ESTUDO HIDROLÓGICO

Ponte Rua Albino Giehl

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO 3

2. OBJETIVO 3

3. LOCALIZAÇÃO 3

4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO 4

4.1. Metodologia Do Estudo Hidrológico 4

4.1.1. Pluviometria 4

4.2. Tratamento De Dados 5

4.2.1. Cálculo da vazão de projeto 7

4.2.2. Determinação Da Cota De Máxima Cheia E Vão Da Obra 13

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 16

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 18

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho busca analisar o comportamento referente a vazão da área de contribuição hidrológica sobre a ponte localizada na Rua Pedro Albino Giehl , no município de Mato Leitão/RS, para futura execução de um dispositivo de transposição em estruturade concreto armado.

Partindo da necessidade de construir um novo dispositivo de transposição (ponte) que atenda às demandas de tráfego e cargas solicitantes, bem como de segurança e conforto ao usuário, foram realizados estudos multidisciplinares subsidiados pela Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem, DNIT, 2005.

2. OBJETIVO

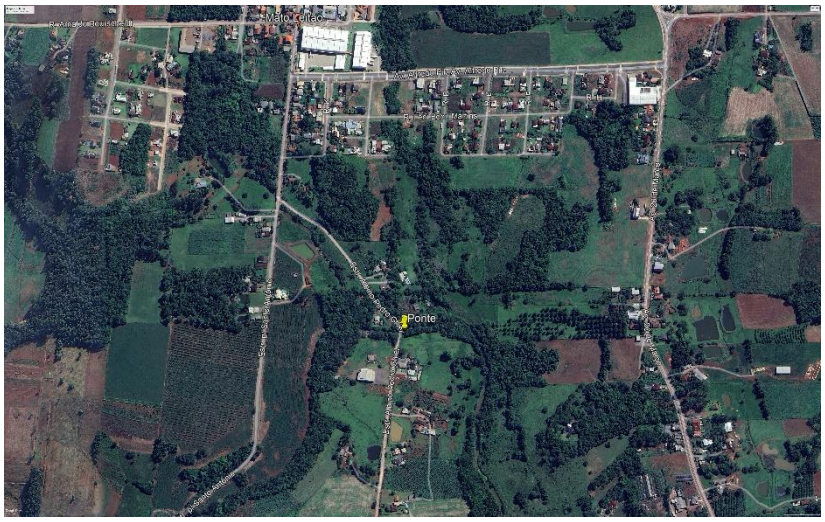
Objetiva-se no presente trabalho conhecer como funciona a mecânica de escoamento da região de interesse e, a partir dos resultados obtidos, determinar o vão ideal da nova ponte a ser construída, bem como a cota de máxima cheia, garantindo que o novo empreendimento atenda às especificações de conforto e segurança para o usuário.

3. LOCALIZAÇÃO

As coordenadas do local estudado, região destacada da Figura 1, são:

- Latitude -29.535757°;
- Longitude -52.125981°.

Figura 1 – Localização da futura ponte



Fonte: Adaptada do Google Earth, 2025.

4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO

O Riacho, tem extensão aproximada de 6.8 km de sua nascente até o local da ponte.

A bacia de projeto estende-se por uma área de aproximadamente 16,47 km², a montante da área da ponte, cuja determinação teve por base as cartas topográficas disponíveis na base de dados online do Instituto Brasileiro de Geografiae Estatística (IBGE).

4.1. Metodologia Do Estudo Hidrológico

4.1.1. Pluviometria

Na escolha da estação pluviométrica foram adotados os seguintes parâmetros:

- Localização da estação em relação ao trecho;
- Dados pluviométricos atualizados; e representatividade numérica da sériehistórica disponível.

Sendo assim, foram utilizados, neste estudo, os dados da EstaçãoPluviométrica de Santa Maria, disponibilizados pelo INMET. Os dados da estação estão sendo apresentados no quadro abaixo.

Os dados hidrológicos são obtidos na estação por meio de leitura de pluviômetro e correspondem a precipitações mensais, número de dias de chuva e precipitações máximas diárias anuais. Para esse estudo, foram utilizados dados da estação para o período de 2001 a 2024.

