

5.6. DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DA MÁXIMA ENCHENTE

A **JF Engenharia de Estruturas LTDA.** apresenta neste documento, o seu relatório final referente ao memorial descritivo dos estudos hidrológicos e hidráulicos para a fixação da seção de vazão da ponte sobre o Córrego Iretan – 14ª linha, lado nascente, localizado no município de Deodópolis – MS, representado pelas coordenadas geográficas 22°14'28,18" S - 54° 4'37,28" O.

Tais estudos tiveram como objetivos principais:

- Definir as características climatológicas, pluviométricas e fluviométricas a serem consideradas na fase subsequente de projeto, quando da elaboração do detalhamento e planejamento construtivo da obra;
- Verificação hidráulicas.

5.7. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

5.7.1. Regimes climáticos e pluviométricos

São apresentadas as informações que caracterizam o clima regional que subsidiam tanto o projeto dos dispositivos de drenagem como o subsequente planejamento da obra. Para a caracterização do clima da região próxima ao local de interesse, foram utilizados os dados das estações pluviométricas existentes nas proximidades do local de projeto, além dos dados climatológicos extraídos da publicação “Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990”.

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define Normais como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” e padrões climatológicos normais como “médias de dados climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 anos.

Abaixo, foram apresentadas as localizações dos postos mais próximos ao projeto, assim como suas características climáticas e pluviométricas.

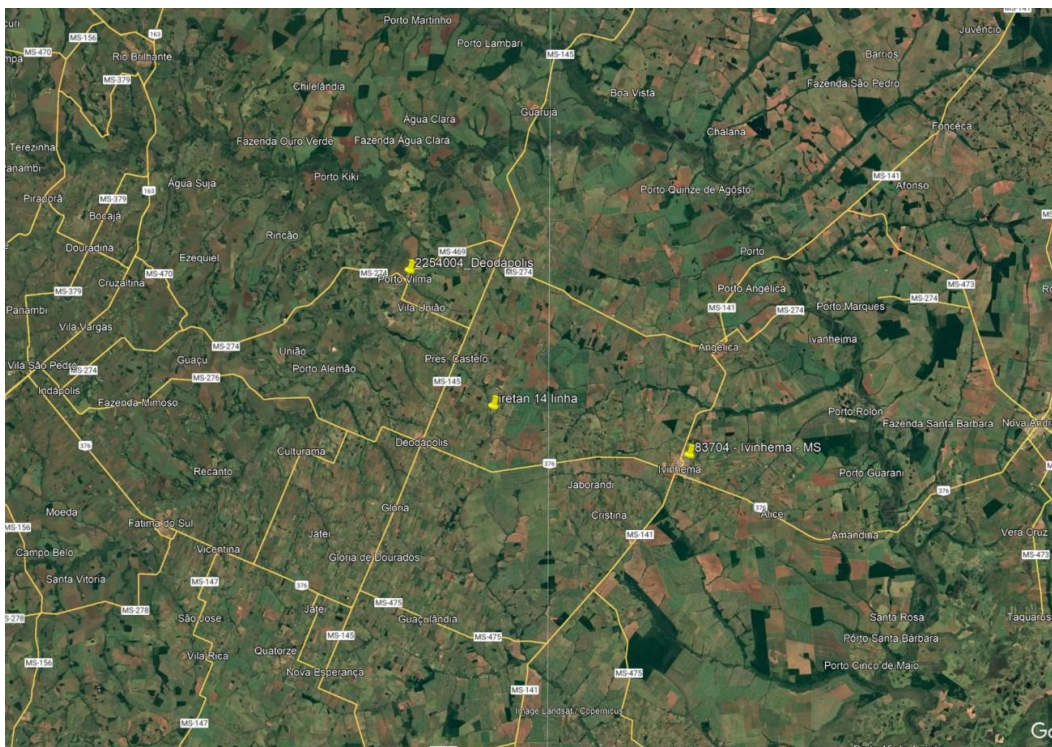


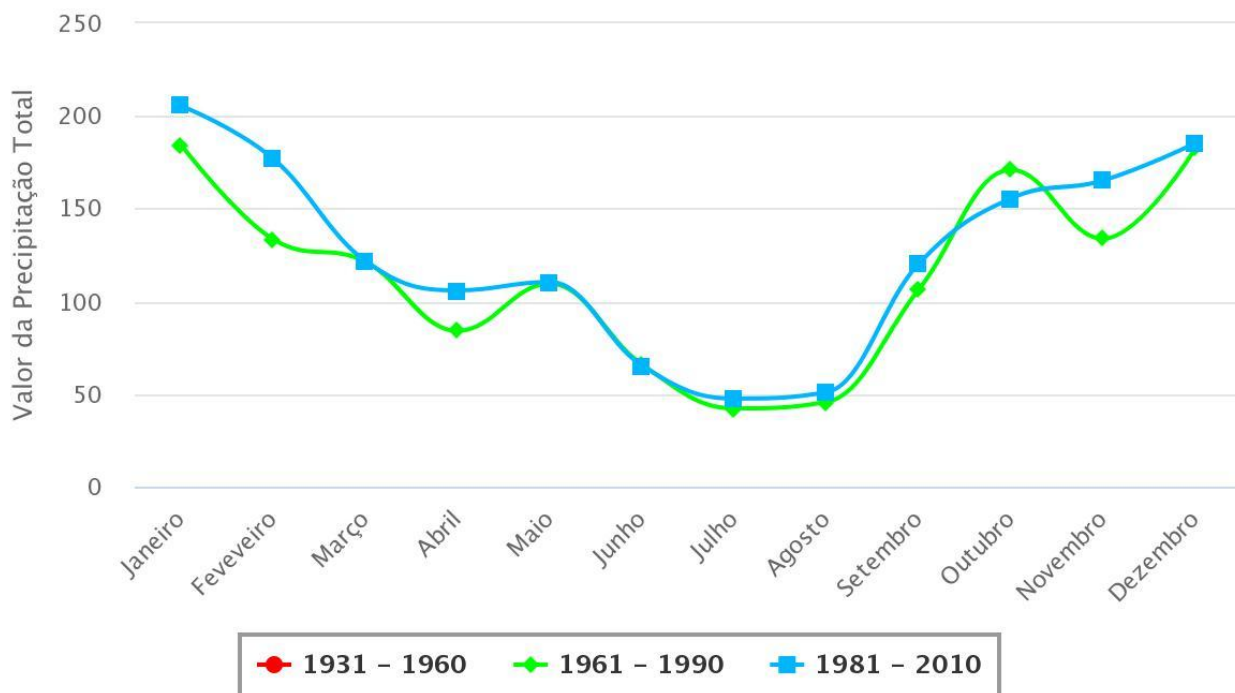
Figura - Localização dos postos. Fonte: Google Earth, outubro/2025.

