

Lucas Rafael Norenberg Barbosa

Me. Geólogo

CREA RS 223795

LAUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA CONSTRUÇÃO DE REDE DE DRENAGEM – RUA ARLINDO MENEGOTTO

Endereço da atividade: Rua Arlindo Menegotto, s/nº - Vila Nova,
Bento Gonçalves/RS.

Requerente: Município de Bento Gonçalves

CNPJ nº: 87.849.923/0002-81

Bento Gonçalves/RS

Novembro de 2025

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	APRESENTAÇÃO DO LOCAL DA OBRA.....	3
3	DESCRIÇÃO DA BACIA NO QUAL A DRENAGEM ESTÁ INSERIDA	4
4	ESTUDO HIDROLÓGICO	7
5	MEMORIAL DE CÁLCULO	10
5.1	Cálculo do Tempo de Concentração (Kirpich, 1940)	10
5.2	Intensidade de Precipitação Fonte: Estação Pluviométrica Bento Gonçalves (ANA 02951003 / INMET 83941).....	10
5.2.1	Intensidade para 24 h (TR = 100 anos) + validação 2024	10
5.3	Vazão de Projeto (Método Racional)	12
5.4	Dados pluviométricos e origem.....	13
5.5	Quadro resumo dos resultados dos cálculos	14
6	ESTUDO HIDRÁULICO – PONTE VALE AURORA.....	14
6.1	Metodologia de análise adotada	14
6.1.1	• Dados de entrada	15
6.1.2	• Critério hidráulico e regime	15
6.1.3	• Equações e procedimentos.....	15
6.1.4	Checagens e critérios de desempenho	16
6.2	Hipóteses e Parâmetros adotados.....	16
6.3	Memorial de cálculo (tronco de jusante)	17
6.3.1	Grandezas geométricas (Cenário recomendado de projeto (referência) – DN 2,00 m com S = 2%).....	17
6.3.2	Capacidade a pleno (Manning).....	17
6.3.3	Velocidade na vazão de projeto (retangular)	17
6.3.4	Grau de utilização (TR = 100 anos)	17
6.4	Linha Hidráulica (conceito e roteiro)	18
6.5	Perdas singulares e detalhes executivos (recomendações)	18
6.6	Resultados Síntese.....	19
6.7	Considerações sobre as características do escoamento	19
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
	REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

O presente laudo hidrológico tem por objetivo fornecer subsídios técnicos para o projeto de engenharia referente à construção de uma nova rede de drenagem pluvial, localizada na Rua Arlindo Menegotto, no bairro Vila Nova, município de Bento Gonçalves/RS.

Atualmente, existe no local uma via pavimentada onde a rede existente não possui capacidade de carga, observada nos recentes eventos de inundação. Considerando o risco iminente de alagamentos em futuros episódios de cheia, faz-se necessária a substituição da estrutura existente por uma nova ponte, dimensionada de forma a suportar adequadamente as vazões máximas e demais esforços hidrodinâmicos associados ao regime hidrológico.

Assim, este laudo apresenta a caracterização hidrológica da bacia de contribuição, incluindo dados de precipitação e vazão, análise da rede hidrográfica e dos eventos críticos registrados, além da metodologia empregada na estimativa das vazões de projeto e demais informações técnicas pertinentes ao dimensionamento hidráulico da nova estrutura.

2 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DA OBRA

O ponto exultório proposto para a construção da nova rede localiza-se sob as coordenadas geográficas (Datum SIRGAS 2000): Latitude -29.158124° e Longitude -51.488851° na esquina das Ruas Arlindo Menegotto e João Pedro dos Santos, situado no bairro Vila Nova, município de Bento Gonçalves/RS.

A área da rede é pertencente a bacia hidrográfica do Rio das Antas, uma vez que a área em estudo é tributária ao Arroio Barracão que desagua diretamente no Rio das Antas, de acordo com o Plano de Bacia Hidrográfica Taquari-Antas.



Figura 1. Rua Arlindo Menegotto vista da parte alta

Figura 2. Rua Arlindo Menegotto vista da parte baixa

3 DESCRIÇÃO DA BACIA NO QUAL A DRENAGEM ESTÁ INSERIDA

O ponto de estudo localiza-se no **bairro Vila Nova**, zona urbana consolidada do município de **Bento Gonçalves/RS**, no setor sudoeste da área urbana. Hidrograficamente, a bacia de contribuição insere-se na **bacia hidrográfica do Rio das Antas**, pertencente à **Região Hidrográfica do Uruguai**. O curso d'água receptor da drenagem urbana local é um **afluente de pequeno porte do Arroio Barracão**, que deságua no Rio das Antas a jusante da cidade.

A bacia apresenta área de aproximadamente **0,50 km²**, com **declividade média de 9,3° (S $\approx$ 0,163 m/m)**, caracterizando um terreno fortemente inclinado, com **escoamento superficial rápido e de curta concentração**. O relevo é tipicamente **colinoso**, com ruas implantadas sobre encostas, e apresenta predominância de **solos rasos derivados de rochas vulcânicas basálticas da Formação Serra Geral**, de textura **argilo-arenosa** e boa resistência.

O uso e ocupação do solo são essencialmente **residenciais e viários**, com elevada impermeabilização superficial e presença de canalizações pluviais. A bacia é drenada por uma rede de microdrenagem composta por tubulações de pequeno e médio porte, que convergem para o conduto principal localizado na **Rua Arlindo Menegotto**, onde se concentra o ponto de estudo.

O enquadramento do corpo receptor segue o da **bacia do Rio das Antas**, classificada como **Classe 2** conforme a **Resolução CONAMA nº 357/2005** e a **Portaria FEPAM nº 64/2014**, destinada ao **abastecimento público após tratamento convencional, recreação de contato primário e preservação da biota aquática**.

