RML ENGENHARIA		Rev.: 1

Emitente:	
Rodovia:	

Tipo de Documento:
RELATÓRIO TÉCNICO – ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS– MMR-050

Documentos de Referência:

Conteúdo:

RODOVIA: ESTRADA MUNICIPAL MMR 050, BAIRRO MORRO VERMELHO

LOCAL: MOGI-MIRIM

ASSUNTO: ESTUDO HIDROLÓGICO E DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

TRECHO:

Observações:

REV.	DESCRIÇÃO	DATA
2	Atendimento aos comentários	15/09/2026
1	Atendimento aos comentários	15/07/2026
0	Emissão Inicial	10/07/2026

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO 6

2. MAPA DE SITUAÇÃO 8

3. ESTUDOS 10

3.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS 10

ÍNDICE REMISSIVO - TABELA

Tabela 1 - Postos Pluviométricos 10
Tabela 2 - Características Climáticas 13
Tabela 3 - Dados Pluviométricos 17
Tabela 4 - Dados Pluviométricos 18
Tabela 5 - IDF - Método Isozonas 20
Tabela 6 - Tempo de Recorrência 21
Tabela 7 - Coeficiente de Escoamento Superficial / Run-Off “C” 23

ÍNDICE REMISSIVO - FIGURA

Figura 1 – Localização do trecho 1 8
Figura 2 - Mapa de Localização dos Postos Pluviométricos 11
Figura 3 - Mapa de Classificação de Koppen 12
Figura 4 – Tipos climático do estado de São Paulo 13
Figura 5 - Mapa Isozonas - José Jaime Taborga Torrico, 1974. 15
Figura 6 - Histograma dados de chuva 19
Figura 7 - Gráfico Intensidade x Duração 20
Figura 8 - Gráfico Precipitação x Duração 21
Figura 9 - Método Racional 25

1 – APRESENTAÇÃO

1. PRESENTAÇÃO

Este memorial tem como finalidade a descrição e especificações técnicas do Estudo Hidrológico para a verificação das contribuições para a rodovia MMR-050 localizado na cidade de Mogi Mirim / SP.

Este Projeto é constituído pelos volumes:

- Volume 1 – Relatório do Projeto, em formato A4;
- Volume 2 – Planta de Bacias, em formato A1;

O Volume 1 – Relatório do Projeto, apresentado em formato A4, contém o resumo dos Estudos realizados e as Especificações Técnicas para o dimensionamento das vazões de contribuição da rodovia MMR-050;

O Volume 2 – Planta de Bacias, apresentado em formato A1.

2 – MAPA DE SITUAÇÃO

2. MAPA DE SITUAÇÃO

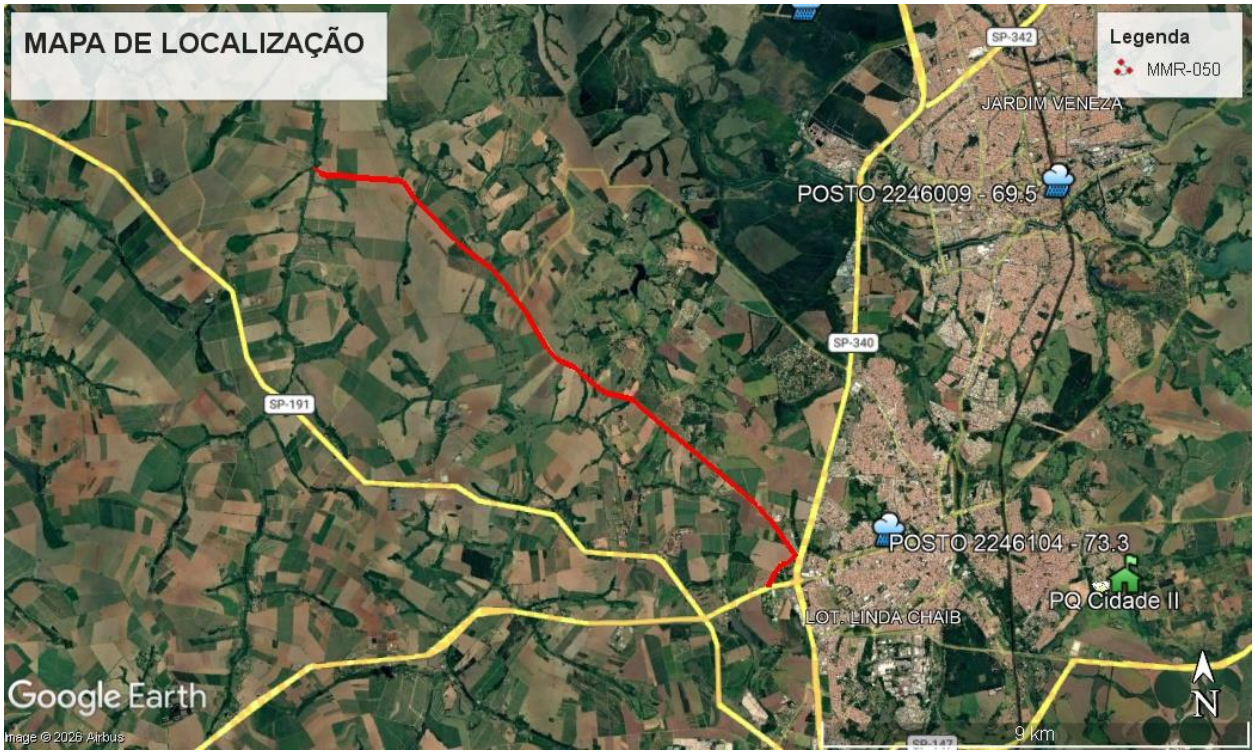


Figura 1 – Localização do trecho 1

3 – ESTUDOS

3. ESTUDOS

3.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos foram elaborados com a finalidade de fornecer todos os elementos necessários à avaliação dos dispositivos de drenagem superficial da rodovia MMR-050 e ao dimensionamento de novos elementos a serem implantados no trecho projetado.

Estes estudos hidrológicos têm também por objetivo caracterizar os parâmetros climáticos e pluviométricos da região, para o adequado planejamento do processo de implantação das obras projetadas.

Para o desenvolvimento dos estudos hidrológicos, foram utilizadas as instruções contidas nas normas do DER/SP, DNIT e da ABNT.

3.1.1 Aspectos Metodológicos

3.1.1.1 Coleta de Dados

Os diversos elementos necessários à execução dos estudos hidrológicos foram coletados em vários órgãos e consultados estudos e publicações julgadas de interesse ao projeto. Os dados utilizados foram:

- Máximas mensais de chuva, fornecidas pela ANA – Agência Nacional de Águas, cujas informações são disponibilizadas pela internet em seu serviço denominado Hidroweb http://hidroweb.ana.gov.br/, nos seguintes postos:

Tabela 1 - Postos Pluviométricos

Posto	Código	Nº de Leituras	Período de Operação	Órgão Responsável	I (mm/h) TR=50 anos	I (mm/h) TR=100 anos
MOGI-MIRIM	2.246.104	87	1936-2023	DAAE-SP	73,5	80,2
MOGI GUAÇU	2.246.009	60	1966-2026	ANA-CPRM	69,5	76,8
FAZENDA ÁGUA PARADA	2.246.115	63	1961-2024	DAAE-SP	62,2	66,9
MARTIM FRANCISCO	2.246.015	80	1937-2017	DAAE-SP	62,0	67,0
ARTUR NOGUEIRA	2.247.100	53	1970-2023	DAAE-SP	59,1	63,8
PÁDUA SALES	2.247.054	59	1966-2025	ANA-CPRM	59,1	63,8

Posto	Código	Nº de Leituras	Período de Operação	Órgão Responsável	I (mm/h) TR=50 anos	I (mm/h) TR=100 anos
FAZENDA HOLAMBRA	2.247.028	68	1950-2018	DAAE-SP	52,8	56,4

- Atlas Climatológicos referentes à estação de Brasília/DF, identificada pelo código 83.377, do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas;
- Dados de elevação do projeto TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, produzidos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), com base nos dados do Modelo Digital de Elevação SRTM. http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata.