ESTAÇÃO: 83704 - IVINHEMA / MS - Lat. 22°18' S / Long. 53°49' W / Alt. 369,2m	
Temperatura Média Anual	22,2°C
Temperatura média do mês mais quente	25,2°C - (Fevereiro)
Temperatura média do mês mais frio	18,4°C - (Junho)
Médias das temperaturas máximas do mês mais quente	32,0°C - (Fevereiro)
Médias das temperaturas mínimas do mês mais frio	13,5°C - (Junho)
Totais anuais de chuva	1.380,3mm
Totais de chuvas do mês mais chuvoso	184,6mm
Totais de chuvas do mês mais seco	42,2mm
Evaporação total - Potencial anual	1.483,1mm

Tabela - Dados de normais climatológicas. Fonte: Normais climatológicas do Brasil 1961-1990.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET

Gráfico Comparativo Precipitação Acumulada (mm) || Estação: IVINHEMA (83704)



Highcharts.com

Gráfico - Comparativo de precipitação acumulada. Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

Além disto, de modo a caracterizar mensalmente o regime de chuvas da região, também foram utilizados os dados pluviométricos do posto e apresentados os histogramas de precipitações médias mensais, dos últimos anos que foram registrados pela Agência Nacional de Águas.

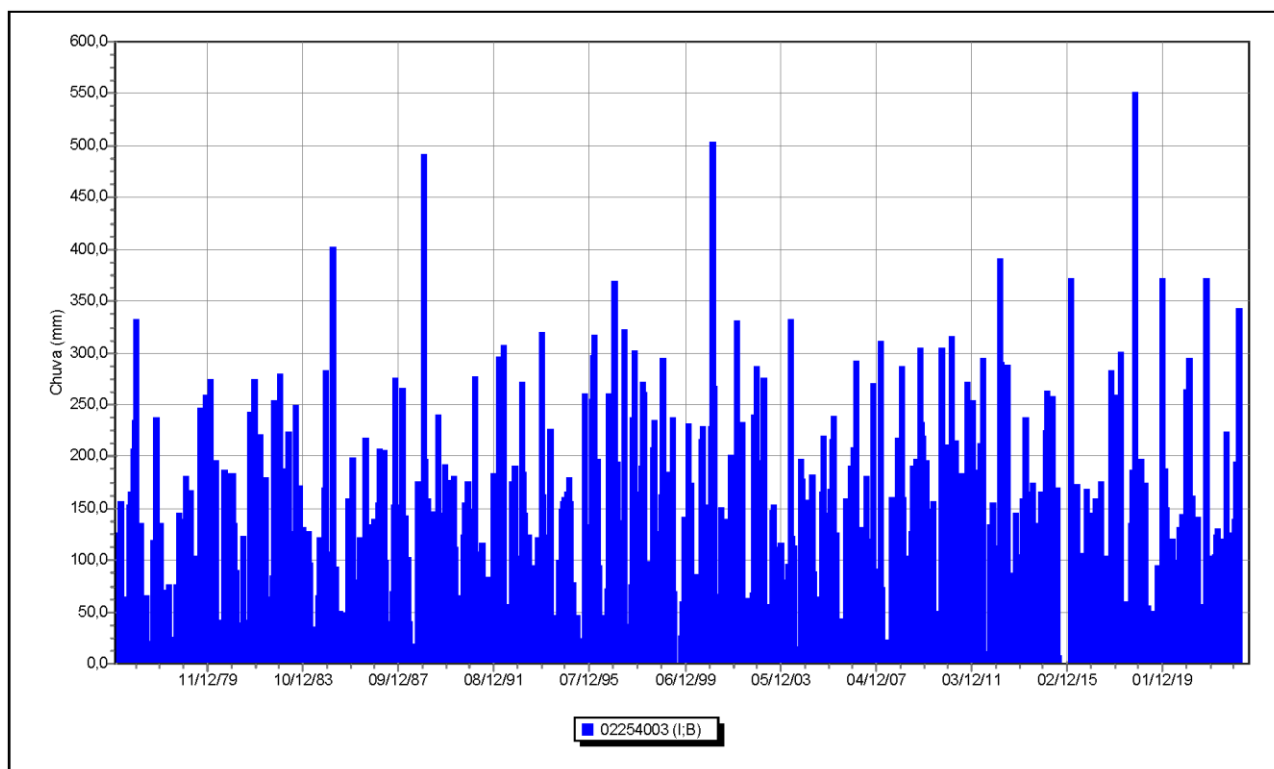
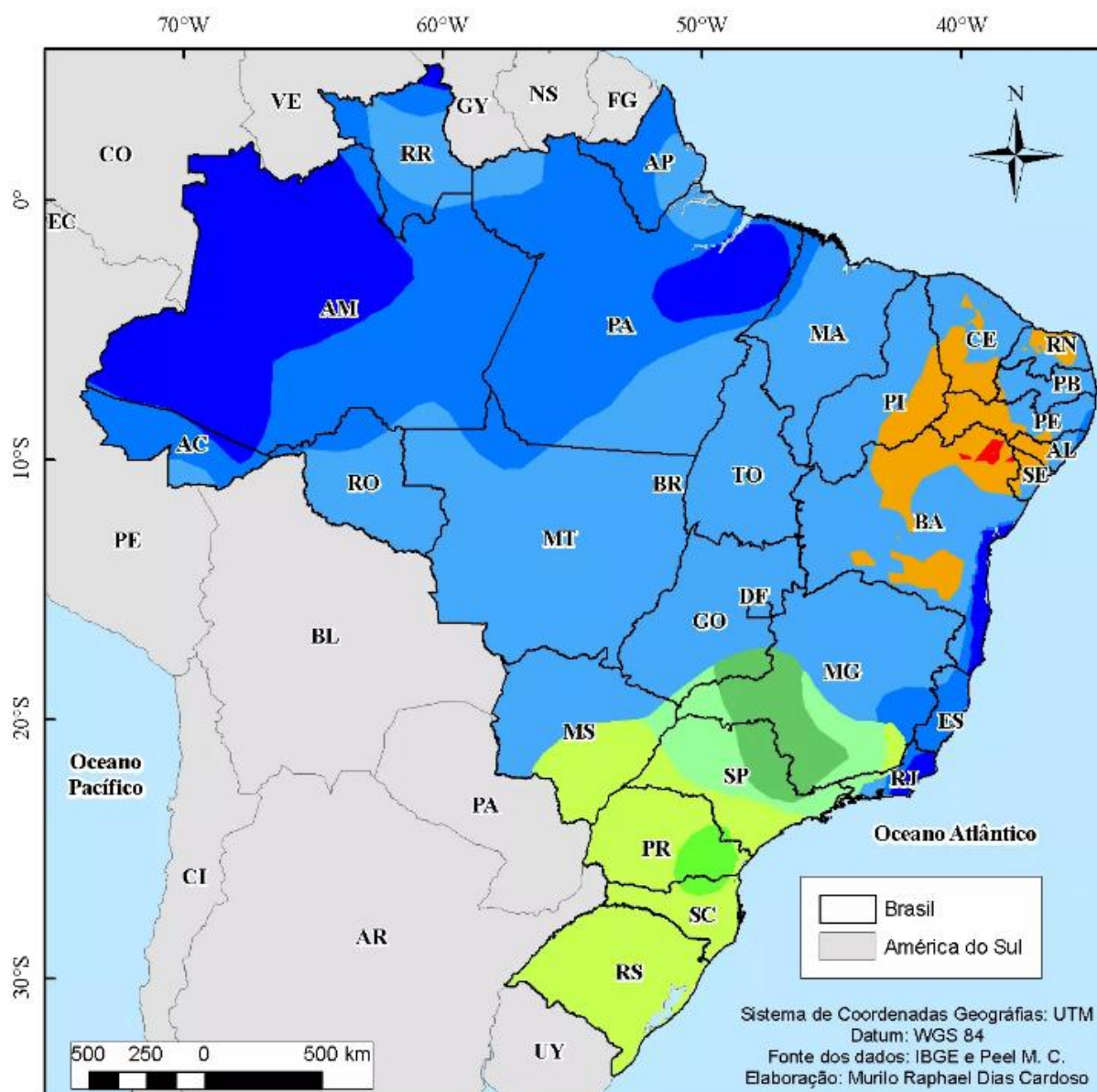


