



Prefeitura Municipal de Itapuca
Estado do Rio Grande do Sul

Estudo Hidrológico

Arroio Lajeado Ferreira

Objeto: Estudo Hidrológico do Arroio Lajeado Ferreira para Construção de Ponte Rural

Localidade: Linha Sétima, Interior do Município de Itapuca/RS

Responsável Técnico: Eng. de Minas Maurício Gabana Zucchetti CREA/RS 250814

Junho de 2025



1 Sumário

1	Sumário	2
2	Índice de Figuras	3
3	Índice de Tabelas	3
4	Informações Gerais	4
5	Considerações Iniciais	4
6	Introdução	4
7	Localização	4
8	Pluviometria.....	5
8.1	Definição do Posto Pluviométrico.....	5
8.2	Estações Pluviométricas	6
8.3	Processamento dos Dados Coletados	7
8.4	Cálculo do Índice Pluviométrico Anual	8
8.5	Máxima de Chuva Diária por Ano	9
8.6	Metodologia da Probabilidade Extrema de Gumbel	10
8.7	Mapeamento da Bacia Hidrográfica	10
8.8	Estimativa da Vazão de Pico pelo Método do Hidrograma Unitário	
Triangular	13	
8.9	Estimativa para a Cheia Histórica	14
8.10	Dimensionamento da Seção Hidráulica da Ponte	14
8.11	Considerações Complementares sobre o Comportamento Hidráulico	
Real	15	
8.12	Novo dimensionamento da altura da ponte.....	16
9	Conclusão	16



2 Índice de Figuras

Figura 1 - Mapa de Localização do ponto a ser realizado o estudo hidrológico.	5
Figura 2 - Localização das Estações pluviométricas utilizadas.....	6
Figura 3 - Máxima de chuva diária anual.	9
Figura 4 - Mapa altimétrico com delimitação da bacia e hidrografia.....	11
Figura 5 - Mapa com base cartográfica (cartas do Exército Brasileiro).	12
Figura 6 - Mapa com imagem de satélite (google Satellite).	13

3 Índice de Tabelas

Tabela 1 - Precipitações anteriores ao dia do pico.	15
--	----



4 Informações Gerais

Solicitante: Prefeitura Municipal de Itapuca/RS

Obra: Construção de ponte sobre o Arroio Lajeado Ferreira

Localidade: Linha Sétima, Interior do Município de Itapuca

Data: Junho de 2025

Descrição do Estudo: O presente estudo tem por objetivo expor as variáveis hidrológicas para a construção de ponte sobre o Arroio Lajeado Ferreira, Na Linha Sétima, interior do Município de Itapuca/RS.

5 Considerações Iniciais

Este estudo define as condições técnicas essenciais que devem ser seguidas para a obtenção dos elementos hidrológicos indispensáveis ao dimensionamento de obras de artes especiais, conforme os parâmetros mínimos estabelecidos no "Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (DNIT, 2005)."

6 Introdução

O presente documento apresenta o estudo hidrológico para auxílio no projeto de construção de uma ponte na zona rural do Município de Itapuca no Estado do Rio Grande do Sul.

Os estudos hidrológicos têm como objetivo delimitar a área de contribuição de uma bacia hidrográfica, conforme a região de interesse. Esses estudos são fundamentais para embasar decisões relacionadas a obras e intervenções como construções, reformas, instalação de dutos, edificação de barragens, elaboração de projetos de drenagem, travessias fluviais, sistemas de irrigação, avaliação de áreas sujeitas a inundações para atividades agrícolas e pecuárias, bem como para o planejamento de ocupações urbanas, como loteamentos.

Neste caso específico, o estudo visa fornecer subsídios técnicos para o projeto de uma ponte, sendo fundamental para garantir a segurança estrutural da obra e a adequada capacidade hidráulica para o escoamento das águas pluviais e fluviais. O correto dimensionamento das estruturas é essencial para evitar problemas como o represamento, a erosão das fundações e o comprometimento da estabilidade da ponte.

Um aspecto determinante nesse tipo de estudo é a definição dos tempos de retorno, que representam o intervalo médio de repetição de um determinado evento hidrológico, em termos de intensidade e duração da chuva ou vazão. Por exemplo, um tempo de retorno de 100 anos indica que o evento considerado é raro e de alta intensidade, sendo adequado para o dimensionamento de obras permanentes como pontes, assegurando que a estrutura seja capaz de suportar vazões extremas e minimizar riscos de colapsos ou danos estruturais ao longo de sua vida útil.

7 Localização

A seguir é apresentada a localização do ponto alvo do estudo hidrológico, local em que se pretende realizar a construção da ponte em questão, no Município de



Itapuca, região nordeste do estado do Rio Grande do Sul.