Em síntese, a bacia do ponto Vila Nova corresponde a uma **microbacia urbana de alta declividade e resposta hidrológica rápida**, inserida em ambiente geotécnico estável, com escoamento superficial concentrado e dependente da eficiência do

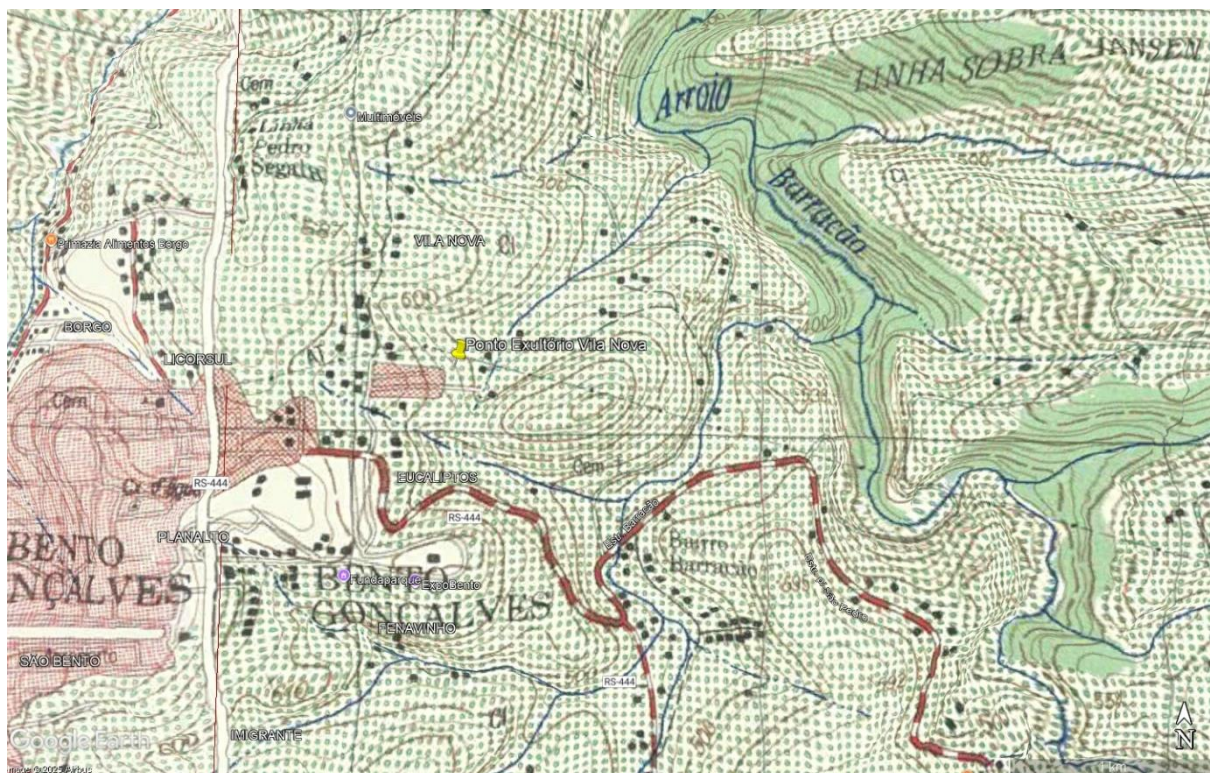


Figura 4. Planta de Localização do ponto exultório da nova rede em relação aos recursos hídricos cartografados na carta do exército.

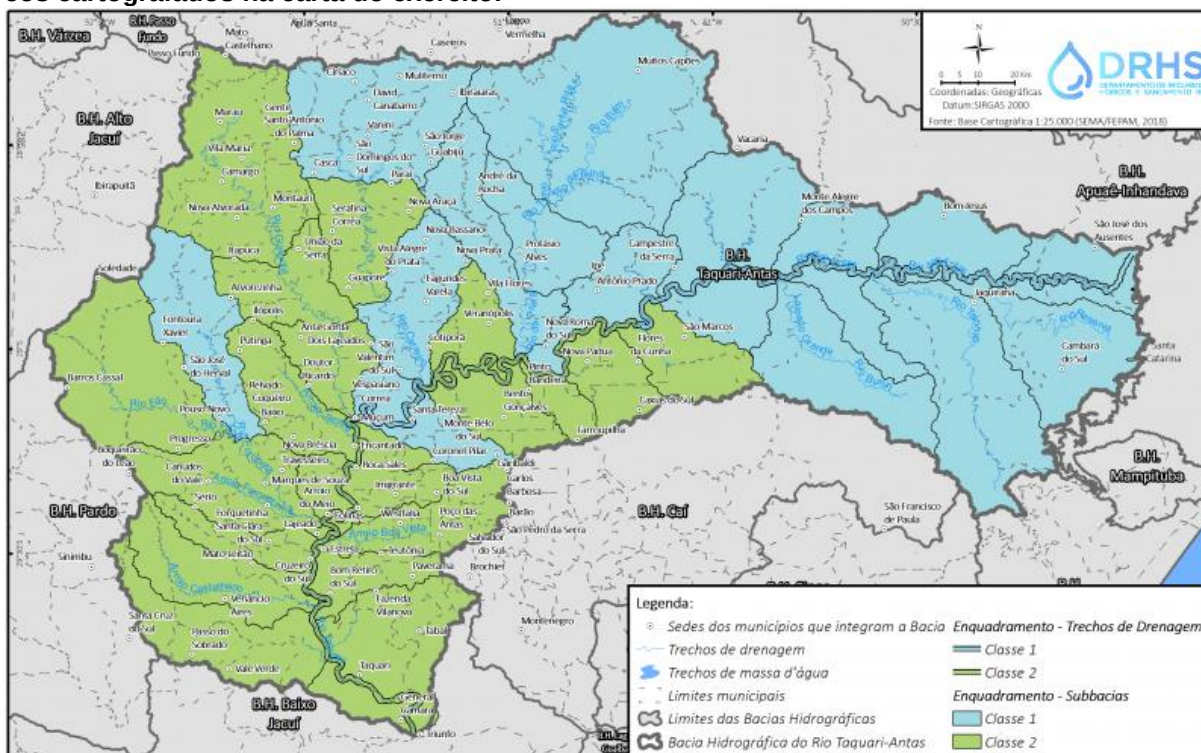


Figura 5. Enquadramento aprovado no Plano de Bacia Taquari-Antas, segundo a Resolução CO-NAMA 357/2005.

Fonte: extraído do Relatório Final Síntese do Plano da Bacia

4 ESTUDO HIDROLÓGICO

Como primeira etapa do estudo hidrológico foi realizada a delimitação da bacia e do talvegue principal de contribuição do ponto exultório da rede de drenagem. Como resultado temos a bacia de contribuição da Figura 6. Que possui uma **declividade média de 9,3°**, área de **0,49 km²**, comprimento do talvegue principal de **745 m** e um **coeficiente de escoamento** adotado como **0,60**, tendo em vista o uso do solo predominantemente urbano da área da bacia. Além disso a área onde será construída a rede de drenagem terá uma extensão de 745 m e diâmetros ainda indefinidos.

