposição de talvegues é um desafio para execução de obras viárias, sendo uma etapa crítica em seu planejamento, especialmente em áreas rurais devido à sua infraestrutura de drenagem, onde as rodovias e estradas vicinais frequentemente cruzam terrenos irregulares com cursos d'água naturais. Um projeto de sistema de drenagem é um desafio para engenheiros e gestores de infraestrutura, pois é essencial para garantir a eficiência e a segurança para os usuários nas transposições de talvegues.

Para o DNIT (2006), o talvegue representa a linha que percorre a parte mais profunda de um curso d'água, sendo essencial para orientar a implementação de sistemas de drenagem capazes de garantir o escoamento adequado, evitando alagamentos e erosões que possam prejudicar a estabilidade das rodovias.

De acordo com Dotto (2015), a transposição de talvegue visa transpor as águas que escoam por cursos naturais (talvegues) e que cortam o traçado da estrada, sem comprometer sua estrutura. A escolha da técnica para a transposição de talvegues em rodovias varia de acordo com o volume de água, a topografia do terreno e as características ambientais locais. As principais soluções utilizadas incluem: bueiros (tubulares e celulares), pontilhões e pontes.

Para Azevedo Netto (2019), o principal objetivo dessas estruturas é manter o fluxo de água contínuo, evitando que se acumule sobre a pista, o que poderia causar danos ao pavimento e à estrutura da estrada.

Portanto, a adequada transposição de talvegue nas rodovias e estradas vicinais depende das condições hidrológicas e hidráulicas locais. Tais estruturas devem ser dimensionadas conforme as características locais da área, para assim garantir a durabilidade e a segurança dos usuários.

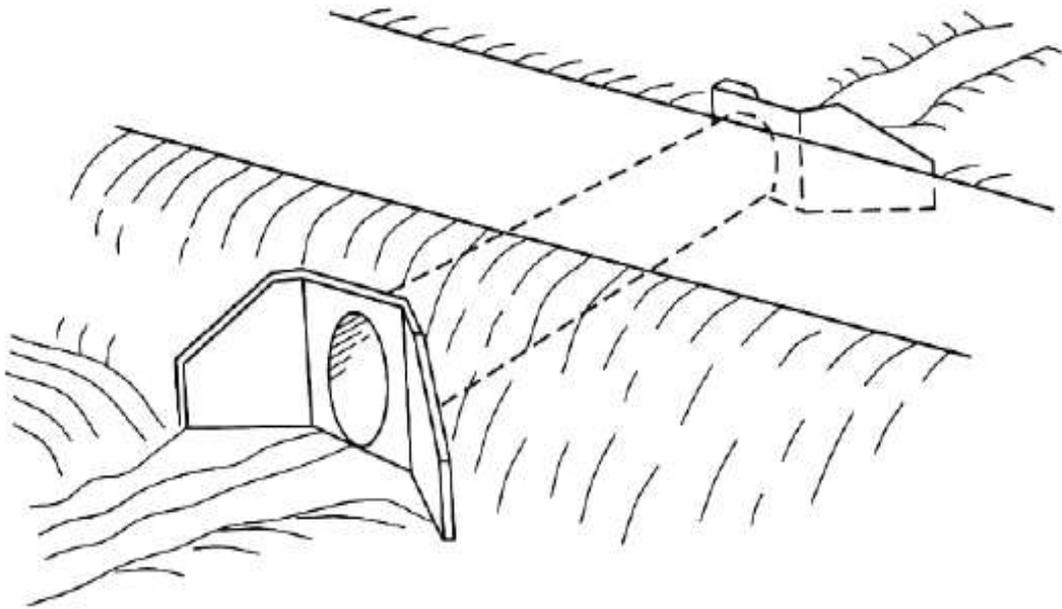
### 3.5.1 Bueiros

Pertencentes ao grupo de obras de arte correntes (OAC), é uma infraestrutura de drenagem, indispensável em projetos de engenharia civil, especialmente em obras como rodovias e estradas vicinais na transposição de talvegues. Nesse contexto, os bueiros desempenham um papel essencial ao permitir a passagem controlada da água em locais onde estradas ou outros obstáculos interrompem o fluxo natural dos cursos d'água. De acordo com Silva e Oliveira (2017), os bueiros têm a função primária de conduzir água de forma controlada, minimizando impactos negativos no meio ambiente e em áreas de tráfego, sejam em áreas urbanas ou rurais, além de evitar desvios irregulares das águas de contribuição de mananciais.

Bueiros ou obras de arte correntes - OAC são dispositivos drenantes constituídos por linha de escoamento d'água, sobre o terreno natural, tendo todo o aterro sobre si, normalmente posicionado transversalmente a plataforma, permitindo a livre passagem d'água sob a rodovia. Podem drenar as águas precipitadas fora do corpo estradal e acumuladas nos talvegues naturais ou precipitadas sobre a plataforma e taludes de cortes e acumuladas em caixas coletoras (Pereira *et al.*, 2015 *apud* Dotto, 2015).

Na Figura 3 observa-se um esquema de um bueiro utilizado para transposição de talvegues.

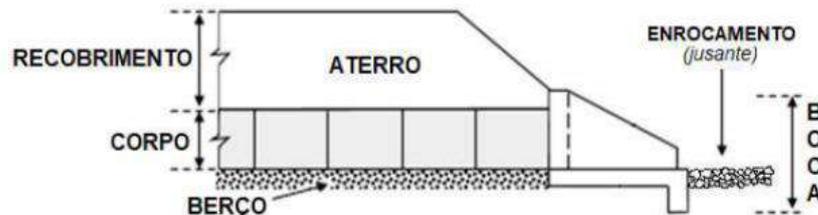
Figura 3 – Bueiro sob aterro de uma estrada



Fonte: Gribbin (2013)

De acordo com o DNIT (2006), os bueiros são compostos de corpo, parte situada sob os aterros, e bocas (Figura 4) que constituem os dispositivos de admissão e lançamento, a montante e a jusante, onde:

Figura 4 – Estrutura de bueiro e seus componentes



Fonte: Santiago (2018)

- Corpo: é a estrutura principal com função efetiva de permitir livre passagem das águas livres;
- Berço: pode ser definido como a base de assentamento do bueiro, normalmente de concreto;
- Bocas: onde se tem dispositivos de admissão e lançamento, a montante (entrada) e jusante (saída);
- Recobrimento: a camada de material de cobertura ao bueiro, tendo uma altura mínima, levando em consideração os critérios técnicos dependendo da função, do tipo e dimensão do bueiro;

- Enrocamento: camada de proteção da saída do bueiro.

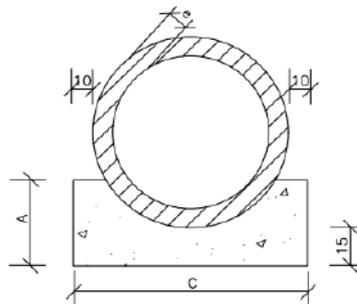
### 3.5.2 Classificação dos Bueiros

Segundo o manual DNIT (2006), os bueiros são classificados quanto à forma da seção, quanto ao número de linhas, quanto ao material e quanto a sua esconsidade.

#### 3.5.2.1 Quanto à forma da seção

- Tubulares: Os bueiros tubulares são os mais comuns em rodovias e estradas vicinais em projetos de infraestrutura devido à sua simplicidade de construção, eficiência estrutural e custo relativamente baixo. Seu formato cilíndrico facilita sua instalação no momento da escavação, e oferece eficiência hidráulica e estrutural. Estes são geralmente fabricados em concreto ou aço galvanizado, sendo empregados principalmente para escoamento de pequenas a médias vazões do sistema de drenagem da região;

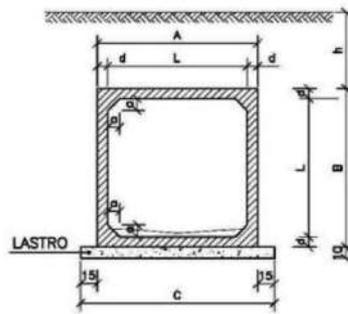
Figura 5 – Bueiro tubular  
BERÇOS



Fonte: DNIT (2018)

- Celulares: Os bueiros celulares, por outro lado, são compostos por múltiplas seções transversais retangulares ou quadradas, sendo ideais para situações que exigem maior capacidade de vazão e resistência estrutural, como também para cursos d'água permanentes. Constituem bueiros mais robustos, oferecendo maior estabilidade estrutural. Sua aplicação é frequente em rodovias de talwegues largos e de baixa declividade, onde há necessidade de transpor grandes volumes d'água em períodos de cheia, advento do sistema de drenagem da região. São pré-moldados ou moldado no local, geralmente de concreto armado;

Figura 6 – Bueiro Celular



Fonte: DNIT (2018)

- Outras seções transversais: Ainda, segundo o manual DNIT (2006), as seções em arco, elíptica e lenticular podem ser projetadas;

### 3.5.2.2 Quanto ao número de linhas

Podem ser simples, quando houver uma linha apenas para transpor o talvegue, duplos ou triplos, quando houver 2 ou 3 linhas de células. O DNIT (2006) recomenda um número de linhas máximo não superior a 3, pois pode provocar uma grande faixa de alagamento.

Figura 7 - Classificação dos bueiros quanto à forma e número de linhas

TUBULARES	BSTC – Bueiro Simples Tubular de Concreto	
	BDTC – Bueiro Duplo Tubular de Concreto	
	BTTC – Bueiro Triplo Tubular de Concreto	
CELULARES	BSCC – Bueiro Celular de Concreto	
	BDCC – Bueiro Duplo Celular de Concreto	
	BTCC – Bueiro Triplo Celular de concreto	
EM ARCO	Arco Simples	
	Arco Duplo	

Fonte: Morales (2003).