A seguir o Mapa de Localização dos Postos Pluviométricos:



Figura 2 - Mapa de Localização dos Postos Pluviométricos

3.1.1.2 Características Climáticas da Região

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 calculados para períodos consecutivos de 30 anos”. As informações aqui apresentadas são resultado de um projeto concluído no final de 2009, que reviu e ampliou significativamente as Normais Climatológicas 1961-1990 computadas pelo INMET em 1992.

Para obtenção dos dados climáticos necessários ao projeto do trecho 01 localizado na MMR-050 foi estudado nos “Normais climatológicas” o posto meteorológico de Mogi-Mirim 2.246.104. A seguir mapa de classificação climática, segundo Wladimir Köppen.

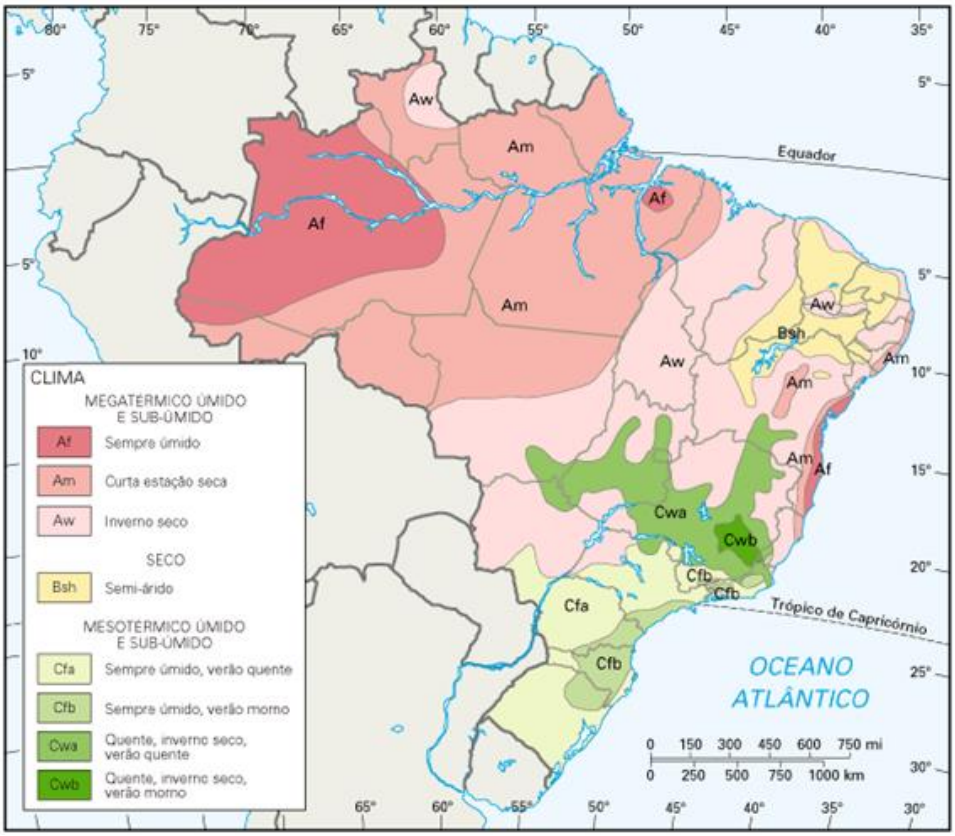


Figura 3 - Mapa de Classificação de Koppen

O posto de Mogi-Mirim encontra-se na zona climática “Cwa”, segundo a classificação de Wladimir Köppen, sendo caracterizado pelo clima clima subtropical úmido com inverno seco e verão quente. A temperatura média anual é de 22ºC.

Na região predomina a vegetação de cerrado, que caracteriza por temperaturas constantemente altas e poucas chuvas. A seguir, quadro com características climáticas para o posto representativo em estudo. A seguir mapa de vegetação do Brasil.

Tabela 2 - Características Climáticas

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS														
Estação : **Campinas**	Código : **83,729**							Período de Observação : **1961 - 1990**						
Operadora: **INMET**	Latitude : **22°54'S**							Longitude : **47°05'W**						
MESES / DADOS	**JANEIRO**	**FEVEREIRO**	**MARÇO**	**ABRIL**	**MAIO**	**JUNHO**	**JULHO**	**AGOSTO**	**SETEMBRO**	**OUTUBRO**	**NOVEMBRO**	**DEZEMBRO**	**TOTAL**	**MÉDIA ANUAL**
TEMPERATURA MÉDIA (°C)	23.0	23.4	22.8	21.0	18.5	17.3	17.2	19.0	20.4	21.1	21.8	22.4	247.9	20.7
TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	29.3	29.9	29.6	27.9	25.6	24.8	25.0	27.2	28.0	28.3	28.7	28.5	332.8	27.7
TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	18.8	19.0	18.4	16.3	13.7	12.2	11.8	13.3	15.0	16.2	17.0	18.3	190.0	15.8
AMPLITUDE ABSOLUTA (°C)	23.6	24.6	25.2	27.2	26.9	26.9	30.4	34.3	32.3	28.2	26.6	25.7	331.9	27.7
INSOLAÇÃO TOTAL (horas e décimos)	195.7	195.5	221.3	237.2	237.0	223.8	252.6	247.6	203.8	214.5	-	176.6	2,405.6	200.5
UMIDADE RELATIVA (%)	76.8	75.9	73.9	72.2	72.2	70.6	67.2	62.5	64.1	68.8	71.4	76.6	852.2	71.0
ALTITUDE DA ESTAÇÃO (m)	663.3													
CLIMA	Koppen - Cwa - subtropical úmido com inverno seco e verão quente													
VEGETAÇÃO PREDOMINANTE	Antropizado													