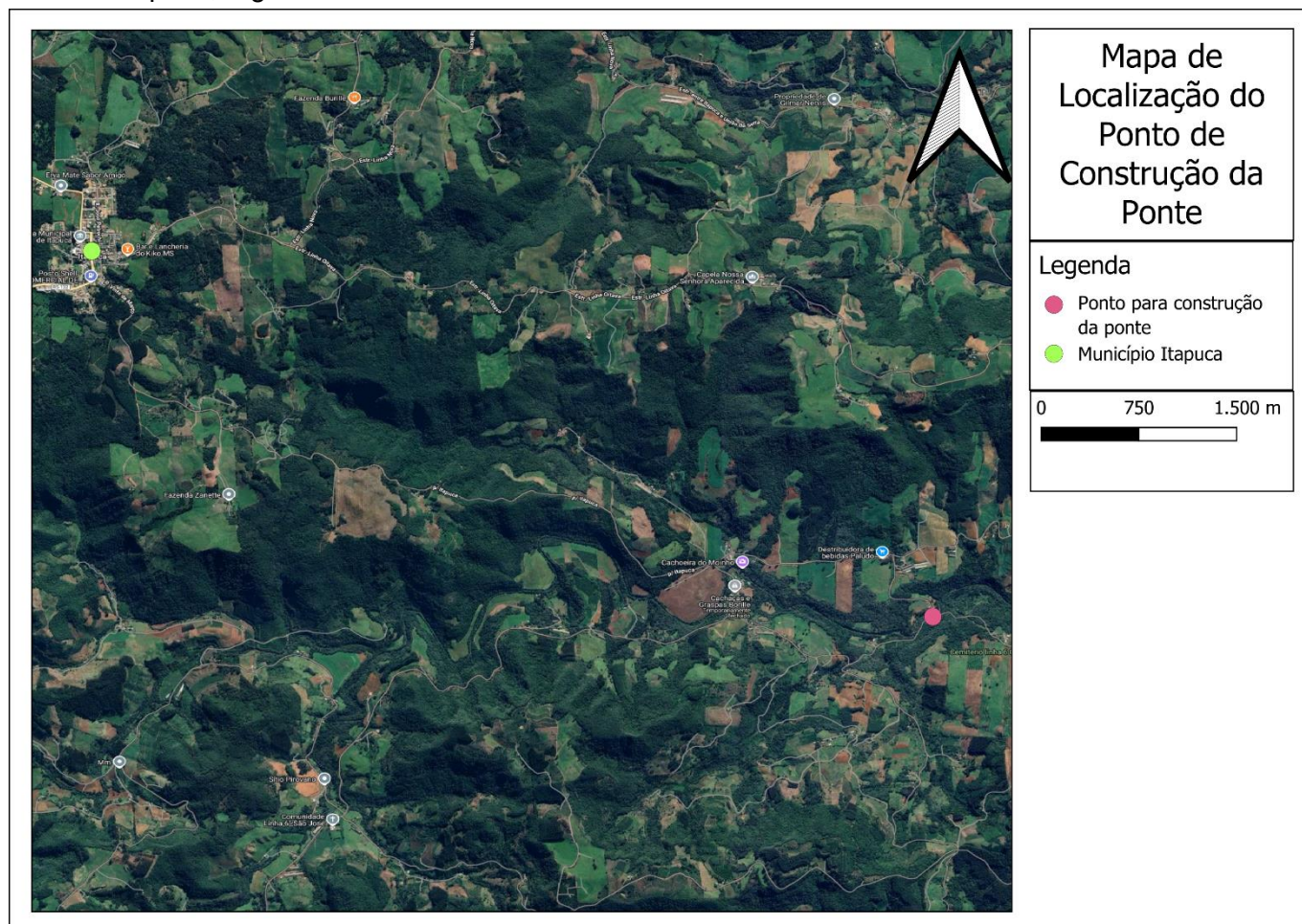


Figura 1 - Mapa de Localização do ponto a ser realizado o estudo hidrológico.

8 Pluviometria

8.1 Definição do Posto Pluviométrico

Para a definição do posto pluviométrico a ser utilizado no estudo, foi realizada uma pesquisa das estações meteorológicas existentes na região, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Foram encontrados dados de estações meteorológicas nas proximidades, como no próprio Município de Itapuca, no Município de Arvorezinha, Município de Soledade e Serafina Corrêa, porém, com algumas delas com poucos dados pluviométricos. Dessa forma para este estudo foram utilizadas os dados de duas estações meteorológicas, unificando os dados das duas em uma única planilha de forma que os dados se complementam. As estações utilizadas estão situadas no Município de Soledade, a Estação A 837 com dados mais recentes, e a Estação 2852053 com dados mais antigos. Para a confecção dos gráficos e realização dos dados foram utilizados apenas os anos que estão com a série de dados completa sendo de 2005 até 2024. Segue no mapa abaixo a localização das estações utilizadas.

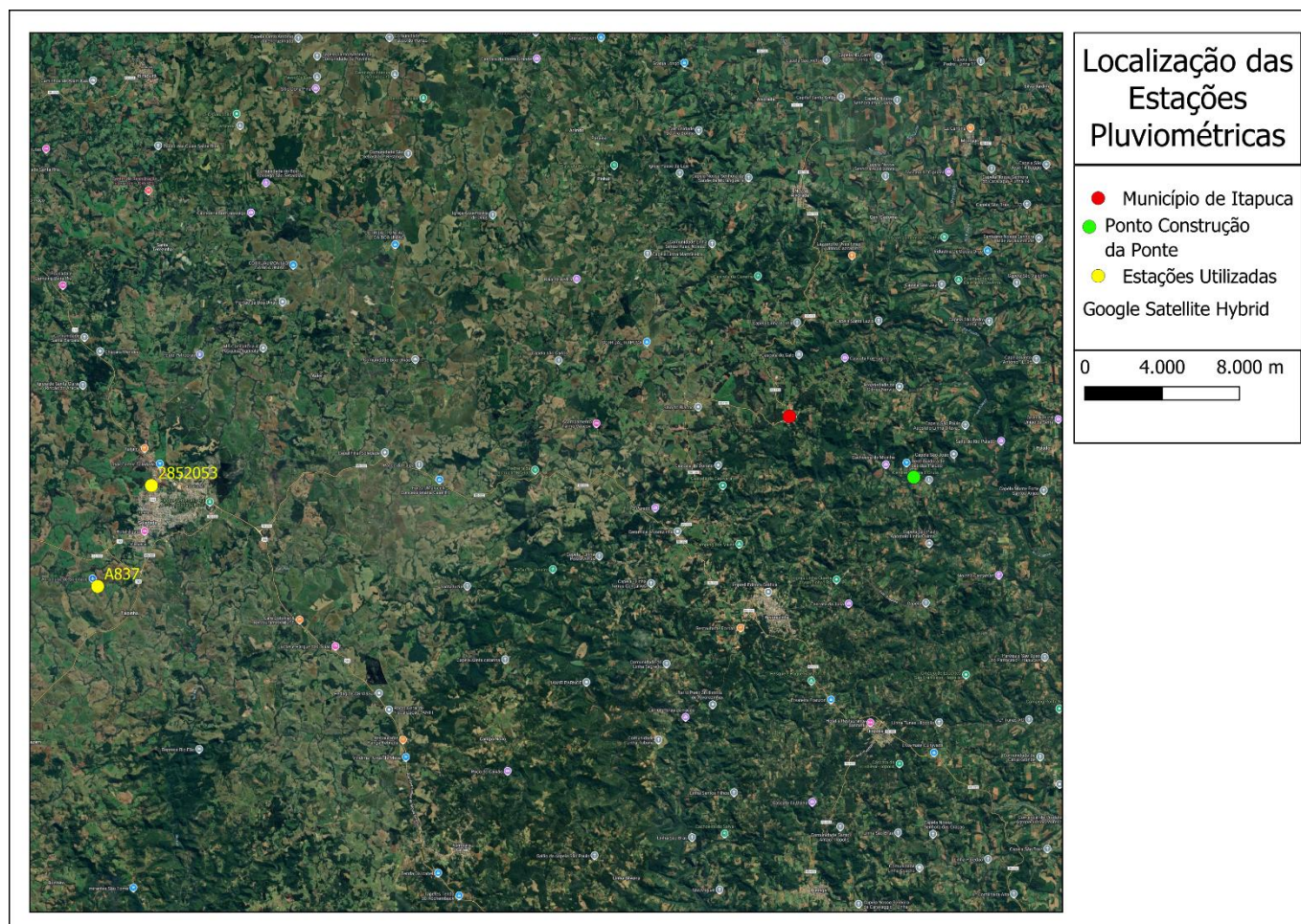


Figura 2 - Localização das Estações pluviométricas utilizadas.