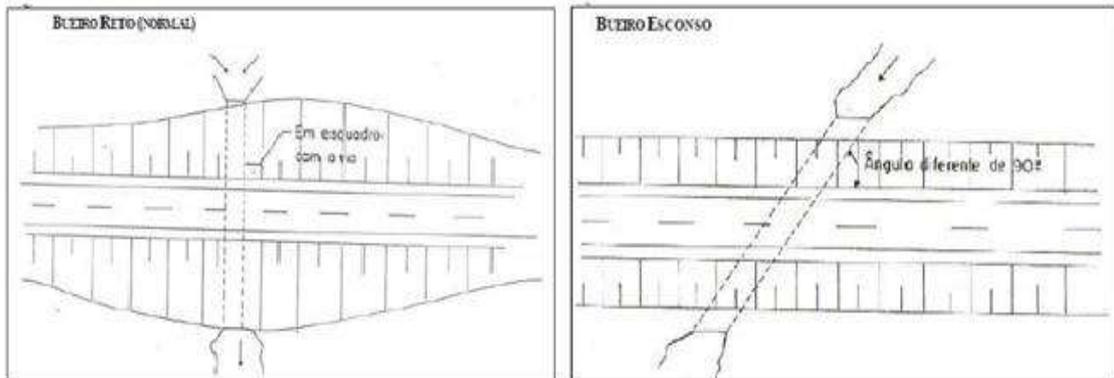
### 3.5.2.3 Quanto ao material

Segundo o manual do DNIT (2006), pode ser de concreto (simples ou armado), metálico (chapa metálica corrugada ou não), de alvenaria, pedra argamassada, PEAD (polietileno de alta densidade) e de PRFV (plástico reforçado de fibra de vidro);

### 3.5.2.4 Quanto à esconsidade

É definido pelo ângulo formado entre o eixo longitudinal do bueiro e a normal do eixo da rodovia ou estrada vicinal. Classifica-se em: a) normal - quando o eixo do bueiro coincidir com a normal ao eixo da rodovia ( $\alpha = 0^\circ$ ); b) esconso - quando o eixo longitudinal do bueiro fizer um ângulo diferente de zero com a normal ao eixo da rodovia ( $\alpha \neq 0^\circ$ ).

Figura 8 – Classificação dos bueiros quanto esconsidade



Fonte: Morales (2003).

## 4 METODOLOGIA

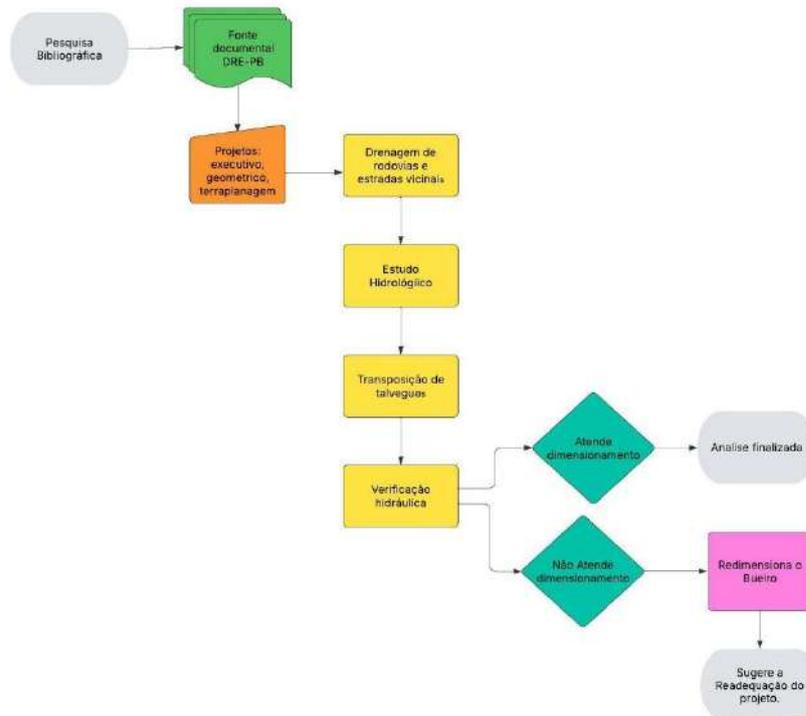
A metodologia deste trabalho está inserida em um estudo de caso, fundamentada em pesquisa bibliográfica e complementada por pesquisa quantitativa. Foram analisados conceitos e resultados relacionados à rodovias e estradas vicinais, transposição de talvegues e estudos hidrológicos. As fontes documentais primárias foram fornecidas pelo Departamento de Estradas de Rodagem da Paraíba (DER/PB), incluindo o relatório do projeto, o projeto geométrico, o projeto de terraplenagem e o projeto executivo.

A pesquisa se caracteriza:

1. Quanto à classificação: empírica de campo;
2. Quanto à abordagem: de base quantitativa;
3. Quanto à tipologia: comparativa, por meio de um estudo de caso.

Segundo Lakatos e Marconi (2007), a pesquisa bibliográfica é um apanhado geral de trabalhos já publicados sobre o tema. Num primeiro momento, fez-se uso de fontes de pesquisa encontrada em bases disponíveis on-line, em manuais, monográficas, e outros trabalhos acadêmicos voltados para rodovias e estradas vicinais, seguida de livros técnico de referência acadêmica.

Figura 9 – Fluxograma da execução da metodologia



Fonte: Autoria Própria (2024)

O presente estudo de caso foi estruturado seguindo seis etapas metodológicas; pesquisa bibliográfica acerca das estradas vicinais e dos processos de transposição de talvegues, análise do projeto geométrico, levantamento de informações referentes à drenagem superficial, identificação da compatibilidade dos dispositivos de drenagem e se os mesmos foram inseridos levando em consideração toda rede de drenagem, análise comparativa com as normas técnicas vigentes e visitas técnicas *in loco*, possibilitando a verificação da conformidade e da eficiência dos processos analisados.

## 4.1 MATERIAIS

### 4.1.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Rio Tinto-PB. Segundo o IBGE, a população do município Rio Tinto levantada no censo 2022 foi de 24.581 habitantes, com uma área de 464,9 km<sup>2</sup>, fazendo fronteiras: ao Norte com Mataraca, Baía da Traição e Marcação; ao Sul com Lucena, Santa Rita e Capim; a Leste com o Oceano Atlântico; a Oeste com Mamanguape conforme Figura 10. A área de estudo deste trabalho está situada no município de Rio Tinto/PB que fica geograficamente na microrregião do Litoral Norte e na mesorregião da Mata Paraibana no Estado da Paraíba, localizado nas coordenadas: Latitude: 6° 48' 21" Sul; Longitude: 35° 4' 33" Oeste.

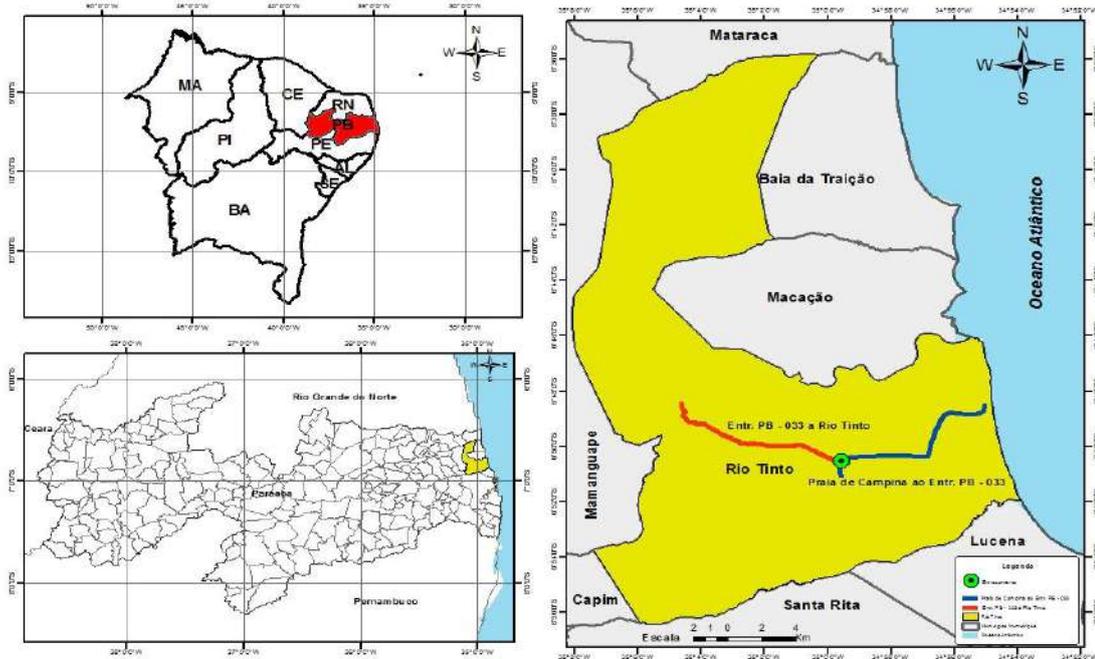
O clima predominante é tropical chuvoso (com classificação Am, segundo Köppen) com verão seco, com temperatura média anual variando de 24° a 27° C. A precipitação média anual é de 1.634,2 mm (CPRM, 2005).

Os solos dessa unidade geoambiental são representados pelos Latossolos e *Podzólicos* nos topos de chapadas e topos residuais; pelos *Podzólicos* com *Fregipan*, *Podzólicos Plínticos* e *Podzóis* nas pequenas depressões nos tabuleiros; pelos *Podzólicos Concrecionários* em áreas dissecadas e encostas e Gleissolos e Solos Aluviais nas áreas de várzeas, inserido nos domínios das bacias hidrográficas dos rios Mamanguape, Miriri e Camaratuba, com altitudes médias entre 50 e 100 m (CPRM, 2005).

No que se refere à vegetação, ainda são identificados resquícios de Mata Atlântica, a qual, ao longo do tempo, foi suprimida para dar lugar à monocultura de cana-de-açúcar. Essa atividade agrícola encontra-se amplamente distribuída na região, estendendo-se ao longo da

rodovia vicinal Praia de Campina até o entroncamento com a PB-035 e do entroncamento até área urbana de Rio Tinto.

Figura 10 – Mapa de localização da rodovia

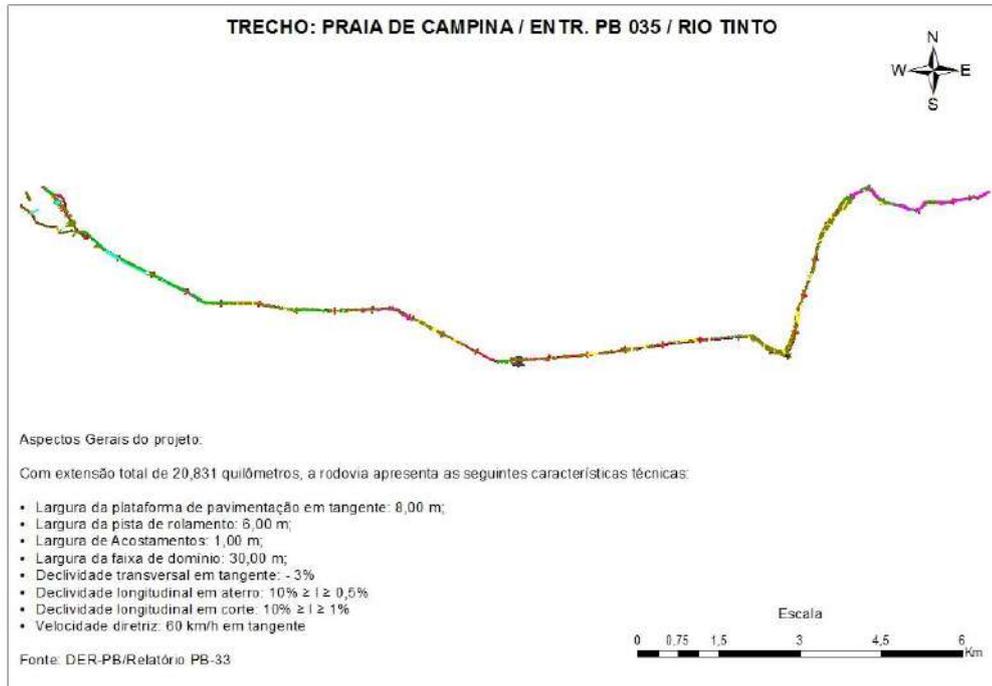


Fonte: Autoria Própria (2025)

#### 4.1.2 Rodovias

Foram analisadas as estruturas de drenagem de transposição de talvegues localizadas na rodovia vicinal PB-033 até o entroncamento com a PB-035, e do entroncamento, pela PB-033, até Praia de Campina. Os dispositivos estudados foram os bueiros e seus dimensionamentos. Para isso foram escolhidos alguns pontos amostrais levando em consideração a drenagem da região, conforme normas técnicas vigentes (DNIT 023/2006 – ES). Para o registro do posicionamento das unidades amostrais fez-se uso do Sistema de Posicionamento Global.

