EMITENTE

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS

VICINAL CAM 040

TRECHO	SUB-TRECHO
MONTE MOR - CAMPINAS	Km 0,00 AO Km 4,00

TÍTULO

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE VOLUMES (TRECHO 01 - EST. 1000+0,000 A 1110+6.284)

ELABORAÇÃO	RESP. TÉCNICO	VERIFICAÇÃO	LIBERAÇÃO	APROVAÇÃO
Engº Hugo Ribeiro	Eng.º Hugo Ribeiro	Eng.º		

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DOCUMENTOS RESULTANTES

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	RESP. TÉCNICO	VERIFICAÇÃO	LIBERAÇÃO	APROVAÇÃO
A1	2702/2026	Eng.º Hugo Ribeiro			

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO 3

2. OBJETIVO 4

3. CRITERIO DE DIMENSIONAMENTO 4

3.1 ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS 4

3.1.1 TEMPO DE RECORRÊNCIA 4

3.1.2 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO 5

3.2 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETO 5

3.3 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE MÁXIMA DE VAZÃO DOS DISPOSITIVOS 6

4. SISTEMA DE DRENAGEM PROJETADO 7

4.1 BUEIRO DE GREIDE 7

4.2 CAIXA COLETORA 9

4.3 ESTRUTURAS DE DISSIPAÇÃO DE ENERGIA 9

4.4 SARJETAS 9

5. BIBLIOGRAFIA 12

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

1. APRESENTAÇÃO

O presente documento tem por objetivo apresentar ao DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER/S a memória de cálculo referente ao projeto de drenagem do pavimento da estrada vicinal MOR 999, trecho de Monte Mor a Campinas, Trecho 01 – Estaca 1000+0,000 à Estaca 1110+6,284 e Trecho 02 – Estaca 2000+0,000 à Estaca 2091+2,177, no Estado de São Paulo.

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

2. OBJETIVO

O memorial de cálculo tem como objetivo consubstanciar as atividades elaboradas para o desenvolvimento dos trabalhos, contendo os parâmetros a serem adotados para a elaboração do projeto.

3. CRITERIO DE DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento dos dispositivos de drenagem foi fundamentado nos estudos hidráulicos, determinando-se as seções de vazão necessárias para captar e escoar os deflúvios que afluem à plataforma, destinando-os aos pontos de lançamentos adequados.

O projeto de drenagem teve como base os estudos hidrológicos e o projeto geométrico, contemplando uma série de intervenções devido a mudanças na geometria.

Foram projetados os seguintes tipos de dispositivos de drenagem: sarjetas, valetas de proteção, descidas d'água, caixas coletoras, bueiros, canais e estruturas para dissipação de energia.

3.1 Estudo de chuvas intensas

A intensidade pluviométrica foi determinada utilizando a equação de chuva para Itajobi, através do estudo "Precipitações Intensas do Estado de São Paulo", Edição de maio de 2018, conforme abaixo expressas, para durações de chuvas entre 10 minutos e 24 horas.

$$i = 30{,}94 \times (t+20)^{-0{,}8545} + 4{,}70 \times (t+20)^{-0{,}7451} \times \left[-0{,}4910 - 0{,}9305\, lnln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]$$

Onde:

i = Intensidade de precipitação em mm/h;

T = Período de recorrência em anos;

t = Duração da chuva, em minutos.

3.1.1 Tempo de Recorrência

O tempo de recorrência corresponde ao período de retorno em anos, onde se admite que seja excedida a vazão de dimensionamento hidráulico, para os dispositivos projetados.

Os períodos de retorno adotados de acordo com a importância e vulto das obras e os riscos ao entorno dos grupos de estruturas que compõem o sistema de drenagem da via, de acordo com a recomendação do DER-SP.

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela 1 - Tempo de Recorrência (TR)

Obra	TR (anos)
Dispositivos de Drenagem Superficial	10
Bueiros de Talvegue Secos	25
Bueiros de Talvegues Existentes	25
Verificação	100
Pontes	100

Fonte: DER-SP Instrução de Projeto IP-DE-H00-001

3.1.2 Tempo de Concentração

O tempo de concentração inicial adotado para redes coletoras, bueiros de greide, valetas de proteção é de 10minutos e para sarjetas de 5,00 minutos.

A partir do ponto inicial do sistema de drenagem deve-se acrescer o tempo de percurso, que é o tempo de escoamento dentro dos dispositivos, calculando-se a divisão do comprimento pela velocidade em cada trecho.