8.2 Estações Pluviométricas

Dados das Estações

Dados Da Estação	
Código	A837
Responsável	INMET
Município	Soledade
Estado	Rio Grande do Sul
Bacia Hidrográfica	Rio Jacuí
Latitude	-28,86
Longitude	-52,54

Dados Da Estação	
Código	2852053



Responsável	ANA
Município	Soledade
Estado	Rio Grande do Sul
Bacia Hidrográfica	Rio Jacuí
Latitude	-28,8131
Longitude	-52,5114

8.3 Processamento dos Dados Coletados

Os dados coletados foram processados de modo a se obter os elementos de definição do regime climático da região do projeto.

Média de número de dias de chuva por mês = 12 dias de chuva por mês

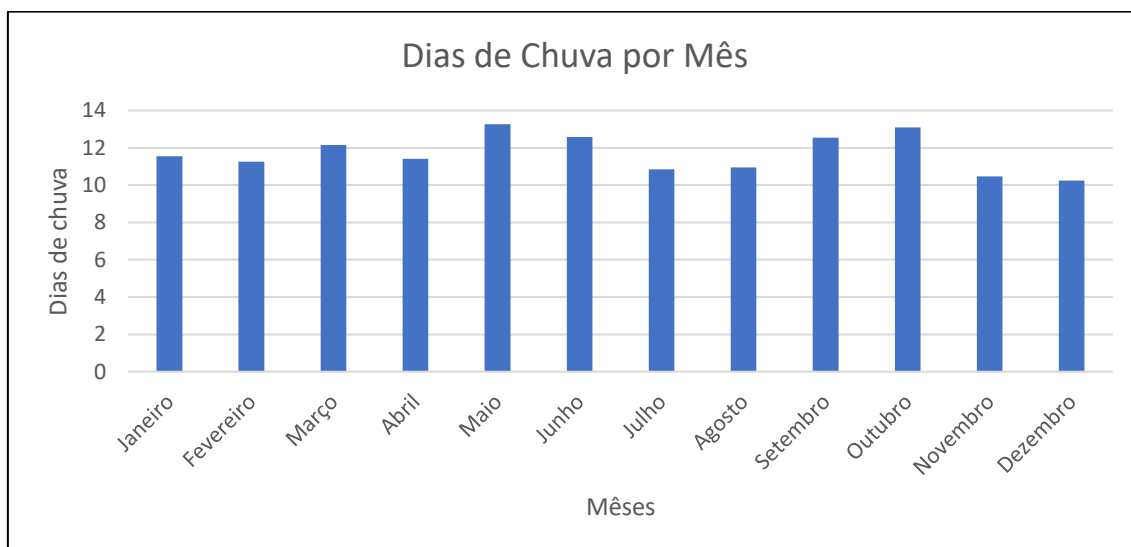


Gráfico 1 - Dias de chuva por mês.

A média do número de dias de chuva por ano foi de 140 dias/ano.

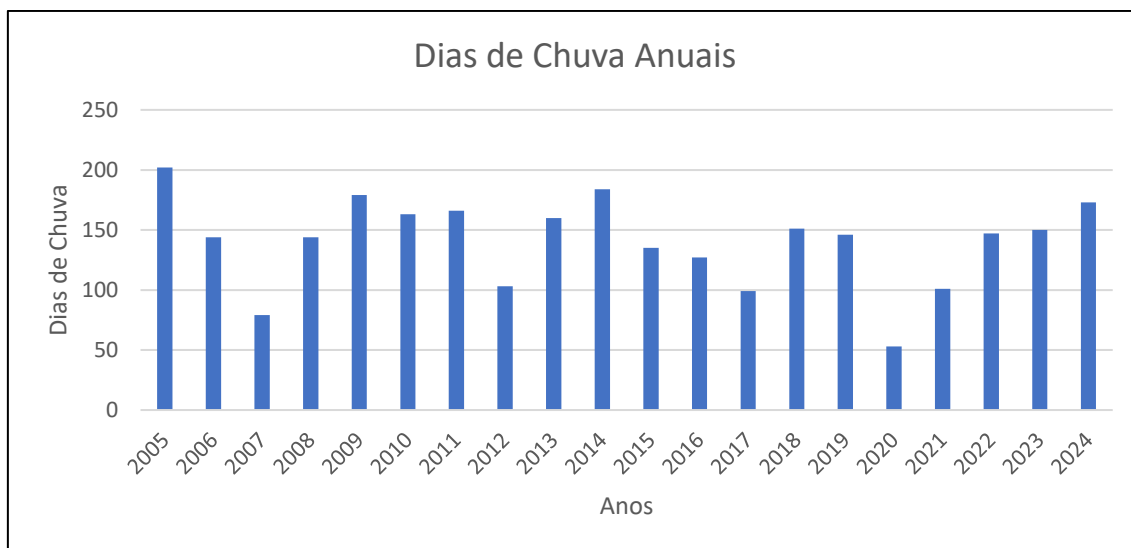


Gráfico 2 - Dias de chuva por ano.

Gráfico das chuvas totais mensais.