Figura 11 – Traçado da rodovia vicinal PB-033, trecho Praia de Campina, Entroncamento PB-035 e Rio Tinto-PB.

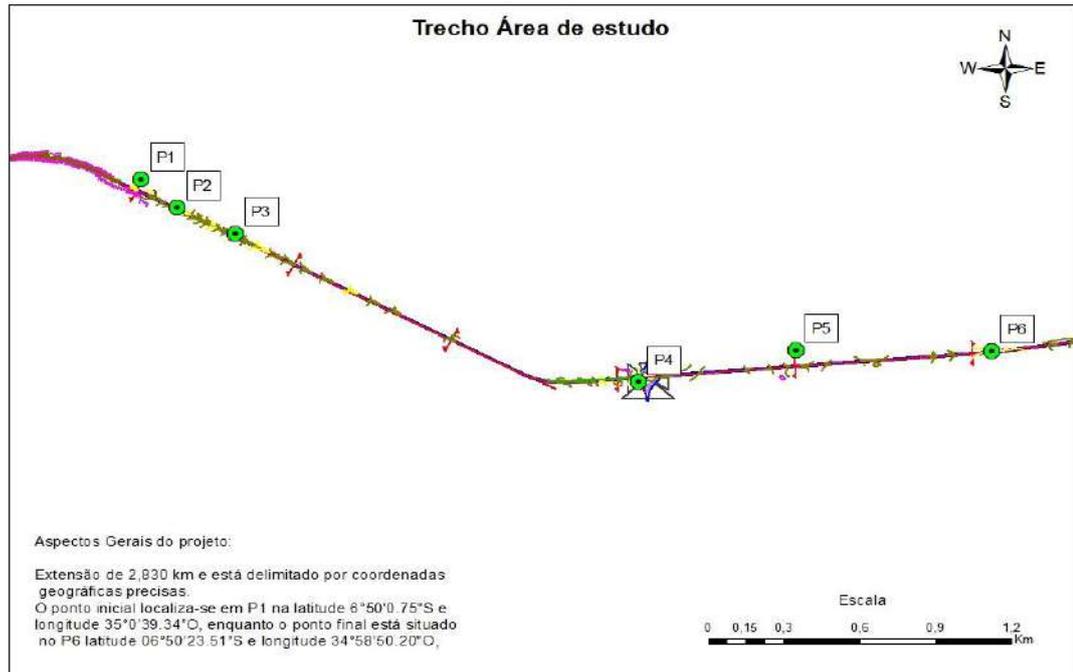


Fonte: adaptado do projeto do DER-PB

#### 4.1.2.1 Delimitação da área de estudo

O trecho estudado desta rodovia vicinal possui uma extensão de 2,830 km e está delimitado por coordenadas geográficas precisas. O ponto inicial localiza-se em P1 na latitude  $6^{\circ}50'0.75''S$  e longitude  $35^{\circ}0'39.34''O$ , enquanto o ponto final está situado no P6 na latitude  $06^{\circ}50'23.51''S$  e longitude  $34^{\circ}58'50.20''O$ , conforme dados extraídos do Google Earth, 2025. A definição dessas coordenadas geográficas foi essencial para a caracterização e análise do trecho, garantindo a precisão dos levantamentos realizados ao longo do estudo. Estes pontos podem ser observados na Figura 12.

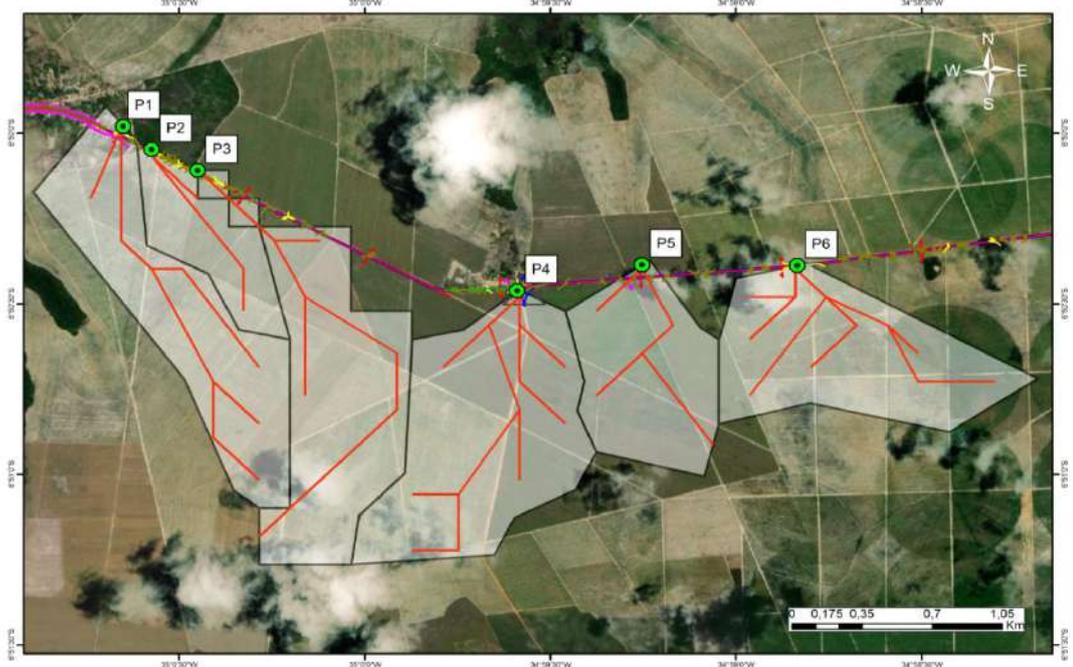
Figura 12 – Trecho da área de estudo



Fonte: adaptado do projeto do DER-PB

Com a definição dos pontos, deu-se início a delimitação das áreas de drenagem e rede de drenagem para realizar o estudo hidrológico da rodovia vicinal PB-033, trecho Praia de Campina, Entroncamento PB-035 e Rio Tinto.

Figura 13 – Delimitação das áreas de drenagem e rede de drenagem



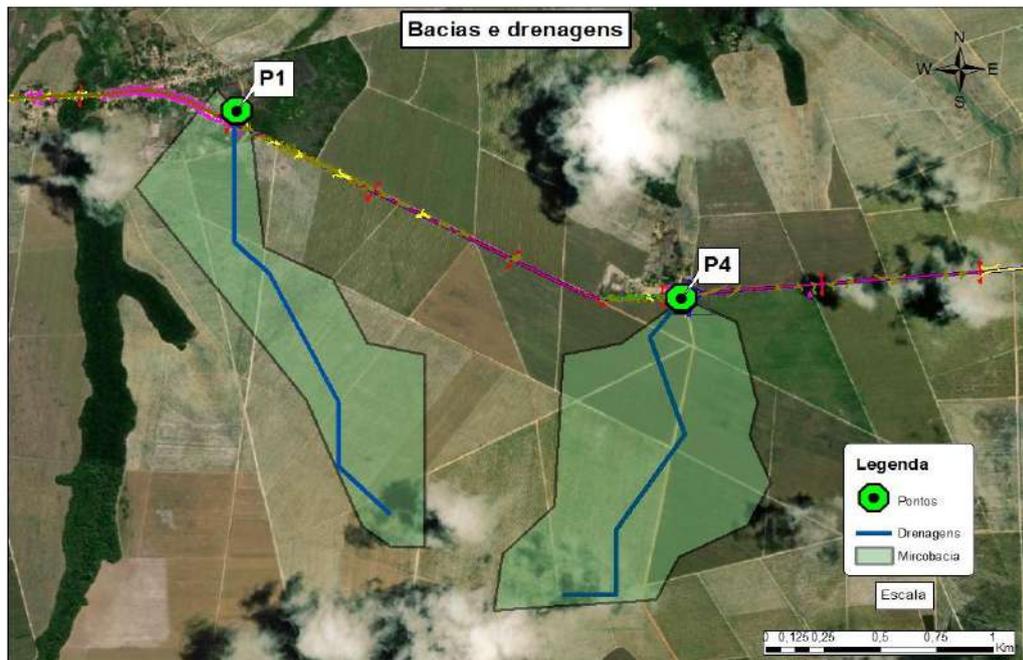
Fonte: Autoria Própria (2025)

A escolha do trecho estudado considerou a área de drenagem e sua respectiva rede de drenagem. Para a análise, foram definidos dois pontos de inspeção, selecionados com base em possíveis intervenções ou adequações no projeto geométrico.

O Ponto 1, localizado na latitude  $6^{\circ}50'0.75''S$  e longitude  $35^{\circ}0'39.34''O$ , apresenta uma área de drenagem de  $0,91 \text{ km}^2$  e uma rede de drenagem de  $2,13 \text{ km}$ . O Ponto 4, situado na latitude  $6^{\circ}50'27.84''S$  e longitude  $34^{\circ}59'35.32''O$ , possui uma bacia de  $1,11 \text{ km}^2$  e uma rede de drenagem de  $1,78 \text{ km}^2$ .

Estes pontos foram selecionados conforme os critérios do método racional, adotado para a modelagem hidrológica neste estudo, garantindo a coerência dos dados analisados e a precisão dos resultados obtidos. Pode-se notar a marcação desses pontos na Figura 14.

Figura 14 – Áreas de drenagem selecionadas para os estudos hidráulicos



Fonte: Autoria Própria (2025)

A escolha das duas áreas de drenagem para este estudo foi fundamentada em aspectos sociais relevantes, considerando a proximidade de uma escola municipal no P1 e de uma vila de moradores no P2, já que a drenagem inadequada desses bueiros pode resultar em alagamentos, erosão e comprometimento da infraestrutura local, afetando diretamente a segurança e o bem-estar da comunidade. Dessa forma, a seleção dessas áreas se justifica não apenas por critérios técnicos, mas também pela necessidade de promover a segurança e a qualidade de vida da população do entorno, alinhando-se a uma abordagem de planejamento sustentável e inclusivo.

