

ESTUDO HIDROLÓGICO PARA PROJETO DE OBRAS HIDRÁULICAS

PONTE – RIO MARCELINO

DADOS DO EMPREENDIMENTO

MUNICÍPIO DE VIADUTOS

CNPJ nº 87.613.352/0001-09

CURSO D'ÁGUA: RIO MARCELINO

BACIA HIDROGRÁFICA: DO RIO URUGUAI

SUB BACIA: BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS APUAÊ – INHANDAVA - U010

MICROBACIA: RIO MARCELINO

1. APRESENTAÇÃO

O presente estudo tem o objetivo de estabelecer as condições técnicas e obter os elementos hidrológicos fundamentais no dimensionamento da obra de ponte em concreto armado, a ser instalada na Linha Rio Marcelino, interior do município de Viadutos - RS, seguindo o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (DNIT, 2005).

1.1 Localização da obra



A presente obra fica localizada no interior do município de Viadutos - RS, mais precisamente na Linha Rio Marcelino, sobre o Rio Marcelino, em uma estrada vicinal que dá acesso a outras comunidades do interior, sendo uma importante via utilizada no escoamento da produção e transito de maquinário agrícola.



Imagem 01: Croqui de acesso ao local

O local de estudo se localiza a aproximadamente 13,8km de distância da prefeitura municipal de Viadutos, sendo acessada através da RS 331 e posteriormente seguindo a direita por estrada vicinal em direção a comunidade da Linha Rio Marcelino por mais 11,00km, seguindo a esquerda na estrada que dá acesso à outras comunidades, chegando na referida ponte, conforme apresentado na imagem 01 acima.

1.2 Justificativa técnica

A motivação para realização do estudo técnico se dá pela necessidade de melhor conhecimento da área, para definição das características hidrológicas, necessárias a confecção do projeto de engenharia de uma ponte em concreto armado, no curso hídrico denominado de Rio Marcelino, possibilitando a ligação de comunidades do interior, sendo uma importante via utilizada no escoamento da produção e transito de maquinário agrícola.

Como descrito no Manual de Hidrologia do DNIT, um fator importante a considerar é o fato de que tratando das transposições de pequenos talwegues, como é esse caso, via de regra, correspondentes a bacias hidrográficas com pouca importância hidrológica, as determinações das descargas de projeto, por não se dispor de registros fluviométricos, utiliza procedimento indireto, adotando expressões matemáticas que estabelecem a relação chuva — deflúvio, em cuja definição se considera a importância das perdas por infiltração.

No estabelecimento das descargas de projeto, embora sejam adotados diversos procedimentos simplificadores, perfeitamente justificáveis para a natureza das obras dimensionadas, deve-se dar tanta importância às características fisiográficas das bacias que independem das condições climáticas, como das características pedológicas, que indicam o comportamento dos cursos d'água em função dos solos e de cobertura vegetal destas bacias.

Em resumo, o presente Estudo Hidrológico tem por objetivo caracterizar os aspectos físicos, hidrográficos e hidrológicos do local de estudo, localizado no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, integrando o contexto da Região Hidrográfica do Uruguai, buscando compreender o comportamento das águas superficiais e subterrâneas, a disponibilidade hídrica, o regime de drenagem e, principalmente a definição da parcela de precipitação que se transforma em deflúvio, através de procedimentos matemáticos, para um correto dimensionamento da estrutura.

1.3 Mapa de localização com coordenadas

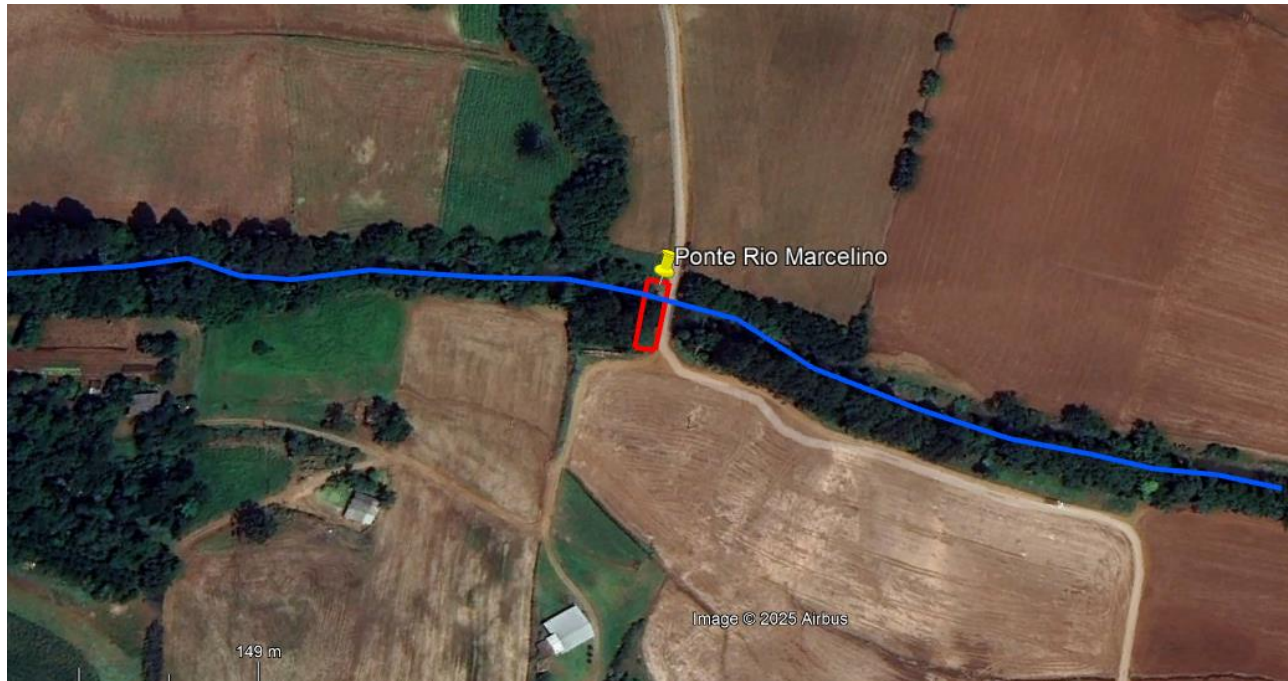


Imagem 02: Croqui de Localização

As coordenadas geográficas do ponto central, através do *datum* SIRGAS 2000, considerando a zona 22J, expressas em graus decimais, são: Latitude -27.578511° e Longitude -51.997075°

2. ESTUDO HIDROLÓGICO E VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA

O estudo é composto pelo cálculo da vazão máxima de projeto para a verificação da seção da travessia/pontes. É apresentada também a localização e o traçado da bacia de contribuição.

