



ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO ALTO VALE DO ITAJAÍ

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITUPORANGA SANTA CATARINA

PROJETO EXECUTIVO PONTE TRÊS BARRAS

ESTUDOS COMPLEMENTARES

VOLUME 02

Elaboração: **EXCELÊNCIA PROJETOS E ASSESSORIA LTDA**



EXCELÊNCIA PROJETOS E ASSESSORIA

CNPJ - 29.174.101/0001-60

Vanderlei Cardoso

Engenheiro Civil

CREA-SC 108762-6

NOVEMBRO 2025

ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO ALTO VALE DO ITAJAÍ

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITUPORANGA SANTA CATARINA

ESTRADA: ESTRADA GERAL TRÊS BARRAS;

TRECHO: LOCAÇÃO -27.500301, -49,575641;

MUNICÍPIO: ITUPORANGA/SC;

EXTENSÃO: 15,00m;

DIREÇÃO: AMAVI – ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO ALTO VALE DO ITAJAÍ;

COORDENAÇÃO: AMAVI – ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO ALTO VALE DO ITAJAÍ;

ELABORAÇÃO: EXCELÊNCIA PROJETOS E ASSESSORIA LTDA;

CONTRATANTE: AMAVI – ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO ALTO VALE DO ITAJAÍ;

RESP. TÉCNICO: VANDERLEI CARDOSO – CREA-SC 108762-6;

TERMO DE CREDENCIAMENTO Nº: 03-2025

LICITAÇÃO Nº: EDITAL DE CREDENCIAMENTO 03/2025-AMAVI

ORDEM DE COMPRA Nº: 033/2025

DATA	SITUAÇÃO	REVISÃO
10/11/2025	PROJETO EXECUTIVO	00

ÍNDICE

1.	ESTUDO HIDROLÓGICO	4
1.1.	Coleta de Dados.....	4
1.2.	Características Ambientais.....	7
1.2.1.	Geologia.....	7
1.2.2.	Caracterização Geomorfológica.....	9
1.2.3.	Características Climáticas.....	10
1.2.4.	Temperatura Média Anual.....	11
1.3.	Pluviometria.....	11
1.3.1.	Curvas Intensidade-Duração-Frequência.....	11
1.4.	Tempo de Recorrência	16
1.4.1.	Bacia Hidrográfica.....	18
1.4.2.	Vazão Hidrológica.....	18
1.4.3.	Dimensionamento hidráulico de pontes.....	21
1.4.3.1.	Transposição do Rio Três Barras.....	23
1.1.1	Seção proposta para a ponte sobre o Rio Três Barras.....	27

1. ESTUDO HIDROLÓGICO

Visando a obtenção de elementos para o dimensionamento de uma obra de arte especial no Rio Três Barras, localizado no município de Ituporanga/SC, foi elaborado o presente estudo hidrológico, no que se relaciona à transposição de um curso de água permanente.

O estudo foi elaborado com base nas recomendações do DNIT relativas às seguintes publicações: Manual de Hidrologia Básica, IS-203 – Anexo B3 e IS-210 – Projeto de Drenagem.

Este estudo consiste na determinação do regime pluviométrico para a região atravessada pela via, na caracterização fitogeomorfológica da bacia de contribuição e na obtenção da vazão de projeto para a seção de controle.

Para tanto, se fez necessária a obtenção de dados de pluviometria aos quais se deu tratamento estatístico, chegando assim, às curvas de intensidade-duração-frequência.

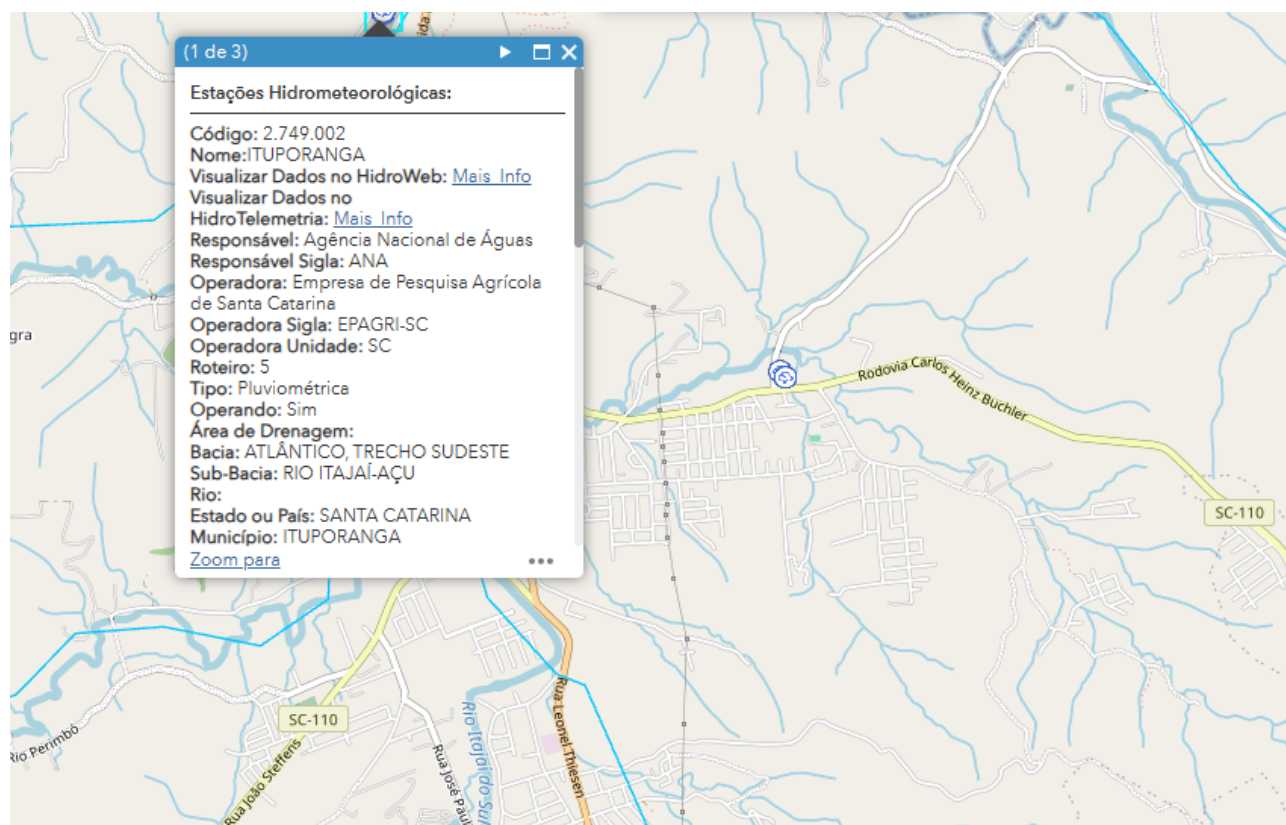
O desenvolvimento de todos esses passos tem o objetivo final de determinar a descarga no ponto de controle.

1.1. COLETA DE DADOS

As informações pluviométricas utilizadas dizem respeito à Estação Meteorológica de Anitápolis, Código 2749002, localizada no Município de mesmo nome. As informações pluviométricas disponíveis neste posto são as que melhor representam a região do projeto.

Os dados do posto meteorológico de Campo Alegre foram fornecidos por sua operadora, Agência Nacional de Águas - ANA, por meio de leitura de pluviômetro, sendo correspondentes às precipitações mensais, números de dias de chuva e precipitações máximas diárias anuais para o período de observação compreendido entre os anos de 1984 e 2024.