### 4.1.3 Especificação dos dispositivos implantados

Conforme visita *in loco*, realizada no dia 21 de fevereiro de 2025, à área de estudo, foram coletadas informações de campo (Tabela 6). Constatou-se que os dispositivos hidráulicos implementados, no trecho analisado, são do tipo BSTC, que funcionam como canal (quando as extremidades de montante e jusante não se encontram submersas), conforme estabelecido pelo DNIT (2006). Esse tipo de bueiro é amplamente utilizado em rodovias e estradas vicinais para permitir a transposição segura de talvegues e pequenos cursos d'água, garantindo a condução eficiente das águas pluviais, minimizando os impactos da erosão e dos alagamentos (Pereira, 2015).

Tabela 6 – Caderneta de Campo

Características	Bueiro 1 (P1)	Bueiro 2 (P4)
Tipo	Tubular ( X ) Celular ( )	Tubular ( X ) Celular ( )
Quanto ao número de linhas	Simples ( X ) Duplo ( ) Triplo ( )	Simples ( X ) Duplo ( ) Triplo ( )
Quanto ao material	Concreto ( X ) Metálico ( ) PEAD ( ) PRFV ( )	Concreto ( X ) Metálico ( ) PEAD ( ) PRFV ( )
Dimensões	0,60 x 0,60 m	1 x 1 m
Comprimento do talvegue	20,16 m	15,40 m
Escondidade	Sim ( X ) Não ( )	Sim ( ) Não ( X )
Coordenadas geográficas	 Montante: Latitude: 6°50'1.78"S/ Longitude: 35° 0'37.41"O	 Montante: Latitude: 6°50'27.64"S / Longitude: 34°59'38.25"O
	 Jusante: Latitude: 6°50'1.13/ Longitude: 35° 0'37.41"O	 Jusante: Latitude: 6°50'27.12"S/ Longitude: 35° 0'37.41"O

Fonte: Autoria Própria (2024)

#### 4.1.4 Coletas de dados

A obtenção dos dados pluviométricos utilizados neste estudo foi por meio da rede Hidrometeorológica Nacional, cuja responsabilidade é atribuída à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Logo, esses dados foram adquiridos através da plataforma Hidroweb, um sistema oficial que disponibiliza informações sobre recursos hídricos no Brasil, garantindo a padronização e a confiabilidade das medições realizadas (ANA, 2024).

Dessa forma, a análise hidrológica baseada a partir dos dados diários de precipitação registrada na estação meteorológica AESA-PB - código 635127, instalada no próprio município de Rito Tinto-PB, foi possível determinar as precipitações máximas anuais abrangendo o período de 2009 a 2019.

Portanto, a metodologia empregada neste estudo fundamenta-se na consulta a dados fornecidos pelo Hidroweb de fontes oficiais, que estão em conformidade com os padrões técnicos exigidos, assegurando a precisão das análises e a adequação às normas vigentes. “Coleta de dados hidrológicos junto aos órgãos oficiais, estudos existentes, que permitam a caracterização climática, pluviométrica, fluviométrica e geomorfológica da região, e mais especificamente, da área em que se localiza o trecho em estudo” (DNIT, 2015).

#### 4.1.5 Softwares

O tempo é um fator essencial para a engenharia civil, especialmente diante dos avanços tecnológicos. O uso de softwares tornou-se indispensável para garantir maior agilidade e eficiência, proporcionando otimização na elaboração e análise de projetos. Dessa forma, a aplicação dessas ferramentas é uma tendência crescente na área.

O presente estudo contou com o auxílio de três softwares amplamente utilizados na definição e detalhamento de bacias hidrográficas em trabalhos relacionados à Engenharia Civil e Hidráulica: AutoCAD, Google Earth Pro e ArcGIS.

O software AutoCAD 2020 foi empregado para a visualização e análise do projeto geométrico disponibilizado pelo Departamento de Estradas de Rodagem da Paraíba (DER/PB). O Google Earth Pro, por sua vez, trata-se de uma ferramenta gratuita e de fácil utilização, que permite a obtenção de dados detalhados da superfície terrestre. Além disso, possibilita a medição de distâncias em escala real e a verificação de altitudes, latitudes e longitudes em qualquer região do planeta. Já o ArcGIS, software voltado para sistemas de informações geográficas, foi utilizado para o processamento de dados topográficos, como curvas de nível,

permitindo, assim, a delimitação de seis microbacias hidrográficas e microdrenagem. Com isso, foi possível obter informações sobre a área e o comprimento da drenagem das bacias analisadas.

#### 4.1.6 GNSS/RTK T300

É um equipamento desenvolvido pela empresa *ComNav Technology* projetado para aplicações que exigem alta precisão, como aplicações em levantamentos topográficos, geodésicos e de engenharia civil, sendo composto de um receptor GNSS, capaz de rastrear múltiplas constelações, incluindo GPS, BeiDou, GLONASS, Galileo e QZSS. Com uma tecnologia embarcada no RYK (*Real-Time Kinematic*) T300, este permite a integração de dados de diversas constelações. Segundo Souza (2021), sua tecnologia avançada permite um posicionamento centimétrico, o que o torna ideal para levantamentos cadastrais, monitoramento de estruturas, projetos de construção civil e mapeamento de precisão.

O uso do GNSS/RTK T300 no trabalho teve como objetivo garantir alta precisão na obtenção de coordenadas geográficas, essenciais para a análise hidrológica e o dimensionamento da drenagem. Essa precisão foi fundamental para a delimitação das microbacias, a identificação de pontos críticos de drenagem e a definição dos locais de implantação de bueiros. Além disso, possibilitou a modelagem hidrológica, assegurando que os cálculos de vazão e as análises de escoamento fossem baseados em informações georreferenciadas confiáveis.

Seus Componentes:

- Receptor GNSS T300 (Base ou Rover);
- Coletora de Dados;
- Antena UHF (para operação Base/Rover);
- Base Fixa (em modo Base Station);
- Software de Processamento e Pós-Processamento;
- Tripé;
- Bastões.

Figura 15 – Equipamento de levantamento Topográfico



Fonte: Aatoria Própria (2024)

## 4.2 MÉTODOS

### 4.2.1 Coletas de dados e processamento

A primeira fase desta etapa consistiu na realização de um levantamento de campo utilizando o GNSS/RTK T300. Esse procedimento permitiu a obtenção de coordenadas mais precisas dos bueiros P1 e P4, garantindo maior acurácia e eficiência nos resultados previamente obtidos por meio do Google Earth. Para acessar a área de estudo foi utilizado um veículo próprio, uma vez que o levantamento foi realizado em um dia específico e a área encontra-se a pouco mais de 60 km de distância de João Pessoa.

Assim deu-se início ao levantamento fazendo uso do método relativo estático, para obter as coordenadas dos bueiros. Coordenadas estas dos bueiros P1, localizado na latitude  $6^{\circ}50'1.78''S$  e longitude  $35^{\circ} 0'37.41''O$  e P4, localizado na latitude  $6^{\circ}50'27.64''S$  e longitude  $34^{\circ}59'38.25''O$ . A segunda etapa foi o ajustamento das coordenadas, que foram obtidos pelo Google Earth, pois precisava-se garantir uma melhor precisão e definir o ponto de exutório para extrair a rede de drenagem. O levantamento foi iniciado empregando o método relativo estático, permitindo a obtenção das coordenadas dos bueiros P1 e P4.

#### **4.2.2 Geração das curvas de nível, áreas de drenagem e rede de drenagens através imagem SRTM**

As delimitações das áreas de drenagem e rede de drenagem foi obtida através de ferramenta de geoprocessamento a partir do MDE (Modelo Digital de Elevação) da imagem de radar SRTM (Missão Topográfica de Radar Transportado), em formato GEOTIFF com resolução espacial de 30 metros referente Carta SB-25-Y-A com uma escala de 1:250.000, disponibilizada gratuitamente no site TOPODATA, 2025. A partir desse arquivo iniciou-se o processamento da imagem para obtenção dos resultados necessários.

Para obtenção das curvas de nível e da rede de drenagem, a partir de uma imagem SRTM no ArcGIS, foi preciso seguir uma sequência de etapas para garantir a precisão dos resultados: a) importar o arquivo SRTM para o ArcGIS; b) certificar a compatibilidade e adequação do sistema de coordenadas com a área de estudo; c) utilizar a ferramenta “*Fill*” do toolbox "*Spatial Analyst Tools*", para corrigir depressões no modelo digital de elevação (MDE); d) aplicar, com o MDE ajustado, a ferramenta "Flow Direction" para determinar a direção do fluxo de água em cada célula do raster; e) aplicar a ferramenta "*Flow Accumulation*" para identificar as áreas com maior acumulação de fluxo, que representam os cursos d'água da rede de drenagem; f) ajustar a simbologia para melhorar a visualização dos dados. Esse processo permitiu a criação de mapas detalhados de curvas de nível e rede de drenagem, essenciais para a análise topográfica.

Por último, foi realizada a delimitação das bacias com o uso das ferramentas: a) "Snap Pour Point" para ajustar o ponto de exutório à rede de drenagem; b) "*Watershed*", disponível na toolbox "*Spatial Analyst Tools*" para delimitar automaticamente a área da microbacia, considerando o fluxo de água que converge para o exutório.