Gráfico – Precipitação média mensal. Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.

Estes dados climáticos revestem-se de importância principalmente para o planejamento das obras, devendo-se evitar nos meses mais úmidos a realização de determinados serviços, especialmente aqueles relacionados à terraplenagem.

Por outro lado, visando efetuar a classificação climatológica da área, foi utilizada a metodologia adotada por Wladimir Köppen, que leva em consideração a quantidade de precipitações, a temperatura média e a umidade relativa. Deve-se ressaltar que essa metodologia de classificação, assim como outras desenvolvidas com a mesma finalidade, diferencia apenas megazonas climáticas, não apresentando suficiente eficiência para variações locais. Conforme essa classificação de Köppen, resumida na figura a seguir, o clima da área de interesse pode ser classificado como pertencente ao tipo “Cfa”. Trata-se de um clima temperado úmido, possuindo verões quentes.



Classificação Climática: Köppen

■ Af - Clima tropical úmido ou Clima Equatorial	■ Cfa - Clima temperado úmido com Verão quente
■ Am - Clima de monção	■ Cfb - Clima temperado úmido com Verão temperado
■ Aw - Clima Tropical com Estação seca no inverno	■ Cwa - Clima temperado úmido com Inverno seco e Verão quente
■ BSh - Clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude	■ Cwb - Clima temperado úmido com Inverno seco e Verão temperado
■ BWh - Clima das regiões desérticas quentes de baixa latitude e altitude	

Figura - Mapa de classificação de Köppen. Fonte: IBGE.

5.7.2. Equação de chuva

Ao longo da extensão do estado do Mato Grosso do Sul o regime pluviométrico sofre alterações, tendo em vista a heterogeneidade das condições climáticas. A seleção da equação de chuva que descreverá melhor a pluviometria dos locais de projetos foi subsidiada pela bibliografia técnica de equações de chuvas intensas do Estado de Mato Grosso do Sul. A metodologia de desenvolvimento das equações do estado utiliza séries históricas de dados pluviométricos diários, obtidos do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas. Os dados foram submetidos a uma análise de consistência, eliminando os postos cujas séries não apresentam quantidades de suficientes de dados. As chuvas diárias foram desagregadas em chuvas de menor duração.

No segmento em alusão, foi adotada a equação de chuva do município de Deodápolis / MS, posto 2254004, devido à proximidade geográfica e semelhança pluviométrica regional. Tal equação foi obtida na publicação da Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental: “Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul” de Glenio G. Santos, Cícero C. de Figueiredo, Luiz F. C. de Oliveira e Nori P. Griebeler.

Equação – Equação de chuva.

$$i = \frac{929,6083 \cdot T_R^{0.1340}}{(t + 10)^{0.7419}}$$

Onde,

i = intensidade pluviométrica em mm/h;

TR = período de retorno em anos;

t = duração do evento em minutos.