3.2 Determinação da Vazão de Projeto

Este método tem como conceito fundamental que a máxima vazão ocorre quando toda a bacia está contribuindo e a intensidade de chuva é constante e uniformemente distribuída em toda a área da mesma. Para áreas até 2 km² a diretriz de projeto Departamento Estradas de rodagem do Estado de São Paulo - DER, recomenda a utilização do método racional, expresso pela equação a seguir:

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

Onde:

Q = vazão de projeto (m³/s);

C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A = área de contribuição (ha);

i = intensidade média da chuva (mm/h).

Coeficiente de Escoamento Superficial (C)

- C=0,25 – Para áreas Rurais;
- C=0,35 – Para áreas gramadas;
- C=0,70 – Para áreas Superficiais de Taludes;
- C=0,90 – Para áreas Pavimentadas;

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

3.3 Determinação da capacidade máxima de vazão dos dispositivos

Para determinação da capacidade máxima de vazão dos bueiros, galerias, valetas e sarjetas, consideram-se a lâmina d'água e a velocidade de escoamento, determinados utilizando-se a fórmula de Manning associada à Equação da Continuidade, demonstrada a seguir:

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I}}{\eta}$$

Onde:

V = velocidade de escoamento, em m/s;

i = declividade longitudinal, em m/m;

R = raio hidráulico, em m;

η = coeficiente de rugosidade.

$$Q = V \times A$$

Onde:

A = área em m²;

Q = vazão máxima em m³/s.

Os coeficientes de rugosidade de Manning adotados são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 2 - Coeficiente de Rugosidade de Manning

DISPOSITIVOS		η
1. Bueiros		
Tubos de Concreto	Talvegue	0,018
	Greide	0,013
Tubos Metálicos (com revestimento de concreto)		0,018
2. Valetas de Proteção e Sarjetas		
Revestidos de concreto		0,016

Para não ocasionar erosão nos dispositivos com revestimento vegetal ou sem revestimento, ou causar abrasão nos dispositivos com revestimento de concreto as velocidades máximas admissíveis para os dispositivos de drenagem são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 3 - Velocidades Máximas Admissíveis

DISPOSITIVOS	**V (m/s)**
1. Bueiros	
Bueiros contíguos	$0,80 \leq V \leq 6,0$
Bueiros e finais de rede	$\leq 4,50$
2. Sarjetas, Valetas	
Revestidos de concreto	$\leq 6,00$

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

4. SISTEMA DE DRENAGEM PROJETADO

4.1 Bueiro de Greide

Os bueiros de greide ou redes coletoras de águas pluviais são componentes do sistema de microdrenagem que recebe os deflúvios coletados através das sarjetas e bocas de lobo e os transporta, por meio de tubulações, de um ponto para outro, até o lançamento final.

Os bueiros foram dimensionados a partir da fórmula de Manning, considerando-se regime permanente, lâmina d'água máxima (y/D) igual 0,82 e coeficiente de rugosidade igual a 0,013, para tubos de concreto.

Nas condições do dimensionamento as velocidades serão limitadas em:

- Mínima de 0,75 m/s para declividade mínima de 0,005m/m;
- Máxima de 6,0 m/s (exceto nos trechos finais da rede que deverá ser inferior a 4,5 m/s).

A seguir será apresentado dimensionamento dos bueiros de greide

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

PLANILHA DE CÁLCULO - BUEIROS DE GREIDE

LOCALIZAÇÃO DO TRECHO				SUB-ÁREAS DRENAGEM	COEF. DE ESCOA-MENTO	Σ(AxC) SUB-ÁREAS	(AxC) TOTAL ACUMU-LADO	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO		INTENS. PLUV.	VAZÃO DE PROJETO	CLASSE DO TUBO	TIPO DE BERÇO	REDE DE AP PROPOSTA				LÂMINA D'ÁGUA	VELO-CIDADE	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL	ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	A (ha)	C			TEMPO DE PERCURSO t_p (min.)	TOTAL ACUMULADO (min.)	i (mm/min)	Q (m³/s)			COM-PRI-MENTO L (m)	DECLI-VIDADE I (m/m)	DIÂME-TRO D (m)	y/D	h (m)	V (m/s)	
CAIXA	BOCA	1008 + 0,268	1008 + 0,268	0,036	0,70	0,03														
				0,090	0,90	0,08	0,106	0,232	10,000	2,324	0,041	PA-2	BRITA	13,50	0,005	0,60	0,21	0,13	0,97	*n=0,013*
CAIXA	BOCA	1031 + 13,469	1031 + 13,469	0,113	0,70	0,08														
				0,108	0,90	0,10	0,176	0,223	10,000	2,324	0,068	PA-2	BRITA	15,00	0,005	0,60	0,27	0,16	1,12	*n=0,013*
CAIXA	BOCA	1064 + 15,41	1064 + 15,41	0,126	0,70	0,09														
				0,315	0,90	0,28	0,372	0,181	10,000	2,324	0,144	PA-2	BRITA	15,00	0,005	0,60	0,40	0,24	1,38	*n=0,013*
CAIXA	BOCA	1110 + 4,742	1110 + 4,742	0,746	0,70	0,52														
				0,520	0,90	0,47	0,990	0,141	10,000	2,324	0,384	PA-2	BRITA	15,00	0,005	0,80	0,45	0,36	1,77	*n=0,013*
CAIXA	BOCA	2059 + 6,105	2059 + 6,105	0,536	0,70	0,38														
				0,265	0,90	0,24	0,614	0,106	10,000	2,324	0,238	PA-2	BRITA	10,00	0,005	0,60	0,53	0,32	1,57	*n=0,013*