Figura 1 - Dados do posto meteorológico de Ituporanga



1.1.1. PROCESSAMENTO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

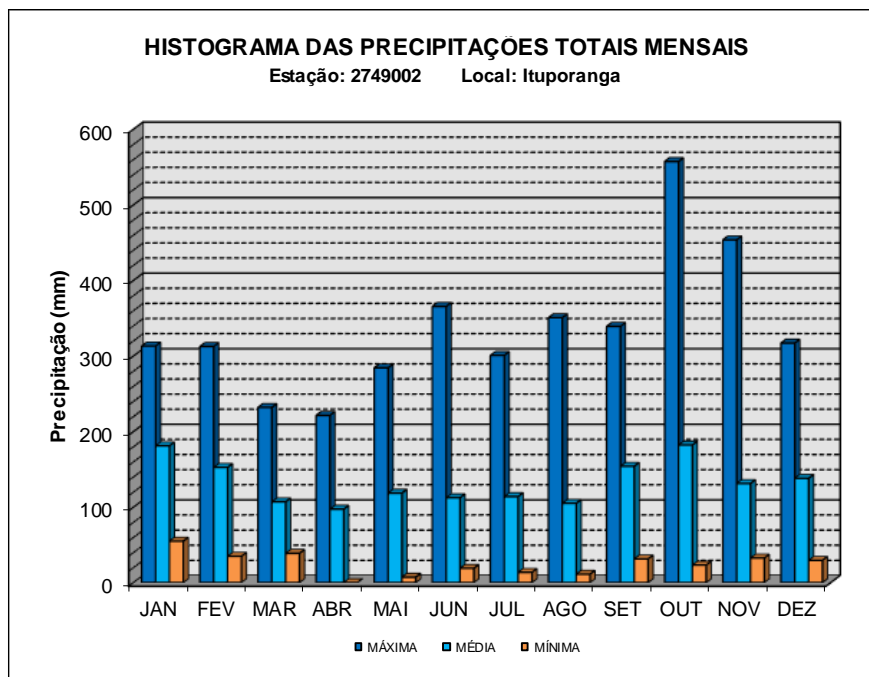
Os dados de chuvas foram processados estatisticamente para fornecer os valores máximos, médios e mínimos das precipitações mensais, número de dias de chuva e precipitações máximas diárias anuais.

1.1.2. PRECIPITAÇÕES MENSAIS

A partir das precipitações totais mensais obtidas durante o período de observação, calculou-se a precipitação total máxima, média e mínima mensal.

Pelo histograma da **Figura 2**, pode-se concluir que os meses de outubro e novembro registram as maiores precipitações máximas, alcançando valores de 557mm e 454mm, respectivamente. As médias mensais mais elevadas ocorrem nos meses de outubro e janeiro, variando entre 182mm. Ao longo do ano, não há um período de estiagem bem definido, visto que mesmo nos meses de menor média, como março e abril, os valores permanecem próximos de 100mm. Essa distribuição indica que, embora seja possível a ocorrência de secas pontuais, a probabilidade de períodos prolongados de estiagem é reduzida.

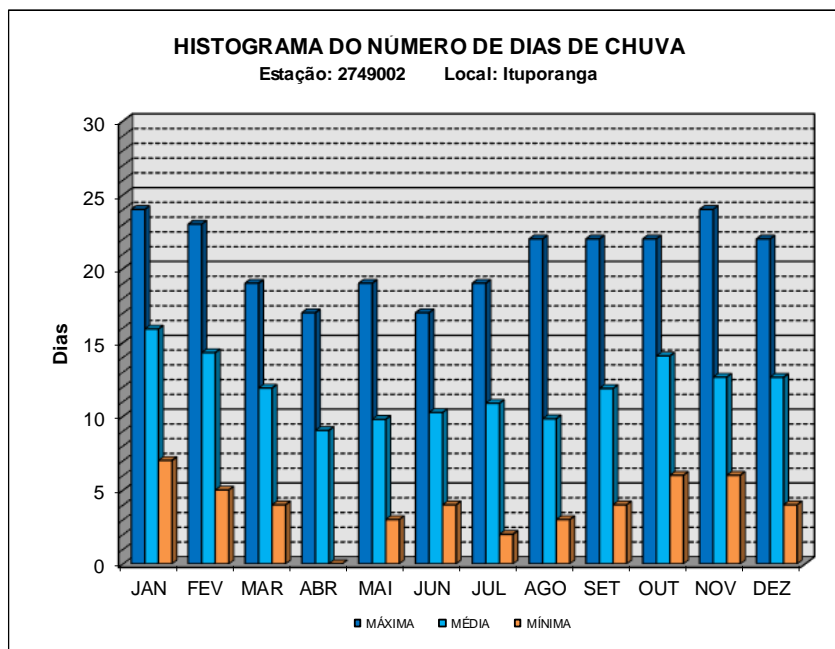
Figura 2 – Histograma das Precipitações Totais Mensais



1.1.3. NÚMERO DE DIAS DE CHUVA

Com os dados de dias de chuva foram calculados os valores máximos, médios e mínimos que geraram o histograma da **Figura 3**.

Figura 3 – Histograma do Número de Dias de Chuva



Comparando-se os histogramas de precipitação mensal e de número de dias de chuva, verifica-se uma correspondência entre o volume médio de chuvas e a quantidade média de dias chuvosos ao longo do ano. O trimestre de março e maio apresenta-se como o trimestre com menor frequência

de chuvas. Os valores médios extremos variam de aproximadamente 9 dias de chuva em abril, resultando em uma média anual de aproximadamente 143 dias com ocorrência de precipitação.

1.1.4. PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS MÁXIMAS ANUAIS

Com base nas precipitações diárias máximas mensais observadas determinaram-se as precipitações diárias máximas anuais para o período de observação. A partir destes valores, calculou-se a média das máximas anuais, bem como seu desvio padrão.

Para a estação de Ituporanga foram utilizados, nesta determinação, dados referentes há 40 anos, cujo período corresponde aos períodos de 1984 a 2024. Os resultados obtidos foram:

- $\bar{h} = 85,67 \text{ mm};$
- $\sigma = 25,88 \text{ mm};$
- $n = 40 \text{ anos}.$

Tabela 1 – Precipitações Diárias Máximas Anuais Observadas (mm)

Ano	H máx.(mm)	Ano	H máx.(mm)	Ano	H máx.(mm)
1984	102,3	1998	76,30	2012	90,50
1985	38,00	1999	83,10	2013	77,90
1986	73,60	2000	111,00	2014	74,00
1987	54,20	2001	105,00	2015	124,20
1988	62,50	2002	59,40	2016	73,70
1989	104,50	2003	102,50	2017	169,30
1990	109,50	2004	97,60	2018	68,30
1991	81,50	2005	78,40	2019	80,00
1992	96,70	2006	130,00	2020	69,70
1993	94,20	2007	87,30	2021	56,30
1994	117,90	2008	51,80	2022	84,20
1995	72,20	2009	44,60	2023	124,40
1996	63,20	2010	78,60	2024	83,70
1997	74,70	2011	76,30		

Fonte: Estação Pluviométrica de Ituporanga/SC

1.2. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

1.2.1. GEOLOGIA

O Município está situado no contexto geológico regional da Bacia do Paraná

(WILDNER et al., 2014). Trata-se de uma bacia intracratônica, com formato alongado de direção NNE-SSW e é composta predominantemente por sedimentos siliciclásticos e rochas vulcânicas, de idade desde o Ordoviciano ao Cretáceo. A espessura máxima da Bacia é de 7.000 m. Esta bacia compreende os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Estende-se ainda pelos territórios da Argentina, Paraguai e Uruguai. As rochas aflorantes na região estão associadas ao Supergrupo São Bento e Tubarão, inserido na Bacia do Paraná, mais precisamente compostas por rochas do Grupo Itararé e Guatá e Passa Dois, de idade permocarbonífera.

O Grupo Itararé foi descrito por Schneider et al. (1974) como uma sequência sedimentar de idade permocarbonífera cujos depósitos, caracterizados principalmente por diamictitos, refletem influências glaciais em seus diferentes ambientes deposicionais. Este Grupo representa um episódio de glaciação continental duradouro que vai do Carbonífero superior ao Permiano médio, caracterizado em Santa Catarina por poucos níveis de tilitos. Estes tilitos são normalmente estratificados com presença de esparsos seixos facetados com estrias em várias direções. É comum a presença de lentes arenosas deformadas típicas de escorregamentos, intercaladas aos tilitos. Este Grupo é dividido em Formação Taciba e Membro Rio do Sul, porém, somente o segundo está presente no município.

O Membro Rio do Sul é constituído por folhelhos e argilitos cinza-escuros e pretos, diamictitos cinza-escuros com matriz arenosa, contendo intercalações de arenitos finos e muito finos, folhelhos várvidos, ritmitos e siltitos cinza-escuros a avermelhados, frequentemente com estrutura "flaser", atingindo cerca de 350m de espessura (Brasil, 2018).