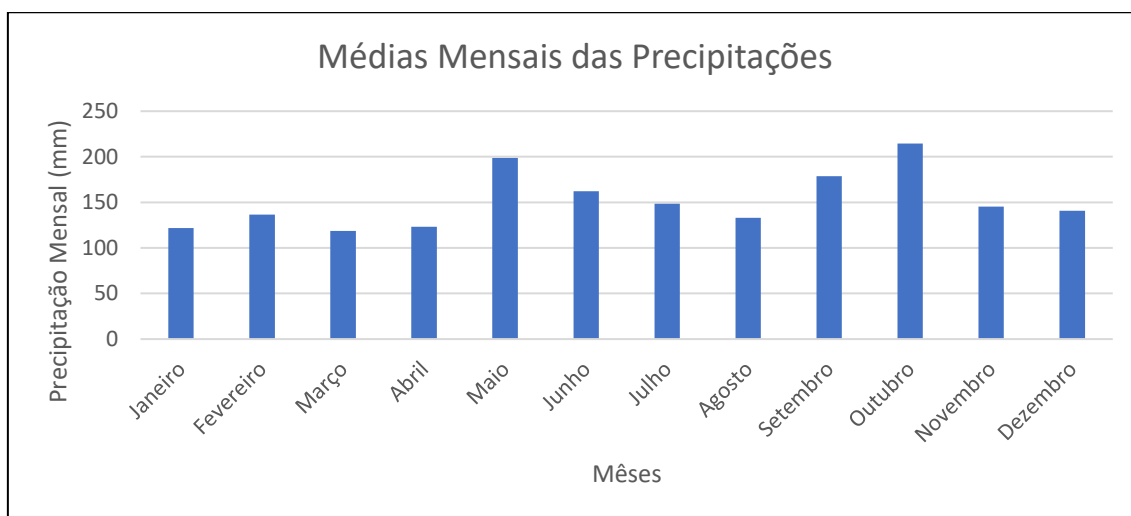


Gráfico 3 - Média de precipitação por mês.

8.4 Cálculo do Índice Pluviométrico Anual

O índice pluviométrico anual representa a soma da precipitação registrada em um local durante um ano, expressa em milímetros (mm). Esse índice representa a quantidade de água que caiu na forma de chuva ao longo do ano e um indicador fundamental para estudos hidrológicos. Nesse caso, utilizando a série de dados ao longo dos anos, foi calculado o índice pluviométrico anual médio.

Índice Pluviométrico anual médio = 1820,1 mm/ano

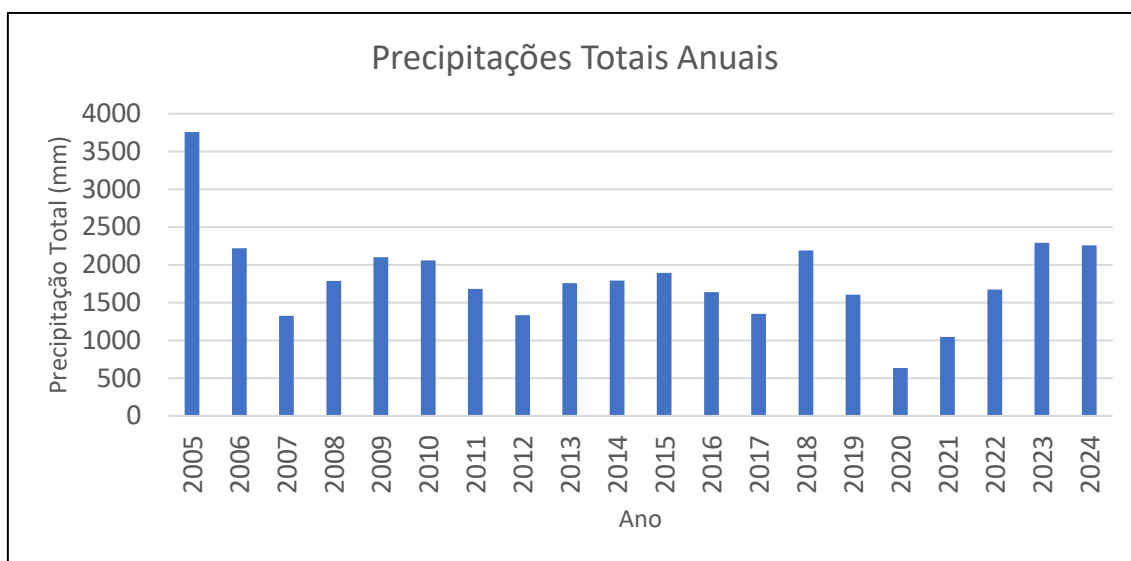


Gráfico 4 - Total de precipitações anuais.

8.5 Máxima de Chuva Diária por Ano

Para a obtenção da chuva máxima registrada, foram utilizados os dados dos anos de 2008 até 2024. Porém, cabe resaltar que esses dados abrangem um evento de chuva com máxima histórica já registrado no Estado do RS em 2024, conforme pode ser visualizado no gráfico abaixo.

A chuva máxima diária registrada foi de 249,4 mm/dia.

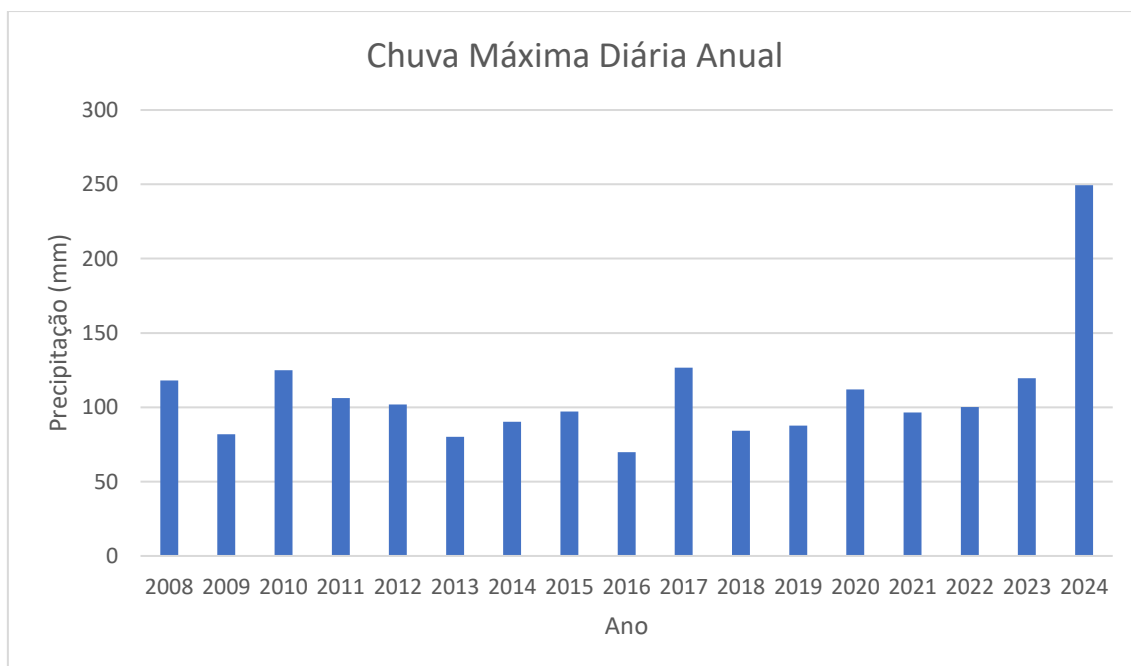


Figura 3 - Máxima de chuva diária anual.