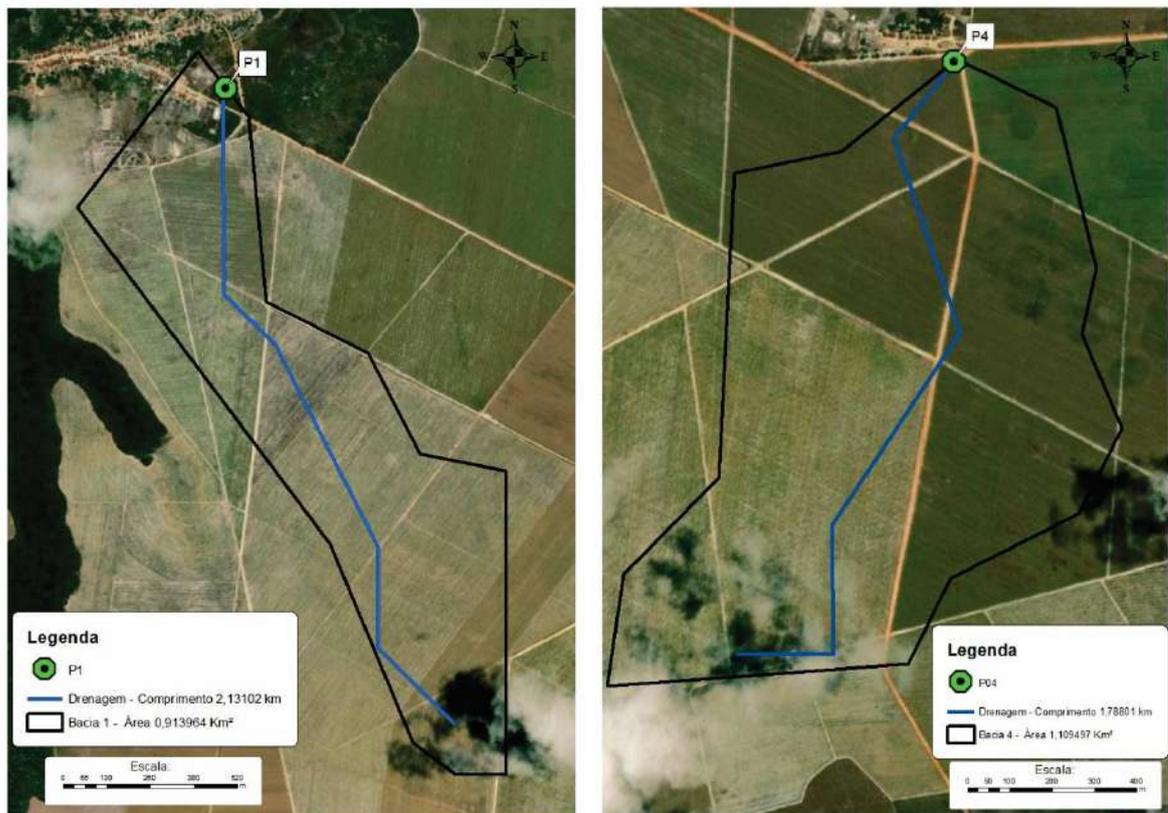
#### **4.2.3. Parâmetros hidrológicos**

Para precisão e eficiência da determinação das áreas de drenagens e sua rede de drenagem, considerou-se os seguintes parâmetros:

##### *4.2.3.1 Área, declividade e drenagem*

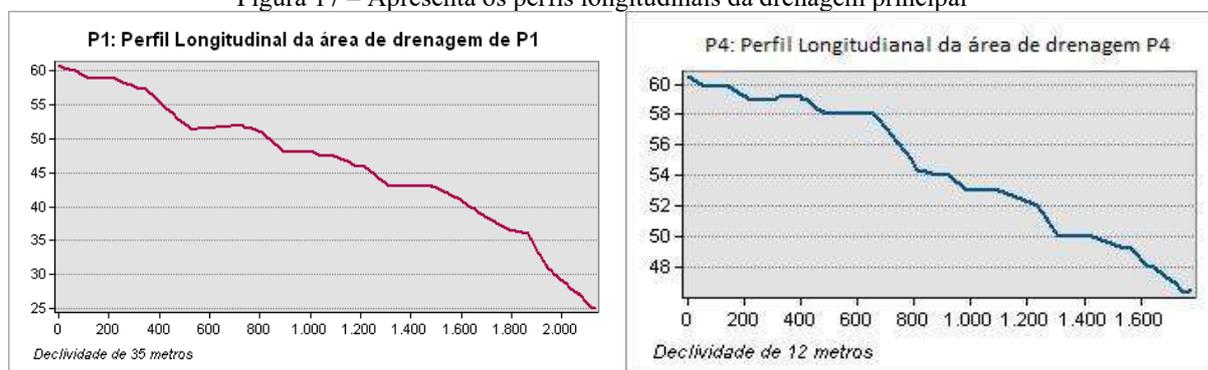
A área da bacia (A) tem influência diretamente no volume de escoamento. O perímetro da bacia (P) define seu contorno. O comprimento da drenagem (L) expressa a extensão do ponto inicial da drenagem até o exutório, conforme apresentado na Figura 16. A declividade média (S) impacta na velocidade do escoamento superficial, sendo possível observar em relação a Figura 17.

Figura 16 – Áreas de drenagem e comprimento da drenagem principal.



Fonte: Autoria Própria (2024)

Figura 17 – Apresenta os perfis longitudinais da drenagem principal

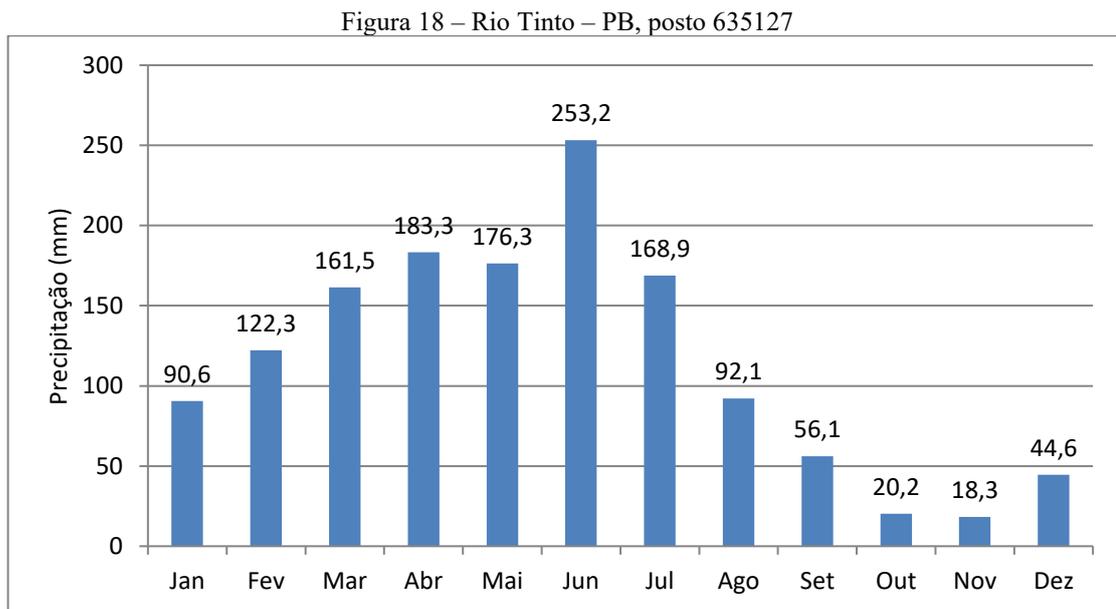


Fonte: Autoria Própria (2024)

#### 4.2.3.2 Precipitação

Nas estações pluviométricas, as medições das chuvas são realizadas por meio de pluviômetros, enquanto a intensidade das precipitações é registrada por pluviógrafos, sendo essas estações estrategicamente localizadas em áreas afastadas de edificações e vegetações altas para minimizar interferências externas e garantir a precisão dos dados DNIT (2006); Tucci (2005). A partir das informações coletadas, é possível determinar valores de vazões médias, precipitações acumuladas, áreas de drenagem e taxas de evapotranspiração, tanto em médias anuais quanto em períodos específicos, contribuindo significativamente para estudos hidrológicos e o planejamento de recursos hídricos (Porto *et al.*, 2014) e AESA (2023).

Na Figura 18 apresenta-se a precipitação média mensal do município de Rio Tinto dos últimos dez anos extraídos de dados do Hidroweb, evidenciando uma variação sazonal significativa ao longo dos anos. Observa-se que os meses de maior índice pluviométrico ocorrem entre março e julho, com um pico em junho, indicando que esse período corresponde à estação chuvosa na região.



Fonte: Autoria Própria (2025)

#### 4.2.3.3 Tempo de Recorrência ou período de retorno

De acordo com as características da bacia de contribuição e considerando um sistema de macrodrenagem que utiliza um bueiro tubular como estrutura hidráulica, adotou-se um período de retorno de 25 anos, conforme estabelecido na Tabela 2, disponibilizada pelo DNIT. Esse período é geralmente recomendado para áreas de tráfego moderado, onde o risco de transbordamento ou falha do sistema de drenagem pode gerar danos significativos. Além disso,

a escolha desse período de retorno visa equilibrar o custo da obra com os riscos associados a eventos extremos.

#### 4.2.3.4 Tempo de Concentração

Para o tempo de concentração foram utilizados os valores da Tabela 7;

Tabela 7 – Comprimento e declividade

Ponto	L (km)	$\Delta H$ (m)
P1	2,13102	35
P4	1,78801	12

Fonte: Autoria Própria (2025)

Para o tempo de concentração foi utilizado a equação de Kirpich, Equação (1), que é dada por:

$$tc = 57 \left( \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \quad (1)$$

Sendo:

$tc$  = Tempo de concentração, em minutos;

$L$  = Comprimento do talvegue principal, em km;

$\Delta H$  = Desnível do talvegue principal, em metros.

#### 4.2.3.5 Intensidade Pluviométrica

Para o cálculo da intensidade pluviométrica, adotou-se os coeficientes  $K$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$  obtidos no artigo Aragão (2024). Esse estudo desenvolveu e regionalizou as equações IDF para o estado da Paraíba, fundamentais para o dimensionamento de projetos hidráulicos, uma vez que estabelecem a relação entre a intensidade da chuva, sua duração e frequência de ocorrência. A pesquisa analisou dados pluviométricos de 263 estações no período de 1994 a 2020, possibilitando uma maior precisão na estimativa da intensidade das chuvas para diferentes localidades do estado.

Foram adotados os parâmetros calculados especificamente para o município de Rio Tinto-PB, conforme Tabela 8.

Segundo Tucci (2014), a equação para as curvas IDF tem a seguinte forma genérica (Equação 2):

$$i = \frac{K \cdot Tr^a}{(tc + b)^c} \quad (2)$$

Sendo:

- Intensidade (i): quantidade de chuva por unidade de tempo (mm/h);
- Duração (tc): tempo da precipitação (minutos);
- Frequência (Tr): tempo de retorno (anos).

Tabela 8 – Parâmetros de Intensidade Pluviométrica

Localização	K	a	b	c
Rio Tinto - PB	1335,12	0,166	12,53	0,780

Fonte: Aragão (2024)

#### 4.2.3.6 Escoamento Superficial

Para o cálculo do escoamento superficial, adotou-se o Método Racional, uma vez que a área de estudo é inferior a 4 km<sup>2</sup>, o que é recomendado pelo DNIT (2006).

##### 4.2.3.6.1 Método racional (cálculo da vazão máxima)

O Método Racional é dado pela Equação 3 a seguir.

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (3)$$

Sendo:

- Q = vazão máxima em m<sup>3</sup>/s;
- C = coeficiente de deflúvio ou *run-off* (tabelado que pode variar de 0 a 1);
- i = intensidade de precipitação em mm/h.
- A = área da bacia em km<sup>2</sup>;

Na equação 3, utilizou-se o coeficiente de deflúvio 0,40 que corresponde a terrenos cultivados em zonas altas, conforme Tabela 4.