As condições predominantes dos depósitos sedimentares da Formação Rio do Sul mostram ambiente essencialmente marinho, com influência de marés e presença de seixos erráticos encontrados nos folhelhos e interpretados como "pingados" de blocos de gelo flutuantes. Dados palinológicos (DAEMON; QUADROS, 1970) situam a deposição dos sedimentos da Formação Rio do Sul no Permiano Médio. Já o Grupo Guatá constitui-se de siltitos cinza esverdeados, de arenitos com camadas de carvão e folhelhos carbonosos que se distribuem verticalmente desde o topo do Grupo Itararé até a base da Formação Irati (Brasil, 2018). O nome do grupo foi proposto por Gordon Junior (1947) para designar os siltitos e arenitos aflorantes nas imediações de Guatá (SC) englobando como formações, as camadas Rio Bonito e Palermo, de White (1908). Este Grupo é dividido em Formação Palermo, Fm. Rio Bonito e Membro Triunfo. Ambos presentes no município.

A Formação Palermo é formada por siltitos e siltitos arenosos, cinzaesverdeados a amarelados, intensamente bioturbados, com laminações onduladas wavy, linsen e flaser, com intercalações de leitos e lentes de arenitos finos a médios, ortoquartzíticos com estratificação hummocky, com cimento carbonático. A Formação Rio Bonito é formada principalmente por sedimentos mais arenosos que indicam ambiente de muita energia e nível de base pouco profundo.

São características de ambiente deltáico, típicas da formação. Sua idade é atribuída ao Permiano Médio e Superior. O Membro Triunfo caracteriza a porção basal da Formação Rio Bonito, sendo constituído por arenitos e conglomerados cinza-claro. As principais estruturas sedimentares são representadas por estratificações paralelas, cruzadas tabulares e acanaladas. Secundariamente ocorrem folhelhos, argilitos e siltitos cinza-escuro a pretos, carbonosos, leitos e camadas de carvão (Camada Bonito) comercialmente explotadas na Região Carbonífera de Santa Catarina. Este conjunto litológico representa o sistema deltaico, com domínio fluvial progradante sobre os lamitos do pró-delta, representados pelo Grupo Itararé.

O Grupo Passa Dois é representado pela Formação Irati, que é formada por siltitos e folhelhos cinza-escuros a pretos, eventualmente cinza-claros a azulados; folhelhos pirobetuminosos, intercalando lentes de margas.

1.2.2. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

O rio Itajaí-Açu, que empresta o nome a unidade Geomorfológica, drena esta bacia, através de seus principais afluentes, como o Itajaí do Norte ou Hercílio, Itajaí do Sul e Itajaí do Oeste, sendo suas nascentes responsáveis pela erosão remontante que atingem os sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná.

Os sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná nesta unidade apresentam litologia de arenitos, siltitos e folhelhos que em trecho ocorrem intercalados e correspondem à Formação do Super Grupo Tubarão, de idade permocarbonífera. A presença de sedimentos mais resistentes como arenitos e de sedimentos mais erosionáveis, como folhelhos, são responsáveis pela dissecação diferencial na área, gerando extensos patamares e relevos residuais de topo plano ou tabular limitados por escarpas. Esta dissecação expõe nos fundos dos vales dos rios maiores, os sedimentos do Grupo Itararé, tais como siltitos, folhelhos e arenitos.

Os topos dos patamares são mantidos pela litologia mais resistente (arenito), com formação de cornijas. Estes patamares podem alcançar alguns quilômetros e estão limitados por escarpas em degraus, recebendo o símbolo de borda de patamar estrutural.

A serra da Boa Vista localizada no sudeste da unidade, corresponde a um desses relevos. Na parte oeste e noroeste da unidade há a predominância do relevo de dissecção homogênea, onde o fator principal na esculturação do modelado é o trabalho da drenagem sem interferência estrutural.

O relevo que compõe esta unidade apresenta grandes variações altimétricas. As maiores cotas estão à sudeste da área e correspondem à serra da Boa Vista que atinge 1220 m. A oeste desta serra as cotas decaem e assim no limite com o Planalto de Lages ficam em torno de 700 m.

As menores altitudes estão nos vales dos rios. A cidade de Rio do Sul, na confluência dos rios Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul, fica em torno de 350 m. É grande o desnível nas partes interfluviais do rio Itajaí do Norte, em que os patamares ficam em torno de 900 m e os vales com cerca de 400 m.

Esta grande amplitude altimétrica se deve ao encaixamento deste rio e seus afluentes seguindo linhas estruturais. Os vales dos rios maiores, apresentam fundo plano, limitados por encostas íngremes, com cornija no topo e eventualmente patamares.

O vale de fundo plano corresponde aos depósitos Fluviais, cuja largura em alguns lugares permite o mapeamento na escala. Os rios que drenam esta unidade possuem talvegue simples, curso tortuoso com trechos retinizados com corredeiras. Os techos retinizados, cujo melhor exemplo é o rio Itajaí do Norte ou Hercílio, refletem a adaptação do rio aos alinhamentos estruturais. As corredeiras se ligam mais comumente às diferenciações litológicas.

1.2.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Ituporanga é um município situado a 830 metros acima do nível do mar, com clima agradável e temperatura média anual de 17 °C. Possui uma área de 336,955 km² e cerca de 25 mil habitantes. A cidade é banhada pelo Rio Itajaí do Sul.

O clima predominante é o subtropical úmido, classificado como Cfa (subtropical mesotérmico úmido com verão quente) e Cfb (temperado úmido com verão ameno). Na região, especialmente no inverno e no início da primavera, predominam dias ensolarados e de tempo estável, intercalados por períodos chuvosos provocados pela passagem de frentes frias.

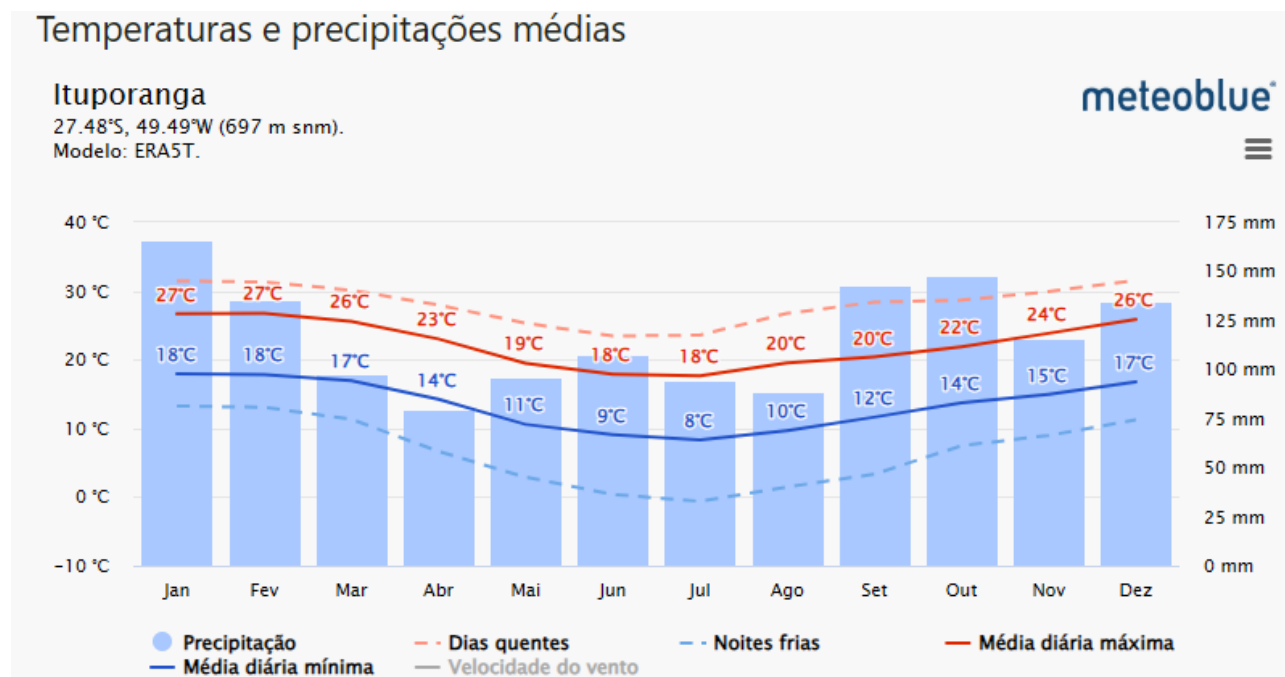
As linhas de instabilidade tropical causam chuvas intensas e de curta duração, principalmente no final da primavera e durante o verão. As temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses de verão, com médias mensais máximas em torno de 25 °C. Já as temperaturas mais baixas são registradas no inverno, atingindo em julho valores médios próximos de 8 °C.