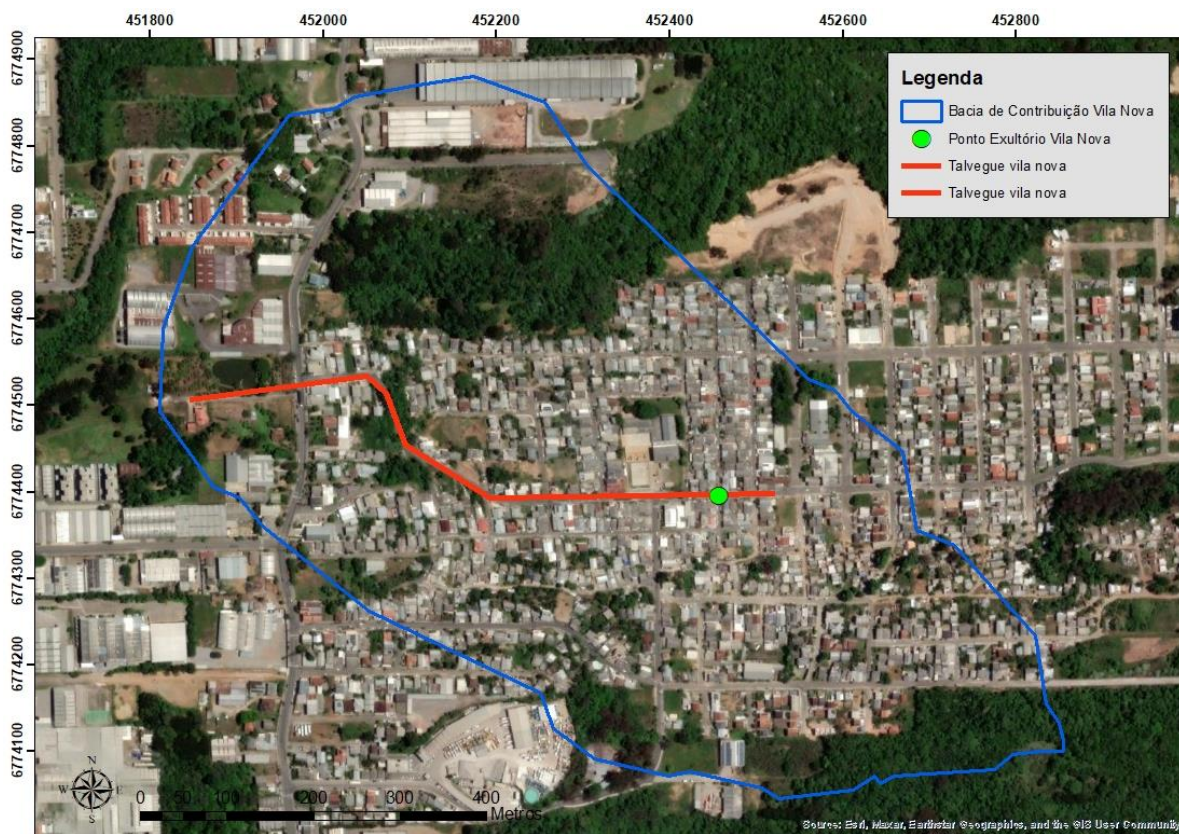


Figura 6. Bacia de contribuição do ponto exultório

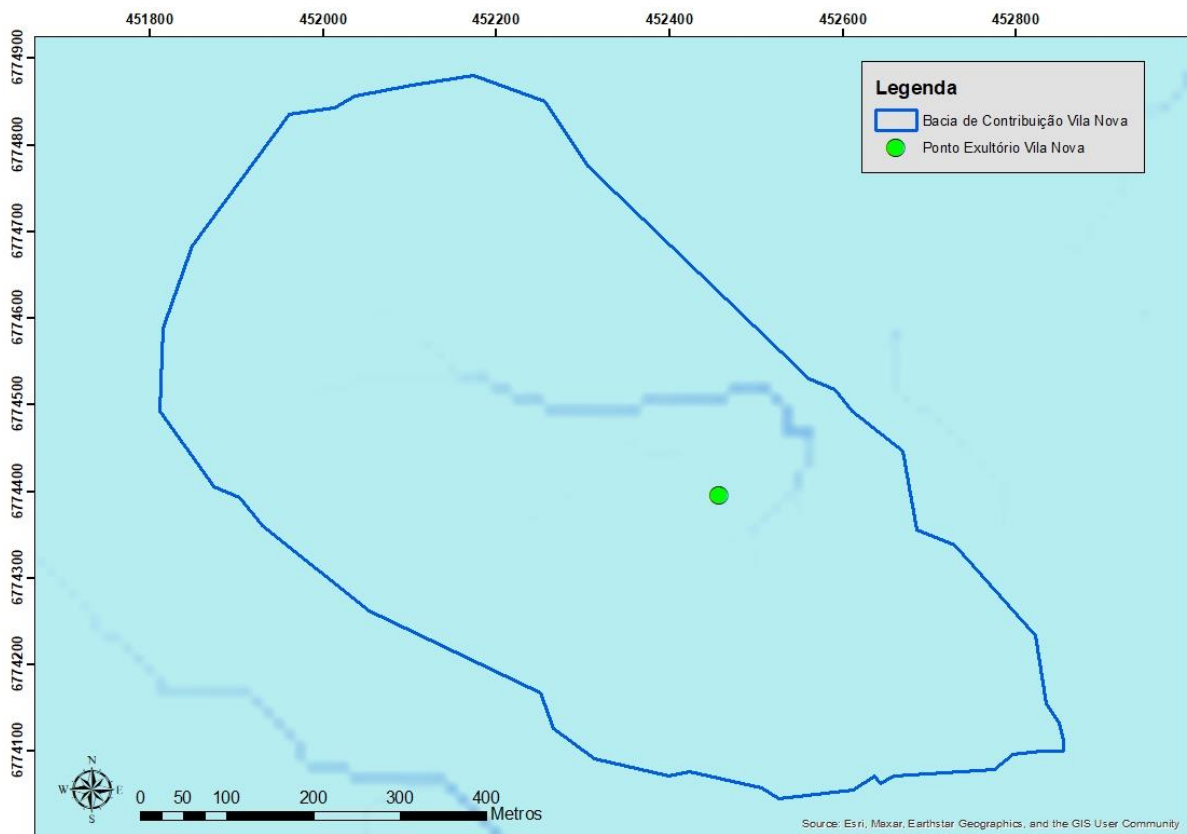


Figura 7. Direção e acúmulo de fluxo para formação do talvegue principal na bacia de contribuição