#### 4.2.3.6.2 Equação de Manning

Segundo o DNIT (2006), o dimensionamento hidráulico de bueiros e canais deve ser realizado com base na Equação de Manning, conforme Equação 4.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (4)$$

Sendo:

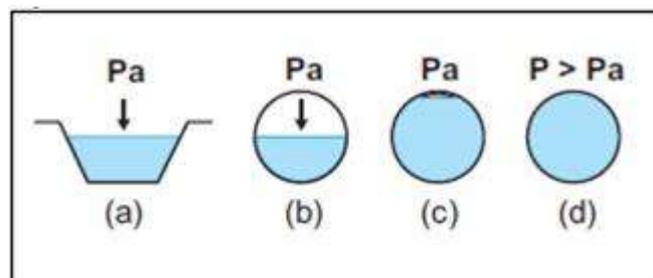
- V é a velocidade média do escoamento (m/s);
- n é o coeficiente de rugosidade de Manning;
- R é o raio hidráulico (m). O raio hidráulico é o quociente entre a área molhada e o perímetro molhado;
- S é a declividade (m/m). A inicial “S” vem da palavra inglesa *Slope* que quer dizer declividade.

Para o cálculo da equação de Manning adotou-se o coeficiente da Tabela 5, concreto liso 0,013, conforme recomenda o DNIT, 2006.

#### 4.3 IDENTIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS.

De acordo com Diogo (2008), canal ou conduto livre é uma seção aberta ou fechada, sujeita à pressão atmosférica em pelo menos um ponto da sua seção de escoamento. Na Figura 19, é possível conhecer alguns tipos de canais.

Figura 19 – Canal ou conduto Livre em (a, b, c) e forçado em (d)



Fonte: Diogo (2008)

- (a) – Seção trapezoidal de uma valeta;
- (b) – Seção tubular de um bueiro operando a meia seção;

- (c) – Seção tubular de um bueiro operando no limite de conduto livre;  
 (d) – Seção tubular de um bueiro operando regime de escoamento forçado.

Segundo o DNIT (2006), o dimensionamento hidráulico de bueiros e canais deve ser realizado com base na Equação de Manning, associada à Equação da Continuidade, garantindo um fluxo eficiente e adequado à vazão projetada. Equação (6).

$$Q = \frac{AH \cdot RH^{2/3} \cdot I^{1/2}}{n} \quad (6)$$

Onde:

Q - vazão do bueiro (m<sup>3</sup>/s);

AH - área molhada (m<sup>2</sup>);

RH - raio hidráulico (m);

I - declividade do bueiro (m/m);

n - coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional);

A área molhada e o perímetro molhado foram obtidos através das Equações (7) e (8).

Área molhada:

$$AH = \frac{\phi - \text{sen}\phi}{8} \times D^2 \quad (7)$$

Sendo:

AH - Área molhada (m<sup>2</sup>);

$\phi$  - Ângulo (rad);

D - Diâmetro (m).

Perímetro molhado:

$$PH = \frac{\phi}{2} \times D \quad (8)$$

Sendo:

PH - Perímetro molhado (m);

$\phi$  - Ângulo (rad);

D - Diâmetro da seção transversal (m).

A partir da área molhada e o perímetro molhado determina-se o raio hidráulico conforme Equação 9.

$$RH = \frac{AH}{PH} \quad (9)$$

Sendo:

RH - raio hidráulico (m);

AH - área da seção molhada (m<sup>2</sup>);

PH: - perímetro molhado (m).

## 5 RESULTADOS E ANÁLISE

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos a partir da avaliação das estruturas hidráulicas implantadas no trecho da área de estudo, verificadas *in loco* por meio de visita técnica. Também realizar um comparativo entre os dados coletados durante a pesquisa, incluindo a delimitação das microbacias e microdrenagem, com os resultados hidráulicos determinados, a fim de avaliar a eficiência do sistema de drenagem e sua conformidade com os parâmetros técnicos estabelecidos.

### 5.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

#### 5.1.1 Tempo de Concentração

O tempo de concentração da bacia foi determinado por meio da Equação de Kirpich, apresentada na Equação (2).

Tabela 9 – Tempo de Concentração

Dados	P1	P4
Comprimentos do talvegue	2,13102 km	1,109497km
Desnível	35 m	12 m
Tempo de Concentração	$tc = 57 \left( \frac{2,13102^3}{35} \right)^{0,385}$ $tc = 34,75 \text{ min}$	$tc = 57 \left( \frac{1,109497^3}{12} \right)^{0,385}$ $tc = 42,84 \text{ min}$

Fonte: Autoria Própria (2025)

### 5.1.2 Intensidade de Precipitação

Os coeficientes K, a, b e c, utilizados para a determinação da intensidade de precipitação na Equação (2), foram adotados a partir do artigo Aragão (2024). Esse estudo disponibiliza os parâmetros específicos para o município de Rio Tinto - PB, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 10 – Intensidade da precipitação

Dados	P1	P4
Duração (tc)	34,45 min	42,84 min
Frequência (Tr)	25 anos	25 anos
Intensidade da precipitação (i)	$i = \frac{1335,12 \times 25^{0,166}}{(34,75 + 12,53)^{0,78}}$ $i = 112,6 \text{ mm/h}$	$i = \frac{1335,12 \times 25^{0,166}}{(42,84 + 12,53)^{0,78}}$ $i = 99,55 \text{ mm/h}$

Fonte: Autoria Própria (2025)

### 5.1.3 Escoamento Superficial

A definição do escoamento de escoamento superficial (vazão máxima) foi realizada com base na Equação 3. O coeficiente de run-off foi obtido a partir da Tabela 4, para terrenos cultivados em zonas altas, que variam entre 0,15 e 0,40. Dessa forma, foi adotado o valor de 0,40 para os cálculos.

Tabela 11 – Cálculo da Vazão Máxima (Q)

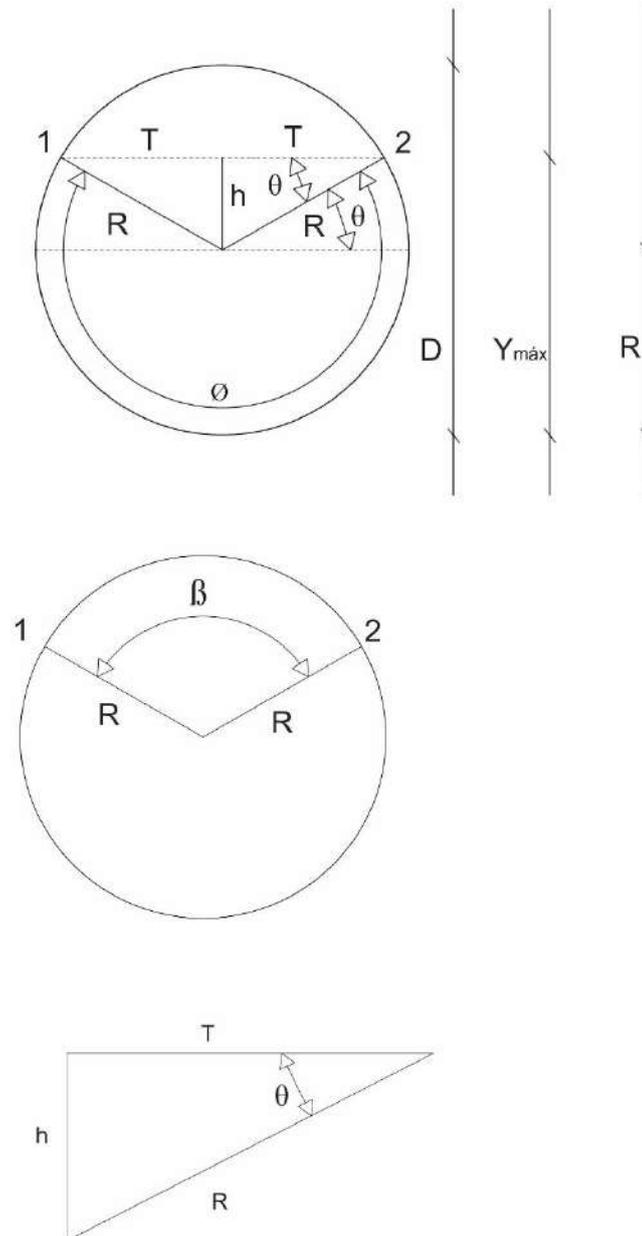
Dados	P1	P4
Coefficiente de perdas, ou coeficiente run-off (C)	0,40	0,40
Área de drenagem (A)	0,9133964 km <sup>2</sup>	1,109497 km <sup>2</sup>
Intensidade da precipitação (i)	112,6 mm/h	99,55 mm/h
Vazão (Q)	$Q = 0,278 \times 0,40 \times 112,6 \times 0,9133964$ $Q = 11,44 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 0,278 \times 0,40 \times 99,5 \times 1,109497$ $Q = 12,28 \text{ m}^3/\text{s}$

Fonte: Autoria Própria (2025)

## 5.2 ESTRUTURAS HIDRÁULICAS EXISTENTES NO TRECHO DE ESTUDO

Para verificar a capacidade hidráulica realizou-se os cálculos das vazões dos dois BSTC instalados no trecho da PB-033 da área de estudo (Figura 20). Para essa análise, considerou-se uma declividade de 0,033, uma altura de lâmina d'água de  $Y_{\text{máx}} = 0,9D$  e adotou-se o coeficiente de rugosidade de Manning de 0,013, correspondente ao concreto liso, material utilizado na construção dos bueiros. A escolha desses parâmetros baseou-se na inspeção realizada in loco durante a visita técnica à área de estudo, informações na Tabela 6, garantindo a precisão das informações empregadas nos cálculos.

Figura 20 – Configuração dos bueiros



Fonte: Autoria Própria (2025).