A umidade relativa do ar no município varia, em média, entre 80% e 84% ao longo do ano.

1.2.4. TEMPERATURA MÉDIA ANUAL

Em Ituporanga, a temperatura máxima é de 27°C nos meses de janeiro e fevereiro, e mínima de 8°C nos meses de maio, junho e julho. O verão é longo, quente e de céu parcialmente encoberto, o inverno é curto, agradável, com precipitação e de céu quase sem nuvens. Durante o ano inteiro, o tempo é opressivo e de ventos fortes.

Figura 4 – Temperaturas máximas e mínimas médias em Campo Alegre



Fonte: Meteoblue.com

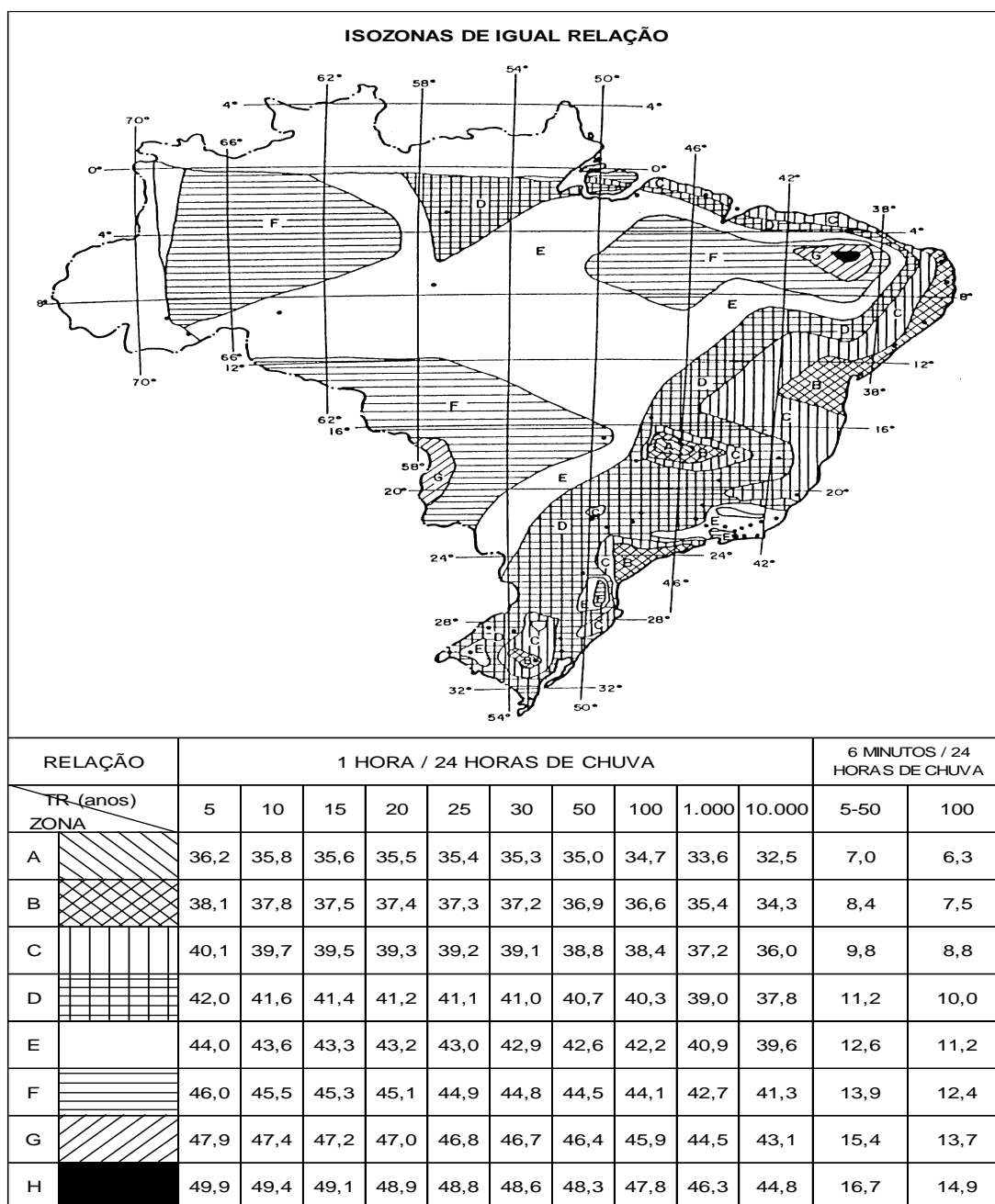
1.3. PLUVIOMETRIA

1.3.1. CURVAS INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

Para a obtenção das curvas que relacionam altura de precipitação em função do tempo de duração e o tempo de recorrência, utilizou-se o método proposto pelo Eng.º Jorge Jaime Taborga Torrico.

Em síntese, este método consiste em se efetuar a correlação entre as precipitações de 24 horas, 1 hora e 6 minutos de duração dentro das isozonas homogêneas, observadas estatisticamente com base nos dados da publicação "Chuvas Intensas no Brasil" do Eng.º Otto Pfafstetter, segundo a fonte de referência não encontrada., disposta à continuação:

Figura 5 - Isozonas



Para o cálculo da máxima precipitação de 1 dia, para tempos de recorrência de 5, 10, 15, 25, 50, e 100 anos, utilizou-se a equação de Ven Te Chow com os coeficientes probabilísticos de Gumbel.

$$h = \bar{h} + k_m * \sigma$$

Onde:

h = precipitação para o tempo de recorrência especificado;

\bar{h} = precipitação média das máximas diárias;

σ = desvio padrão das máximas;

k_m = fator de frequência, pelo método de Gumbel. Depende do número de anos de observação.

O valor obtido para a máxima precipitação de 1 dia foi corrigido para a precipitação de 24 horas multiplicando-se por 1,095, adotando procedimento recomendado pelo Eng.º Pfafstetter na publicação citada. Em seguida, determinou-se a isozona do projeto como sendo a “E” e calcularam-se as chuvas com duração de 1 hora e 6 minutos. Esses valores foram calculados para os tempos de recorrência de 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos e constam na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Determinação das Curvas de Altura de Chuva – Duração

DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE ALTURA DE CHUVA-DURAÇÃO							
Estação : 2749002				UF: SC			
Local : Ituporanga							
Nº de anos observados =		40					
Isozona=		E					
Precip. Média (mm) =		85,67		* Usando a metodologia proposta por TORRICO, 1974			
Desvio Padrão =		25,88					
TR = 5		P1dia(Chow-Gumbel) = 107,36		TR = 10		P1dia(Chow-Gumbel) = 124,37	
Duração (h)	Coeficiente de Ajuste	Precip. Total (mm)	Intensidade (mm/h)	Duração (h)	Coeficiente de Ajuste	Precip. Total (mm)	Intensidade (mm/h)
0,1	0,126	14,81	148,13	0,1	0,126	17,16	171,59
1,0	0,440	51,73	51,73	1,0	0,436	59,38	59,38
24,0	1,095	117,56	4,90	24,0	1,095	136,18	5,67
TR = 15		P1dia(Chow-Gumbel) = 133,87		TR = 25		P1dia(Chow-Gumbel) = 145,88	
Duração (h)	Coeficiente de Ajuste	Precip. Total (mm)	Intensidade (mm/h)	Duração (h)	Coeficiente de Ajuste	Precip. Total (mm)	Intensidade (mm/h)
0,1	0,126	18,47	184,70	0,1	0,126	20,13	201,27
1,0	0,433	63,47	63,47	1,0	0,430	68,69	68,69
24,0	1,095	146,58	6,11	24,0	1,095	159,74	6,66
TR = 50		P1dia(Chow-Gumbel) = 161,85		TR = 100		P1dia(Chow-Gumbel) = 177,66	
Duração (h)	Coeficiente de Ajuste	Precip. Total (mm)	Intensidade (mm/h)	Duração (h)	Coeficiente de Ajuste	Precip. Total (mm)	Intensidade (mm/h)
0,1	0,126	22,33	223,30	0,1	0,112	21,79	217,89
1,0	0,426	75,50	75,50	1,0	0,422	82,10	82,10
24,0	1,095	177,22	7,38	24,0	1,095	194,54	8,11

Com esses valores, foram então traçadas no papel de probabilidades de Hershfield e Wilson, as retas das precipitações, onde se pode ler a altura de chuva para qualquer tempo de duração de chuva entre 6 minutos e 24 horas, **Figura 6**.