Período de recorrência (anos)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/min)									
	Duração do evento em (min)									
	5	10	20	40	80	160	320	640	1280	2560
10	2,829	2,285	1,692	1,158	0,749	0,467	0,286	0,173	0,104	0,062
20	3,104	2,508	1,856	1,271	0,822	0,513	0,313	0,189	0,114	0,068
25	3,198	2,584	1,912	1,309	0,846	0,528	0,323	0,195	0,117	0,070
50	3,510	2,835	2,099	1,437	0,929	0,579	0,354	0,214	0,129	0,077
100	3,851	3,111	2,303	1,576	1,019	0,636	0,389	0,235	0,141	0,085

Tabela - Previsão de máximas intensidades de chuva.

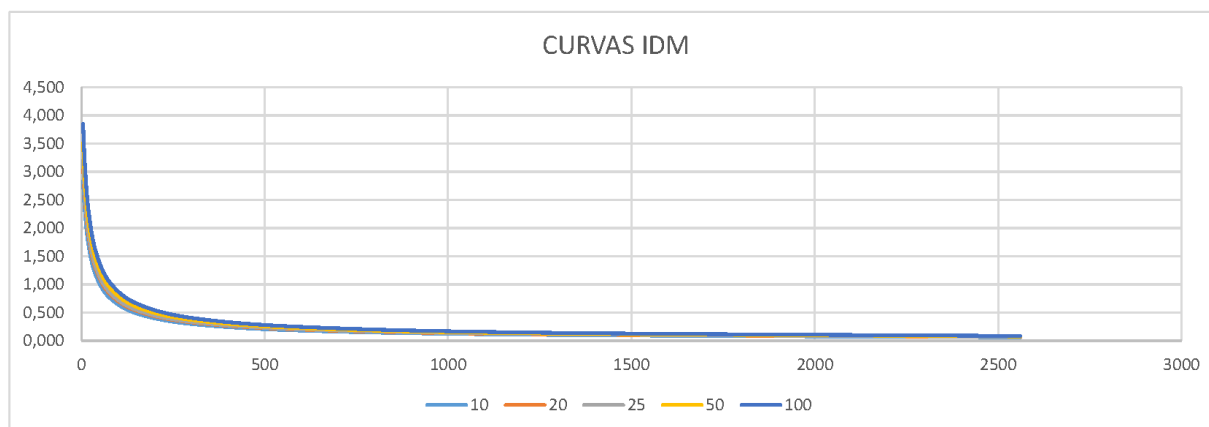


Figura - Curvas IDF.

5.8. METODOLOGIA

A determinação das vazões para o dimensionamento e verificação das obras hidráulicas que compõem o sistema de drenagem seguiu as “Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários” (IPR-726) definidas pelo DNIT, o qual leva em conta, para cada método de cálculo, limites definidos em função do valor das áreas a serem drenadas, como apresentados a seguir:

MÉTODO	ÁREA DE DRENAGEM (km ²)
Racional	Inferior ou a 4,00
Racional Corrigido	Entre 4,00 e 10,00
Hidrograma Unitário do U.S. Conservation Service	Superior a 10,00

Tabela - Metodologias para cálculo hidrológico sem dados fluviométricos. Fonte: DNIT.

O método adotado, conforme área da bacia hidrográfica delimitada para a Obra de Arte Especial (Ponte sobre o Córrego Iretan, 14^a linha), área de 75,00 km², é o método do Hidrograma Unitário do US Conservation Service.

5.8.1. Intensidade pluviométrica

A intensidade pluviométrica pode ser calculada a partir da aplicação da equação de chuvas válida para a área em estudo, para duração da chuva igual ao tempo de concentração da bacia. A duração da chuva mínima será de 5 minutos, para as obras de drenagem superficial, e de 10 minutos, para os bueiros de talvegue.

Seguindo a Diretriz de Projeto do DNIT – IPR-726, foram adotados para a avaliação das travessias e dimensionamento de dispositivos de drenagem superficial, os seguintes valores para períodos de recorrência das chuvas de projeto:

Tipo	Período de recorrência (anos)
Drenagem superficial	10
Bueiros de talvegue tubulares	15 (como canal)
	25 (como orifício)
Bueiros de talvegue celulares	25 (como canal)
	50 (como orifício)
Ponte	100

Tabela - Período de recorrência. Fonte: DNIT.

5.8.2. Tempo de concentração

O tempo de concentração das bacias de pequeno porte pode ser calculado pela fórmula de Kirpich publicada pelo “California Highways and Public Roads”, expressa por:

Equação – Tempo de concentração para bacias de pequeno porte.

$$tc = 57. \left(\frac{L^2}{I_{eq}} \right)^{0,385} \quad \text{ou} \quad tc = 57. \left(\frac{L^3}{\Delta_H} \right)^{0,385}$$

Onde:

tc = Tempo de concentração (min);

L = Comprimento do talvegue (km);

I_{eq} = Declividade média do talvegue (m/km).

Para as bacias de grande porte o tempo de concentração pode ser calculado pela fórmula de Kirpich Modificada. Foram consideradas bacias de grande porte todas as bacias onde for necessário a utilização do Método do Hidrograma Unitário (Soil Conservation Service) para estimativa de cálculo de vazão.

Essa fórmula é a que melhor representa esse tipo de bacias e é expressa por:

Equação – Tempo de concentração para bacias de grande porte.

$$t_c = 85,20 \cdot \left(\frac{L^2}{I_{eq}} \right)^{0,385} \quad \text{ou} \quad t_c = 85,20 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta_H} \right)^{0,385}$$

Onde:

t_c = Tempo de concentração (min);

L = Comprimento do talvegue (km);

I_{eq} = Declividade média do talvegue (m/km).

Método do Hidrograma Unitário (Soil Conservation Service)

Este método baseia-se em um hidrograma adimensional, para construção de um hidrograma unitário sintético.