8.6 Metodologia da Probabilidade Extrema de Gumbel

A metodologia consiste na aplicação da Distribuição de Gumbel sobre as maiores alturas anuais de precipitação registradas, com o objetivo de estimar a chuva associada a diferentes tempos de recorrência (ou de retorno), como 50, 100 ou mais anos.

O método foi desenvolvido a partir da observação de que, em diversas regiões do Brasil, ao se plotar as precipitações máximas de 1 hora e de 24 horas em um papel de probabilidade (Hershfield e Wilson), as retas obtidas tendem a interceptar um mesmo ponto no eixo das abcissas.

Esse comportamento permitiu classificar o território nacional em Isozonas, que representam áreas homogêneas quanto à distribuição das precipitações extremas. Assim, a partir da determinação da chuva máxima diária anual para cada ano do período analisado, aplica-se a Distribuição de Gumbel para estimar a chuva projetada para diversos tempos de recorrência.

Neste estudo, o método foi aplicado para estimar as precipitações máximas associadas aos tempos de recorrência de 50 anos e 100 anos, resultando, respectivamente, em 211,9 mm/dia e 233,69 mm/dia.

Entretanto, a análise dos registros pluviométricos revelou que, na enchente de maio de 2024, a precipitação máxima diária registrada pela estação foi de 249,4 mm, valor superior àquele estimado até mesmo para o tempo de recorrência de 100 anos.

Este fato evidencia uma tendência de aumento na magnitude dos eventos extremos, possivelmente associada a mudanças climáticas e à variabilidade hidrológica.

Diante disso, embora o cálculo pelo método de Gumbel tenha sido fundamental para caracterizar o comportamento estatístico das precipitações extremas na região e demonstrar a excepcionalidade da cheia histórica, optou-se por utilizar diretamente o valor observado de 249,4 mm como base para o dimensionamento da estrutura.

Tal escolha visa garantir uma margem de segurança adequada para o projeto da ponte, uma vez que o uso da chuva histórica efetivamente registrada é mais representativo das condições reais que podem impactar a área de estudo.

8.7 Mapeamento da Bacia Hidrográfica

A delimitação da bacia de contribuição foi realizada com o auxílio do software QGIS, utilizando como base o modelo digital de elevação (MDE) da região. A partir da topografia, foi possível identificar os divisores de água e traçar o contorno da bacia, bem como localizar o talvegue principal e a rede hidrográfica secundária.

Foram utilizados diferentes fundos cartográficos para melhor compreensão das características físicas e geográficas da área: dados altimétricos (raster), cartas topográficas oficiais (IBGE/Exército Brasileiro) e imagens de satélite (Google Satellite). Cada mapa produzido destaca diferentes aspectos relevantes ao estudo hidrológico, conforme apresentado a seguir:

Mapa gerado a partir de dados raster de altitude. Exibe a delimitação da bacia de contribuição com base nos divisores topográficos, além da hidrografia e do talvegue principal. A variação altimétrica permite visualizar os pontos mais altos e baixos da bacia, sendo fundamental para o cálculo do desnível utilizado na estimativa do tempo de concentração.

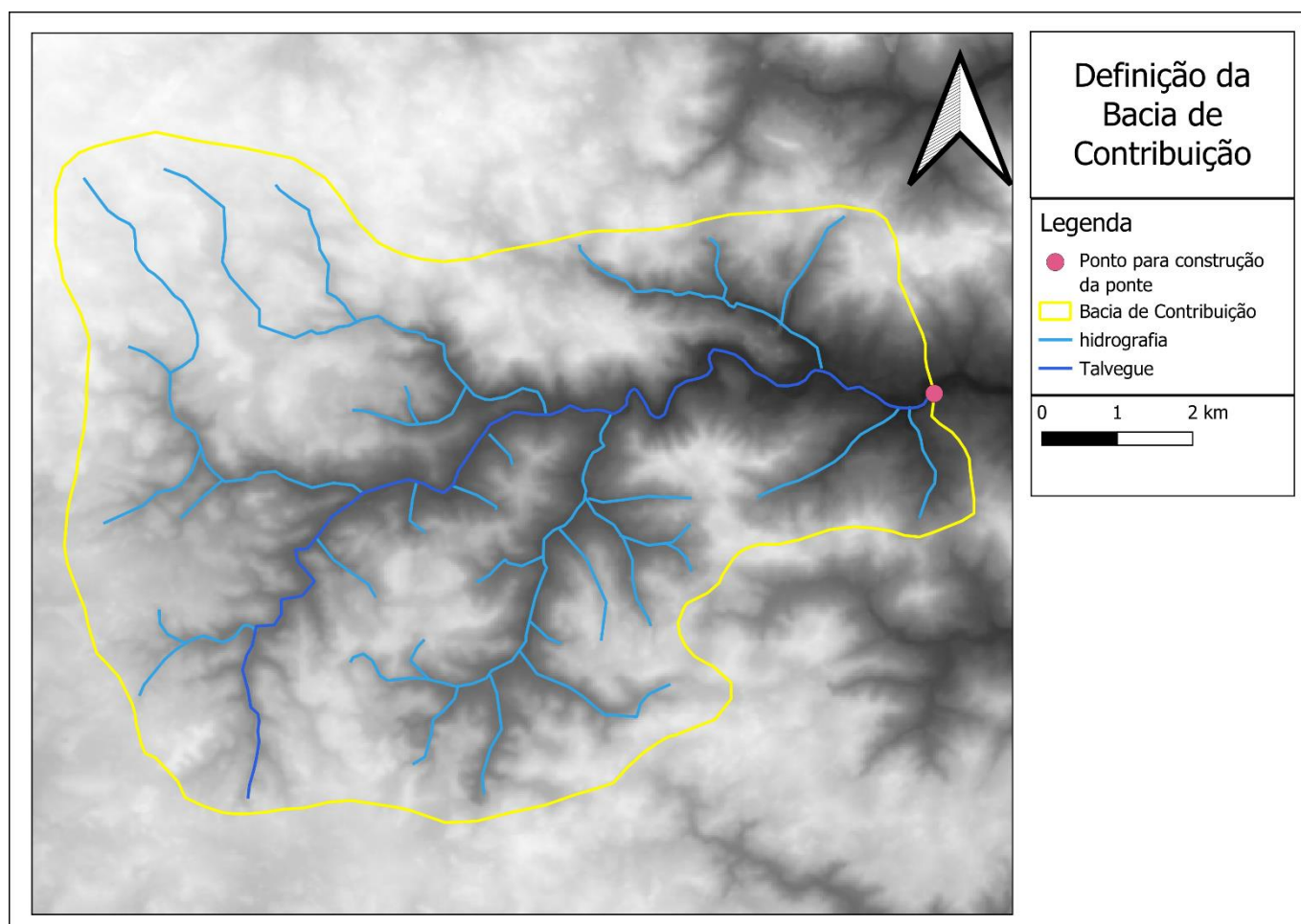


Figura 4 - Mapa altimétrico com delimitação da bacia e hidrografia.