4.2. Tratamento De Dados

A partir dos dados obtidos de precipitação diária, calculou-se a precipitação diária mensal e, consequentemente, a máxima anual, conforme a tabelaa seguir:

Tabela 1 - precipitações diárias máximas a cada ano medido na estação (mm)

Ano	P (mm)	Ano	P (mm)
2001	0	2013	115,2
2002	6	2014	128,4
2003	190,8	2015	182,4
2004	81,2	2016	87,4
2005	82	2017	124,4
2006	103,8	2018	100,2
2007	92,6	2019	104
2008	74,8	2020	84,6
2009	85	2021	88
2010	88,4	2022	85,4
2011	63,2	2023	97,2
2012	130,6	2024	204,4

Após a tabulação dos dados, aplicou-se o método de distribuição estatística de Gumbel para efetuar a extrapolação de dados para o tempo de recorrência desejado, ou seja, TR = 100 anos.

Segundo o método de distribuição de Gumbel:

$$x = \bar{x} - s\{0{,}45 + 0{,}7797x \ln[\ln \frac{TR}{TR-1}]\}$$

Onde

- x - valor da precipitação que se deseja obter (mm);
- $\bar{x}$ - valor médio da precipitação amostral (mm);
- **s** - desvio padrão amostral;

- **TR** é o tempo de recorrência (anos).

Obteve-se, portanto, $P_{100} = x = 169{,}30mm$.

4.2.1. Cálculo da vazão de projeto

Utilizou-se o método do hidrograma unitário triangular para o cálculo da determinação das vazões de projeto, e consequente definição da cota de instalaçãoda nova ponte, em função da área de contribuição da bacia.

O HUT é obtido com base nas características físicas da bacia. A vazão de pico do hidrograma é obtida por:

$$Qp = \frac{0{,}208 * \text{Pe}^{*}A}{tp}$$

Onde:

- ***Qp*** - descarga de pico (m³/s);
- **A** - área da bacia drenada (km²);
- **tp** - tempo de pico (h);
- **0,208** - fator adimensional de armazenamento e conversão de unidades.

A precipitação efetiva Pe (mm) é obtida com base na fórmula proposta pelo "US Soil Conservation Service" que com suas unidades ajustadas ao sistema métrico, apresenta a seguinte forma

$$re - \frac{(P - (\frac{5080}{CN} - 50{,}80))^{2}}{P + (\frac{20320}{CN} - 203{,}2)}$$

Onde:

- **P** - precipitação para uma duração D (mm);
- **CN** - número de deflúvio representativo para o complexo hidrológico solovegetação, de acordo com as tabelas do método do SCS.
- **Pe= 99,30mm**

O número de deflúvio pode ser encontrado utilizando as relações explicitadasna tabela apresentada a seguir:

Tabela 2 - Número de deflúvio

Utilização da terra	Condições de superfície	Tipos de solos de área			
		A	B	C	D
Terrenos cultivados	Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações regulares	Em curvas de nível	67	83	62	82
	Terraceado em nível	64	79	60	79
	Em fileiras retas	64	84	62	83
Plantações de cereais	Em curvas de nível	77	87	74	85
	Terraceado em nível	73	82	71	82
	Em fileiras retas	76	88	75	87
Plantações de legumes ou campos cultivados	Em curvas de nível	60	72	81	84
	Terraceado em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
Campos permanentes	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densas, de alta transpiração	25	55	70	73
Chácaras Estradas de terra	Normais	59	74	82	86
	Más	72	82	87	89
	De superfície dura	74	84	90	92
Florestas	Muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76
Superfícies impermeáveis	Áreas urbanizadas	100	100	100	100

Fonte: WILKEN, 1978 apud STUDART, 2006, cap. 8, p. 5.

Observações:

- O solo **tipo A** é o de mais baixo potencial de deflúvio. Terrenos muito permeáveiscom pouco silte e argila;

- O solo **tipo B** tem uma capacidade de infiltração acima da média após o completo umedecimento. Inclui solos arenosos;
- O solo **tipo C** tem uma capacidade de infiltração abaixo da média após a pré-saturação. Contém porcentagem considerável de argila e coloide;
- O solo **tipo D** é o de mais alto potencial de deflúvio. Terrenos quaseimpermeáveis.

Com base nas características observadas na região (plantações regulares, em curvas de nível, média entre os tipos de solo A e B) admitiu-se o valor de CN = 60.

O tempo de concentração foi calculado pela fórmula de Picking modificada:

$$tc = 5{,}3 \text{ x } (\mathrm{L}^2/\mathrm{I})^{1/3}$$

Onde:

- $\boldsymbol{tc}$ - tempo de concentração em min;
- $\boldsymbol{L}$ - comprimento do talvegue em km;
- $\boldsymbol{I}$ – declividade e, m/m.