Parâmetros do Hidrograma Unitário

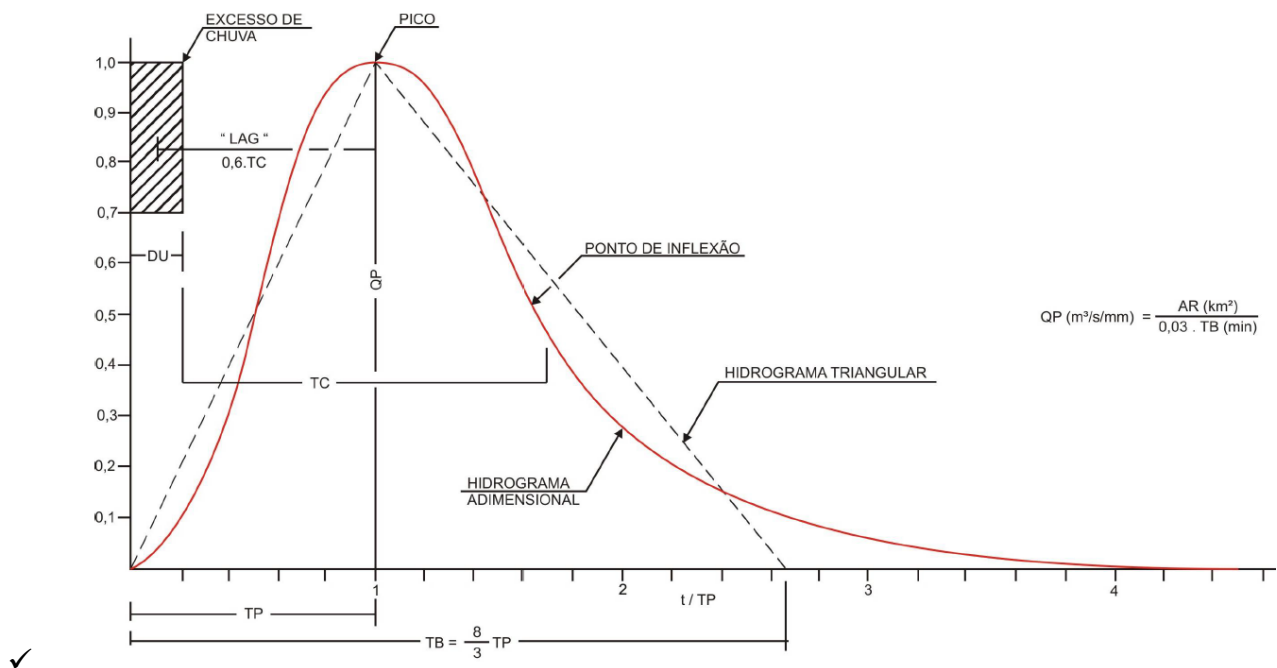


Figura - Hidrograma unitário adimensional e triangular. Fonte: DNIT, 2005.

Equação – Vazão máxima do hidrograma unitário.

$$q_p = \frac{2,08 \cdot A}{t_p}$$

Equação – Tempo de pico do hidrograma unitário.

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + 0,6 \cdot t_c$$

Sendo:

q_p = vazão máxima do Hidrograma Unitário (m^3/s);

A = área da bacia contribuinte (km^2);

t_p = tempo de pico (horas);

t_c = tempo de concentração (horas);

t_b = tempo base (horas).;

Δt = tempo unitário (horas);

5.8.3. Precipitação efetiva

A avaliação da precipitação efetiva (P_e), a partir da precipitação total (P), de acordo com o método proposto pelo *U.S. Soil Conservation Service*, é feita em função das características do solo, vegetação e utilização das áreas das bacias hidrológicas, escolhendo um número de curva (N) que as caracterize.

Para a determinação do número de curva (N), foi seguido o procedimento recomendado na publicação Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem – IPR 715 (DNIT, 2005).

A condição antecedente de saturação do solo será aquela em que os solos normalmente se encontram na estação úmida do ano.

No quadro a seguir são apresentados os valores de N utilizados quando da aplicação do Método do Hidrograma Unitário, empregado na determinação das vazões de projeto para as bacias estudadas, conforme metodologia do *U.S. Soil Conservation Service*.

SOLO - COBERTURA VEGETAL PARA CONDIÇÃO DE UMIDADE ANTECEDENTE II (MÉDIA) E $I = 0,2s$					
COBERTURA VEGETAL	CONDIÇÃO DE RETENÇÃO SUPERFICIAL	GRUPO HIDROLÓGICO			
		A	B	C	D
Terreno não cultivado e com pouca vegetação	Pobre	77	86	91	94
	Boa	72	81	88	91
Terreno Cultivado	Pobre	51	67	76	80
	Boa	68	79	86	89
Pasto	Pobre	39	61	74	80
	Boa	45	66	77	83
Mata ou Bosque	Pobre	25	55	70	77
	Boa	74	80	87	90
Área Urbana	Pobre	70	76	83	86
	Boa				

Tabela - Número de Curva (N) para diferentes condições do complexo hidrológico. Fonte: DNIT, 2005.

Observações:

- **Grupo A:** Potencialidade mínima para formação de deflúvio superficial. Inclui areias em camadas espessas com muito pouco silte e argila e também loess profundo muito permeável.
- **Grupo B:** Principalmente solos arenosos menos espessos que no grupo A e loess menos profundo ou menos agregado que no grupo A, porém apresentam infiltração acima da média, após intenso umedecimento prévio.
- **Grupo C:** Compreende solos pouco profundos e solos contendo bastante argila e coloides, no entanto, menos que no grupo D. O grupo apresenta infiltração abaixo da média, após pré-saturação.
- **Grupo D:** Potencial máximo para formação do deflúvio superficial. O grupo inclui em sua maioria, argilas de alto valor de expansão, incluindo também alguns solos pouco profundos, com sub-horizontes quase impermeáveis, próximos da superfície. Qualquer tipo de solo em terreno plano, com fraca rede de drenagem, acaba enquadrando-se nesse grupo, após um período prolongado de chuvas que eleva o nível do lençol freático para a superfície.
- Um fator que influi na classificação do quadro precedente é a condição de retenção superficial, representando a capacidade do solo armazenar temporariamente que essa água tenha oportunidade de se infiltrar para camadas mais profundas do solo ou se evaporar.
- Em áreas urbanas, a condição de retenção superficial pobre corresponde à ocupação densa, com 50 a 75% de superfícies impermeáveis. A boa condição de retenção corresponde a uma ocupação de baixa densidade, com 15 a 18% de superfícies impermeáveis.
- Em terreno cultivado, essa retenção superficial é influenciada pelo tipo de tratamento agrícola, como sulcos de arado que podem ser mais ou menos profundos, paralelos ou não às curvas de nível, e degradados ou não pela erosão da chuva e do vento. Em terrenos não cultivados, a retenção superficial é influenciada pela quantidade de detritos vegetais, como folhas e galhos depositados sobre o solo, e o grau de decomposição desse material.