2.1 Descrição das características da bacia hidrográfica

A Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê Inhandava, localizada na Região Hidrográfica da Bacia do Rio Uruguai, possui área de 14.508 km² e população estimada de 351.163

habitantes (2020), sendo 268.471 habitantes em áreas urbanas e 82.692 habitantes em áreas rurais.

2.1.1 Nome do Rio e a bacia em que está inserido

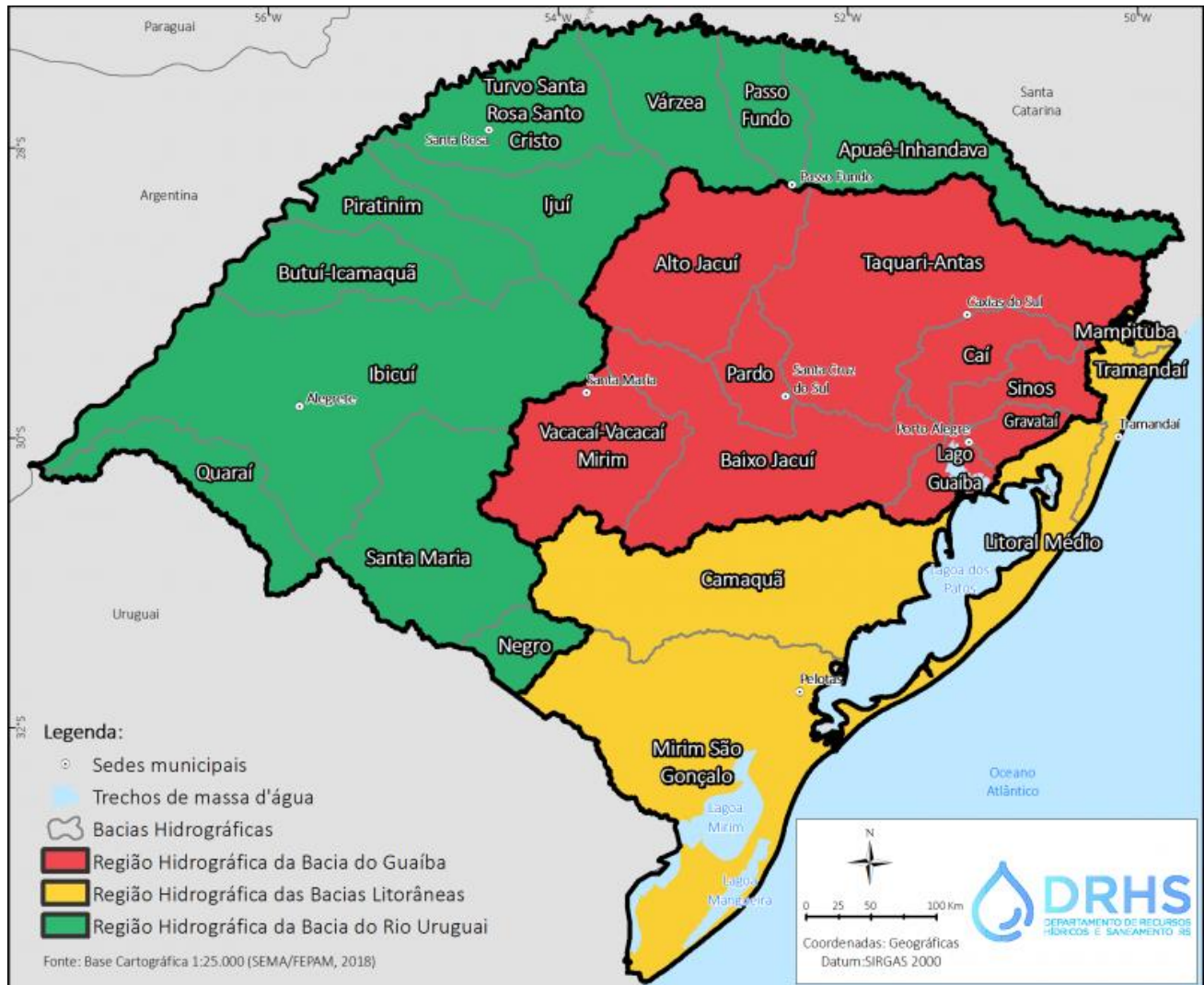


Imagem 03: Mapa das bacias hidrográficas, com destaque as Regiões Hidrográficas do RS

O município de Viadutos está inserido na Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê – Inhandava - U010, da Região Hidrográfica do Rio Uruguai, no estado do Rio Grande do Sul. O rio onde será instalada a ponte em concreto armado é denominado, segundo a carta do exército como Rio Marcelino. Dessa forma, podemos dizer, que o local de estudo está

inserido na Região Hidrográfica do Rio Uruguai, Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê – Inhandava - U010 e Micro bacia do Rio Marcelino.