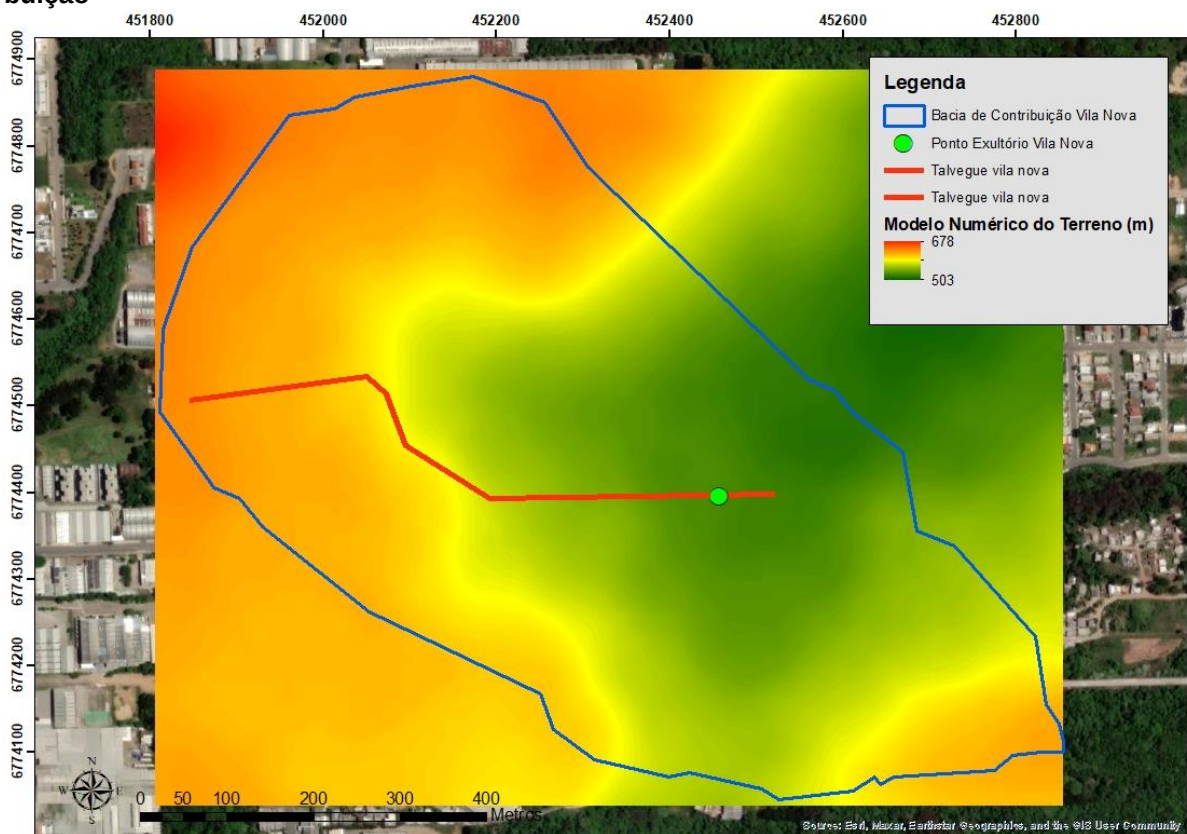


Figura 8. Modelo Numérico do Terreno da área da Bacia de Contribuição

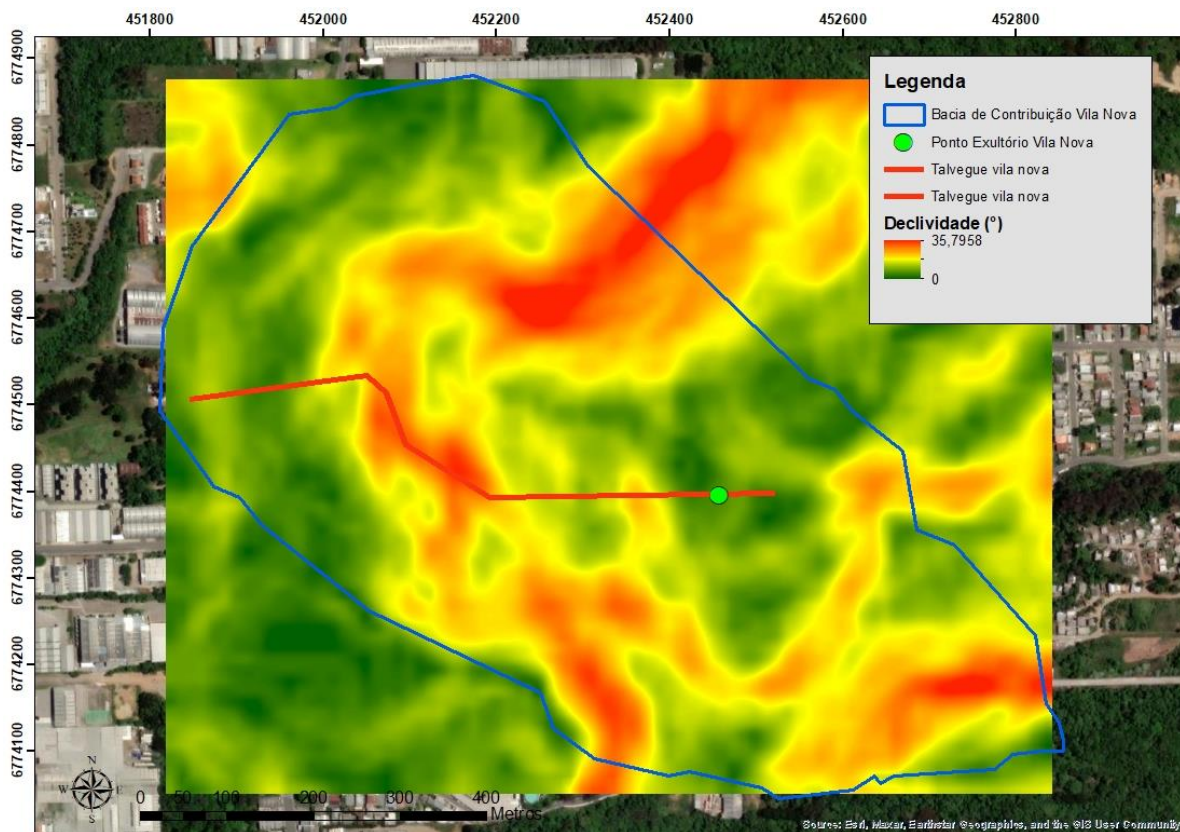


Figura 9. Mapa de declividades da área da bacia

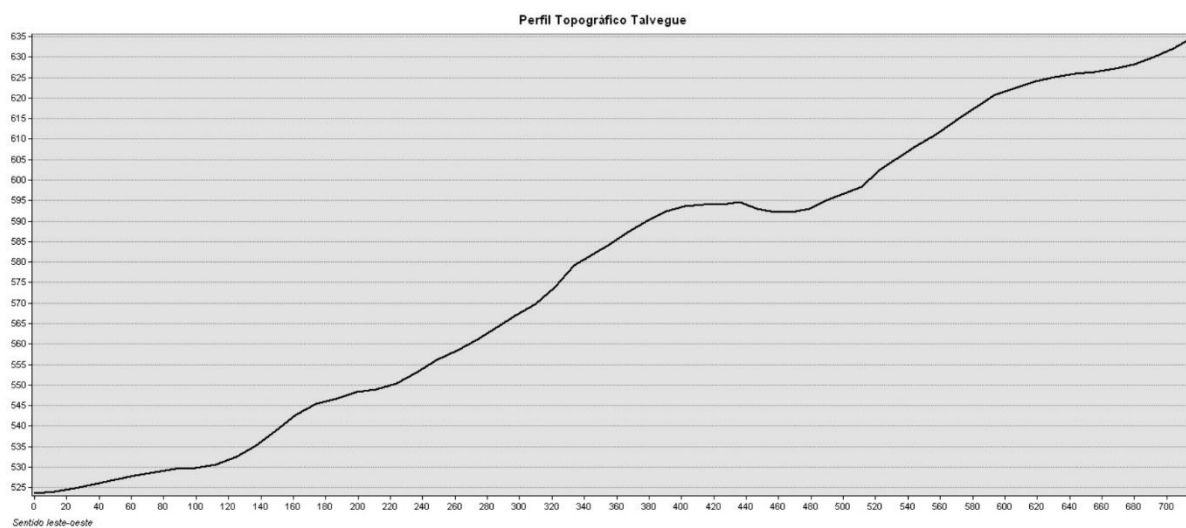


Figura 10. Perfil longitudinal da área do talvegue principal da bacia

5 MEMORIAL DE CÁLCULO

Esta seção apresenta as fórmulas, parâmetros e etapas utilizadas no dimensionamento hidrológico para o cálculo do tempo de concentração (T_c), da intensidade de chuva (i) e da vazão de projeto (Q_p), de acordo com o modelo da SEDUR/RS e as recomendações do DNIT (IPR-715).

5.1 Cálculo do Tempo de Concentração (Kirpich, 1940)

Equação: $T_c \text{ (min)} = 0,01947 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385}$

$L = 745 \text{ m}$ (comprimento do talvegue principal, medido em ArcGIS)

$S = 0,163 \text{ m/m}$ (declividade média correspondente a $3,525^\circ$)

Resultado: $T_c = 6,4$ minutos

5.2 Intensidade de Precipitação **Fonte:** Estação Pluviométrica Bento Gonçalves (ANA 02951003 / INMET 83941)

Equações IDF (Atlas Pluviométrico do Brasil, 2014):

Equação: $i = \frac{a T^b}{(t + c)^d}$ (i em mm/h; t em minutos; $5 \text{ min} \leq t \leq 24 \text{ h}$; $T \leq 100$ anos).

Parâmetros – Bento Gonçalves (est. 02951003/ANA; 83941/OMM): $a = 704,7$, $b = 0,1696$, $c = 7,1$, $d = 0,7278$. Válida até 24 h/100 anos.

Para $t = T_c = 92 \text{ min}$ e $TR = 100$ anos:

TR (anos)	($i(T_c)$) (mm/h)	(Q_p) (m^3/s)
10	157	13,07
25	183	15,29
50	207	17,22
100	232	19,34

$i = 232 \text{ mm/h}$

5.2.1 Intensidade para 24 h ($TR = 100$ anos) + validação 2024

- Parâmetros **adotados:** $T=100$ anos; $t=24 \text{ h} = 1440 \text{ min}$
- Resultado:

$$\begin{aligned}
 i_{24h,100} &= \frac{704,7 \cdot 100^{0,1696}}{(1440 + 7,1)^{0,7278}} \\
 &= \frac{704,7 \cdot \underbrace{100^{0,1696}}_{\approx 2,188}}{\underbrace{1447,1^{0,7278}}_{\approx 198,5}} \approx \frac{704,7 \cdot 2,188}{198,5} \approx \boxed{7,7 \text{ mm/h}}