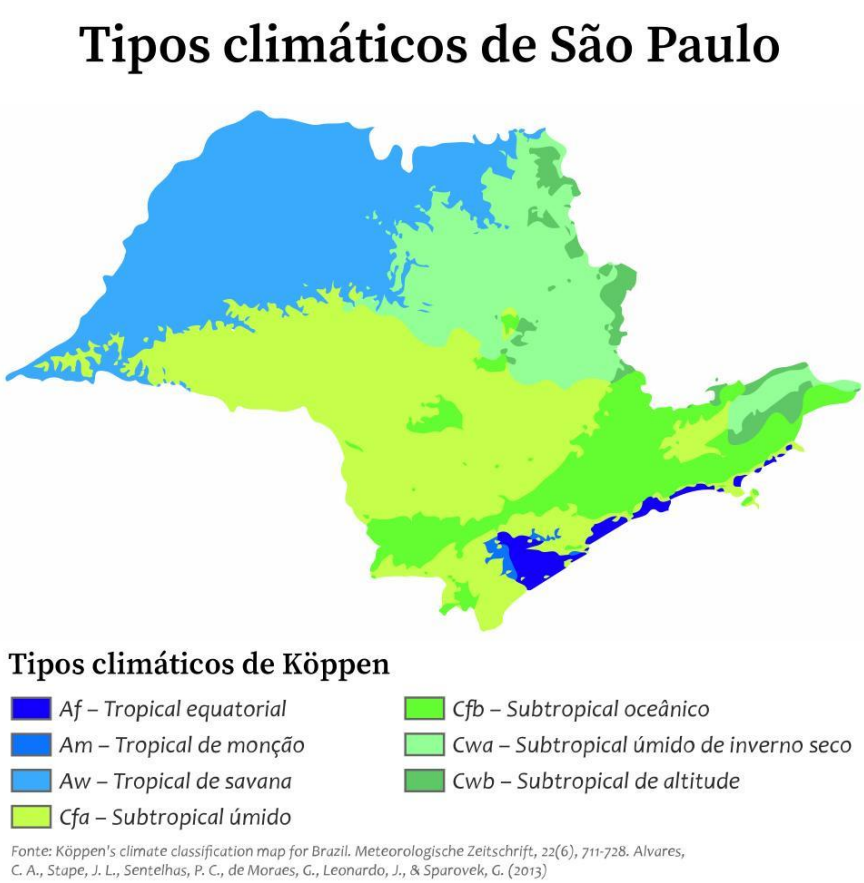


Figura 4 – Tipos climático do estado de São Paulo

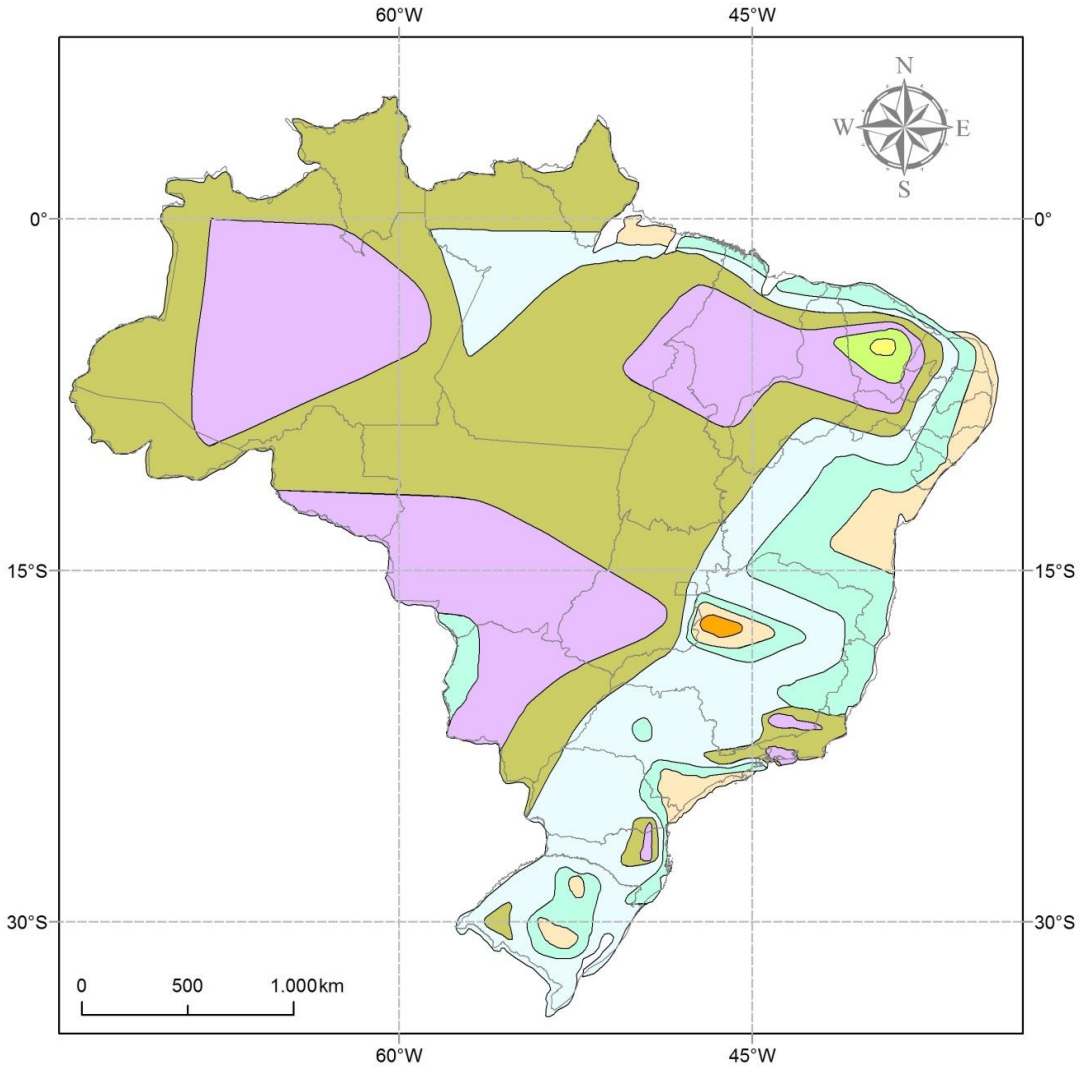
3.1.2 Pluviometria

3.1.2.1 Método Isozonas

Método desenvolvido pelo Engenheiro José Jaime Taborga Torrico fazendo parte de sua obra "Práticas Hidrológicas", Rio de Janeiro, TRANSCON, 1974, 120p.

O Método das Isozonas trata-se de uma alternativa excepcional para chuvas intensas de curta duração. Seguindo-se as orientações estabelecidas pelo método das Isozonas, obtiveram-se as intensidades pluviométricas para diferentes durações e períodos de recorrência.

Abaixo segue mapa de Isozonas de igual relação entre as alturas de chuvas de 6 min a 1 hora com a chuva de 24 horas.



ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS												
ZONA	1 Hora / 24 horas chuva										6min 24h	Chuva
	5	10	15	20	25	30	50	100	1.000	10.000	5-50	100
A	36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

Figura 5 - Mapa Isozonas - José Jaime Taborga Torrico, 1974.

As precipitações máximas diárias foram catalogadas, formando uma série anual para análise de frequência, através do método Gumbel-Chow. Seguindo-se as orientações estabelecidas pelo método das Isozonas, obtiveram-se as intensidades pluviométricas para diferentes durações e períodos de recorrência.

Considerando a área de contribuição das travessias projetadas (vide Figura 2), optou-se por definir as cargas pluviométricas para o posto MOGI-MIRIM, código 2.246.104 no município de Mogi Mirim/SP por apresentar a série histórica mais consistente e os maiores valores de intensidade pluviométrica em relação aos demais postos da região (vide Tabela 1).

O posto selecionado como representativo desta metodologia encontra-se na zona de influência de Isozonas “D” e consiste em uma série histórica de 43 eventos, no período de 1936 a 2023.

As amostras de precipitações mensais e de totais anuais do posto observado foram analisadas e consistidas, sendo eliminados os anos que possuíam falhas no período chuvoso e ou apresentaram inconsistências nos dados observados, conforme tabelas abaixo.

Tabela 3 - Dados Pluviométricos

Série Histórica		
ITEM	Ano	Máximas
001	1956	53.5
002	1957	91.2
003	1968	58.5
004	1972	66.7
005	1973	55.2
006	1974	53.6
007	1975	110.0
008	1976	100.9
009	1977	79.4
010	1978	59.5
011	1986	99.6
012	1987	78.6
013	1988	168.3
014	1989	152.6
015	1990	57.5
016	1991	115.4
017	1992	92.4
018	1993	85.4
019	1994	120.9
020	1995	87.1
021	1996	71.8
022	1997	64.4
023	1999	114.1
024	2000	69.8
025	2001	69.2
026	2002	54.7
027	2003	78.6
028	2004	75.3
029	2005	90.0
030	2006	68.3
031	2007	69.6
032	2008	94.3
033	2009	64.6
034	2010	73.1
035	2011	114.0
036	2012	71.7
037	2013	98.2
038	2014	73.9
039	2015	87.0
040	2016	102.3
041	2017	93.3
042	2021	67.4
043	2022	86.0

Posto Escolhido			
Código	Nome	Latitude	Longitude
2.246.104	MOGI-MIRIM	–	–
Operadora	Período	Município / Estado	
DAAE-SP	1936 a 2023	Mogi-Mirim/SP	

Eventos	Soma	Média	Desvio
43	3.637,90	84,60	27,55

Isozona	D

Valores de K (Gumbel)					
Tr - Tempo de Recorrência em Anos					
5	10	15	25	50	100
0,832	1,485	1,850	2,311	2,924	3,532

Fator P24h / P1d	1,095

Precipitações					
Tr	k	P1d	P24h	P1h	P0,1h
5	0,832	107,5	117,7	49,4	13,2
10	1,485	125,5	137,4	57,2	15,4
15	1,850	135,6	148,4	61,5	16,6
25	2,311	148,3	162,3	66,8	18,2
50	2,924	165,1	180,8	73,6	20,3
100	3,532	181,9	199,2	80,3	19,9

Pelos registros pluviométricos da estação de MOGI-MIRIM no município de Mogi Mirim/SP observa-se a existência de dois períodos distintos: um seco, de junho a agosto, e outro chuvoso, de novembro a março. Os meses de maiores incidências de chuva são os de janeiro e dezembro. Os meses de abril, maio, setembro e outubro são de transição entre os períodos seco e chuvoso.

Do período observado (1936 a 2023) do posto pluviométrico em estudo verificou-se a média anual de Precipitações Pluviométricas com 1.366,7 mm e média anual de Dias de Chuva com 109 dias. O ano de maior precipitação registrado no estudo foi 1976 com 2.693,7 mm.