A **Tabela 2** mostra os resultados obtidos a partir de várias leituras para a Estação de Anitápolis, nos tempos de recorrência de 50 e 100 anos.

Figura 6 – Altura de Chuva e Tempo de Duração

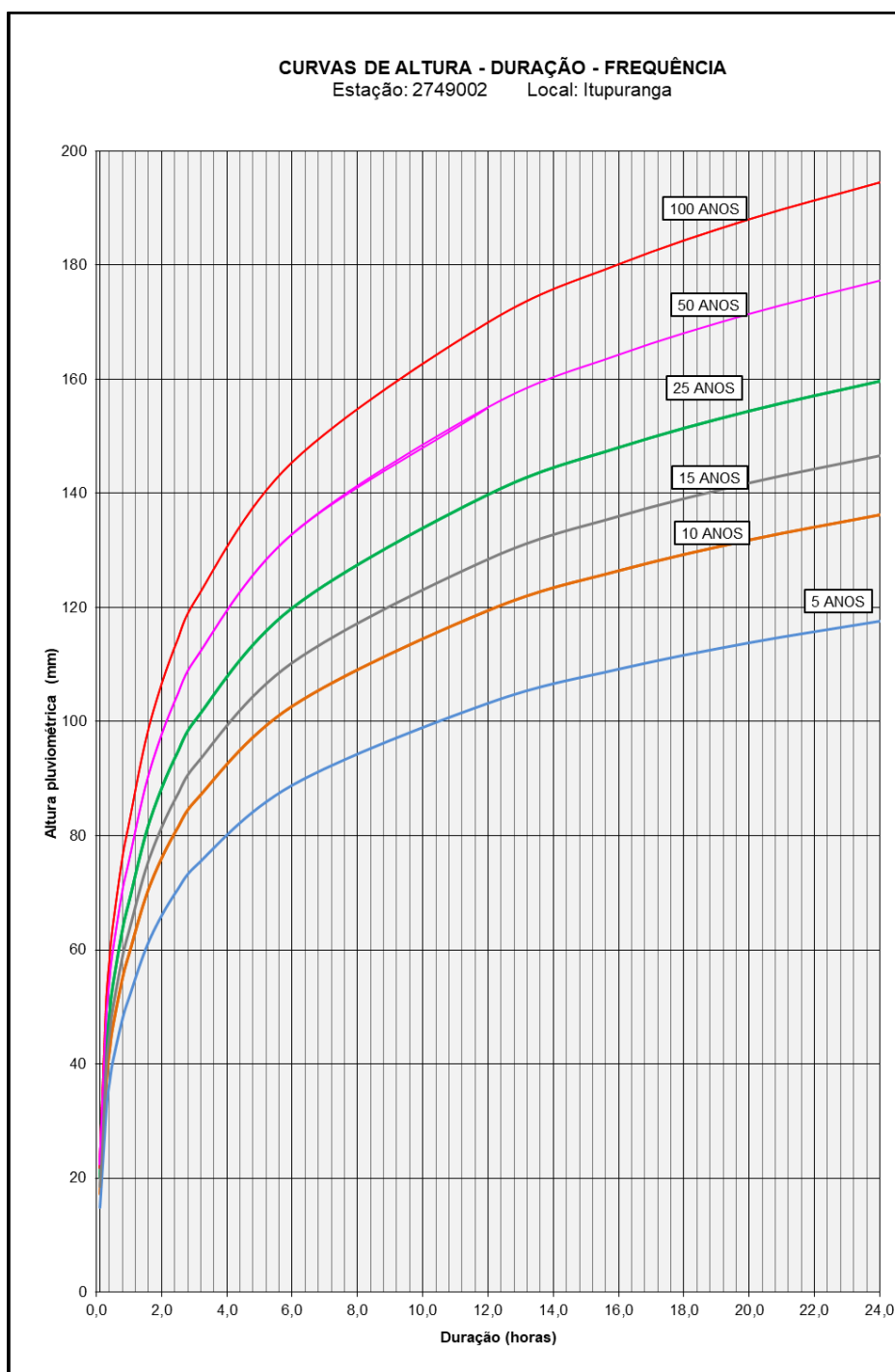
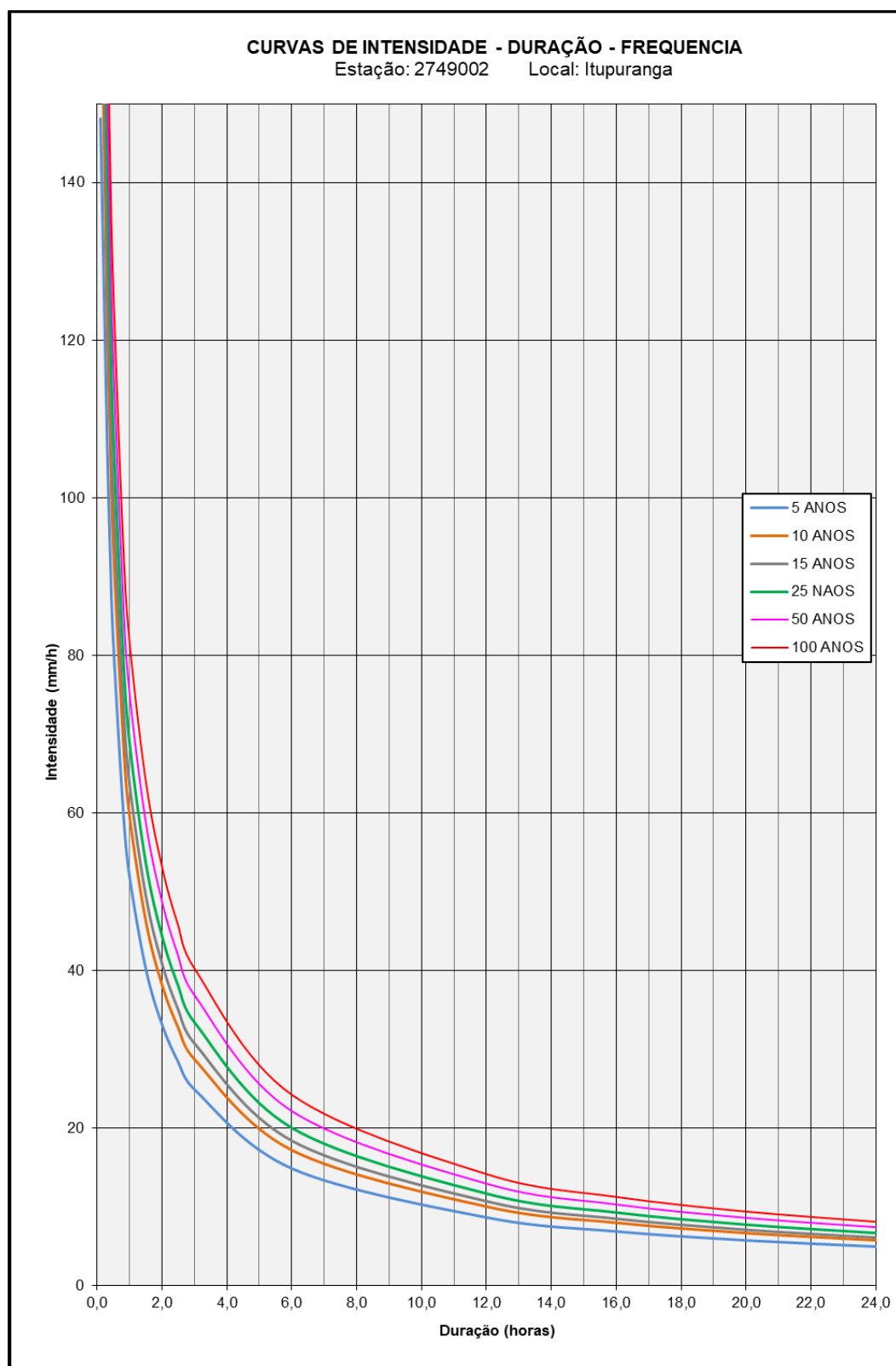