### 5.2.1 Análise hidráulica do BSTC 1 (P1)

1. Dados do levantamento in loco, através de visita técnica:

1.1 Comprimento do bueiro  $\rightarrow$  20,16 m;

1.2 Seção tubular  $D = 0,60$  m;

1.3 Lâmina máxima de 90% x  $D = 0,54$  mm;

1.4 Índice ou coeficiente de rugosidade das paredes (Manning)  $n = 0,013$ ;

1.5 Declividade longitudinal do bueiro  $I = 0,033$  m/m.

## 2. Cálculo:

$$Y_{\text{máx}} = 90\% \times 0,60 \text{ m} = 0,54 \text{ m};$$

$$h = 0,54 - 0,30 = 0,24 \text{ m};$$

$$R \times \text{sen}(\theta) = 0,24;$$

$$\theta = \arcsen(0,24 / 0,30)$$

$$\theta = 53,13^\circ;$$

$$2\theta = 106,26^\circ;$$

$$\emptyset = 180^\circ + 106,26^\circ = 286,26^\circ;$$

$$\emptyset (\text{rad.}) = 4,99618.$$

### 2.1 Cálculo da área molhada

$$AH = \frac{4,99618 - \text{sen}(4,99618)}{8} \times 0,60^2 \rightarrow AH = 0,2680 \text{ m}^2;$$

### 2.2 Cálculo do perímetro molhado

$$PH = (\emptyset / 2) \times D$$

$$PH = (4,99618 / 2) \times 0,60 = 1,498 \text{ m};$$

### 2.3 Cálculo do raio hidráulico;

Norma DNIT 023/2024 – Es

$$RH = \frac{0,2680}{1,498} \rightarrow RH = 0,1789 \text{ m};$$

### 2.4 Vazão de escoamento.

$$Q = \frac{0,2680 \times 0,1789^{2/3} \times 0,033^{1/2}}{0,013} \rightarrow Q = 1,190 \text{ m}^3/\text{s}.$$

A partir dos cálculos realizados, verificou-se que a capacidade do BSTC 1 é de 1,190 m<sup>3</sup>/s. No entanto, ao comparar esse valor com a vazão estimada da área de drenagem (P1), de 11,44 m<sup>3</sup>/s, constata-se que o bueiro não foi dimensionado para suportar integralmente a vazão da bacia. Essa limitação pode comprometer a eficiência do escoamento das águas pluviais, resultando em uma sobrecarga no sistema de drenagem e resultando em possíveis alagamentos e impactos negativos no entorno do BSTC, o que pode afetar a infraestrutura viária e a segurança da rodovia vicinal PB-033.

### 5.2.2 Análise hidráulica do BSTC 2 (P4)

1. Dados do levantamento in loco, através de visita técnica:

1. Dados do Projeto:

1.1 Comprimento do bueiro → 15,40 m;

1.2 Seção tubular: D = 1 m;

1.3 Lâmina máxima de 90% x D = 0,90 m;

1.4 Índice ou coeficiente de rugosidade das paredes (Manning) n = 0,013;

1.5 Declividade longitudinal do bueiro I = 0,033 m/m.

2. Cálculo:

$$Y_{\text{máx}} = 90\% \times 1 \text{ m} = 0,90 \text{ m};$$

$$h = 0,90 - 0,50 = 0,40 \text{ m};$$

$$R \times \text{sen}(\theta) = 0,40;$$

$$\theta = \arcsen(0,40 / 0,50)$$

$$\theta = 53,13^\circ;$$

$$2\theta = 106,26^\circ;$$

$$\emptyset = 180^\circ + 106,26^\circ = 286,26^\circ;$$

$$\emptyset (\text{rad.}) = 4,99618.$$

2.1 Cálculo da área molhada

$$AH = \frac{4,99618 - \text{sen}(4,99618)}{8} \times 1,0^2 \rightarrow AH = 0,5045 \text{ m}^2;$$

## 2.2 Cálculo do perímetro molhado

$$PH = (\emptyset / 2) \times D$$

$$PH = (4,99618 / 2) \times 1,0 = 2,4981 \text{ m};$$

## 2.3 Cálculo do raio hidráulico

Norma DNIT 023/2024 - ES

$$RH = \frac{0,5045}{2,4981} \rightarrow RH = 0,202 \text{ m};$$

## 2.4 Vazão de escoamento

$$Q = \frac{0,5045 \times 0,202^{2/3} \times 0,033^{1/2}}{0,013} \rightarrow Q = 2,42 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Com base nos cálculos realizados, verificou-se que a capacidade do BSTC 2 é de 2,42 m<sup>3</sup>/s. No entanto, ao comparar esse valor com a vazão estimada da área de drenagem (P4), de 12,28 m<sup>3</sup>/s, constata-se que o bueiro não é adequado para suportar integralmente a vazão da bacia. Essa inadequação pode comprometer a eficiência do escoamento das águas pluviais, resultando em possíveis alagamentos e impactos negativos no entorno do BSTC, o que pode afetar a infraestrutura viária e a segurança da rodovia vicinal PB-033.

## 6 PROPOSTA PARA REDIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DO SISTEMA

Para verificar a capacidade hidráulica do sistema, foram realizados cálculos para determinar as vazões máximas dos bueiros instalados no trecho em estudo da PB-033, especificamente o BSTC 1, correspondente à área de drenagem P1, com uma vazão de 1,190 m<sup>3</sup>/s, e o BSTC 2, localizado na área de drenagem P4, com uma vazão de 2,42 m<sup>3</sup>/s. Os resultados indicaram que as capacidades hidráulicas dos bueiros são significativamente inferiores às vazões estimadas, que correspondem a 11,44 m<sup>3</sup>/s na área de drenagem P1 e 12,28 m<sup>3</sup>/s na área de drenagem (P4). Dessa forma, verifica-se que o sistema hidráulico instalado está

sujeito a sobrecarga, resultando na insuficiência hidráulica dos bueiros, o que pode comprometer a eficiência da drenagem e aumentar o risco de alagamentos na região.

Do exposto, propõe-se o redimensionamento hidráulico do sistema, que foi elaborado por meio de um processo de tentativa e erro, permitindo a determinação de um dimensionamento adequado, que será apresentado a seguir.

## 6.1 PROPOSTA HIDRÁULICA PARA DO BSTC

1. Dados do levantado in loco, através de visita técnica:

1.a Seção tubular:  $D = 1,30 \text{ m}$ ;

1.3 Lâmina máxima de  $90\% \times D = 1,17 \text{ m}$ ;

1.4 Índice ou coeficiente de rugosidade das paredes (Manning)  $n = 0,013$ ;

1.5 Declividade longitudinal do bueiro  $I = 0,033 \text{ m/m}$ .

2. Cálculo:

$$Y_{\text{máx}} = 90\% \times 1,30 \text{ m} = 1,17 \text{ m};$$

$$h = 1,17 - 0,65 = 0,50 \text{ m};$$

$$R \times \text{sen}(\theta) = 0,50;$$

$$\theta = \arcsen(0,50 / 0,65);$$

$$\theta = 53,13^\circ;$$

$$2\theta = 106,26^\circ;$$

$$\emptyset = 180^\circ + 106,26^\circ = 286,26^\circ;$$

$$\emptyset (\text{rad.}) = 4,99618.$$

2.1 Cálculo da área molhada

$$AH = \frac{4,99618 - \text{sen}(4,99618)}{8} \times 1,30^2 \rightarrow AH = 0,8526 \text{ m}^2;$$

2.2 Cálculo do perímetro molhado

$$PH = (\emptyset / 2) \times D$$

$$PH = (4,99618 / 2) \times 1,30 = 3,2475 \text{ m};$$

### 2.3 Cálculo do raio hidráulico

Norma DNIT 023/2024 – Es

$$RH = \frac{0,8526}{3,2475} \rightarrow RH = 0,2625 \text{ m};$$

### 2.4 Vazão de escoamento

$$Q = \frac{0,8526 \times 0,2625^{2/3} \times 0,033^{1/2}}{0,013} \rightarrow Q = 4,88 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Conforme demonstrado pelos cálculos realizados, um BSTC com 1,3 metros de diâmetro possui uma capacidade de vazão de 4,88 m<sup>3</sup>/s. Diante desse resultado, recomenda-se a instalação de três BSTCs com as mesmas dimensões, o que resultaria em uma vazão total de 14,64 m<sup>3</sup>/s. Esse valor se mostra superior às vazões estimadas na Tabela 11, que correspondem a 11,44 m<sup>3</sup>/s na área de drenagem (P1) e 12,28 m<sup>3</sup>/s na área de drenagem (P4). Dessa forma, essa solução se configura como uma alternativa viável para os dois pontos de bueiros analisados, assegurando uma margem de segurança no escoamento das águas pluviais e reduzindo riscos de alagamentos e erosões.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo analisar e verificar a conformidade da drenagem de transposição de talvegues da rodovia vicinal PB-033, no trecho que compreende Praia de Campina / Entroncamento PB-035 / Rio Tinto. A pesquisa avaliou a eficiência do sistema de drenagem existente, considerando parâmetros hidrológicos, geomorfológicos e normativos. Na verificação da readequação do projeto de drenagem identificou-se, a implantação de bueiros em trechos que não havia sido recomendado no projeto de drenagem original; os exemplos dos P1 e P4. Estas readequações, ainda assim, não foram dimensionadas suficientemente para atender às demandas de vazão determinadas no cálculo hidrológico. Essas vazões só poderiam ser atendidas, conforme recomendações do DNIT (2006), com um BTTC, permitindo uma maior capacidade hidráulica e reduzindo o risco de insuficiência no sistema de drenagem.

Os resultados obtidos demonstraram que os bueiros instalados na PB-033 possuem capacidade hidráulica insuficiente para suportar a vazão máxima de cheia com período de retorno de 25 anos. Essa adequação visa atender a essa demanda, garantindo maior eficiência do sistema de drenagem e alinhando-se às estratégias de adaptação climática em um cenário de mudanças climáticas das microbacias analisadas.

O BSTC 1, localizado na latitude  $6^{\circ}50'0.75''S$  e longitude  $35^{\circ}0'39.34''O$ , na área de drenagem (P1), com uma área de drenagem de  $0,913964 \text{ km}^2$  e uma rede de drenagem de  $2,13102 \text{ km}$ , apresentou uma capacidade de escoamento de  $1,190 \text{ m}^3/\text{s}$ , enquanto a vazão da bacia foi estimada em  $11,44 \text{ m}^3/\text{s}$ , evidenciando uma diferença significativa. Da mesma forma, o BSTC 2, situado na latitude  $6^{\circ}50'27.84''S$  e longitude  $34^{\circ}59'35.32''O$ , na área de drenagem (P4), com uma área de drenagem de  $1,109497 \text{ km}^2$  e uma rede de drenagem de  $1,78801 \text{ km}$ , apresentou uma capacidade de  $2,42 \text{ m}^3/\text{s}$ , valor muito inferior à vazão estimada da bacia, que corresponde a  $12,28 \text{ m}^3/\text{s}$ . Estes resultados indicam que os bueiros não foram dimensionados para atender integralmente às demandas hidráulicas da região, o que pode resultar em alagamentos e erosões ao longo da rodovia.

Diante dessa constatação, fez-se uma proposta de readequação do dimensionamento dos bueiros, considerando a necessidade de um sistema de drenagem mais eficiente para rodovia vicinal PB-033. O redimensionamento indicou que a instalação de um BTTC com diâmetro de  $1,3 \text{ metros}$  resultaria em uma vazão total de  $14,64 \text{ m}^3/\text{s}$ , valor superior às vazões estimadas das microbacias, garantindo segurança e eficiência no escoamento das águas pluviais. Essa solução está alinhada às diretrizes estabelecidas pelo DNIT (2006).