Da equação acima têm-se tc = 1,53h

Os parâmetros do modelo SCS são expressados matematicamente por:

$$tr = \frac{tc}{5}$$

$$tp = \frac{tr}{2} \pm 0{,}6 \times tc = 1{,}07$$

$$tb = 2{,}67 \times tp = 2{,}86$$

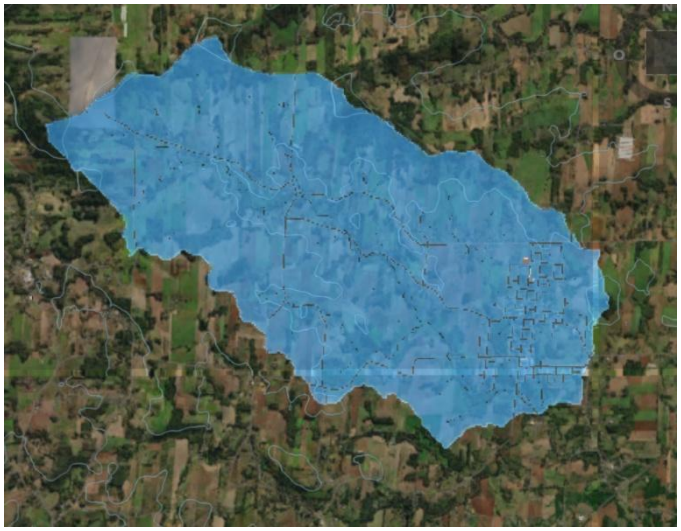
Onde:

- $\boldsymbol{tr}$ - tempo de duração da chuva unitária (h);
- $\boldsymbol{tp}$ - tempo de pico (h);
- $\boldsymbol{tb}$ - tempo de base do hidrograma (h).

A delimitação da área da bacia de drenagem é representada na figura 4 abaixo.

Figura 3 – Delimitação da bacia de drenagem. A ≅ 16,47 Km²

Fonte: Adaptada do Google Earth, 2025.



A área total da bacia é de aproximadamente 16,47 km².

O período de recorrência usualmente adotado para obras desse nível de importância e segurança é de 50 a 100 anos. Contudo os dados que estão disponível são a partir de 2001, totalizando 24 anos.

Determinou-se, portanto, o valor de Qp = 539,73 m³/s.

4.2.2. Determinação Da Cota De Máxima Cheia E Vão Da Obra

A cota de máxima cheia e o vão da obra foram calculados utilizando a fórmula de Manning associada à equação da continuidade, onde para cada altura (h) do nível d'água, tem-se uma área molhada (A) e um perímetro molhado (P) e, consequentemente, um raio hidráulico (R) e velocidade de escoamento (V), relacionados através das seguintes Equações:

$$\boldsymbol{V = KxR^{2/3}xJ^{1/2}\ (EQ.STRICKLER)}$$

$$\boldsymbol{V = \frac{1}{n}xR^{2/3}xJ^{1/2}\ (EQ.MANNING)}$$

$$\boldsymbol{Q = AxV\ (EQ.DA\ CONTINUIDADE)}$$

Onde:

- **Q** = Vazão (m³/s);
- **A** = Área da seção molhada (m²);
- **K** = Coeficiente de rugosidade de Strickler;
- **n** = Coeficiente de rugosidade de Manning;
- **V** = Velocidade de escoamento (m/s);
- **R** = Raio hidráulico (m), sendo: R = A / P e P = Perímetro molhado (m);
- **J** = Declividade do fundo (m/m).

Realizando uma combinação das equações da Continuidade e de Strickler,obteve-se a expressão:

$$\boldsymbol{AxR^{2}/_{3} = \frac{Q}{KxJ^{1/2}}}$$

Onde, os valores já conhecidos de: Q e J, este último tratando-se do desnível médio do talvegue e, adotando-se um coeficiente de rugosidadeK $= 55\, m^{1/3}/s$ (canal aberto em rocha / canal em terra – sedimentos médios).

A partir dos levantamentos planialtimétricos, admitiu-se a geometria da seção de escoamento como sendo um canal trapezoidal com inclinações dos taludes de m = 1,0 (por metro de altura).