Tabela 2 – Determinação das Curvas de Altura de Chuva – Duração

Duração		TR=50 anos		TR=100 anos	
(horas)	(minutos)	H (mm)	I (mm/h)	H (mm)	I (mm/h)
0,1	6	22,33	223,31	21,79	217,88
0,3	18	47,70	158,99	50,56	168,54
0,4	24	54,34	135,85	58,10	145,24
0,5	30	59,49	118,99	63,94	127,88
0,8	48	70,35	87,93	76,25	95,32
1,0	60	75,50	75,50	82,10	82,10
1,5	90	88,48	58,98	96,44	64,30
2,0	120	97,68	48,84	106,62	53,31
2,5	150	104,83	41,93	114,52	45,81
3,0	180	110,66	36,89	120,97	40,32
6,0	360	132,85	22,14	145,49	24,25
12,0	720	155,04	12,92	170,02	14,17
16,0	960	164,25	10,27	180,20	11,26
20,0	1200	171,39	8,57	188,09	9,40
24,0	1440	177,22	7,38	194,54	8,11

As curvas de INTENSIDADE - DURAÇÃO - FREQUÊNCIA, apresentadas na **Figura 7**, foram traçadas segundo os pontos obtidos no papel de probabilidades, acima citado. A partir delas, pode-se obter a intensidade de chuva para qualquer tempo de duração.

Figura 7 – Curvas de Intensidade – Duração – Frequência



1.4. TEMPO DE RECORRÊNCIA

Tempo de recorrência ou frequência é o período máximo provável para um evento ser igualado ou superado. No caso de drenagem, esse evento seria a ocorrência da combinação da intensidade e

duração de uma chuva, com uma determinada frequência. A determinação do valor a ser usado leva em consideração a importância da rodovia no que tange:

- Ao risco ou perigo à vida humana;
- Aos prejuízos à propriedades limítrofes;
- À interrupção do tráfego nas vias da área;
- À importância das vias de tráfego de veículos da área.

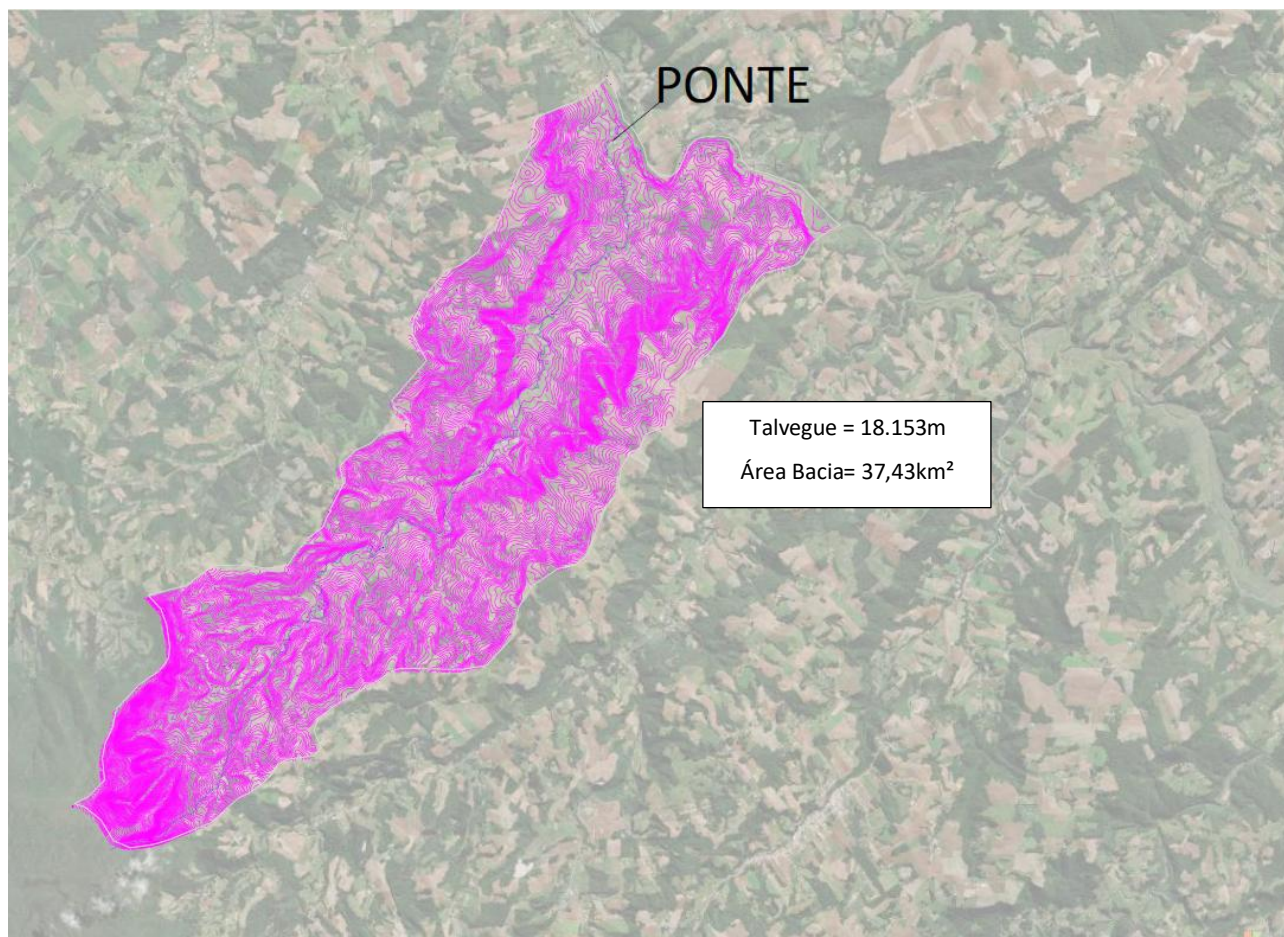
Assim, de acordo também com tipo de dispositivo de drenagem, são definidos os seguintes valores para tempos de recorrência:

Espécie	Período de Recorrência (anos)
Pontes	100

1.4.1. BACIA HIDROGRÁFICA

O delineamento da bacia hidrográfica, para o trecho da via em questão, é apresentado à continuação:

Figura 6 – Mapa Bacias Hidrográficas do Rio Três Barras em Ituporanga/SC



1.4.2. VAZÃO HIDROLÓGICA

A vazão é determinada através de três distintas metodologias, sendo que a adoção de cada método de cálculo é fixada em função da área da bacia. Para o cálculo da vazão da bacia de contribuição foi indicado o seguinte método:

- Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT): Bacias com áreas superiores a 10,00 km².
- Bacias com Área Superior a 10 km² - Método do Hidrograma Unitário Triangular

Este método considera as características físicas, climáticas e hidrológicas das bacias, de acordo com as seguintes equações:

a) Tempo de concentração

O tempo de concentração (t_c) é determinado através da seguinte equação:

- Fórmula de KIRPICH MODIFICADA

$$T_c = 1,42 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} ; p/ A_{\text{bacia}} > 0,80 \text{ km}^2$$

Onde:

- t_c = tempo de concentração, em horas.
- L = extensão do talvegue, em km;
- H = desnível máximo em m.

b) Duração do Excesso de Chuva (De)

A duração do excesso de chuva é determinada pela seguinte equação:

$$De = 2tc^{0,5}$$

c) Tempo de Pico (tp)

O tempo de pico pode ser determinado através de uma das seguintes equações:

$$tp = tc^{0,5} + 0,6tc$$

$$tp = \frac{De}{2} + 0,6tc$$

d) Escoamento Superficial

O escoamento superficial (q) é obtido em função da precipitação total (P), para um tempo de duração do excesso de chuva (De) e do coeficiente CN. O cálculo do escoamento superficial é determinado através da seguinte equação:

$$q = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

Onde:

- q = Escoamento superficial;
- P = Precipitação, em mm, para um tempo de duração De ;

- S = Valor adimensional que depende das características da bacia (coeficiente CN), cuja equação é apresentada abaixo:

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN}$$

Os valores de CN são obtidos junto ao **Tabela 3**.