Mapa que representa a mesma rede hidrográfica e contorno da bacia, sobrepostos às cartas topográficas oficiais. Essa visualização permite verificar a coerência da delimitação da bacia com os acidentes geográficos e curvas de nível registrados nas cartas topográficas.

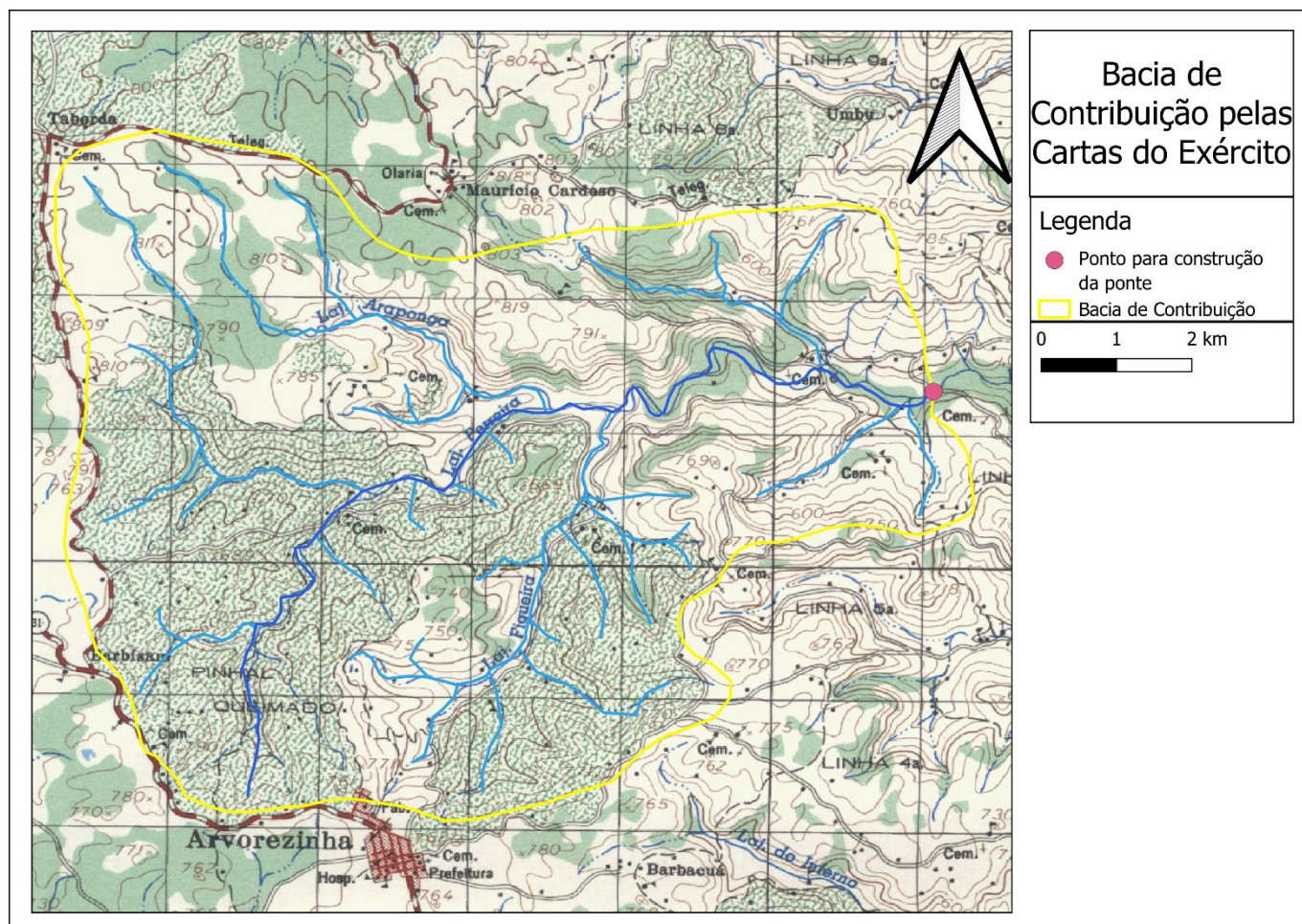


Figura 5 - Mapa com base cartográfica (cartas do Exército Brasileiro).

Mapa com fundo de imagem de satélite, útil para observar o uso e ocupação do solo, localização da travessia (ponte), vegetação, áreas agrícolas e estradas. A sobreposição da hidrografia e dos limites da bacia reforça a análise espacial do estudo hidrológico.