Azevedo Netto (2019), enfatiza que o planejamento e o dimensionamento adequado da drenagem são fundamentais para garantir a durabilidade e a segurança da infraestrutura viária, prevenindo falhas estruturais que possam comprometer a trafegabilidade das rodovias.

Com base nas análises realizadas, conclui-se que o dimensionamento dos BSTC na PB-033 é um fator determinante para a eficiência da drenagem na região, por não suportar a vazão encontrada na pesquisa, tornando necessária medida corretiva para prevenir impactos ambientais e estruturais no corpo estradal. Diante disso, recomendou-se a readequação dos dispositivos existentes, por meio da implantação de bueiros com maior capacidade de vazão a fim de atender à demanda hidráulica da área. Além disso, sugere-se a implementação de um plano de monitoramento e manutenção periódica do sistema de drenagem, sob responsabilidade do DER-PB, garantindo a sua eficiência e funcionalidade a longo prazo.

Por fim, este estudo contribui para a engenharia rodoviária e a infraestrutura viária do estado, fornecendo dados técnicos relevantes para futuros trabalhos acadêmicos e projetos de

drenagem, destacando a importância da análise hidrológica no dimensionamento de sistemas de drenagem para transposição de talvegues. Além disso, a continuidade de pesquisas sobre a relação entre drenagem e estabilidade viária é essencial para o aprimoramento das diretrizes técnicas, garantindo maior segurança e eficiência das rodovias vicinais na Paraíba e em outras regiões do Brasil.

## REFERÊNCIAS

- AESA-PB – Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba. **Dados da Estação Meteorológica Código 635127**. Disponível em <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- AGG, T. R. **Construção de estradas e pavimentações**. Rio de Janeiro: Ao livro técnico, 1957, 526p.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **HidroWeb: Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- ANTAS, Paulo Mendes *et ali*. **Estradas: projeto geométrico e de terraplenagem**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010, 11p.
- ARAGÃO, R.; COSTA F. F.; RUFINO, I. A. A.; SRINIVASAN, V. S.; NETO, J. L. F.; **Intensity-Duration-Frequency equations (IDF) for the state of Paraíba, Brazil, and regionalization of its parameters**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 28, n. 10, out. 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n10e283679>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- AZEVEDO NETTO, J. M.; ALVAREZ, C. V. **Engenharia de Drenagem: Princípios e Aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, 2019.
- AZEVEDO, G. A. **Proposta de Readequação do Sistema de Drenagem Quilômetro 29,1 da Rodovia MG-167**. Varginha: UNIS, 2017.
- BRASIL. Código de Trânsito Brasileiro: Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 set. 1997. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19503.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503.htm). Acesso em: 10 jan. 2025.
- BRITO, J.; SANTOS, F. **Sistemas de Macrodrenagem em Rodovias**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2020.
- CANHOLI, A. P. **Hidrologia Aplicada a Sistemas de Drenagem Urbana**. São Paulo: Editora Blücher, 2020.
- CASARIN, R. D. **Controle de erosão em estradas rurais não pavimentadas utilizando sistema de terraceamento com gradiente associado a bacias de captação**. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia na área irrigação e drenagem) – Faculdade de ciências agrônômicas. Universidade estadual paulista, Botucatu, 2008.
- CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1988.

CNT. **Pesquisa Confederação Nacional do Transporte de Rodovias 2022**. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/>. Acesso em: 13 out. 2023.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 1. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 023/2006 – ES: Drenagem superficial – Bueiros – Procedimento**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

DEMARCHI, L. C. **Adequação de estradas rurais**. Campinas: Coordenadoria de assistência técnica Integral, jul. 2003, 64 p. (Manual técnico, 77).

DER-PB - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DA PARAÍBA. Projeto Executivo de Engenharia para Obra de Pavimentação, Relatório do Projeto e Documentação Volume 1, Projeto de Execução, Volume 2 e Memoria e justificava, Volume 3 Rodovia PB – 033, Trecho: Praia de Campina/ Entrocamento PB - 035 / Rio Tinto. João Pessoa, 2022.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual básico de estradas vicinais: Planejamento, projeto, construção e operação**. Vol. I. São Paulo: Editora Imprensa Oficial do Estado S.A. IMESP, 2012, 40p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (Brasil). ISF-208: **Estudos Hidrológicos**. Brasília, 2015.

\_\_\_\_\_. **Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos/Instruções de Serviço**. Ministério dos Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação IPR-726. Brasília, 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br>. Acesso em: 15 jan. 2025.

\_\_\_\_\_. **Manual de Hidrologia Básica para Estrutura de Drenagem**. Ministério dos Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação IPR-715. Brasília, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br>. Acesso em: 15 jan. 2025.

\_\_\_\_\_. **Manual de Implantação Básica de Rodovias**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br>. Acesso em: 15 jan. 2025.

\_\_\_\_\_. **Manual Básico de Estradas Vicinais – Volume I**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, 2012. p. 40. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br>. Acesso em: 15 jan. 2023.

DIOGO, F. A.; SCIAMMARELLA, J. C. **Manual de pavimentação urbana**. Drenagem: manual de projetos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2008.

**DOTTO, F. M. Verificação do Dimensionamento de Dispositivos de Drenagem na Travessia Urbana de Santa Maria.** 2015. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Cap. 1.

**FERREIRA, J. B. Apostila da disciplina de estradas.** Faculdade de engenharia de Guaratinguetá, Universidade estadual paulista, Guaratinguetá, 2008, 102p.

**GRIBBIN, J. E. Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais.** Tradução de Glauco Peres Damas. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

**JABÔR, L. Hidrologia Aplicada ao Dimensionamento de Bueiros.** São Paulo: Editora USP, 2013.

**JABÔR, L. Drenagem de Rodovias: Estudo de Drenagem e Projeto de Drenagem.** Edição 2020.

**LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Metodologia Científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

**LEE, Shu Han. Introdução ao projeto geométrico de rodovias.** Florianópolis: UFSC, 2002.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL. Diagnóstico do Município de Rio Tinto - PB Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea.** Disponível em: [https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/16305/1/Rel\\_Rio\\_Tinto.pdf](https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/16305/1/Rel_Rio_Tinto.pdf). Acesso em: 10 jan. 2025.

**MORALES, Paulo Roberto Dias. Curso de drenagem urbana e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2003. 176 p. Apostila.

**PEREIRA, D. M. Dispositivos de drenagem para obras rodoviárias.** Curitiba-PR. Editora UFPR, 2015.

**PIMENTA, Carlos R. T. Projeto geométrico de rodovias.** Rio de Janeiro: LTC, 2017, 408p.

**SILVA, A. C.; OLIVEIRA, B. R. Bueiros e Galerias em Infraestrutura Rodoviária.** Curitiba: Editora UFPR, 2017.

**SOUZA, D.; PEREIRA, G.; NASCIMENTO, T. Sistemas GNSS e RTK: princípios e aplicações.** Belo Horizonte: Editora Geodésia, 2021.

**THOMAS, C. A. Pavimentação de Estradas Vicinais.** Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo -SP, 1984, 58p.

**TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação.** Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1997.

**\_\_\_\_\_ . Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas.** Porto Alegre: Editora UFRGS, 2003.

VISSMAN, W.; LEWIS, G. L. **Introduction to Hydrology**. New York: Harper & Row, 1996.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Foto da ida a campo para coletar dados, 21 fev. 2025.



Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE B – Foto montagem do equipamento para levantamento topográfico



Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE C – Foto da saída de um BSTC, onde uma vazão forte acaba provocando erosão no solo



Fonte: Autorial Própria

APÊNDICE D – Foto de residências próximo À saída de água de um BSTC, onde há erosão no solo.



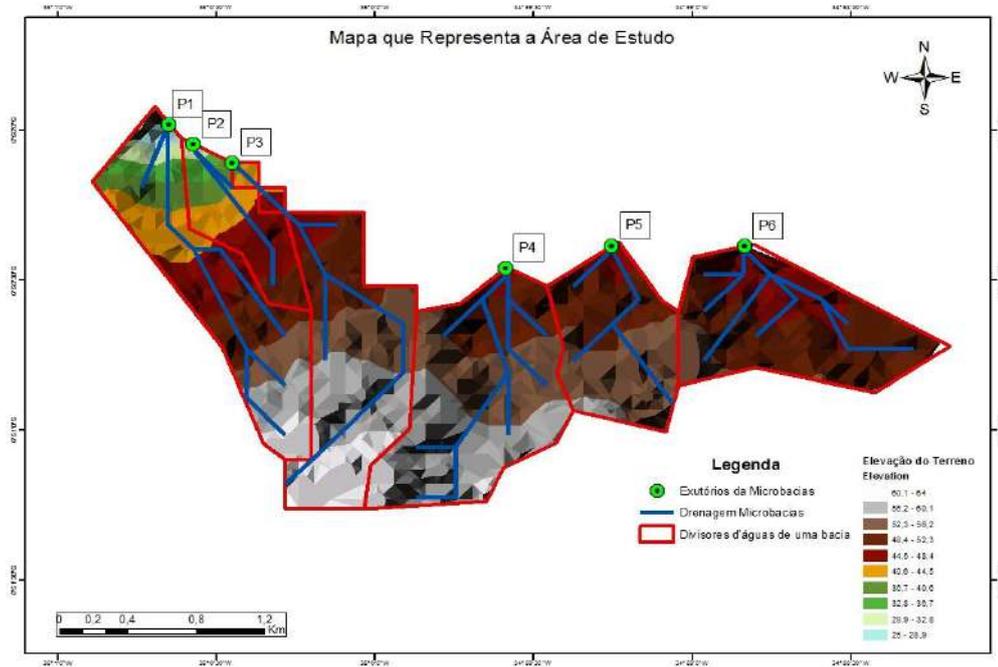
Fonte: Autorial Própria

APÊNDICE E – Foto de uma área da rodovia PB-033 que não tem dispositivos de transposição de talvegues



Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE F – Mapa que apresenta os exutórios, rede de drenagens, áreas de drenagens e os divisores d’água



Fonte: Autoria Própria

	<b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b>
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

## Documento Digitalizado Restrito

### Entrega de TCC

<b>Assunto:</b>	Entrega de TCC
<b>Assinado por:</b>	Luciano Cabral
<b>Tipo do Documento:</b>	Relatório
<b>Situação:</b>	Finalizado
<b>Nível de Acesso:</b>	Restrito
<b>Hipótese Legal:</b>	Protocolo - Pendente Análise de Restrição de Acesso (Art. 6º, III, da Lei nº 12.527/2011)
<b>Tipo do Conferência:</b>	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Luciano Lima Cabral, ALUNO (201922220031) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - JOÃO PESSOA, em 02/10/2025 15:49:02.

Este documento foi armazenado no SUAP em 28/10/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1654096

Código de Autenticação: 3b06489509