Tabela 3 – Valores das Curvas – Números – CN

UTILIZAÇÃO DO SOLO	CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE	TIPOS DE SOLOS			
		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	77	83	87
	Terraceado em nível	54	73	79	82
	Em fileiras retas	65	75	84	88
Plantações de cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceado em nível	60	71	79	82
	Em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de Legumes ou campos Cultivados	Em curva de nível	60	72	81	84
	Terraceado em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	89	79	84
	Boas	39	61	74	80
Pastagens	Pobres em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais em curva de nível	25	59	75	83
	Boas em curvas de nível	06	35	70	79
Campos permanentes	Boas	30	58	71	78
	Esparsas de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densas de alta transpiração	25	55	70	77
Chácaras e estradas de Terra	Normais	59	74	82	86
	Más	72	82	87	89
	De superfície dura	74	84	90	92
Florestas	Muito esparsas de baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	91
	Densas de alta transpiração	26	52	62	59
	Normais	36	60	70	76
Superfícies impermeáveis	Áreas urbanizadas	100	100	100	100
OBSERVAÇÕES:					
- O solo tipo A, tem o mais baixo potencial de deflúvio. Terrenos muito permeáveis, com pouco silte e argila.					

UTILIZAÇÃO DO SOLO	CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE	TIPOS DE SOLOS			
		A	B	C	D
<ul style="list-style-type: none">- O solo tipo B, tem a capacidade de infiltração acima da média após o completo umedecimento. Inclui solos arenosos.- O solo tipo C, tem a capacidade de infiltração abaixo da média após a pré-saturação. Contém percentagem considerável de argila colóide.- O solo tipo D, tem o mais alto potencial de deflúvio. Terrenos quase impermeáveis junto à superfície. Argiloso.					

Coefficiente de caracterização das bacias – K

CARACTERÍSTICAS	K
Terreno areno-argiloso coberto de vegetação intensa, elevada absorção	2,0
Terreno argiloso coberto de vegetação intensa, absorção média apreciável	3,0
Terreno argiloso coberto de vegetação intensa, absorção média	4,0
Terreno com vegetação média, pouca absorção	4,5
Terreno com rocha, escassa vegetação, baixa absorção	5,0
Terreno rochoso, vegetação rala, reduzida absorção	5,5

e) Cálculo da Vazão

A vazão de projeto é determinada através da seguinte equação:

$$Q_p = \frac{0,208 A q}{tp}$$

Onde:

Q_p = Descarga máxima, em m³/s;

A = Área da bacia, em km²;

tp = Tempo de pico, em horas;

q = Escoamento superficial, em mm, produzido pelo excesso de chuva de duração (De).

1.4.3. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE PONTES

O dimensionamento hidráulico de pontes tem por objetivo a determinação da cota de cheia máxima, de modo a permitir a definição da elevação mínima da superestrutura da obra, de forma que esta não seja atingida quando da ocorrência de vazões extraordinárias.

Utiliza-se a Fórmula de Manning. Para cada altura h do nível de água, haverá uma área molhada A , um perímetro molhado P , um raio Hidráulico $R = A/P$ e uma velocidade V dada por:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Tabela 2 – Coeficiente de rugosidade para canais naturais

Coeficientes de rugosidade para canais naturais

Tipo	Características	Rugosidade		
		mínima	usual	máxima
Canais de pequeno porte em planície (B < 30 m)	Limpos	0,025	0,033	0,045
	Trechos lentos	0,050	0,070	0,080
Canais de pequeno porte em montanhas (B < 30 m)	Leito desobstruído	0,030	0,040	0,050
	Leito com matacões	0,040	0,050	0,070
Canais de grande porte (B > 30 m)	Seções regulares	0,025	-	0,060
	Seções irregulares	0,035	-	0,100
Planícies de inundação	Pastagens	0,025	0,030	0,035
	Culturas	0,020	0,040	0,050
	Vegetação Densa	0,045	0,070	0,160

Fonte: Baptista et alli., 2003

A vazão correspondente é dada por:

$$Q = A \cdot v$$

Reagrupando as duas expressões:

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

Nesta expressão, o termo à direita é função apenas das características geométricas da seção, para uma determinada altura h .

Sendo I e n constantes, e independentes da altura da água, verifica-se que V e Q são função apenas de h .

Variando-se, então, os valores de h traçam-se as curvas referidas a dois eixos cartesianos. No eixo das abscissas em duas escalas, para simplificação dos desenhos, marcam-se os valores de $AR^{2/3}$ e V . No eixo das ordenadas, os valores de h .

Assim, a partir do valor de $Q_{máx}$ obtido nos estudos hidrológicos, obtém-se o valor requerido para o segundo termo da expressão anterior. Igualando-se este termo a $AR^{2/3}$, se obtém, no eixo das ordenadas, o valor de $h_{máx}$ e na curva de v a velocidade na seção projetada.

1.4.3.1. TRANSPOSIÇÃO DO RIO TRÊS BARRAS

O cálculo da vazão, bem como, o dimensionamento da cota de máxima cheia para a transposição do Rio Três Barras está sintetizado nas tabelas dispostas à continuação:

MÉTODO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO SINTÉTICO

Bacia	Nº=	01		Declividade do talvegue principal	I=	3,97	%
Localização talvegue principal	km=	-		Tempo de concentração	TC=	96,7	min
Tempo de recorrência	TR=	100	anos	Duração unitária da chuva	DU=	12,9	min
Área da bacia hidrográfica	AR=	37,43	km²	Tempo de pico da cheia	TPC=	64,4	min
Comprimento do talvegue principal	L=	18.153	m	Tempo de base do hidrograma	TB=	171,8	min
Desnível do talvegue principal	h=	720	m	Descarga de ponta do fluviograma	QP=	7,260	m³/s
Coef. de caracterização da bacia	K=	5,00		Valor adimensional (função de CN)	S=	22,1	
Nº da curva de infiltração no solo	CN=	92		Perda mínima por infiltração	PM=	1,0	mm/h

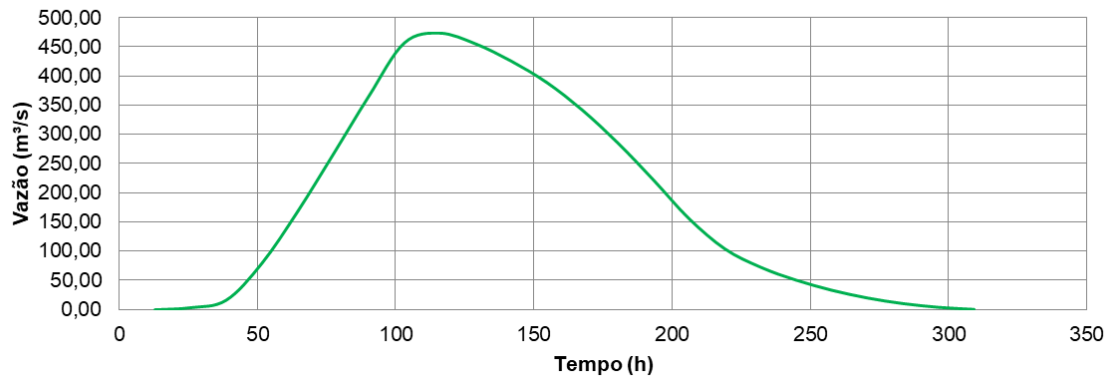
D (min)	D (h)	P (mm)	FS	FA	P1 (mm)	ACR. DE P1 (mm)
13	0,21	41,22	1	0,9825	40,50	40,50
26	0,43	59,99	1	0,9825	58,94	18,44
39	0,64	70,41	1	0,9825	69,18	10,24
52	0,86	78,15	1	0,9825	76,78	7,60
64	1,07	83,87	1	0,9825	82,40	5,62
77	1,29	91,11	1	0,9825	89,52	7,11
90	1,50	96,44	1	0,9825	94,75	5,24
103	1,72	101,29	1	0,9825	99,52	4,77
116	1,93	105,36	1	0,9825	103,52	4,00
129	2,15	109,18	1	0,9825	107,27	3,75
142	2,36	112,48	1	0,9825	110,51	3,24
155	2,58	115,63	1	0,9825	113,61	3,09