A seguir é apresentada a descrição dos tipos de solos que mais se assemelham ao encontrado na região atravessada pelo segmento rodoviário analisado.

P' = Precipitação total, em polegadas.

A precipitação total é retirada das relações de altura-duração-recorrência, para períodos de tempo unitário (Δt). Quando a área da bacia hidrográfica for maior que 25 km², a precipitação deverá ser corrigida, utilizando-se a seguinte expressão:

Equação – Precipitação total.

$$P' = P \cdot \left(1 - 0,10 \cdot \log \frac{A}{25}\right)$$

Onde:

P' = precipitação total corrigida, em centímetros;

P = precipitação total real, em centímetros;

A = área da bacia hidrográfica, em quilômetros quadrados.

5.8.4. Cálculo das ordenadas do Hidrograma (Q_i)

Para o cálculo das ordenadas do Hidrograma Unitário, procede-se da seguinte forma:

Para $t_i \leq t_p$, emprega-se a equação:

Equação – Ordenadas do hidrograma para $t_i \leq t_p$.

$$q_i = \frac{q_p \cdot t_i}{t_p}$$

E, para $t_i > t_p$, emprega-se a equação:

Equação – Ordenadas do hidrograma para $t_i > t_p$.

$$q_i = q_p \cdot \frac{t_b - t_i}{t_r}$$

Onde t_i = duração da precipitação.

5.8.5. Hidrograma de projeto

Conhecidas as precipitações efetivas para cada duração, procede-se ao cálculo das vazões de projeto através da “Álgebra dos Hidrogramas”, ou seja, multiplicando-se as precipitações efetivas pelas ordenadas do Hidrograma Unitário, retiradas a intervalos de tempo iguais ao intervalo unitário considerado.

Os valores das descargas do hidrograma de projeto serão dados por:

Equação 1 – Descargas do hidrograma.

$$Q_i = P_{e1} \cdot q_i + P_{e2} \cdot q_{i-1} + P_{e3} \cdot q_{i-2} + \dots + P_{en} \cdot q_{i-(n-1)}$$

5.9. VAZÕES DE PROJETO

Os critérios utilizados para o dimensionamento hidráulico das travessias são aqueles apresentados nas diretrizes de projeto do DNIT: IPR-726, Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários.

A bacia hidrográfica da OAE estudada será apresentada no desenho em anexo.

5.9.1. Bacia

A bacia apresenta área de 75,00 km², logo o método utilizado para o cálculo das vazões de projeto foi o Hidrograma Unitário Triangular (HUT).

Sua ocupação é constituída pelas seguintes áreas:

Ponderação do CN							
Área	A	B	C	D	CN	%	
Não Cultivado (Retenção Pobre)	77	86	91	94	84	30%	
Cultivo (Retenção Média)	62	74	82	86	72	15%	
Pasto (Retenção Média)	54	70	80	85	67	40%	
Mata (Retenção Média)	25	55	70	77	48	15%	
Área Urbana (Retenção Média)	72	78	85	88	79	0%	
Tipo de solo	Lvd26	50%	0%	50%	0%	70	100%

Tabela – Cálculo do número de deflúvio.

Portanto, o número de deflúvio (N), de acordo com o tipo de ocupação da bacia, e no tipo de solo predominante, é igual a 70.

Salienta-se, que estes estudos foram baseados em coeficientes de escoamento superficial que representam a situação atual da bacia, sendo que qualquer ocupação adicional deverá ser acompanhada de medidas que combatam o aumento do valor caudal, causado pelo incremento da impermeabilização do solo.

RESUMO			
Comprimento do talvegue	11.120,00	m	11,12 Km
Cota do exutório	321	m	
Cota da cabeceira da bacia	400	m	
Passo da curva de nível	40	m	
Desnível Δh	79	m	
$\Sigma L_i / \sqrt{I_i}$	133.766,69		
Declividade média	0,710	%	7,10 m/km
$\Sigma L_i / \sqrt{I_i}$	0,691	%	6,91 m/km

Tabela – Quadro de resumo com as características do talvegue principal.

CÁLCULO DA DECLIVIDADE EQUIVALENTE						
Ponto	Cota	Trecho L_i (m)	Trecho Acumulado (m)	Desnível Δh_i (m)	Declividade $\Delta h_i / L_i$	$L_i / \sqrt{I_i}$
1	400					
		4.560,00	4.560,00	40,00	0,009	48.687,48
2	360					
		6.560,00	11.120,00	39,00	0,006	85.079,21
3	321					

Tabela – Cálculo da declividade equivalente.

TR		Vazão de Projeto
25 ANOS	Q_{25}	135,28 m ³ /s
50 ANOS	Q_{50}	163,66 m ³ /s
100 ANOS	Q_{100}	196,38 m ³ /s

Tabela – Vazões da bacia.

A seguir são apresentados os cálculos das vazões de projeto para esta bacia, para o período de recorrência de 100 anos.