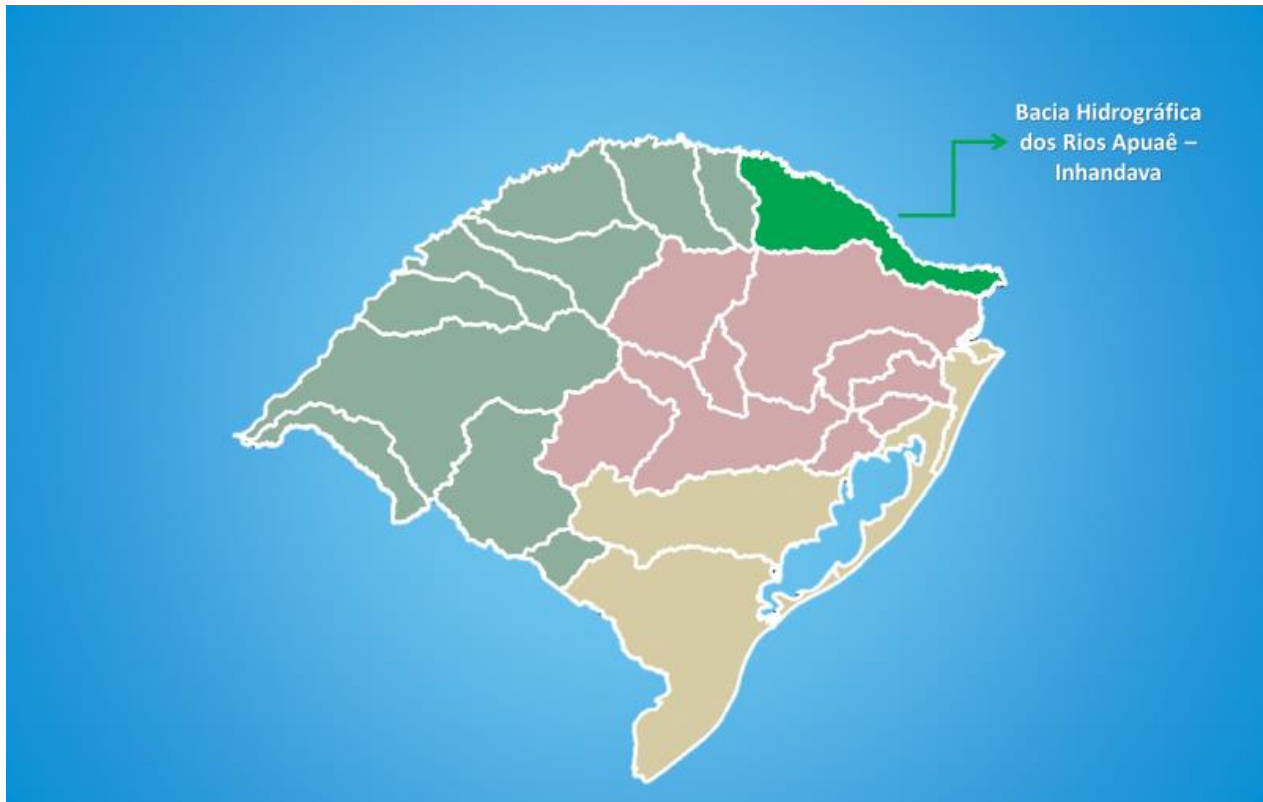


Imagem 04: Mapa de bacias hidrográficas do RS

intermitente. Observa-se presença de processos erosivos e redução das matas ciliares, exigindo práticas de conservação do solo e recuperação da vegetação marginal.

2.1.3 Mapa da bacia de contribuição



Imagem 06: Área de drenagem e bacia de contribuição, com 115km².

O mapa da bacia de contribuição para o projeto, evidencia a maior parte da bacia hidrográfica do Rio Marcelino, considerando seu próprio eixo e seus afluentes, sendo delimitada a partir do relevo, considerando o exutório localizado no curso principal do Rio Marcelino. Observa-se padrão de drenagem dendrítico, típico de relevo ondulado, e predominância de áreas agrícolas nas vertentes médias e baixas da bacia.

Por ser uma área rural, não havendo áreas densas de construções nos limites da bacia definida, não há contribuições externas para esta área de drenagem, sendo definido que a **bacia de contribuição** possui as mesmas dimensões da **área de drenagem**, ou seja, **11.500 hectares ou 115,00km²**