Intervalo (min)		P1	P1	PE	ACR. DE PE	Perda
de	a	Rearranjado	Acumulado	(mm)	(mm)	(mm)
52	64	5,62	5,62	0,06	0,06	5,56
39	52	7,60	13,22	2,51	2,45	5,16
26	39	10,24	23,46	8,82	6,31	3,93
0	13	40,50	63,96	43,43	34,61	5,89
13	26	18,44	82,40	60,77	17,34	1,10
64	77	7,11	89,52	67,56	6,79	1,00
77	90	5,24	94,75	72,58	5,02	1,00
90	103	4,77	99,52	77,17	4,59	1,00
103	116	4,00	103,52	81,03	3,86	1,00
116	129	3,75	107,27	84,67	3,63	1,00
129	142	3,24	110,51	87,81	3,14	1,00
142	155	3,09	113,61	90,82	3,01	1,00

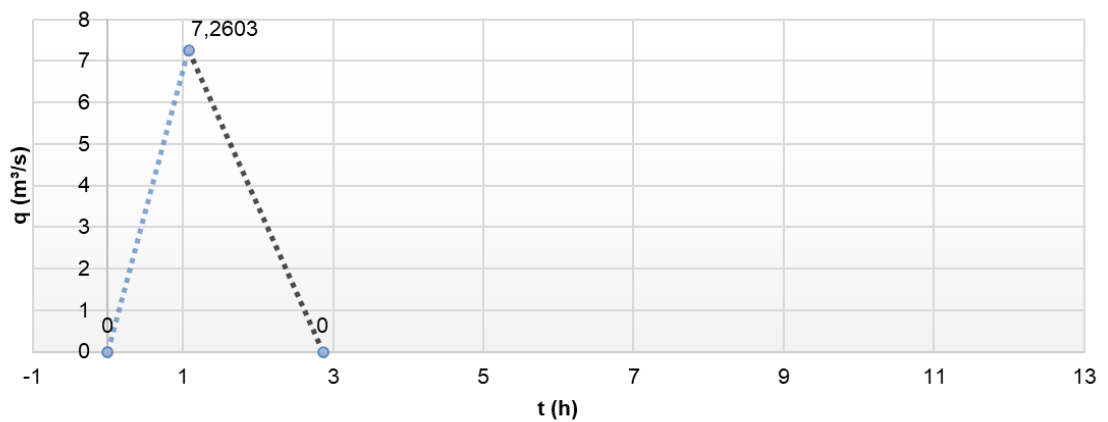
TEMPO (min)	ACR. PE (mm)	H= 20	H= 40	H= 60	H= 80	H= 100	H= 88	H= 76	H= 64	H= 52	H= 40	H= 28	H= 16	H= 4	DESC. (m³/s)
13	0,06	1													0,073
26	2,45	49	2												3,703
39	6,31	126	98	4											16,553
52	34,61	692	252	147	5										79,573
64	17,34	347	1385	378	196	6									167,858
77	6,79	136	694	2077	505	245	5								265,871
90	5,02	100	272	1040	2769	631	215	5							365,337
103	4,59	92	201	407	1387	3461	555	186	4						456,889
116	3,86	77	184	301	543	1734	3046	479	157	3					473,660
129	3,63	73	154	275	402	679	1526	2631	404	127	2				455,437
142	3,14	63	145	232	367	502	597	1318	2215	328	98	2			425,960
155	3,01	60	126	218	309	459	442	516	1110	1800	252	69	1		389,296
168			120	189	291	386	404	382	435	902	1385	177	39	0	341,959
180				180	251	363	340	349	322	353	694	969	101	10	285,474
193					240	314	320	293	294	261	272	486	554	25	222,092
206						301	277	276	247	239	201	190	277	138	155,806
219							264	239	232	201	184	141	109	69	104,475
232								228	201	189	154	128	80	27	73,111
245									192	163	145	108	73	20	50,895
258										156	126	102	62	18	33,688
271											120	88	58	15	20,401
284												84	50	15	10,818
296													48	13	4,429
309														12	0,871

DESCARGA MÁXIMA Q(m³/s)= 473,660

Hidrograma Unitário Triangular



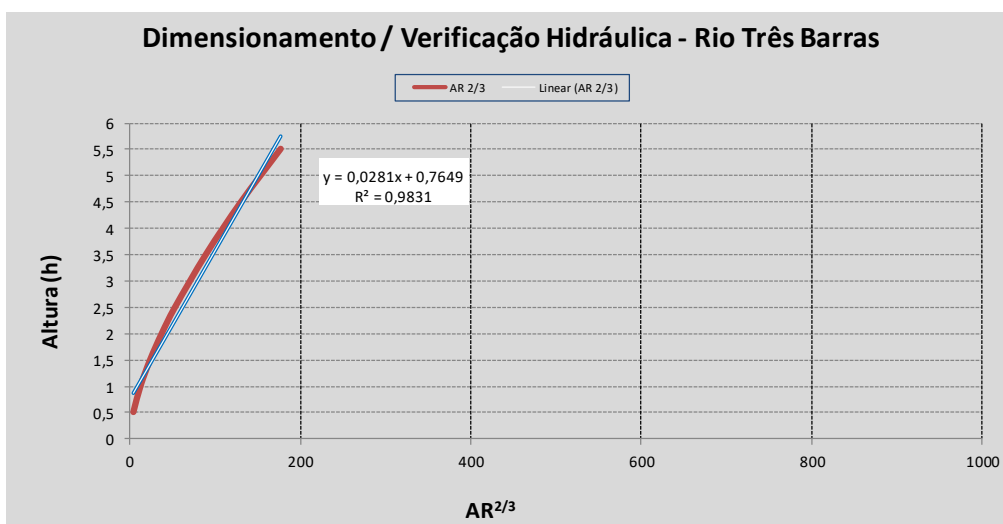
Hidrograma Unitário ($t_r=0,8h$)



DADOS DE PROJETO	
TR (anos) =	100
Comprimento talvegue principal (m)	18153,00
Diferença entre as cotas de montante e jusante (m)	720,00
Declividade longitudinal (m/m)	0,03966
Coefficiente de rugosidade (n)	0,0500
Qp (m³/s) =	473,660
Q.n / (I ^0,5)	118,92

CÁLCULOS HIDRÁULICOS	
N Manning =	0,0500
I (m/m) =	0,039663
Free-board (m) =	1,00

H (m)	Área do Escoamento (m²)	Perímetro do Escoamento (m)	Raio Hidráulico (m)	Raio Hidráulico 2/3	AR ^{2/3}	I ^{1/2}	V (m/s)	Q (m³/s)
0,50	6,76	14,44	0,47	0,60	4,08	0,20	2,40	16,23
1,00	13,64	15,47	0,88	0,92	12,54	0,20	3,66	49,96
1,50	20,64	16,49	1,25	1,16	23,97	0,20	4,63	95,48
2,00	27,74	17,52	1,58	1,36	37,68	0,20	5,41	150,10
2,50	34,96	18,54	1,89	1,53	53,36	0,20	6,08	212,54
3,50	49,79	20,60	2,42	1,80	89,67	0,20	7,17	357,17
4,50	64,95	22,64	2,87	2,02	131,13	0,20	8,04	522,32
5,50	80,63	24,69	3,27	2,20	177,48	0,20	8,77	706,92
Hmáx	4,106							



1.1.1 SEÇÃO PROPOSTA PARA A PONTE SOBRE O RIO TRÊS BARRAS