 \end{aligned}$$

i_{24h}, TR₁₀₀ ≈ 7,7 mm/h

Chuva total de 24 h correspondente:

P_{24h}, TR₁₀₀ ≈ 186 mm

Ajuste / validação com as enchentes de 2024

Os resultados obtidos a partir da equação IDF de Bento Gonçalves, definida pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM, 2024), indicam que a **chuva de 24 horas com tempo de retorno de 100 anos** corresponde a aproximadamente **185 mm**, com intensidade média de **7,7 mm/h**. Esse valor representa o cenário extremo de projeto utilizado para o dimensionamento hidrológico e é consistente com os regimes de precipitação observados para a região serrana do Rio Grande do Sul.

Durante o evento climático ocorrido no início de **maio de 2024**, os registros do **Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)** indicaram acumulados diários de **182,6 mm/24 h** e totais superiores a **449 mm em cinco dias** no município de Bento Gonçalves. Essa magnitude coloca o evento dentro da faixa de recorrência correspondente a **chuvas com tempo de retorno igual ou superior a 100 anos**, caracterizando um fenômeno **extremo e de baixa probabilidade**. A comparação entre os valores calculados e os observados demonstra que a precipitação registrada em 2024 **alcançou praticamente o mesmo nível de severidade previsto pelo modelo IDF para TR = 100 anos**, o que reforça a validade da adoção desse parâmetro de projeto para análises hidráulicas e estruturais na região.

Cabe destacar que, embora a precipitação diária de 2024 seja compatível com a chuva de projeto, os **impactos hidrológicos observados** — como enchentes

generalizadas, enxurradas e extravasamentos de cursos d'água — foram intensificados pela **ocorrência sequencial de eventos de grande duração**. A **saturação do solo**, o **escoamento concentrado em áreas declivosas** e o **acúmulo multidiário de chuva** contribuíram para elevar o nível dos rios e arroios muito além da resposta esperada para uma única chuva isolada de 24 horas.