2.1.4. Comprimento do talvegue principal

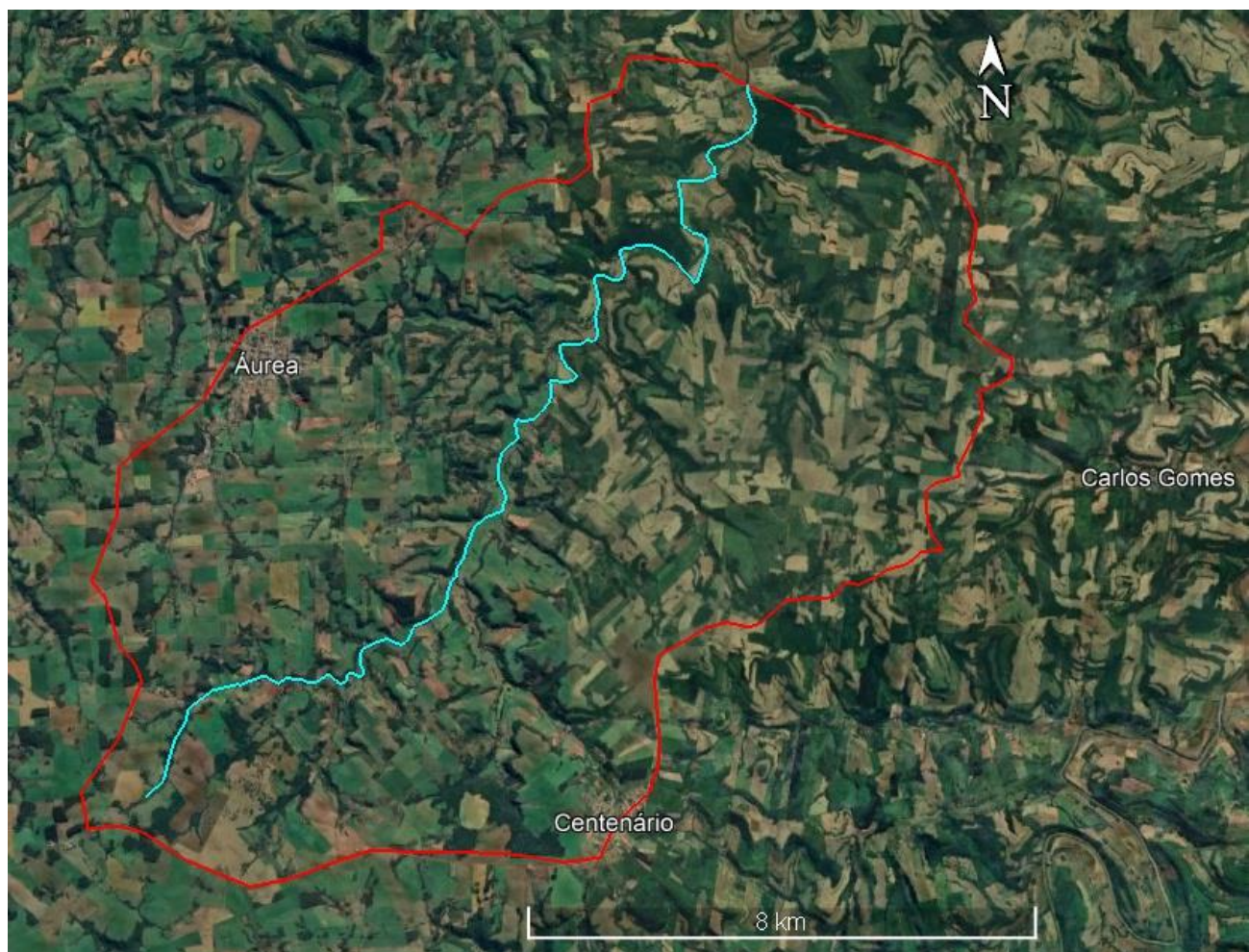


Imagem 07: Comprimento do talvegue e bacia de contribuição.

O talvegue principal da microbacia possui comprimento aproximado de **20km**, estendendo-se da nascente localizada a **690m de altitude** até o ponto onde será construída a nova ponte a **431m de altitude**.

2.1.5. Declividade

O relevo do município de Viadutos, localizado na parte Leste da Região do Alto Uruguai, ao norte do Estado do Rio Grande do Sul, é caracterizado por ter uma altitude média elevada, com um terreno predominantemente planáltico e ondulado. O substrato geológico é formado por rochas ígneas e metamórficas (granitos, gnaisses e xistos) do Escudo Sul-Rio-Grandense, recobertos por solos argilosos e, em vales, por depósitos aluviais.

A cobertura vegetal natural foi em grande parte substituída por agricultura e pastagens, o que influencia a infiltração e o escoamento superficial. A permeabilidade média é baixa a moderada, com escoamento superficial expressivo em eventos de chuva intensa.

Para obtermos a declividade média do talvegue, consideramos a diferença de nível do início do curso hídrico até o ponto final de desague, sendo nesse caso, o local de instalação da ponte. Para isso, temos como cota do ponto inicial, nas coordenadas lat.: -27.718540°/ long.: -52.016340°, a **altitude de 690m** e como cota do ponto final, nas coordenadas lat.: -27.578511°/ long.: -51.997075° a **altitude de 431m**, apresentando uma **diferença de nível de 259 metros**.

Considerando o comprimento do talvegue de 20.000 metros, com declividade de 259 metros, tem-se uma **declividade de 1,3% ou 0,013m/m**.

2.1.6 Tempo de Concentração

O tempo de concentração em hidrologia é o tempo que a água leva para ir do ponto mais distante de uma bacia hidrográfica até o seu exutório (saída). É um parâmetro fundamental para calcular vazões de pico e projetar sistemas de drenagem e obras de arte,

sendo influenciado por fatores como topografia, geologia, uso do solo e a natureza do escoamento.

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido pelo tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga. Esse tempo caracteriza a forma do hidrograma unitário, sendo ainda definido pelo intervalo de tempo entre o início da precipitação e o instante em que todos os pontos da bacia estão contribuindo para a vazão e conseqüentemente é um fator importante na conformação e na descarga máxima da enchente de projeto.

Para chuvas com duração inferior ao tempo de concentração, somente os deflúvios de parte da bacia hidrográfica se somam para formar o hidrograma da enchente, enquanto que, para chuvas de duração maior que o tempo de concentração, os deflúvios de todas as partes da bacia estão contribuindo para a enchente, embora com o pico de cheia já atenuado.

Isto se deve ao fato das intensidades de chuvas para igual freqüência decrescerem com a sua duração, assim as chuvas com durações próximas ao tempo de concentração da bacia fornecem maiores vazões para um determinado tempo de recorrência.

Em casos excepcionais, com bacias muito alongadas junto das cabeceiras, ou no trecho mais a jusante, e mais largas nas outras partes, o aumento do tempo de concentração ao longo das partes mais estreitas e sua conseqüente redução da intensidade de chuva de igual freqüência não compensa o acréscimo de deflúvio proveniente dessas partes mais estreitas. Nesse caso convém comparar a enchente da parte mais larga da bacia isoladamente com a de toda a bacia, escolhendo a maior.

A determinação numérica do tempo de concentração depende primordialmente do comprimento do curso d'água principal e de sua declividade, embora alguns autores também expressem o tempo de concentração em função da área da bacia hidrográfica. Essa área não parece oferecer, no entanto, um efeito direto pronunciado sobre o tempo de concentração, além do fato de que áreas maiores correspondem normalmente a comprimentos maiores do curso d'água principal.

Normalmente considera-se que, nas pequenas bacias hidrográficas menores que 1 km², o deflúvio superficial escoar em grande parte do seu percurso sobre o terreno sem

chegar aos canalículos ou pequenos cursos d'água e a velocidade de escoamento é fortemente influenciada pela rugosidade do terreno, por sua cobertura vegetal e pelos detritos sobre o solo.