CÁLCULO DE VAZÃO DE PROJETO PELO MÉTODO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIÂNGULAR			
ÁREA DA BACIA	75,00 km ²	PERÍODO DE RETORNO	100 ANOS
DECLIVIDADE EQUIVALENTE	6,91 m/km	COEF. DE DEFLÚVIO	70
TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	258,67 min	TEMPO DE PICO	172,44 min
TEMPO DE RECESSÃO	287,41 min	DURAÇÃO UNITÁRIA	34,49 min
TEMPO DE BASE	459,85 min	VAZÃO DE PICO UNITÁRIA	54,37 m ³ /s

Δt (min)	P total (mm)	P' (mm)	ΔP (mm)	ΔP Reagrup. (mm)	ΔP Acum. (mm)	P efetivo (mm)	ΔP efetivo (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34,49	59,29	56,46	56,46	5,48	5,48	0,00	0,00
68,98	77,46	73,77	17,31	8,04	13,52	0,00	0,00
103,47	88,81	84,57	10,80	10,80	24,32	0,00	0,00
137,96	97,25	92,61	8,04	56,46	80,78	20,74	20,74
172,44	104,06	99,09	6,49	17,31	98,09	31,45	10,71
206,93	109,81	104,57	5,48	6,49	104,57	35,77	4,32
241,42	114,83	109,35	4,78	4,78	109,35	39,05	3,28
275,91	119,30	113,61	4,25	4,25	113,61	42,02	2,98
310,40	123,34	117,45	3,85	3,85	117,45	44,76	2,74
344,89	127,03	120,97	3,52	3,52	120,97	47,30	2,54
379,38	130,44	124,22	3,25	3,25	124,22	49,67	2,37
413,87	133,62	127,24	3,02	3,02	127,24	51,90	2,23
448,36	136,59	130,07	2,83	2,83	130,07	54,01	2,11
482,85	139,39	132,74	2,67	2,67	132,74	56,02	2,00
517,33	142,04	135,26	2,52	2,52	135,26	57,93	1,91
551,82	144,55	137,65	2,39	2,39	137,65	59,75	1,83
586,31	146,94	139,93	2,28	2,28	139,93	61,50	1,75
620,80	149,23	142,11	2,18	2,18	142,11	63,18	1,68
655,29	151,42	144,20	2,09	2,09	144,20	64,80	1,62
689,78	153,53	146,20	2,00	2,00	146,20	66,37	1,56
724,27	155,55	148,13	1,93	1,93	148,13	67,88	1,51
758,76	157,50	149,99	1,86	1,86	149,99	69,34	1,46
793,25	159,39	151,78	1,79	1,79	151,78	70,76	1,42
827,73	161,21	153,52	1,74	1,74	153,52	72,14	1,38
862,22	162,97	155,20	1,68	1,68	155,20	73,48	1,34
896,71	164,69	156,83	1,63	1,63	156,83	74,78	1,30
931,20	166,35	158,41	1,58	1,58	158,41	76,05	1,27
965,69	167,96	159,95	1,54	1,54	159,95	77,29	1,24
1000,18	169,54	161,45	1,50	1,50	161,45	78,50	1,21
1034,67	171,07	162,91	1,46	1,46	162,91	79,68	1,18
1069,16	172,56	164,33	1,42	1,42	164,33	80,83	1,15
1103,65	174,02	165,72	1,39	1,39	165,72	81,96	1,13
1138,14	175,44	167,07	1,36	1,36	167,07	83,07	1,11
1172,62	176,83	168,40	1,32	1,32	168,40	84,15	1,08

Tabela – Cálculo das vazões I.

CÁLCULO DE VAZÃO DE PROJETO PELO MÉTODO DO HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIÂNGULAR			
ÁREA DA BACIA	75,00 km ²	PERÍODO DE RETORNO	100 ANOS
DECLIVIDADE EQUIVALENTE	6,91 m/km	COEF. DE DEFLÚVIO	70
TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	258,67 min	TEMPO DE PICO	172,44 min
TEMPO DE RECESSÃO	287,41 min	DURAÇÃO UNITÁRIA	34,49 min
TEMPO DE BASE	459,85 min	VAZÃO DE PICO UNITÁRIA	54,37 m ³ /s
VAZÃO DE BASE	0,00	VAZÃO DE PROJETO	196,38 m³/s

Δt (min)	Qi m ³ /s	Precipitação Efetiva															Q m ³ /s	
		0	0	0	2,07	1,07	0,43	0,33	0,30	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,19		
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34,49	10,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
68,98	21,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
103,47	32,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
137,96	43,49	0,00	0,00	0,00	22,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,56
172,44	54,37	0,00	0,00	0,00	45,11	11,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	56,76
206,93	47,84	0,00	0,00	0,00	67,67	23,29	4,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,65
241,42	41,32	0,00	0,00	0,00	90,22	34,93	9,39	3,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	138,11
275,91	34,79	0,00	0,00	0,00	112,78	46,57	14,09	7,12	3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	183,80
310,40	28,27	0,00	0,00	0,00	99,25	58,22	18,79	10,68	6,47	2,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	196,38
344,89	21,75	0,00	0,00	0,00	85,71	51,23	23,49	14,24	9,71	5,95	2,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	193,09
379,38	15,22	0,00	0,00	0,00	72,18	44,25	20,67	17,80	12,94	8,92	5,52	2,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	184,86
413,87	8,70	0,00	0,00	0,00	58,65	37,26	17,85	15,67	16,18	11,90	8,28	5,16	2,43	0,00	0,00	0,00	0,00	173,36
448,36	2,17	0,00	0,00	0,00	45,11	30,27	15,03	13,53	14,23	14,87	11,04	7,74	4,85	2,29	0,00	0,00	0,00	158,98
482,85	0,00	0,00	0,00	0,00	31,58	23,29	12,21	11,40	12,29	13,09	13,80	10,32	7,28	4,59	2,18	0,00	0,00	142,02
517,33	0,00	0,00	0,00	0,00	18,04	16,30	9,39	9,26	10,35	11,30	12,14	12,90	9,71	6,88	4,36	0,00	0,00	120,65
551,82	0,00	0,00	0,00	0,00	4,51	9,31	6,58	7,12	8,41	9,52	10,49	11,35	12,14	9,18	6,54	4,15	0,00	99,30
586,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,33	3,76	4,99	6,47	7,73	8,83	9,81	10,68	11,47	8,71	6,23	0,00	81,01
620,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	2,85	4,53	5,95	7,18	8,26	9,22	10,10	10,89	8,31	0,00	68,22
655,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	2,59	4,16	5,52	6,71	7,77	8,72	9,59	10,38	0,00	56,15
689,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	2,38	3,86	5,16	6,31	7,34	8,28	9,14	0,00	43,12
724,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	2,21	3,61	4,85	5,97	6,97	7,89	0,00	32,10
758,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	2,06	3,40	4,59	5,66	6,64	0,00	22,91
793,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	1,94	3,21	4,36	5,40	0,00	15,43
827,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	1,84	3,05	4,15	0,00	9,52
862,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	1,74	2,91	0,00	5,11
896,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	1,66	0,00	2,10
931,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,42
965,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1000,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1034,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1069,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1103,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1138,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1172,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela – Cálculo das vazões II