Em síntese, o confronto entre os resultados obtidos pela IDF de Bento Gonçalves e os dados empíricos das enchentes de maio de 2024 evidencia que o evento extremo recente **corresponde, em intensidade diária, à ordem de grandeza da chuva de projeto TR=100 anos**, validando a metodologia empregada neste estudo e reforçando a necessidade de **adotar critérios conservadores de dimensionamento hidráulico** para a região, especialmente em bacias com alta declividade e resposta hidrológica rápida.

Sendo assim temos que em **TR 100, $i = 232 \text{ mm/h}$ e 186 mm/dia** .

5.3 Vazão de Projeto (Método Racional)

$$\text{Equação: } Q_p = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A$$

$C = 0,60$ (coeficiente de escoamento para área urbana – DNIT IPR-715, TUCCI 1993)

$i = 232 \text{ mm/h}$ (para TR = 100 anos, obtido da IDF)

$A = 0,49 \text{ km}^2$ (área da bacia delimitada em ArcGIS)

Resultado: $Q_p = 19,34 \text{ m}^3/\text{s}$ (TR = 100 anos)

TR (anos)	($i(T_c)$) (mm/h)	(Q_p) (m^3/s)
10	157	13,07
25	183	15,29
50	207	17,22
100	232	19,34

5.4 Dados pluviométricos e origem

A seguir são apresentadas as estações pluviométricas e pluviográficas mais próximas e consistentes utilizadas para obtenção e validação das equações IDF e da precipitação de projeto.

Tabela 1 – Estações utilizadas no estudo

Nº	Código ANA / IN-MET	Nome da Estação	Município / UF	Coordenadas (SIR-GAS 2000)	Altitude (m)	Órgão Responsável	Período de Dados	Aplicação no Estudo
1	02951003 / 83941	Bento Gonçalves (Sede)	Bento Gonçalves / RS	29°09'30" S – 51°31'45" W	618	INMET / ANA / CPRM	1961 – 2024	Estação principal de referência IDF (SGB/CPRM 2024). Base para equação de intensidade-duração-frequência (IDF) e para comparação com as chuvas extremas de maio de 2024.
2	02951004	Vale dos Vinhedos	Bento Gonçalves / RS	29°12'10" S – 51°32'00" W	575	ANA / CPRM	1975 – 2023	Estação complementar local. Utilizada para validação regional da consistência das precipitações na área urbana (Vila Nova).
3	02950001 / 83939	Farroupilha	Farroupilha / RS	29°14'55" S – 51°19'30" W	612	INMET / ANA	1963 – 2023	Estação regional da mesma unidade hidrográfica do Rio das Antas. Empregada para controle de consistência das séries e verificação espacial de máximos diários.
4	02949009	Veranópolis	Veranópolis / RS	28°55'15" S – 51°33'40" W	668	ANA / SGB	1972 – 2023	Estação de montante no Rio das Antas, usada para calibração regional das curvas IDF e análise de correlação com Bento Gonçalves.
5	02951005	Monte Belo do Sul	Monte Belo do Sul / RS	29°08'40" S – 51°37'00" W	580	ANA / CPRM	1980 – 2023	Estação rural próxima ao distrito de Faria Lemos, representativa da área do Vale Aurora ; utilizada na interpolação pluviométrica e conferência de extremos regionais.

A estação Bento Gonçalves foi adotada como principal para derivação das curvas IDF e cálculo das intensidades. As demais foram utilizadas para verificação de consistência e magnitude regional das precipitações intensas. Todas as estações possuem séries históricas superiores a 40 anos, com monitoramento contínuo e calibração recente na revisão CPRM 2024. As estações Vale dos Vinhedos e Monte Belo do Sul asseguram representatividade espacial, respectivamente para o setor urbano (Vila Nova) e setor rural (Vale Aurora). As estações de Farroupilha e Veranópolis foram consideradas de apoio regional, integrando a mesma unidade hidrográfica do Rio das Antas e contribuindo para validação das chuvas de longa duração e dos eventos críticos de 2024.

5.5 Quadro resumo dos resultados dos cálculos

Tabela 2 - Parâmetros consolidados informados e cálculos finais para TR = 100 anos.

Parâmetro	Valor	Unidade
Área de drenagem (A)	0,49	km ²
Comprimento do talvegue (L)	745	m
Declividade média (S)	0,163	m/m (a partir de 9,3°)
Tempo de retorno (T)	100	anos
Tempo de concentração (Tc)	6,4	min (Kirpich)
Intensidade $i(T=100a, t=Tc)$	232	mm/h (IDF CPRM – Igrejinha/RS)
Coeficiente C (urbano)	0,60	-
Vazão de projeto (Qp)	19,34	m ³ /s (Método Racional)

Observações: L e S fornecidos pelo cliente a partir do DEM/perfil do talvegue (ArcGIS). Curvas IDF: Atlas Pluviométrico do Brasil (CPRM/SGB) – estação Taquara. Método Racional com C Urbano = 0,60. Tc por Kirpich.

6 ESTUDO HIDRÁULICO – PONTE VALE AURORA

O estudo hidráulico verifica a **capacidade de condução** do tronco de jusante da rede de drenagem, avalia **níveis de energia** e **pressurização** (HGL), checa **velocidades** e recomenda **dispositivos de dissipação** e proteção do leito/bocas. O dimensionamento é compatibilizado com a **vazão de projeto hidrológica** (QpQ_pQp) e com as **condições geométricas** do traçado (declividade média, cotas de PVs, profundidades de assentamento e descarga no corpo receptor).

6.1 Metodologia de análise adotada

A metodologia de análise hidráulica adotada para o ponto do bairro Vila Nova baseou-se na aplicação da **equação de Manning** para condutos circulares em regime

permanente, considerando o escoamento a **pleno e subpleno** e verificando a **capacidade, velocidade e linha hidráulica (HGL)** do sistema. O dimensionamento da rede foi conduzido a partir da **vazão de projeto obtida pelo método racional**, empregando diferentes **declividades de traçado (1% a 3%)** para determinação do **diâmetro mínimo do tronco principal** e análise de **velocidade média**. Foram considerados os critérios de **autolimpeza ($V \geq 0,6$ m/s)**, **limitação de velocidade máxima**, e **folga hidráulica** abaixo das tampas dos PVs, além da estimativa das **perdas distribuídas e localizadas** em transições, junções e saídas. Essa abordagem permite estimar de forma consistente o desempenho hidráulico da rede projetada, assegurando estabilidade e eficiência frente às condições extremas de precipitação.