Conforme a extensão da bacia aumenta, passa a predominar o tempo em que o deflúvio superficial escoar através de leitos definidos nos cursos d'água, onde o tipo de solo e a vegetação têm menor influência do que a forma desses cursos.

Como nas bacias maiores, com áreas superiores a 8 km², o deflúvio superficial escoar na maior parte do tempo através de canais ou canalículos erodidos no solo pela própria passagem da água, a textura superficial do solo, a permeabilidade e a cobertura vegetal têm efeito cada vez menos pronunciado sobre o tempo de concentração.

A magnitude da enchente numa mesma bacia influencia o tempo de concentração, pois a onda da enchente se propaga com maior velocidade num rio mais cheio, com maior profundidade, embora esse efeito não seja normalmente considerado devido à falta de dados mais confiáveis. Por outro lado, para as enchentes muito grandes, o amortecimento das pontas das enchentes, com o transbordamento pelas margens baixas, tende a aumentar o tempo de concentração.

A avaliação do tempo de concentração de uma bacia é bastante complexa, devido aos inúmeros condicionantes envolvidos, existindo uma grande variedade de expressões de cálculo, merecendo, por isso, grande atenção na sua determinação, pois influencia significativamente no resultado da descarga de projeto. De uma forma geral, para uma mesma bacia hidrográfica a descarga máxima calculada é proporcional ao inverso do tempo de concentração para ela considerado.

Existem numerosas fórmulas empíricas para calcular o tempo de concentração em função do comprimento (L) do curso principal, do desnível total (H) até as cabeceiras, e eventualmente da área (A), ou de outros parâmetros escolhidos. A maioria dessas fórmulas é restrita a áreas pequenas.

Para a estimativa do tempo de concentração foi adotado o **Método Kirpich** definido através da análise do Manual de Hidrologia do DNIT, e após testes de usos de várias fórmulas existentes. Este método que mais representou a realidade local, fornecendo resultados coerentes para o caso.

A fórmula do **Método Kirpich** é representada e aplicada a seguir:

$$T_c = 0,01947 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385}$$

Cálculo:

$$T_c = 0,01947 \cdot (20000)^{0,77} \cdot (0,013)^{-0,385}$$

$$(20000)^{0,77} = 2133,3, \quad (0,013)^{-0,385} = 4,48$$

$$T_c = 0,01947 \times 2133,3 \times 4,48 = 186,0 \text{ min} \approx 3,1 \text{ h}$$

$$T_c \approx 3,1 \text{ h (Kirpich)}$$

Assim, o **tempo de concentração calculado é de aproximadamente 3,1 horas.**

2.2 Intensidade de Chuva

2.2.1 Apresentação dos postos pluviométricos que foram utilizados no estudo

Para o desenvolvimento do presente estudo hidrológico, foi necessária a utilização de dados pluviométricos representativos da região de Viadutos (RS), foram considerados os postos pluviométricos localizados nas proximidades da microbacia do Rio Marcelino, pertencente à Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê–Inhandava (U010).

Esses dados foram obtidos a partir de postos pluviométricos e pluviográficos operados por órgãos oficiais, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), disponíveis no Banco de Dados Hidrometeorológicos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Os postos foram selecionados considerando os seguintes critérios:

- Proximidade geográfica em relação à área de estudo (Viadutos/RS);
- Séries históricas contínuas e consistentes de precipitação diária;
- Semelhança climática e topográfica com a bacia analisada.

Postos pluviométricos utilizados:

Código ANA	Nome do Posto	Município	Coordenadas (Latitude / Longitude)	Altitude (m)	Período de Dados
02947008	Viadutos	Viadutos (RS)	-27.566° / -52.021°	735	1970 – Atual
02947010	Gaurama	Gaurama (RS)	-27.600° / -52.100°	710	1975 – Atual
02946009	Erechim	Erechim (RS)	-27.635° / -52.275°	780	1965 – Atual
02947006	Marcelino Ramos	Marcelino Ramos (RS)	-27.467° / -51.910°	680	1970 – Atual

Os postos acima foram escolhidos por apresentarem séries históricas confiáveis e proximidade espacial com a bacia estudada, permitindo a obtenção de dados de precipitação representativos para o cálculo das chuvas de projeto e para a calibração dos parâmetros hidrológicos.

Como o posto localizado diretamente em Viadutos apresenta dados intermitentes e períodos com falhas, optou-se por complementar a análise com os postos vizinhos de Gaurama, Erechim e Marcelino Ramos, cujos registros apresentam maior continuidade temporal e características climáticas semelhantes, ambos inseridos na mesma região hidrográfica do Uruguai.

2.2.2 Apresentação do processamento dos dados pluviométricos

O processamento dos dados pluviométricos teve como objetivo principal garantir a consistência, homogeneidade e representatividade das séries históricas de precipitação utilizadas no estudo. Essa etapa foi essencial para a obtenção de resultados confiáveis na determinação das chuvas de projeto e na análise hidrológica da bacia.

Foi realizada uma análise de consistência dos dados, visando identificar possíveis erros de leitura, lacunas ou valores anômalos.

- As falhas pontuais foram preenchidas utilizando o método da razão normal entre postos vizinhos;

- Foram descartados períodos com lacunas extensas ou inconsistências não solucionáveis;
- O objetivo foi garantir séries contínuas e homogêneas para posterior análise estatística.

Os resultados obtidos foram posteriormente ajustados para gerar a equação de Intensidade–Duração–Frequência (IDF) representativa da região.

Para garantir coerência espacial entre os postos, foi realizada uma análise de consistência regional, comparando os valores máximos anuais obtidos e as intensidades médias entre os postos vizinhos. Diferenças superiores a 20% foram analisadas individualmente e, quando necessário, corrigidas por meio de ponderação com base na distância entre estações.

Ao final do processamento, os dados consistidos permitiram a determinação da chuva de projeto para o tempo de concentração da bacia (\approx **3,1 horas**), servindo de base para o cálculo da vazão de pico de escoamento e para o dimensionamento das estruturas de drenagem.