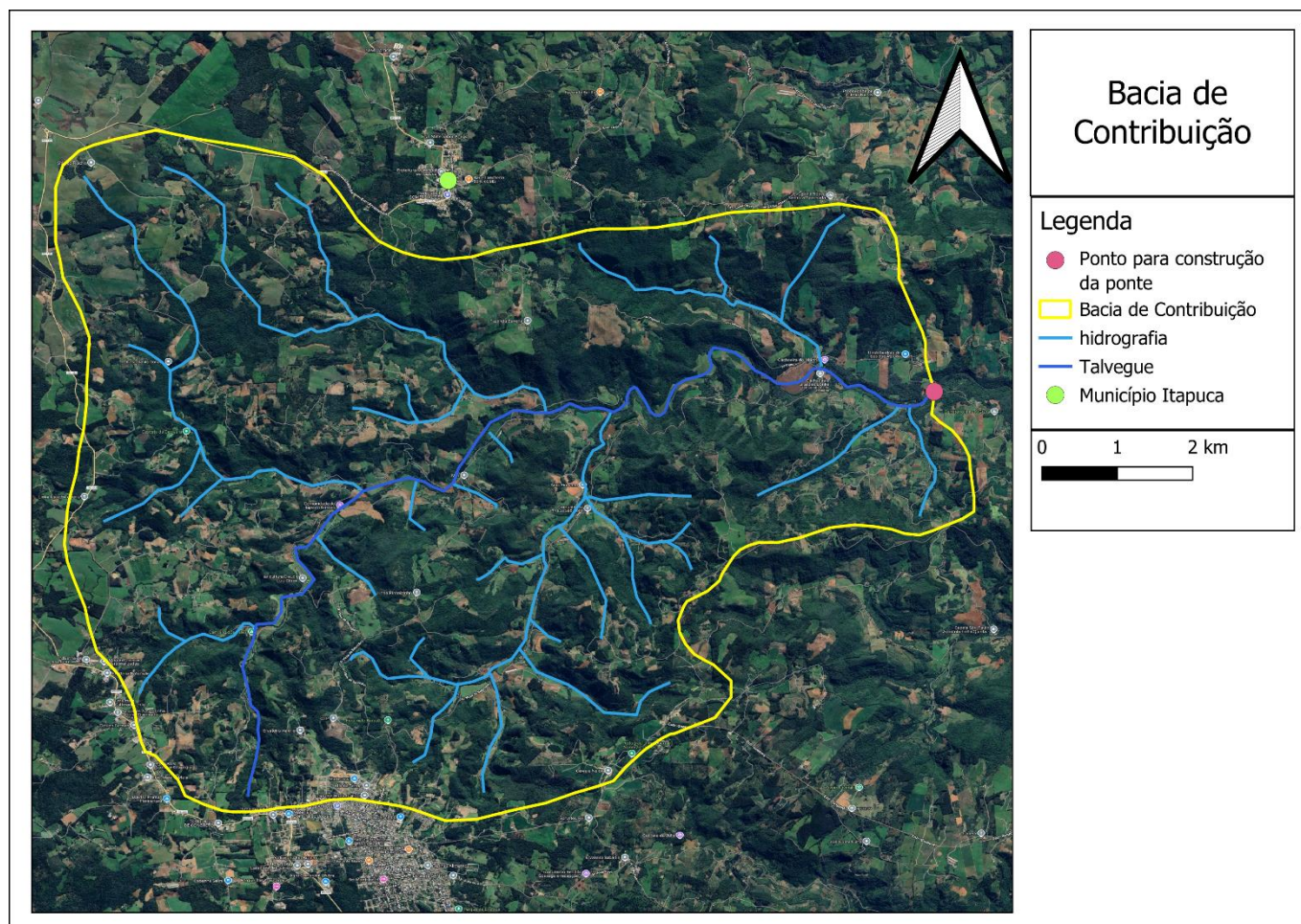


Figura 6 - Mapa com imagem de satélite (google Satellite).

8.8 Estimativa da Vazão de Pico pelo Método do Hidrograma Unitário Triangular

Com base na metodologia do hidrograma unitário sintético triangular (SCS simplificado), foi estimada a vazão de pico da bacia hidrográfica que contribui para a travessia em estudo. Este método foi adotado por ser recomendado pelo Manual de Hidrologia Básica do DNIT (IPR 715), especialmente para bacias com área superior a 2 km², como é o caso da presente bacia, cuja área de contribuição é de 87,9 km².

Para o cálculo, foi considerada uma precipitação máxima diária de 233,69 mm, correspondente a um tempo de retorno de 100 anos, conforme estimado pela Distribuição de Gumbel. O coeficiente de escoamento superficial adotado foi de 0,40, em função da cobertura predominante de vegetação nativa e áreas rurais.

A chuva efetiva (P_e), que representa a parcela da precipitação que gera escoamento superficial direto, foi estimada a partir da equação:

$$P_e = C * P$$

$$P_e = 0,40 * 233,69 = 93,48 \text{ mm}$$



O tempo de concentração (T_c) da bacia foi estimado considerando o comprimento do talvegue de 14.400 metros e um desnível de 350 metros (de 330 a 680 m de altitude), com correção para sinuosidade do rio. O valor final obtido foi de 4,21 minutos (0,0702 h). Assim, o tempo até o pico (t_p) foi estimado como metade de T_c :

$$t_p = \frac{T_c}{2} = 0,0351 \text{ h}$$

Com esses dados, a vazão de pico (Q_p) foi calculada com a fórmula do método SCS:

$$Q_p = \frac{2,08 * A * P_e}{t_p}$$

$$Q_p = \frac{2,08 * 87,9 * 93,48}{0,0351} \approx 487,14 \text{ m}^3/\text{s}$$

8.9 Estimativa para a Cheia Histórica

A fim de garantir a segurança da estrutura frente a eventos extremos, também foi considerada a chuva histórica registrada em maio de 2024, de 249,4 mm em um único dia, na estação pluviométrica mais próxima (Soledade - RS). Aplicando o mesmo procedimento demonstrado anteriormente, obteve-se:

$$P_e = 0,40 * 249,4 = 99,76 \text{ mm}$$

$$Q_p = \frac{2,08 * 87,9 * 99,76}{0,0351} \approx 519,89 \text{ m}^3/\text{s}$$

8.10 Dimensionamento da Seção Hidráulica da Ponte

Para o escoamento da vazão de pico estimada, foi dimensionada a seção hidráulica necessária, considerando uma velocidade média da água de 5,05 m/s, com base na declividade natural do leito.

A área da seção (A) foi estimada por:

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{519,89}{5,05} \approx 102,95 \text{ m}^2$$

Inicialmente, foi considerada uma seção retangular com vão de 30 metros, o



que resultaria em uma altura útil mínima de 3,43 metros.

Entretanto, adotando uma seção trapezoidal mais compatível com o perfil do leito rochoso natural, cujas medidas foram obtidas por meio de levantamento topográfico, com base inferior do trapézio de 21 metros e topo do trapézio com 30 metros, a altura necessária para atingir a mesma área hidráulica foi recalculada utilizando a fórmula da área do trapézio:

$$A = \frac{(B + b) * h}{2} \gg h = \frac{2 * A}{B + b}$$

$$h = \frac{2 * 102,95}{30 + 21} \approx 4,04 \text{ m}$$

Portanto, para a geometria trapezoidal proposta, com base de 21 metros e topo de 30 metros, a altura mínima necessária para garantir o escoamento da cheia histórica seria de aproximadamente 4,04 metros.

8.11 Considerações Complementares sobre o Comportamento Hidráulico Real

Durante a fase de inspeção em campo, foram realizadas observações importantes que complementam os resultados obtidos por meio dos cálculos hidrológicos e contribuem para uma melhor compreensão do comportamento real do arroio em situações de cheia.