O quadro com os dados pluviométricos e o Histograma com informações de precipitação e o número de dias de chuva é apresentados a seguir:

Tabela 4 - Dados Pluviométricos

DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Estação : **MOGI-MIRIM** Código : **2246104** Período de Observação : **1936 A 2023**

Operadora: **CPRM/MG** Latitude : **00º00'00" S** Longitude : **00º00'00" O**

DADOS \ MESES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL	MÉDIA ANUAL
PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm) (*)	248.0	187.6	164.9	72.8	58.3	41.1	29.3	32.9	63.9	114.0	142.4	211.5	1,366.7	113.9
DIAS DE CHUVA (número) (*)	16	14	12	6	6	5	3	3	6	10	12	16	109.0	9.1

Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA

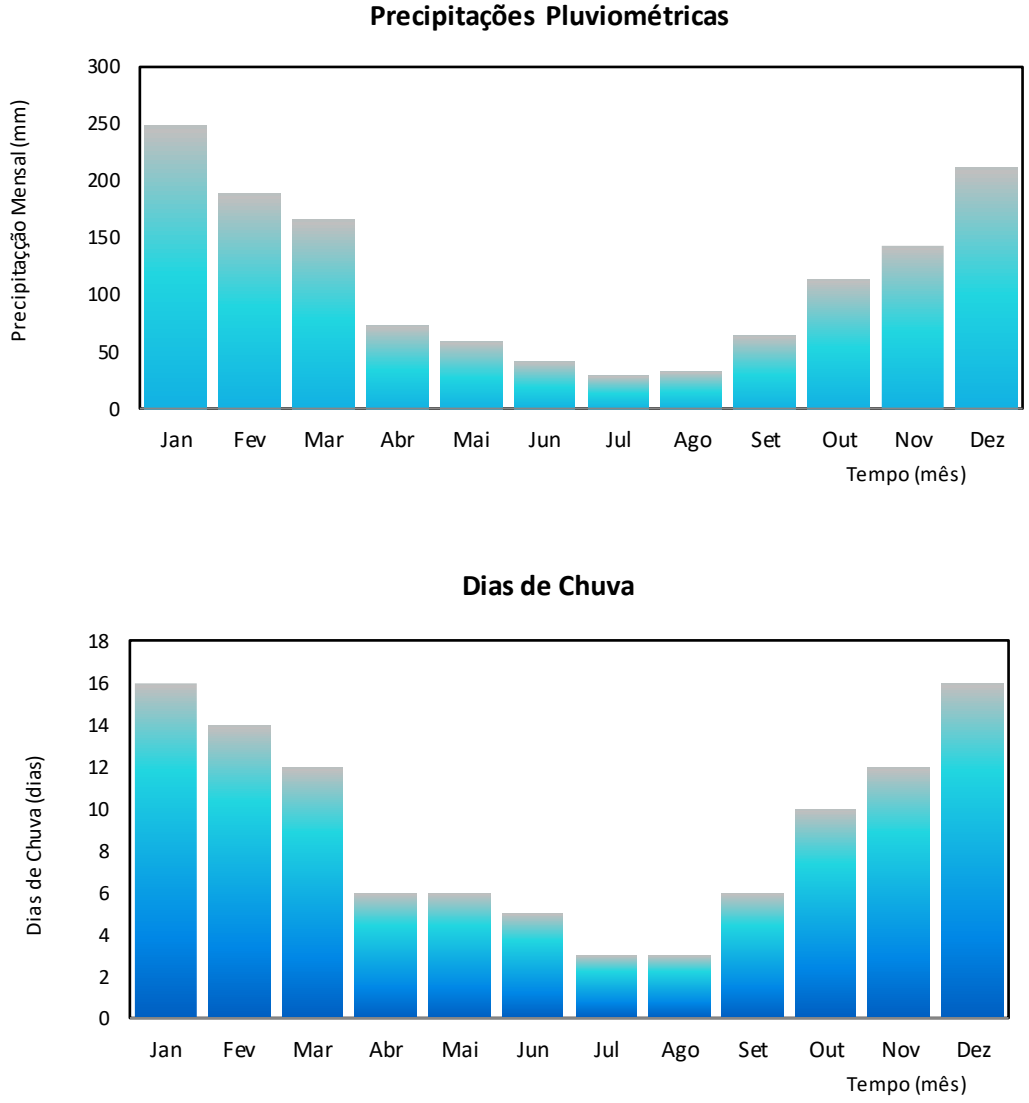
HISTOGRAMA

Posto Selecionado: **MOGI-MIRIM**

Média Anual de Precipitações Pluviométricas: **1,366.7** mm

Média Anual de Dias de Chuva: **109** dias

Período de Observação: **1936 A 2023**



Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA

Figura 6 - Histograma dados de chuva

Os resultados obtidos para o posto pluviométrico de MOGI-MIRIM são apresentados a seguir:

Tabela 5 - IDF - Método Isozonas

Posto : MOGI-MIRIM Código: 2246104

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/h)										
T	t (horas)									
(anos)	0.17	0.26	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00	12.00	18.00	24.00
5	123.4	105.2	75.4	49.4	30.9	23.1	13.8	8.1	5.9	4.7
10	134.4	122.0	87.3	57.1	35.7	26.7	16.0	9.3	6.8	5.4
15	143,7	131.4	93.9	61.4	38.4	28.7	17.1	10.0	7.3	5.8
25	153.1	143.0	102.0	66.7	41.7	31.2	18.6	10.9	7.9	6.3
50	168.9	158.1	112.6	73.5	45.9	34.3	20.5	12.0	8.7	6.9
100	193.1	167.3	121.4	80.2	50.4	37.8	22.7	13.3	9.7	7.7

Fonte : ANA - Agência Nacional de Águas

Posto : MOGI-MIRIM Código: 2246104

ALTURA DA PRECIPITAÇÃO (mm)										
T	t (horas)									
(anos)	0.17	0.26	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00	12.00	18.00	24.00
5	20.6	27.2	37.7	49.4	61.8	69.4	82.9	97.1	105.8	112.0
10	23.9	31.5	43.6	57.1	71.4	80.2	95.7	112.1	122.1	129.3
15	25.7	33.9	46.9	61.4	76.8	86.1	102.8	120.4	131.1	138.8
25	28.1	36.9	51.0	66.7	83.3	93.5	111.6	130.6	142.2	150.6
50	31.1	40.8	56.3	73.5	91.8	103.0	122.8	143.7	156.5	165.7
100	32.2	43.2	60.7	80.2	100.9	113.5	136.0	159.6	174.0	184.4

Fonte : ANA - Agência Nacional de Águas

As curvas de altura Intensidade, Duração e Frequência (IDF), determinada para o posto de MOGI-MIRIM são apresentadas a seguir:

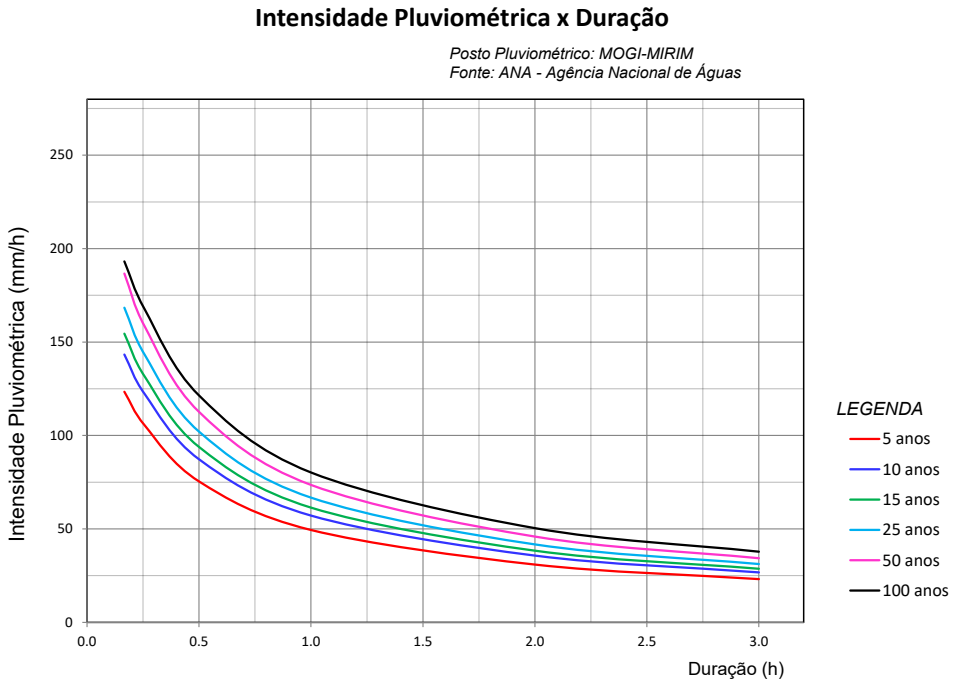


Figura 7 - Gráfico Intensidade x Duração

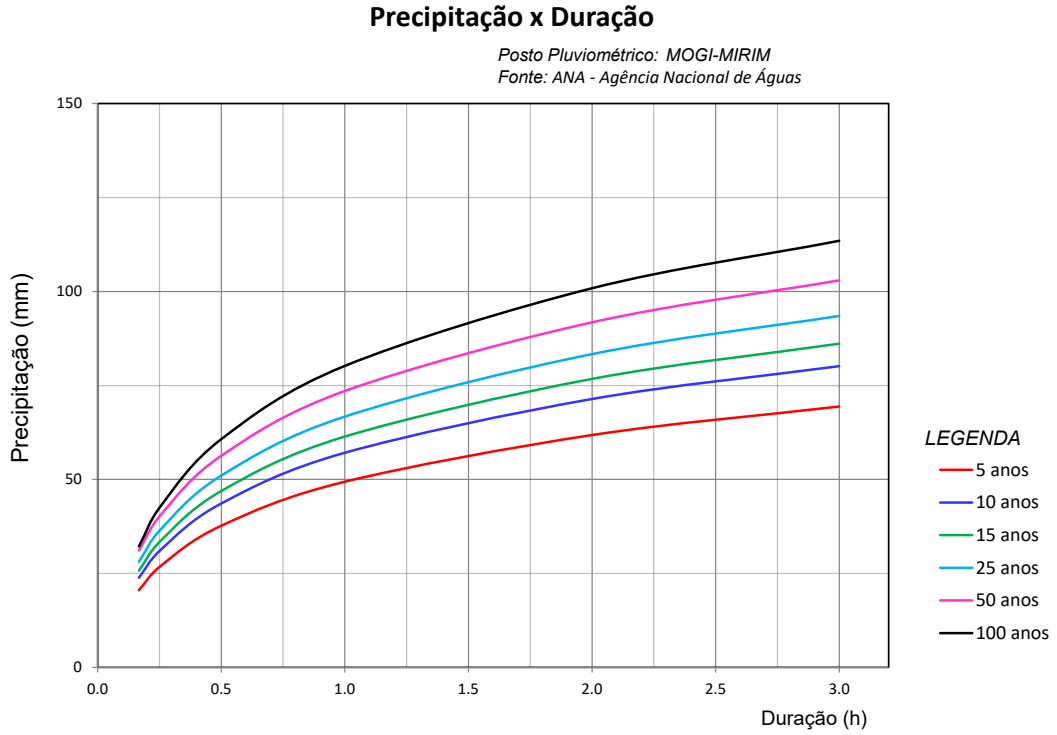


Figura 8 - Gráfico Precipitação x Duração

3.1.2.2 Tempo de Recorrência

Os dispositivos de drenagem são dimensionados para escoar a vazão correspondente a um determinado período de recorrência. A fixação dos valores desses parâmetros é feita tendo em vista diversos fatores, destacando-se aqueles de origem econômica, a importância e a segurança que a obra deve apresentar.

Foram adotados os seguintes valores de períodos de recorrência:

Tabela 6 - Tempo de Recorrência

DISPOSITIVOS	TEMPOS DE RECORRÊNCIA (anos)		Tc (min)
	Normal	Com Sobrecarga	
Drenagem Superficial	10	-	10
Bueiros Tubulares	15	25	> 15
Bueiros Celulares	25	50	> 15
Pontes	**50**	**100**	**> 60**

3.1.2.3 Tempo de Concentração

O tempo de duração de uma precipitação, para fins do dimensionamento hidráulico de uma estrutura do sistema de drenagem das águas de escoamento superficial, é, normalmente, igual ao tempo de concentração da bacia de contribuição em estudo, entendendo-se como tal, a duração da trajetória da partícula que demore mais tempo para atingir a seção em estudo.

Para o dimensionamento das obras de arte correntes, adotou-se um tempo mínimo de concentração de 10 minutos.

O valor do tempo de concentração será obtido pela expressão proposta por Kirpich, qual seja:

- **para bacias com até 80 ha -** $T_c = 57\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$
- para bacias com áreas superiores a 80 ha - $T_c = 85,2\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$

onde:

Tc - tempo de concentração, em minutos;
L - extensão do talvegue principal, em km;
H - desnível ao longo do talvegue principal, em metros;

Em razão da fragmentação das contribuições não convergirem para o mesmo ponto, não há bacia de contribuição superior à 80 ha. Portanto, será adotado a fórmula para **bacias com até 80 ha**.

3.1.2.4 Coeficiente de Escoamento Superficial

Os coeficientes de escoamento superficial foram determinados a partir da análise dos seguintes parâmetros das bacias:

- Características hidromorfológicas;
- Tipo de solo;
- Relevo;
- Uso e cobertura vegetal.

A tabela do coeficiente “C” é apresentada a seguir:

Tabela 7 - Coeficiente de Escoamento Superficial / Run-Off “C”
(Eng. Baptista Gariglio e José Paulo Ferrari)

VALORES DO COEFICIENTE DE DEFLÚVIO “C”		
Item	**Tipo do Solo, Permeabilidade e Cobertura Vegetal**	**Coef. Deflúvio**
01	Solo rochoso, de baixa permeabilidade, com vegetação rala	0,70 a 085
02	Solo rochoso, de baixa permeabilidade, com vegetação densa	0,65 a 0,80
03	Solo rochoso, de média permeabilidade, com vegetação rala	0,60 a 0,75
04	Solo rochoso, de média permeabilidade, com vegetação densa	0,55 a 0,70
05	Solo argiloso, de baixa permeabilidade, com vegetação rala	0,50 a 0,65
06	Solo argiloso, de baixa permeabilidade, com vegetação densa	0,45 a 0,60
07	Solo argiloso, de baixa permeabilidade, com floresta	0,40 a 0,55
08	Solo argilo-arenoso, de média permeabilidade, com vegetação rala	0,35 a 0,50
09	Solo argilo-arenoso, de média permeabilidade, com vegetação densa	0,30 a 0,45
10	Solo argilo-arenoso, de média permeabilidade, com floresta	0,25 a 0,40
11	Solo arenoso, de alta permeabilidade, com vegetação rala	0,20 a 0,35
12	Solo arenoso, de alta permeabilidade, com vegetação densa	0,15 a 0,30
13	Solo arenoso, de alta permeabilidade, com floresta	0,10 a 0,25

Para o coeficiente “C” foi adotada o item 9, faixa de valores entre 0,30 a 0,45 (Solo argilo-arenoso, de média permeabilidade, com vegetação densa) em razão da média das classificações de HRB apresentada no relatório de sondagem recebido. Essa variação se aplica em cada subbacia à depender da cobertura do solo e é apresentada na planilha de estudo hidrológico.

3.1.3 Determinação das Vazões

Para determinação da vazão a ser dimensionada a Obra de Arte corrente é utilizado dados da bacia hidrográfica, tais como área, comprimento do talvegue, diferença de cotas e características de solo. Ver mapa de bacias desenho.

Para determinação das vazões será usada a metodologia indicada no manual de hidrologia do DNIT – IPR 715 conforme abaixo:

- **Método Racional - Área < 1 km²;**
- Método Racional Modificado - 1 km² < Área < 4 km²;
- Método Hidrograma Sintético Triangular – 4 km² < Área < 10 km²;
- Método Hidrograma Unitário Triangular – Áreas > 10 km².

Para o caso em tela será aplicado o método racional, por ser mais conservador. A área de contribuição observada tem 1,7 km².

3.1.3.1 Método Racional

O método racional é um método indireto e foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e usado nos Estados Unidos por Emil Kuichling em 1889 e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio). A sua utilização é limitado a bacias hidrográficas de pequenas áreas.