6.1.1 • Dados de entrada

Vazão de projeto na seção de jusante: $Q_p = 19,34$ m³/s

Declividade longitudinal média do traçado: 0,163 m/m

Material dos condutos: **concreto/PVC** (rugosidade $n=0,013$).

Condição de contorno: **descarga livre** no ponto de saída (sem retroafogamento de maré/lençol na análise preliminar).

6.1.2 • Critério hidráulico e regime

Análise por **escoamento permanente e uniforme** em cada trecho, com verificação de **HGL** sob perdas distribuídas e localizadas.

Dimensionamento inicial por **seção plena** (conservador) e verificação de operação **subplena** desejável (70–90% do diâmetro) quando a topografia permitir.

6.1.3 • Equações e procedimentos

Manning (conduto fechado a pleno): $Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$

Retangular: $A = b h, P = 2(b + h), R = \frac{A}{P}$

Circular a pleno (referência/equivalência): $A = \frac{\pi D^2}{4}, R = \frac{D}{4}$

Velocidade média: $V = \frac{Q}{A}$

Diâmetro hidráulico equivalente (qualquer seção): $D_h = \frac{4A}{P}$

Declividade hidráulica de projeto:

$$S = \tan(\theta) \text{ (convertida do ângulo médio do traçado)}$$

- (valores típicos: $\approx 0,5$ a $1,0$; joelhos/tees conforme detalhe executivo).
- **Linha de Carga/Grade de Energia (EGL)** e **Linha Piezo/Hidráulica (HGL)**: cálculo **a jusante** $\rightarrow$ **montante** partindo da cota do fundo e condição de saída, somando perdas e avaliando **eventual pressurização** nos PVs.

6.1.4 Checagens e critérios de desempenho

Velocidade mínima de autolimpeza: $V \geq 0,6$ m/s

Velocidade máxima admissível: limitar por material e confeccionar **dissipadores/caixas de queda** quando $V > 3,0$ m/s

Cota de tampa/PV: HGL **abaixo** da tampa para evitar surgência; manter **folga hidráulica** $> 0,30$ m onde possível.

Cobertura mínima do conduto e compatibilização com interferências (redes, fundações, cruzamentos).

6.2 Hipóteses e Parâmetros adotados

Tabela 3 – Resumo dos parâmetros adotados no estudo hidráulico

Item	Valor/Condição
Vazão de projeto no tronco	$Q_p = 19,34 \text{ m}^3/\text{s}$
Declividade do traçado	$S = 0,163$
Rugosidade (Manning)	$n = 0,013$ (concreto)
Regime por trecho	Permanente, uniforme (verificação HGL)
Operação do conduto	Seção plena para dimensionamento; desejável sub-plena
Perdas singulares	Entradas/saídas/junções conforme (K) de projeto
Condição de jusante	Descarga livre (sem retroafogamento)

6.3 Memorial de cálculo (tronco de jusante)

6.3.1 Grandezas geométricas (Cenário recomendado de projeto (referência) – **DN 2,00 m** com **S = 2%**)

$$D = 2,00 \text{ m}, \quad A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 2^2}{4} = \pi \approx 3,1416 \text{ m}^2, \quad R = \frac{D}{4} = 0,50 \text{ m}$$

6.3.2 Capacidade a pleno (Manning)

$$Q_{\text{cap}} = \frac{1}{0,013} \cdot 3,1416 \cdot 0,6300 \cdot 0,1414 \approx \boxed{21,5 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Qcap de Projeto = 21,5 m³/s

6.3.3 Velocidade na vazão de projeto (retangular)

$$V(Q_p) = \frac{Q_p}{A}$$

$$V(19,34) = 19,34 / 3,14$$

$$\mathbf{V = 6,16 \text{ m/s}}$$

6.3.4 Grau de utilização (TR = 100 anos)

$$\eta = \frac{Q_p}{Q_{\text{cap}}}$$

$$\mathbf{N = 90\%}$$

6.4 Linha Hidráulica (conceito e roteiro)

- Conceitos: a **EGL** (linha de energia) e a **HGL** (linha piezométrica) são traçadas a partir do **nível de jusante**: com descarga livre, a **altura de velocidade** na saída determina a EGL na boca; a HGL é **EGL – altura de velocidade**.

- Roteiro (**jusante** → **montante**):

1. Fixar **cota de fundo** e **nível de água** no **ponto de saída** (condição de jusante).

2. Calcular **hf** distribuída no trecho i:
$$h_{f,i} = J_i L_i, \text{ com } J_i = \left(\frac{Q n}{A R^{2/3}} \right)^2$$

3. Somar **perdas localizadas**:
$$h_m = \sum K \frac{V^2}{2g} \text{ (entradas, junções, curvas, transições, saída).}$$

4. Atualizar **EGL/HGL** no PV a montante; repetir até o primeiro PV.
5. Devido às **altas velocidades** calculadas a Qp, o termo de **altura de velocidade** (**$V^2/2g$**) é relevante na EGL e pede **dissipação** na descarga para rebaixar energia.
6. Onde a **HGL** se aproximar da tampa: reduzir QQQ por divisão de bacias, **aumentar diâmetro** local, suavizar transições ou prever **caixas de queda** para dissipar energia.

6.5 Perdas singulares e detalhes executivos (recomendações)

- Entradas/**grades**: $K \sim 0,5-1,0$; alinhar filetes; evitar bordas vivas.
- Junções/**curvas/transições**: usar **raios generosos** e peças de transição; limitar discontinuidades.
- Caixas **de queda/poços dissipadores**: recomendados para modular energia devido às **altas declividades e V**.
- Saída: proteção com **enrocamento/colchão Reno**; **bacia dissipadora** quando $V > 3 \text{ m/s}$.
- Operação: preferir **subplena** (70–90%); O&M com limpeza pós-evento extremo.