2.2.3 Coeficiente de escoamento (C)

O coeficiente de escoamento superficial (C) representa a fração da precipitação que contribui diretamente para o escoamento superficial em uma bacia hidrográfica. Esse parâmetro é fundamental para o cálculo do escoamento direto e da vazão de pico, influenciando diretamente o dimensionamento de obras de drenagem e estruturas hidráulicas.

Tabela 01 - Coeficiente de Escoamento Superficial / Run-Off (Adaptada do Manual de Hidrologia Básica do DNIT-2005)

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "C"
Comércio:	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial:	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50

Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial:	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30
TIPO DE SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c"
Ruas:	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Tijolos	0,70 a 0,85
Trajetos de acesso a calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Gramados; solos arenosos:	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio, 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
Gramados; solo compacto:	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

A bacia hidrográfica definida para o estudo apresenta as seguintes características:

- Área: 11.500ha
- Uso do solo predominante: rural, com vegetação natural e predomínio de áreas de agricultura;
- Topografia: declividade baixa do talvegue de 1,3% (0,013 m/m);
- Cobertura do solo: predomínio de áreas de lavouras, com culturas anuais.

Com base na tabela de Coeficiente de Escoamento Superficial / Run-Off do Manual de Hidrologia Básica do DNIT-2005, levando em consideração as características da área de estudo, podemos definir um coeficiente de escoamento $C=0,30$.

Este valor reflete que aproximadamente 30% da precipitação contribui para o escoamento superficial imediato, enquanto o restante infiltra no solo ou é retido pela vegetação. A adoção de $C = 0,30$ garante uma estimativa conservadora do escoamento, compatível com o perfil rural da bacia de estudo.

2.2.4 Tempo de Retorno (TR)

O tempo de retorno (TR) é um parâmetro hidrológico que representa a frequência estatística com a qual um evento de determinada intensidade ou vazão pode ocorrer. Ele é definido como o intervalo médio de tempo esperado entre a ocorrência de eventos iguais ou superiores a um determinado valor.

Para o dimensionamento de pontes e estruturas hidráulicas críticas, recomenda-se a adoção de um tempo de retorno de 100 anos ($TR = 100$ anos), conforme normas brasileiras de drenagem e pontes rodoviárias (DNIT, 2018; ABNT NBR 11682:2010). Este critério visa garantir segurança estrutural e reduzir riscos de danos em eventos extremos, considerando o caráter permanente das obras e a proteção à vida e ao patrimônio.

Em algumas situações, para obras de menor porte, baixo risco ou bacias de contribuição muito pequenas, pode-se adotar TR inferior a 100 anos, mediante justificativa técnica. Os principais critérios são:

1. Área da bacia muito pequena (< 200 ha), onde a probabilidade de ocorrência de eventos extremos é reduzida;
2. Risco de inundação limitado a áreas não habitadas ou de baixo valor econômico;
3. Dimensionamento compatível com obras existentes, evitando sobredimensionamento desnecessário;
4. Restrição orçamentária, quando o custo do dimensionamento para $TR = 100$ anos é desproporcional ao benefício.

No caso da bacia de estudo, considerando:

- Área de contribuição: 11.500ha
 - Uso do solo: rural, vegetado
 - Impactos potenciais: baixa densidade urbana, risco moderado de danos estruturais.
- Adotou-se inicialmente **TR = 100 anos** para pontes e estruturas de travessia de água.

Caso o dimensionamento técnico ou análise de vazão de projeto indiquem que a estrutura não suportaria TR = 100 anos, a redução do TR deve ser justificada com base nos critérios de segurança, impacto econômico e magnitude do evento.

2.2.5 Equação IDF da região

A equação de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) é de suma importância, pois é a ferramenta fundamental para o planejamento e dimensionamento de projetos de obras hidráulicas. Ela permite caracterizar as chuvas intensas de uma localidade, o que é essencial para prevenir inundações e alagamentos. Define a "chuva de projeto", que é o evento de precipitação (com uma determinada intensidade, duração e frequência ou tempo de retorno) para o qual uma estrutura de engenharia é projetada para funcionar adequadamente.

A equação IDF relaciona três variáveis hidrológicas cruciais, baseadas em dados pluviométricos históricos de uma região:

Intensidade (I): A quantidade de chuva por unidade de tempo (mm/h).

Duração (D): O período de tempo em que a chuva ocorre (minutos ou horas).

Frequência (F): A probabilidade de um evento de chuva de determinada intensidade e duração ocorrer em um dado ano, geralmente expressa como o tempo de retorno (em anos).

Para o projeto em questão, usou-se a equação:

$$i = \frac{aT^b}{(t + c)^d}$$

2.2.6 Cálculo da intensidade (i)

O Ano hidrológico de 2023/2024 foi marcado por chuvas extremas no norte e nordeste do Rio Grande do Sul, incluindo os municípios de Erechim, Marcelino Ramos, Gaurama e Viadutos, com volumes históricos superiores a 200 mm em 24 h (dados do INMET e CEMADEN).