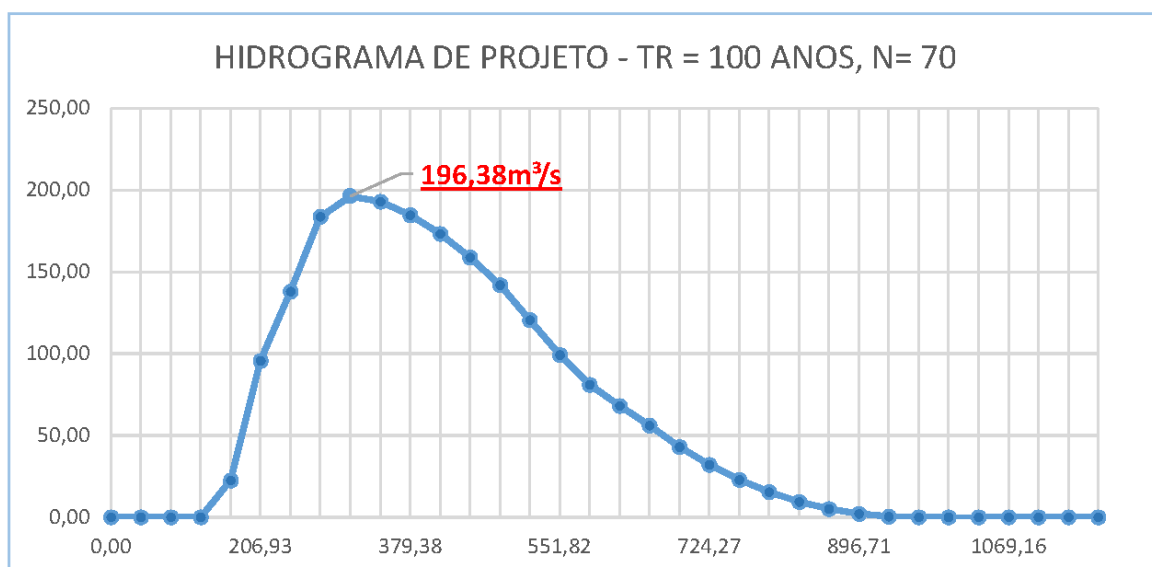


Gráfico – Hidrograma de Projeto TR = 100 anos.

5.9.2. DETERMINAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA

Trata-se da verificação da capacidade hidráulica da seção de interesse, ou seja, determinação do nível máximo de água na seção topobatimétrica do canal projetado considerando um período de retorno igual a 100 anos.

Dados de entrada

As tabelas em anexo apresentam perfil da seção batimétrica levantada.

DADOS DA SEÇÃO TRANSVERSAL					
Afastamento (m)	Cota (m)	Área da seção Molhada - (m ²)	Perímetro molhado (m)	Largura da lamina d'água - (m)	Rugosidade
-7,100	321,500	3,9960	4,5300	1,2000	0,035
-5,900	321,500	3,9294	1,1800	1,1800	0,035
-4,720	321,500	3,9294	1,1800	1,1800	0,035
-3,540	321,500	3,9294	1,1800	1,1800	0,035
-2,360	321,500	3,9510	1,2039	1,1800	0,035
-1,180	321,380	4,2064	1,1988	1,1800	0,035
1,180	321,170	4,1806	1,2716	1,1800	0,035
2,360	321,500	3,9294	1,1800	1,1800	0,035
3,540	321,500	3,9294	1,1800	1,1800	0,035
4,720	321,500	3,9294	1,1800	1,1800	0,035
5,900	321,500	3,9294	1,1800	1,1800	0,035
7,100	321,500	3,9960	4,5300	1,2000	0,035

Tabela – Dados da seção transversal

Resultados

A seguir são apresentados os resultados, com a indicação do nível máximo de água para a vazão de projeto para tempo de retorno de 100 anos.

DADOS HIDRÁULICOS DO CANAL			
Área da Seção Molhada (m ²)	Perímetro Molhado (m)	Largura da lâmina d'água (m)	Rugosidade Média
47,84	20,99	14,20	0,035
Vazão de Capacidade (m ³ /s)	Velocidade média (m/s)	Número de Froude Fr ²	Regime de escoamento
196,38	4,11	0,35	Subcrítico

Tabela – Dados hidráulicos do canal

5.10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises hidráulicas objetivam a verificação da segurança na ocorrência de uma vazão de projeto associada a um determinado período de retorno. Como citado anteriormente, devido à relevância da obra, o período de retorno adotado para o cálculo da vazão de projeto foi de 100 anos.

A Borda livre mínima exigida pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) na instrução de projeto IPR 715 é de 1,00 m em relação à cota inferior da estrutura da ponte.

Com relação à velocidade média do escoamento na seção da ponte, deve ser compatível com o tipo de revestimento.

A tabela a seguir apresenta um resumo das características da seção sob a ponte estudada.

VARIÁVEL	VALOR
Cota de fundo (m)	321,17
Froude	0,35
Manning médio	0,035
Vazão (m ³ /s)	196,38
Cota N.A. Máx. (m)	324,83
Altura d'água (m)	3,660
Borda Livre mínima(m)	1,00
Cota mínima do infratorso das vigas da ponte (m)	325,83
Velocidade média (m/s)	4,11

Tabela – Características da seção estudada