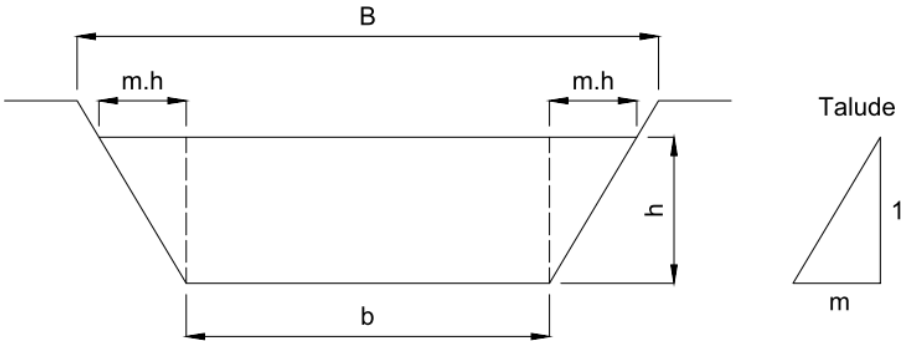


Figura 7 - Geometria da seção a ser calculada

Encontrou-se, portanto, valor numérico para a expressão $AxR^{2/3} = 104{,}47$ que foi intitulado como “valor conhecido”.

Em seguida, calculou-se novamente a expressão $\boldsymbol{AxR^{2/3}}$, desta vezarbitrando-se valores para h (cota máxima de cheia, em metros) até que a condiçãoda igualdade com o valor conhecido fosse satisfeita, conforme ilustra a tabela a seguir:

Tabela 4 - Método da tentativa para determinação da seção transversal da ponte e altura da ponte

h(m)	A(m²)	P(m)	R(m)	R^2/3	A*R^2/3	conhecido
1,00	13,45	14,95	0,90	0,93	12,53	104,47
2,00	27,90	16,95	1,65	1,39	38,90	104,47
3,00	43,35	18,95	2,29	1,74	75,26	104,47
3,70	54,76	20,35	2,69	1,93	105,94	104,47

Observa-se que o valor resultado obtido com h = 3,70m atende com segurança o valor de máxima de cheia, porém, para evitar o contato direto da estrutura da ponte com a água, devendo-se acrescentar uma cota de segurança, equivalente a uma altura de 1,00m (um metro), sendo esta uma dimensão mínima recomendada por norma, para a cota de fundo de viga.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O escoamento em canais naturais se estabelece em função de uma infinidade de fatores, tornando a reprodução exata do que acontece na natureza tecnicamente impossível. No entanto, admitindo-se modelos matemático-estatísticos e ferramentas de cálculo, procura-se definir parâmetros que subsidiem a construção de obras de engenharia com nível de precisão aceitável.

Desse modo, o estudo hidrológico auxilia na tomada de decisões quantoao tipo de estrutura a ser construído e de características geométricas e elementos construtivos.

Com base nos resultados do estudo, determinou-se a vazão de pico e a cota máxima de projeto, este último servirá como parâmetro inicial para a execuçãode um projeto executivo de uma nova ponte.

KLEBER ADAO LEMES COLLA:01511869011

Assinado de forma digital por KLEBER ADAO LEMES COLLA:01511869011
Dados: 2025.11.03 13:54:08 -03'00'

Responsável Técnico - Engº Civil
Kleber A. L. Colla – CREA RS243889

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas – ANA. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 24/07/2018.

CHOW, V. T. Handbook of applied hydrology: a compendium of water-resources tecnology. McGraw-Hill, 1964. 1495 p.

DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, Rio de Janeiro – RJ, 1990.

DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Manual de Projeto de Obras de Arte Especiais, Rio de Janeiro – RJ, 1996.

DNIT. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: < http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/715_manual_de_hidrologia_basica.pdf>. Acesso em24/07/2018.

DAEE-SP, Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – Precipitações Intensas no Estado de São Paulo, 2016.

Instituto Nacional de Pesquisas Meteorológicas - IMPE. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em: 24/07/2018.

National Resources Conservation Service. Hidrology Training Series, Module 104 – Runoff Curve Number Computations. United States Department of Agriculture, 1989. Disponível em: <https://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/H&H/training/runoff-curve- numbers1.pdf>. Acesso em 24/07/2018.

PFAFSTETTER, O. 1989. Classificação de bacias hidrográficas: metodologia da codificação. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 1989.

WILKEN, P. S. Engenharia de drenagem superficial. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 478 p.