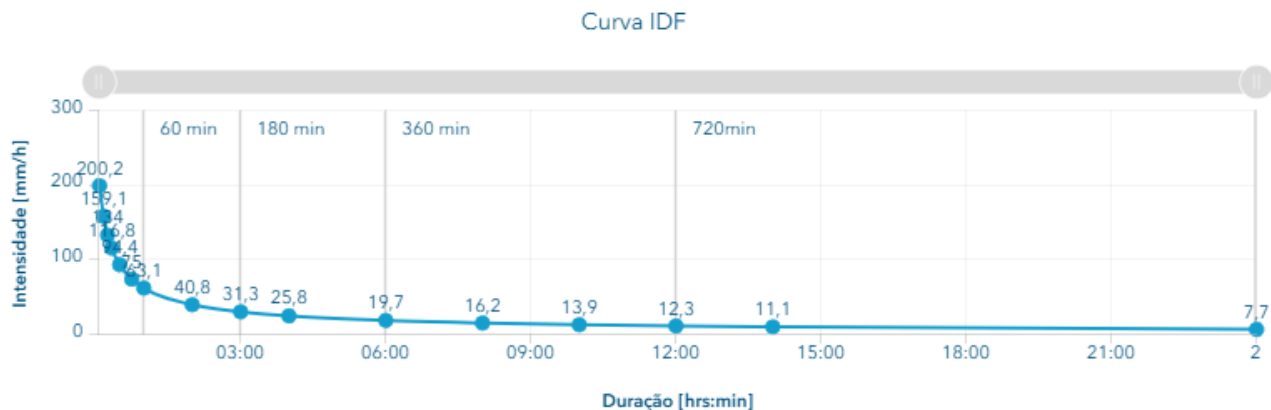
Esse evento deve ser analisado como uma chuva observada e usado para verificar a coerência da equação IDF (se ela subestima ou superestima o evento), além de ajustar o tempo de retorno equivalente para o evento real.

A estação de Gaurama - RS (mais próxima de Viadutos) registrou 191,8mm no dia 02 de maio. Considerando esse evento, podemos estimar a intensidade média.

$$i = \frac{aT^b}{(t + c)^d}$$

Coeficientes do local:

Fator a: 696,60741; Fator b: 0,10759; Fator c: 7,60056; Fator d: 0,68759



Considerando a curva IDF calculada para a região, levando em consideração a chuva as chuvas intensas e o período de retorno de 100 anos, a intensidade definida foi de **i=31,3mm/h**

2.3 Cálculo da Vazão Máxima

A escolha entre o Método Racional e o HUT-SCS (Hidrograma Unitário Triangular do Soil Conservation Service) para o cálculo da vazão máxima de uma bacia hidrográfica depende fundamentalmente das características da bacia (principalmente o tamanho da área de drenagem) e da disponibilidade de dados.

O Método Racional possui aplicação ideal para pequenas bacias hidrográficas, geralmente com áreas de drenagem de até 2 km² (algumas referências estendem até 4 km²). É amplamente utilizado em projetos de microdrenagem urbana.

A vantagem principal desse método é ser um método simples, fácil de entender e aplicar, e requer um conjunto de dados menos complexo (área, coeficiente de escoamento superficial (run-off) e intensidade de chuva).

Em contrapartida, a desvantagem é que assume uma distribuição uniforme de chuva no tempo e no espaço, e não considera perdas iniciais ou a umidade antecedente do solo. Para áreas maiores, pode levar a superdimensionamentos da vazão, pois suas simplificações tornam-se menos precisas.

O Método HUT-SC possui aplicação ideal para bacias de tamanho médio a grande, sendo aplicado para áreas de 2 km² a 5.000 km². É adequado para bacias rurais ou com ocupação mista e projetos que requerem uma análise mais detalhada do processo chuva-vazão.

A vantagem principal é que é um modelo chuva-vazão mais robusto, que considera fatores intervenientes da bacia como o tipo e uso do solo (através do Número de Curva - CN), a forma da bacia e a distribuição temporal da chuva, resultando em estimativas mais precisas do hidrograma completo (vazão de pico, tempo de ascensão e tempo de base).

A única desvantagem de uso é requerer mais parâmetros e dados para sua aplicação, como o uso de softwares de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) para extrair características fisiográficas detalhadas da bacia (como o MDE - Modelo Digital de Elevação).

Em resumo, o HUT-SCS é geralmente considerado um método mais refinado e versátil para uma gama maior de tamanhos de bacias, enquanto o Método Racional é uma ferramenta valiosa para microdrenagem urbana e estudos preliminares em áreas muito pequenas.

Considerando os dados da bacia de estudo, definiu-se que o mais apropriado é a utilização do Método de HUT-SCS.

Cálculo do tempo até o pico:

$$T_{lag} = 0,6 \times T_c = 0,6 \times 3,1 = 1,86 \text{ h}$$

$$T_p = T_{lag} + \frac{D}{2} = 1,86 + 1,55 = 3,41 \text{ h}$$

$$\boxed{T_p = 3,4 \text{ h}}$$

Cálculo da vazão de pico:

$$Q_p = 0,208 \times \frac{A \times P_e}{T_p}$$

$$Q_p = 0,208 \times \frac{115 \times 39,8}{3,41}$$

$$Q_p = 0,208 \times \frac{4577}{3,41} = 0,208 \times 1342,8 = 279,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\boxed{Q_{p(SCS)} = 279 \text{ m}^3/\text{s}}$$

2.4 Verificação hidráulica

Para o estudo das características do escoamento junto a estrutura diversos métodos e abordagens podem ser empregados, desde simulações em escoamento variado, ou simulações hidráulicas mais detalhadas.

O método escolhido para a verificação hidráulica foi o de Manning, através da Equação $Q = 1/n \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$, sendo a mais recomendada para seção retangular.

2.4.1 Apresentar os resultados da verificação hidráulica

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

onde:

- $A = B \cdot h$
- $R = \frac{A}{P} = \frac{Bh}{B+2h}$
- $S = 0,013$
- $n = 0,035$

Substituindo, o cálculo exato pode ser feito iterativamente, mas para $B \gg h$, podemos aproximar $R \approx h$.

Assim:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot B \cdot h \cdot h^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$Q = \frac{B}{n} \cdot S^{1/2} \cdot h^{5/3}$$

Para a determinação da altura necessária para o escoamento da água, se estabeleceu previamente a largura ponte, condizente com a largura do curso hídrico.