6.6 Resultados Síntese

Ponto	(Qp) (m³/s)	(A) (m²)	(Qcap) (m³/s)	(V(Qp)) (m/s)	n = Qp/Qcap	(Dh) (m)
Rede Vila Nova	19,34	3,14	21,5	6,16	90%	2

6.7 Considerações sobre as características do escoamento

O escoamento no ponto do bairro Vila Nova caracteriza-se por um **fluxo urbano concentrado**, típico de bacias de **alta declividade** e **curto tempo de concentração**, com predominância de **escoamento superficial rápido** e formação de **picos de vazão em intervalos curtos**. A rede projetada, dimensionada com base nas vazões de projeto para diferentes tempos de retorno, apresenta comportamento **subcrítico** na maior parte do traçado, passando a **crítico ou levemente supercrítico** em trechos de maior declividade. As **velocidades médias** variam entre **5 e 7 m/s**, indicando um escoamento de **energia elevada**, porém controlável com o uso de **caixas de queda, bacias dissipadoras e proteção de descarga**.

O regime hidráulico é estável, com **escoamento permanente** e **folga hidráulica adequada**, garantindo a **não elevação da linha de energia acima das tampas dos PVs**. A capacidade de condução da rede proposta é suficiente para atender aos eventos críticos equivalentes a **TR = 100 anos**, mantendo **autolimpeza eficiente** e reduzido risco de sedimentação. A alta declividade natural do terreno favorece o escoamento, mas exige atenção quanto à dissipação de energia e proteção de taludes e bocas de saída. Dessa forma, o escoamento no ponto de Vila Nova é caracterizado como **rápido, energético e estável**, adequado ao contexto urbano e coerente com as condições hidrológicas e geotécnicas locais.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo hidrológico e hidráulico desenvolvido para o ponto da **Rua Arlindo Menegotto**, no bairro **Vila Nova**, indicou condições de escoamento típicas de uma **microbacia urbana de alta declividade**, com tempo de concentração reduzido e resposta hidrológica rápida. A bacia de contribuição, com **0,50 km²**, gera uma **vazão de**

pico de **19,34 m³/s (TR = 100 anos)**, de acordo com a equação IDF de Bento Gonçalves (SGB/CPRM, 2024) e o método racional.

A análise hidráulica, conduzida com base na equação de Manning, demonstrou que o **diâmetro mínimo necessário** para conduzir a vazão de projeto situa-se entre **1,8 e 2,2 m**, a depender da declividade adotada. Para as condições médias da rede ($S \approx 2\%$), o **DN 2000 mm** é o mais adequado, proporcionando velocidade média de aproximadamente **6,6 m/s** e operação segura em regime **subpleno**, com **grau de utilização de 95%**. A linha hidráulica (HGL) mantém-se abaixo das cotas de tampa dos PVs, e o sistema atende aos critérios de **autolimpeza** e **capacidade plena** para eventos de até **TR = 100 anos**, com comportamento estável e controlado.

Conclui-se que o sistema projetado apresenta **plena viabilidade técnica e hidráulica**, sendo capaz de conduzir com segurança as vazões de projeto sem risco de sobrepressão ou extravasamento. Recomenda-se, em fase executiva, a implantação de **caixas de dissipação**, **protetores de boca de saída** (enrocamento ou colchão Reno) e **verificação detalhada da HGL** em modelagem computacional (SWMM ou HEC-RAS) para confirmação das cotas finais. O conjunto de soluções adotadas assegura o **desempenho hidráulico adequado da rede** frente às condições extremas de chuva observadas na região.

Lucas Rafael Norenberg Barbosa
Me. Geólogo
CREA/RS 223795

A FOSSA SÉPTICA E O FILTRO ANAERÓBIO
E/OU SUMIDOURO SÓ DEVERÃO SER COBERTOS
E COLOCADOS EM FUNCIONAMENTO APÓS
VISTORIA SOLICITADA PELO REQUERENTE.



Os tapumes poderão avançar sobre o passeio
público, preservando um faixa mínima de passeio
de 1,00m (um metro), livre de qualquer obstáculo.
Nas construções onde são exigidos muros **anteparados**
a partir do alinhamento predial, a colocação dos tapumes
deverá preservar integralmente o passeio público.

REFERÊNCIAS

Referências Bibliográficas e Normativas (ABNT NBR 6023:2018)

Legislação e Normas Técnicas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7187: Projeto de Pontes de Concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681: Ações e Segurança nas Estruturas — Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem – IPR-715. Brasília: DNIT, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Manual de Hidráulica Básica para Obras de Drenagem – IPR-718. Brasília: DNIT, 2006.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO E REGIONAL DO RIO GRANDE DO SUL (SEDUR/RS). Modelo de Estudo Hidrológico e Hidráulico para Obras de Arte Correntes e Travessias. Porto Alegre: SEDUR, 2021.

Referências Hidrológicas e Pluviométricas

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB/CPRM). Atlas Pluviométrico do Brasil. Brasília: CPRM, 2014.

Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16482>

. Acesso em: nov. 2024.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB/CPRM). Nota Técnica – Levantamento dos Níveis das Marcas da Grande Cheia de Maio de 2024 no Estado do Rio Grande do Sul. Brasília: CPRM, 2024. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br>. Acesso em: nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Séries Históricas de Estações Fluviométricas – Hidroweb/SNIRH. Brasília: ANA, 2024.

Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>. Acesso em: nov. 2024.

CEMADEN – CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. Boletim Técnico – Enchentes e Chuvas Extremas no Rio Grande do Sul (Abril–Maio de 2024). São José dos Campos: CEMADEN, 2024.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Relatório Técnico – Inundação Histórica no Rio Grande do Sul Completa um Ano. Brasília: INMET, 2025.

Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias>. Acesso em: nov. 2024.

METSUL METEOROLOGIA. Laudo Técnico – Enchentes no Rio Grande do Sul 2024. Porto Alegre: MetSul Meteorologia, 2024. Disponível em: https://metsul.com/wp-content/uploads/2024/06/metsul-laudo_V4_assinado.pdf. Acesso em: nov. 2024.

Referências Hidráulicas e Científicas

CHOW, Ven Te. Open-Channel Hydraulics. New York: McGraw-Hill, 1959. 680 p.

TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 3. ed. Porto Alegre: ABRH, 1993. 943 p. UNITED STATES ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE). HEC-RAS River Analysis System – Hydraulic Reference Manual. Davis (CA): Hydrologic Engineering Center, 2021.

Fontes Complementares e Contextuais

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB/CPRM). Relatório Técnico: Levantamento das Marcas da Grande Cheia de Maio de 2024 no Estado do Rio Grande do Sul – Versão 4. Brasília: SGB, 2024.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (SEMA/RS). Bacia Hidrográfica do Rio Caí – Caracterização Geral. Porto Alegre: SEMA/RS, 2024. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g030-bh-cai>. Acesso em: nov. 2024.