A seguir equação do método Racional:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{360}$$

Onde:

Q - Vazão de Pico, dada em m³/s;

C - Coeficiente de escoamento;

i - Intensidade pluviométrica, dada em mm/h;

A - Área da bacia, dada em km².

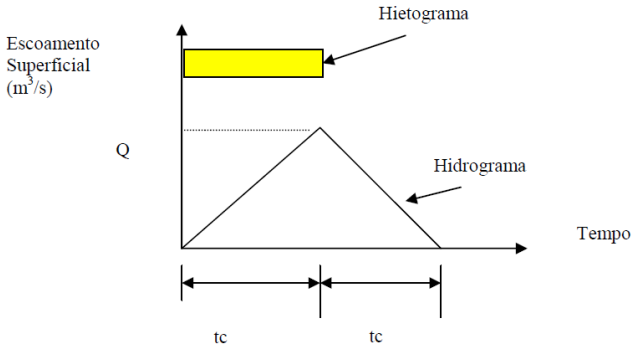


Figura 9 - Método Racional

S

A seguir são apresentados os cálculos das metodologias supracitadas para a determinação das vazões que vão subsidiar o dimensionamento dos dispositivos de drenagem.

PLANILHA DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS CÁLCULO DE VAZÕES PELO MÉTODO RACIONAL - MOGI MIRIM / SP

LOCAL: ESTRADA VICINAL **MMR-050**

LOGRADOURO	BACIA	PONTO DE ESTUDO	ÁREA (ha)		L (m)	Σ L (m)	H (m)	H (m)	Σ H (m)	COEF. ESCOAMENTO	tc (min)		i (mm/h)			Q (m^3/s)		
			Parcial	Acumulada			Inicial	Final		C	Calculado	Adotado	10 anos	25 anos	50 anos	10 anos	25 anos	50 anos
-	1	A1	1,580	1,580	490,18	490,18	695,40	678,53	16,87	0,40	8,43	10,00	134,4	153,1	168,9	0,236	0,269	0,297
-	2	A1	1,690	1,690	490,18	490,18	695,40	678,53	16,87	0,40	8,43	10,00	134,4	153,1	168,9	0,253	0,288	0,317
-	3	A1	1,320	1,320	384,65	384,65	678,53	662,42	16,11	0,40	6,49	10,00	134,4	153,1	168,9	0,197	0,225	0,248
-	4	A1	1,240	1,240	384,65	384,65	678,53	662,42	16,11	0,40	6,49	10,00	134,4	153,1	168,9	0,185	0,211	0,233
-	5	A1	24,630	24,630	349,36	349,36	679,03	667,81	11,22	0,30	6,67	10,00	134,4	153,1	168,9	2,761	3,145	3,469
-	6	A1	3,160	3,160	957,42	957,42	709,92	705,74	4,18	0,40	31,25	31,25	90,9	103,5	114,2	0,319	0,364	0,401
-	7	A1	3,130	3,130	957,42	957,42	709,92	705,74	4,18	0,40	31,25	31,25	90,9	103,5	114,2	0,316	0,360	0,397
-	8	A1	2,370	2,370	711,66	711,66	679,46	665,04	14,42	0,40	13,77	13,77	124,0	141,2	155,8	0,327	0,372	0,411
-	9	A1	2,400	2,400	711,66	711,66	679,46	665,04	14,42	0,40	13,77	13,77	124,0	141,2	155,8	0,331	0,377	0,416
-	10	A1	14,770	14,770	447,47	447,47	674,31	668,36	5,95	0,30	11,33	11,33	130,9	149,1	164,5	1,612	1,837	2,026
-	11	A1	21,920	21,920	904,38	904,38	690,65	668,36	22,29	0,30	15,36	15,36	119,9	136,5	150,7	2,192	2,495	2,755
-	12	A1	3,190	3,190	952,50	952,50	684,54	665,04	19,50	0,40	17,17	17,17	115,6	131,6	145,2	0,410	0,467	0,515
-	13	A1	3,180	3,180	952,50	952,50	684,54	665,04	19,50	0,40	17,17	17,17	115,6	131,6	145,2	0,409	0,465	0,513
-	14	A1	0,650	0,650	195,98	195,98	684,54	682,00	2,54	0,40	6,06	10,00	134,4	153,1	168,9	0,097	0,111	0,122
-	15	A1	0,660	0,660	195,98	195,98	684,54	682,00	2,54	0,40	6,06	10,00	134,4	153,1	168,9	0,099	0,112	0,124
-	16	A1	0,900	0,900	266,83	266,83	692,19	682,00	10,18	0,40	5,07	10,00	134,4	153,1	168,9	0,135	0,153	0,169
-	17	A1	0,890	0,890	266,83	266,83	692,19	682,00	10,18	0,40	5,07	10,00	134,4	153,1	168,9	0,133	0,152	0,167
-	18	A1	1,450	1,450	431,74	431,74	692,19	677,02	15,17	0,40	7,58	10,00	134,4	153,1	168,9	0,217	0,247	0,272
-	19	A1	1,440	1,440	431,74	431,74	692,19	677,02	15,17	0,40	7,58	10,00	134,4	153,1	168,9	0,215	0,245	0,270
-	20	A1	5,820	5,820	562,01	562,01	701,82	680,63	21,20	0,40	9,04	10,00	134,4	153,1	168,9	0,870	0,991	1,093
-	21	A1	1,320	1,320	395,27	395,27	694,48	677,02	17,46	0,40	6,49	10,00	134,4	153,1	168,9	0,197	0,225	0,248
-	22	A1	1,330	1,330	395,27	395,27	694,48	677,02	17,46	0,40	6,49	10,00	134,4	153,1	168,9	0,199	0,226	0,250
-	23	A1	8,750	8,750	887,90	887,90	701,82	661,89	39,93	0,40	12,02	12,02	128,8	146,8	161,9	1,253	1,428	1,575
-	24	A1	2,970	2,970	879,69	879,69	694,48	654,74	39,74	0,40	11,91	11,91	129,2	147,1	162,3	0,427	0,486	0,536
-	25	A1	2,920	2,920	879,69	879,69	694,48	654,74	39,74	0,40	11,91	11,91	129,2	147,1	162,3	0,420	0,478	0,527
-	26	A1	1,570	1,570	465,61	465,61	663,35	654,74	8,61	0,40	10,29	10,29	134,1	152,7	168,5	0,234	0,267	0,294
-	27	A1	1,550	1,550	465,61	465,61	663,35	654,74	8,61	0,40	10,29	10,29	134,1	152,7	168,5	0,231	0,263	0,290

PLANILHA DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS CÁLCULO DE VAZÕES PELO MÉTODO RACIONAL - MOGI MIRIM / SP