Substituindo os valores:

$$279 = \frac{15}{0,035} \cdot (0,013)^{1/2} \cdot h^{5/3}$$

$$\frac{15}{0,035} = 428,6 \quad \text{e} \quad (0,013)^{1/2} = 0,114$$

$$279 = 428,6 \times 0,114 \times h^{5/3} = 48,9 \times h^{5/3}$$

$$h^{5/3} = 5,70 \quad \Rightarrow \quad h = (5,70)^{3/5} = 2,74 \text{ m}$$

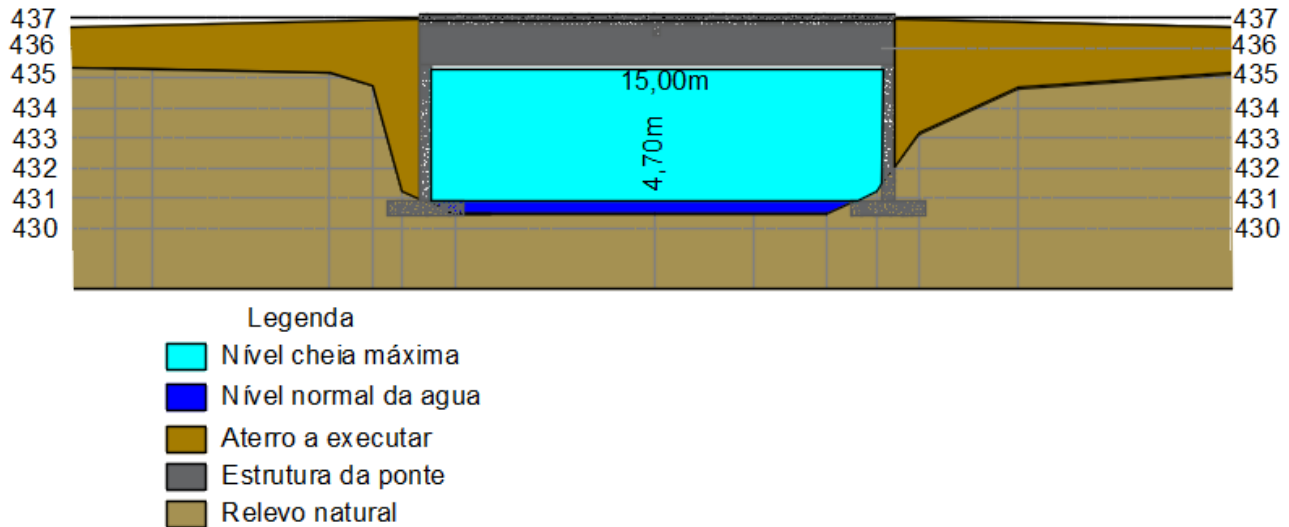
$$h_{\text{escoamento}} \approx 2,7 \text{ m}$$

Determinação da Altura Total, considerando uma folga de 0,80 metros:

$$H_{\text{total}} = h + \text{folga} = 2,7 + 0,8 = 3,5 \text{ m}$$

$$H_{\text{total}} = 3,5 \text{ m}$$

2.4.2 Apresentar gráficos (pelo menos) do perfil da linha de água para a vazão do projeto



3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

3.1 Cota do nível de água considerando TR 100 anos e considerando o evento pluviométrico de 2023/2024

A cota do nível de água, considerando o Tempo de Retorno de 100 anos, foi definida através do estudo hidrológico, sendo representada pela **altitude de 434,70 metros** acima do nível do mar, e 4,70 metros acima no nível de água normal do rio. Em relação ao evento pluviométrico de 2023/2024, podemos considerar como um evento condizente com o TR de 100 anos, sendo definida a mesma cota do nível de água.

3.2 Informar a cota do nível da cheia máxima observada, datada e com nome do informante (cheia máxima observada da própria ou de refluxo – represamento)

A cota do nível da cheia observada no local, condiz com o nível de uma ponte pênsil (termo técnico) ou pinguela (termo popular), feita com madeira e cabos de aço, presente no

local, para passagem de pedestres, onde, segundo informação do Sr Cristiano, Engenheiro da Prefeitura Municipal de Viadutos - RS, o limite das águas nunca atingiu sua base, sendo que o evento de extrema chuva em 2023/2024 foi o período onde houve uma maior aproximação das águas, sendo este o limite das cheias definidas para um TR de 100 anos e sua cota utilizada para definição da altura da ponte.

Segundo o mesmo informante, em períodos de cheia, há o represamento do Rio Apuaê Mirim, sendo que o local da ponte está muito próximo do desague do Rio Marcelino no Rio Apuaê Mirim, com uma distância da aproximadamente 400 metros e o relevo com pouca declividade no local. Esse represamento é o fator que eleva a cota da altura máxima da lâmina de água no local, sendo levado em consideração para o dimensionamento da ponte.

Em resumo, o estudo hidrológico apresentado, definiu como vazão de pico da bacia, pelo método SCS, $Q = 279,30\text{m}^3/\text{s}$, resultando num dimensionamento mínimo da ponte para suportar o TR de 100 anos, sendo definida uma seção retangular de 15 metros de largura e 3,5 de altura, mas, como há o represamento do rio no local, elevando a cota, foi definida a **seção retangular de 15 metros de largura e 4,70 metros de altura**, condizente com a altura da ponte pênsil, medidas essas, de vão livre, sendo que as dimensões da estrutura da ponte deverão ser somadas a esse valor. Ex. Se a dimensão da estrutura da ponte perfazer 1,30 metros, a altura total da ponte deverá apresentar 6 metros.

3.3 Ferramentas empregadas

Auto Cad, Métrica Topo, Google Earth Pró, Hidro Web

3.4 Referências utilizadas

DNIT IPR 715. *Manual De Hidrologia Básica Para Estruturas De Drenagem*, IPR 715, 2005.

Usda – Soil Conservation Service (SCS). *Urban Hydrology for Small Watersheds*, TR-55, 1986.

Manning, R. *On the Flow of Water in Open Channels and Pipes*, 1891.

DNIT 197/2019 – PRO. *Dimensionamento de Obras de Drenagem Superficial*, 2019.

Porto, R. M. *Hidrologia Aplicada*. Ed. USP, 1999.

Tucci, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. ABRH, 2004

Viadutos – RS, 06 de novembro de 2025

Responsável Técnica _____

Luana Maria Eloy
Engenheira Civil
CREA RS244471