Durante a visita, foi observada a presença de formações rochosas a jusante do local da ponte, as quais reduzem significativamente a área de escoamento do leito natural do rio. Essas formações atuam como uma obstrução hidráulica, provocando o chamado efeito de remanso (backwater effect), no qual a presença de estreitamentos ou elevações do leito fluvial impedem o escoamento livre da água, resultando em um represamento temporário a montante. Esse fenômeno eleva a lâmina d'água durante o pico de vazão, exigindo maior área para o escoamento do que aquela estimada teoricamente.

Embora a seção hidráulica projetada, com base na chuva extrema de 249,4 mm/dia, tenha sido estimada em 102,95 m², o levantamento topográfico e a análise das marcas deixadas pela enchente de maio de 2024 indicam que a água atingiu uma seção de aproximadamente 120 m² em um ponto localizado entre 3 a 4 metros a jusante da antiga ponte. Esse local é justamente onde ocorrem os afloramentos rochosos que funcionam como um gargalo ao escoamento, intensificando o efeito de remanso.

Além disso, foi constatado que os vestígios da cheia histórica encontram-se em cotas superiores à cota calculada para a nova ponte, mesmo considerando a altura útil de 4,04 metros estimada para a seção trapezoidal, capaz de escoar a vazão de pico de 519,89 m³/s. Isso indica que a cheia pode ter sido agravada não apenas pela intensidade da precipitação no dia de pico, mas também por chuvas nos dias anteriores, que saturaram o solo e intensificaram o escoamento superficial. Trata-se, portanto, de um evento composto, no qual a resposta hidrológica da bacia depende tanto da duração quanto da sequência das chuvas.

Tabela 1 - Precipitações anteriores ao dia do pico.

Data	Precipitação (mm)
------	-------------------



27/04/2024	0
28/04/2024	15.2
29/04/2024	20.4
30/04/2024	74.6
01/05/2024	127
02/05/2024	249.4
03/05/2024	36

Diante dessas constatações, reforça-se a necessidade de que o projeto da ponte considere não apenas a vazão de pico e a geometria da seção local, mas também as condições de escoamento a jusante e a presença de obstáculos físicos relevantes. Recomenda-se, portanto, a adoção de uma folga hidráulica adicional, bem como, alternativamente ou de forma complementar, podem ser avaliadas medidas mitigadoras, como o rebaixamento pontual das rochas ou o redimensionamento da altura da estrutura, de forma a garantir a segurança e a robustez da ponte ao longo do tempo.

8.12 Novo dimensionamento da altura da ponte

Considerando as observações de campo que indicam que, durante a cheia de maio de 2024, a lâmina d'água ocupou uma seção aproximada de 120 m², valor superior à área inicialmente estimada, foi realizado um novo dimensionamento da altura da seção trapezoidal necessária para garantir o escoamento. Utilizando a mesma geometria anteriormente proposta, com base inferior de 21 metros e topo de 30 metros, a nova altura útil foi calculada por:

$$h = \frac{2 * A}{B + b} = \frac{2 * 120}{30 + 21} = \frac{240}{51} = 4,71 \text{ m}$$

Portanto, a altura hidráulica mínima para garantir o escoamento de uma cheia com seção de 120 m² é de aproximadamente 4,71 metros. De acordo com normas técnicas e boas práticas de engenharia, recomenda-se a adoção de uma folga hidráulica mínima de 1 metro acima da lâmina d'água projetada. Assim, a altura mínima da ponte (da base do leito até a parte inferior da estrutura) deve ser de:

$$4,71 \text{ m} + 1,00 \text{ m} = 5,71 \text{ m}$$

Essa medida visa garantir a segurança da obra frente a variações no comportamento do escoamento e à presença de detritos durante eventos extremos.

9 Conclusão

O presente estudo hidrológico teve como objetivo fornecer subsídios técnicos para o dimensionamento da estrutura de uma ponte rural sobre o Arroio Lajeado Ferreira, no Município de Itapuça/RS. Foram consideradas as características físicas da bacia hidrográfica, o regime pluviométrico da região e a ocorrência de eventos



extremos de cheia, de modo a garantir segurança e eficiência hidráulica à obra projetada.

A precipitação diária de 249,4 mm, registrada durante a cheia histórica de maio de 2024, foi utilizada como base para os cálculos, por representar o maior evento já observado na região, superando inclusive os valores estimados para tempos de retorno de até 100 anos pela distribuição de Gumbel. A escolha por utilizar esse dado real tem como objetivo conferir maior confiabilidade ao projeto diante de cenários hidrológicos extremos.

Com base nessa precipitação e aplicando o método do hidrograma unitário triangular, estimou-se uma vazão de pico de 519,89 m³/s, resultando em uma seção hidráulica necessária de 102,95 m². No entanto, dados de campo obtidos por meio de levantamento topográfico e análise das marcas da cheia indicaram que a água ocupou uma seção de aproximadamente 120 m² em trecho logo a jusante da antiga ponte. Esse aumento é atribuído à presença de afloramentos rochosos que reduzem a largura efetiva da calha e provocam efeito de remanso, represando temporariamente o fluxo e elevando a lâmina d'água a montante. Soma-se a isso o fato de que a cheia foi precedida por diversos dias de chuva significativa, o que contribuiu para a saturação do solo e intensificação do escoamento superficial, caracterizando um evento composto. Esses fatores combinados justificam a diferença entre a seção calculada e a seção efetivamente observada.

Diante disso, foi realizado um novo dimensionamento hidráulico, considerando a seção observada de 120 m². Para a geometria trapezoidal com base inferior de 21 metros (largura da lâmina de água) e topo de 30 metros (tamanho proposto da ponte), obteve-se uma altura útil de aproximadamente 4,71 metros. Conforme normas técnicas e boas práticas de engenharia, foi incorporada uma folga hidráulica adicional de 1 metro, elevando a altura mínima total da ponte (da lâmina de água do levantamento topográfico até a parte inferior da estrutura) para 5,71 metros. Essa medida visa garantir o livre escoamento mesmo em situações extremas, protegendo a estrutura contra impactos de detritos e elevação inesperada da lâmina d'água.

Recomenda-se, ainda, que o projeto da ponte considere a possibilidade de intervenções mitigadoras, como o rebaixamento pontual de afloramentos rochosos ou ajustes no posicionamento da travessia. Tais medidas visam garantir maior robustez e longevidade à estrutura diante de cenários hidrológicos cada vez mais desafiadores.

Nova Araçá/RS, 10 de junho de 2025

Mauricio Gabana Zucchetti
Eng. de Minas CREA/RS 250814