LOCAL: ESTRADA VICINAL **MMR-050**

LOGRADOURO	BACIA	PONTO DE ESTUDO	ÁREA (ha)		L (m)	Σ L (m)	H (m)	H (m)	Σ H (m)	COEF. ESCOAMENTO	tc (min)		i (mm/h)			Q (m^3/s)		
			Parcial	Acumulada			Inicial	Final		C	Calculado	Adotado	10 anos	25 anos	50 anos	10 anos	25 anos	50 anos
-	28	A1	1,470	1,470	446,63	446,63	663,35	655,51	7,84	0,40	10,17	10,17	134,5	153,2	169,0	0,220	0,250	0,276
-	29	A1	1,520	1,520	446,63	446,63	663,35	655,51	7,84	0,40	10,17	10,17	134,5	153,2	169,0	0,227	0,259	0,286
-	30	A1	1,670	1,670	495,02	495,02	687,10	655,51	31,60	0,40	6,70	10,00	134,4	153,1	168,9	0,250	0,284	0,314
-	31	A1	1,650	1,650	495,02	495,02	687,10	655,51	31,60	0,40	6,70	10,00	134,4	153,1	168,9	0,247	0,281	0,310
-	32	A1	0,930	0,930	273,69	273,69	687,10	676,58	10,52	0,40	5,16	10,00	134,4	153,1	168,9	0,139	0,158	0,175
-	33	A1	0,910	0,910	273,69	273,69	687,10	676,58	10,52	0,40	5,16	10,00	134,4	153,1	168,9	0,136	0,155	0,171
-	34	A1	1,510	1,510	462,60	462,60	689,70	676,58	13,12	0,40	8,69	10,00	134,4	153,1	168,9	0,226	0,257	0,284
-	35	A1	1,590	1,590	462,60	462,60	689,70	676,58	13,12	0,40	8,69	10,00	134,4	153,1	168,9	0,238	0,271	0,299
-	36	A1	6,400	6,400	1.906,03	1.906,03	689,70	606,41	83,29	0,40	21,88	21,88	105,8	120,5	133,0	0,753	0,858	0,947
-	37	A1	6,380	6,380	1.906,03	1.906,03	689,70	606,41	83,29	0,40	21,88	21,88	105,8	120,5	133,0	0,751	0,855	0,944
-	38	A1	4,570	4,570	1.438,68	1.438,68	640,87	606,41	34,46	0,40	22,21	22,21	105,8	120,5	133,0	0,538	0,612	0,676
-	39	A1	4,400	4,400	1.438,68	1.438,68	640,87	606,41	34,46	0,40	22,21	22,21	105,8	120,5	133,0	0,518	0,590	0,651
-	40	A1	2,460	2,460	827,03	827,03	640,87	612,74	28,13	0,40	12,67	12,67	132,5	155,4	172,0	0,362	0,425	0,471
-	41	A1	2,430	2,430	827,03	827,03	640,87	612,74	28,13	0,40	12,67	12,67	132,5	155,4	172,0	0,358	0,420	0,465
-	42	A1	0,810	0,810	255,93	255,93	618,02	612,74	5,27	0,40	6,23	10,00	105,8	120,5	133,0	0,095	0,109	0,120
-	43	A1	0,780	0,780	255,93	255,93	618,02	612,74	5,27	0,40	6,23	10,00	105,8	120,5	133,0	0,092	0,105	0,115
-	44	A1	0,700	0,700	233,72	233,72	618,02	614,84	3,17	0,40	6,82	10,00	105,8	120,5	133,0	0,082	0,094	0,104
-	45	A1	0,690	0,690	233,72	233,72	618,02	614,84	3,17	0,40	6,82	10,00	105,8	120,5	133,0	0,081	0,092	0,102
-	46	A1	3,100	3,100	859,12	859,12	655,81	614,84	40,97	0,40	11,45	11,45	137,4	161,2	178,5	0,474	0,556	0,615
-	47	A1	2,630	2,630	859,12	859,12	655,81	614,84	40,97	0,40	11,45	11,45	137,4	161,2	178,5	0,402	0,471	0,522
-	48	A1	3,240	3,240	1.068,45	1.068,45	655,81	601,57	54,24	0,40	13,22	13,22	130,3	152,8	169,1	0,469	0,551	0,609
-	49	A1	3,410	3,410	1.068,45	1.068,45	655,81	601,57	54,24	0,40	13,22	13,22	130,3	152,8	169,1	0,494	0,579	0,641

4. PROJETOS

4.1 PROJETO DE DRENAGEM

4.1.1 Concepção

A drenagem da rodovia será conduzida através de sarjetas e canaletas laterais com lançamentos pontuais nos locais onde a capacidade de condução seja superada. Foi adotada a premissa de detenção e amortecimento das contribuições que são lançadas na rodovia através de pequenas bacias ao longo do eixo longitudinal.

Serviram como subsídio para o lançamento e dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial os estudos hidrológicos, o projeto geométrico, geotécnico e de terraplenagem.

Na planta de drenagem são representados os dispositivos de drenagem superficial projetados, quadros contendo as localizações e as extensões destes dispositivos.

Na sequência, são apresentados os dimensionamentos dos dispositivos e suas características.

4.1.2 Dimensionamento

O dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial foi elaborado através da determinação da seção de vazão, calculada mediante a fórmula de Manning e associada à equação da continuidade, sendo determinado da forma abaixo descrita.

O comprimento crítico é atingido quando a vazão contribuinte se equipara à capacidade de escoamento do dispositivo em estudo. Os resultados obtidos são apresentados ao final deste capítulo.

4.1.2.1 ESTUDO DA CAPACIDADE DAS SARJETAS

O estudo da capacidade de escoamento das vias está condicionado à capacidade das sarjetas, que, na realidade, são os primeiros coletores de águas pluviais, funcionando como canais abertos.

Essa capacidade de escoamento depende diretamente da declividade longitudinal da via, da declividade transversal da sarjeta e do coeficiente de rugosidade, sendo também função dos limites de conforto definidos para pedestres e veículos que utilizam as vias. Esses limites se traduzem pela fixação da faixa de alagamento da via admitida no projeto.

Foi considerado o trajeto superficial na maior extensão possível, o que sob o ponto de vista econômico é o ideal, em virtude da redução do número de bocas-de-lobo e da extensão de tubulações.

Tendo em vista as características da seção transversal típica das vias, optou-se pela utilização de sarjetas de seção triangular, com 50 cm de largura, inclinação transversal de 15% e altura útil de 12,5 cm. A capacidade de vazão da sarjeta é avaliada através da aplicação da fórmula de Manning, modificada por Izzard :

$$Q = 0{,}00175 \cdot \frac{z}{n} \cdot y^{8/3} \cdot I^{1/2}$$

onde:

Q = capacidade de vazão, em l/s;

z = inverso da inclinação transversal da sarjeta;

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

y = lâmina d'água na sarjeta, em cm;

I = declividade longitudinal da via, em m/m.

Nesse tipo de sarjeta, composta de duas declividades, a fórmula de Izzard é aplicada utilizando-se o seguinte artifício de cálculo:

Q = Q1 - Q2 + Q3

O valor do coeficiente de rugosidade (n) é função do material de constituição do plano de escoamento.

A velocidade máxima de escoamento, de modo a serem minimizados problemas devido a desgaste do material, é de 4,0 m/s.

ALINHAMENTO VERTICAL: EIXO - MMR050 - TR 01

NOME:	EIXO_-_MMR050_-_TR_01
ESTACAS:	0+00,000 À 485+7,306

PIV	ESTACA	COTA (m)	INCLINAÇÃO (m/m)	INCLINAÇÃO (%)	COMPRIMENTO CRÍTICA DA SARJETA	VELOCIDADE (m/s)	VAZÃO (m3/s)
1	0+00,000	695.398	0.06	6.02	649.24	3.35	0.34
2	0+15,346	694.475	0.03	3.12	467.21	2.41	0.24
3	7+15,088	690.122	0.04	3.89	522.24	2.70	0.27
4	17+01,178	682.879	0.03	3.32	482.49	2.49	0.25
5	23+00,000	678.932	0.01	1.41	313.89	1.62	0.16
6	29+13,352	677.057	0.04	4.42	556.42	2.87	0.29
7	35+06,557	672.056	0.05	4.90	585.80	3.02	0.30
8	39+07,617	668.087	0.07	7.26	713.22	3.68	0.37
9	43+05,083	662.463	0.01	0.50	187.19	0.97	0.10
10	64+07,109	664.573	0.04	3.78	514.54	2.66	0.27
11	75+07,467	672.898	0.02	2.38	408.65	2.11	0.21
12	91+05,877	680.484	0.02	2.05	379.39	1.96	0.20
13	100+05,451	676.796	0.03	3.43	490.34	2.53	0.25
14	114+07,334	667.123	0.01	0.93	254.74	1.32	0.13
15	129+05,305	664.364	0.03	3.05	462.16	2.39	0.24
16	144+14,465	673.788	0.00	0.49	185.68	0.96	0.10
17	154+19,235	674.796	0.05	4.69	573.04	2.96	0.30
18	159+16,585	679.359	0.01	1.39	312.55	1.61	0.16
19	166+19,809	681.355	0.03	3.13	468.11	2.42	0.24
20	174+13,226	686.153	0.03	3.31	481.33	2.49	0.25
21	183+19,317	680.001	0.05	4.52	562.74	2.91	0.29
22	192+12,678	687.835	0.06	6.39	669.17	3.46	0.35
23	196+12,370	692.927	0.04	3.92	524.32	2.71	0.27
24	203+15,757	687.301	0.05	4.69	572.98	2.96	0.30
25	210+15,712	680.745	0.06	6.08	652.95	3.37	0.34
26	213+09,477	677.473	0.01	1.15	284.37	1.47	0.15
27	220+17,387	675.767	0.07	6.51	675.27	3.49	0.35
28	232+14,850	691.218	0.03	2.88	449.17	2.32	0.23
29	238+19,793	694.815	0.05	4.71	574.75	2.97	0.30
30	242+19,995	691.034	0.06	5.99	647.78	3.35	0.33
31	252+00,103	680.248	0.04	4.43	557.30	2.88	0.29
32	260+10,621	672.691	0.07	6.63	681.47	3.52	0.35
33	278+00,812	649.483	0.03	2.51	419.15	2.16	0.22
34	306+03,792	663.598	0.03	3.14	469.31	2.42	0.24
35	312+01,725	659.892	0.02	1.92	366.42	1.89	0.19
36	334+06,669	651.368	0.12	11.83	910.31	4.70	0.47
37	345+14,299	678.284	0.08	7.92	744.94	3.85	0.38
38	352+02,900	688.469	0.05	5.42	616.01	3.18	0.32
39	364+00,845	675.584	0.02	1.50	324.21	1.67	0.17
40	378+18,499	680.049	0.05	5.15	600.75	3.10	0.31
41	389+17,993	691.353	0.04	3.73	511.40	2.64	0.26
42	413+00,000	674.111	0.05	5.20	603.71	3.12	0.31
43	426+17,045	659.703	0.05	4.93	587.89	3.04	0.30
44	434+08,630	652.227	0.06	6.11	654.40	3.38	0.34
45	439+19,625	645.445	0.05	4.62	568.81	2.94	0.29
46	445+09,350	640.379	0.06	5.87	641.53	3.31	0.33
47	454+14,942	629.479	0.07	7.41	720.70	3.72	0.37
48	457+17,693	624.828	0.05	5.26	606.84	3.13	0.31
49	463+08,801	618.99	0.03	2.92	452.12	2.33	0.23
50	481+10,641	608.437	0.01	0.50	187.19	0.97	0.10
51	485+00,000	608.09	0.01				
	485+07,306	608.127					

COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA

ALINHAMENTO VERTICAL: EIXO - MMR050 - TR 02	
NOME:	EIXO_-_MMR050_-_TR_02
ESTACAS:	485+07,310 À 719+06,371

PIV	ESTACA	COTA (m)	INCLINAÇÃO (m/m)	INCLINAÇÃO (%)	COMPRIMENTO CRÍTICA DA SARJETA	VELOCIDADE (m/s)	VAZÃO (m3/s)
1	485+07,310	695.398	0.005	0.50	187.19	0.97	0.10
2	493+00,385	694.475	0.08	7.66	732.85	3.78	0.38
3	506+03,812	690.122	0.01	0.77	231.69	1.20	0.12
4	532+17,988	682.879	0.02	1.66	340.76	1.76	0.18
5	557+16,351	678.932	0.02	2.04	377.82	1.95	0.20
6	569+09,558	677.057	0.04	3.95	525.99	2.72	0.27
7	583+10,439	672.056	0.06	6.42	670.90	3.46	0.35
8	591+12,123	668.087	0.01	0.51	188.68	0.97	0.10
9	598+01,904	662.463	0.01	0.50	187.19	0.97	0.10
10	605+04,926	664.573	0.04	3.54	498.14	2.57	0.26
11	609+18,170	672.898	0.02	1.69	344.44	1.78	0.18
12	626+03,091	680.484	0.06	6.21	659.47	3.41	0.34
13	664+12,485	676.796	0.06	5.64	628.73	3.25	0.32
14	687+13,181	667.123	0.03	3.41	488.84	2.52	0.25
15	693+07,946	664.364	0.04	4.13	538.17	2.78	0.28
16	707+07,605	673.788	0.11	11.10	881.92	4.55	0.46
17	714+17,039	674.796	0.01	1.47	321.39	1.66	0.17
18	719+06,371	679.359	0.01	1.39	312.55	1.61	0.16

Dimensionamento hidráulico

$$Q = V \cdot S$$

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

Onde:

- Q - capacidade de escoamento do dispositivo, dado em m³/s;
- V - velocidade de escoamento, dado em m/s;
- S - área da seção transversal, dado em m²;
- n - coeficiente de rugosidade de Manning, admissional;
- R - raio hidráulico, dado em metros;
- I - declividade longitudinal, dado em m/m

Admite-se com 4,50 m/s a velocidade máxima de escoamento em superfícies de concreto.

A vazão a ser conduzida pelos dispositivos de drenagem superficial foi avaliada através do método racional, que é representado pela seguinte equação:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3{,}6 \times 10^6}$$

Onde:

- Q - vazão de contribuição, dado em m³/s;
- C - coeficiente de escoamento, admissional;
- i - intensidade de precipitação, dado em mm/h;
- A - área da bacia de contribuição, dado em m².

Para o cálculo dos comprimentos críticos dos dispositivos de drenagem superficial, considerou-se que:

- Altura média de um corte de comprimento “L” seja equivalente a 75% de sua altura máxima “H”;
- Os valores da largura das plataformas de corte utilizados foram os das seções-tipo de pavimentação;

Estão sendo utilizadas as especificações de serviço e caderno de projetos-tipo do DNIT (http://ipr.dnit.gov.br/indexmanuais.php).

Os elementos que compõem o sistema de drenagem proposto são relatados, resumidamente, a seguir.

Sarjeta de Triangular (Terra / Grama / Concreto)

Este dispositivo é utilizado para coletar e conduzir as águas superficiais provenientes da pista de rolamento, tapers e acostamento, até as descidas dágua em degraus. A foi indicada de acordo com a verificação hidráulica do trecho.

Dissipador de Energia de Bueiros (DEB)

Este dispositivo é aplicável à saída de bueiros tubulares e descida d'água de aterros. Dispositivo destinado a dissipar energia do fluxo d'água, reduzindo, consequentemente, a sua velocidade no deságue no terreno natural.

Caixa Coletora de Sarjeta (CCS) com Grelha de Concreto (TCC)

Este dispositivo é construído no ponto de deságue da sarjeta de canteiro central, de forma a permitir a captação e a condução para o bueiro projetado. Deverá ser adaptada "in loco" a conexão entre sarjeta e caixa. Foi indicado em todos os bueiros do projeto a CCS variando sua altura de acordo com os perfis dos bueiros projetados / prolongados.
Berço para Assentamentos de Bueiros

Este dispositivo é uma estrutura de concreto sobre a qual o tubo é assentado. Deverão ser construídos dentes de ancoragem em bueiros com declividade superior a 4%.

Tubos de Concreto Armado

Os bueiros tubulares foram projetados/prolongados com tubos de concreto armado PA-4, com recobrimento mínimo de 1,0m.

Bocas Normais e Esconsas

As bocas de bueiros tem a finalidade de conter o aterro de forma a evitar a interrupção do curso d'água conduzido pelo bueiro. Utilizar preferencialmente bocas normais para bueiros esconsos ajustando o talude de aterro as alas do bueiro projetado.

A seguir, são apresentadas planilhas com os comprimentos críticos dos dispositivos de drenagem superficiais projetados e da nota de serviço calculados a partir da área de implúvio.

Verificação hidráulica das bacias de detenção

	PROJETO DE DRENAGEM - MOGI MIRIM BACIA DE DETENÇÃO DIMENSIONAMENTO DE OBRAS-DE-ARTE CORRENTES

BACIAS DE DETENÇÃO

Local	OBRA PROJETADA	*Cálculo da Capacidade*							*Dimensionamento da Bacia de Acumulação*			
		tc	Qe	Qa	ε	1/ε	K	J	Capacidade	Extensão	Largura	Profundidade
(km)		(hs)	(m³/s)	(m³/s)				(m³)	(m³)	(m)	(m)	(m)
-	BACIA 01	0.25	0.08	0.24	0.333	3.000	0.477	**101.34**	**106.88**	9.50	4.50	2.50

NOTA.: O dimensionamento das bacias de detenção atendem as condições hidráulicas de armazenamento. As verificações estruturais e geotécnicas devem ser apresentadas em projetos específicos.

Foi considerado o tempo de recorrência de 10 anos e o tempo de detenção de 15 minutos. As bacias foram divididas de acordo com a extensão das mesmas.