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

4.2 Caixa Coletora

As caixas coletoras têm por finalidade captar as águas pluviais que escoam por sarjetas, valetas e conduzi-las a rede coletora. Foram utilizadas caixas coletoras padrão DER-SP.

4.3 Estruturas de dissipação de energia.

São dispositivos destinados a dissipar energia do escoamento, reduzindo a velocidade da água para evitar erosão.

Os dissipadores de energia devem ser previstos no lançamento das redes coletoras de águas pluviais ou de qualquer dispositivo que venha a desaguar diretamente sobre o terreno natural que, por suas características, seja passível de erosão.

As estruturas de dissipação de energia foram projetadas nos lançamentos de valetas, sarjetas, bueiros e outros dispositivos para evitar a erosão no terreno local. Foram projetados os dissipadores de energia tipo DR-10B-1 para bueiros e DR-10A-1 para as valetas.

4.4 Sarjetas

São destinadas a captação e condução dos deflúvios provenientes da plataforma da rodovia, para lançamento em caixas coletoras ou em terreno natural.

Os critérios utilizados para o dimensionamento hidráulico das sarjetas foram estabelecidos em função das declividades longitudinais, alturas e velocidades máximas de escoamento.

Para sarjeta de pé de corte é recomendado revestimento de concreto para declividades acima de 4,0 m/s, as sarjetas são dimensionadas a seção plena, com tempo de concentração de 10 min.

A seguir será apresentado o dimensionamento das sarjetas de proteção:

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

PLANILHA DE CÁLCULO - SARJETA DE CORTE

ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA A (ha)	C	TEMPO CONCENTRAÇÃO tc (min.)	INTENS. PLUVIOMÉTRICA i (mm/min.)	VAZÃO Q (m3/s)	DECLIVIDADE I (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES b (m)	DIMENSÕES h (m)	COMPRIMENTO (m)	DIMENSIONAMENTO VELOCIDADE (m/s)	DIMENSIONAMENTO LÂMINA (m)	REVESTIMENTO	OBSERVAÇÕES
1001+19,99	ESTRADA FRIBURGO	E	0,010	0,70												
			0,024	0,90	10,00	2,324	0,011	0,030	DR-1B-1	-	0,250	48,76	1,02	0,066	CONCRETO	η=0,016
1001+19,99	1008+0,268	E	0,024	0,70												
			0,060	0,90	10,00	2,324	0,027	0,021	DR-1B-1	-	0,250	120,28	1,12	0,099	CONCRETO	η=0,016
1011+0,00	1008+0,268	E	0,012	0,70												
			0,030	0,90	10,00	2,324	0,014	0,021	DR-1B-1	-	0,250	59,73	0,95	0,076	CONCRETO	η=0,016
1026+7,392	1014+0,00	E	0,049	0,70												
			0,124	0,90	10,00	2,324	0,057	0,049	DR-1B-1	-	0,250	247,39	1,87	0,110	CONCRETO	η=0,016
1026+7,392	1031+13,469	E	0,021	0,70												
			0,053	0,90	10,00	2,324	0,024	0,019	DR-1B-1	-	0,250	106,07	1,05	0,096	CONCRETO	η=0,016
1054+12,212	1035+0,00	E	0,078	0,70												
			0,075	0,90	10,00	2,324	0,047	0,041	DR-1B-1	-	0,250	392,21	1,66	0,107	CONCRETO	η=0,016
1035+0,00	1031+13,469	E	0,092	0,70												
			0,108	0,90	13,95	2,067	0,056	0,019	DR-1B-1	-	0,250	66,54	1,30	0,131	CONCRETO	η=0,016
1026+7,392	1014+5,00	D	0,048	0,70												
			0,000	0,90	10,00	2,324	0,013	0,019	DR-1B-1	-	0,250	242,39	0,91	0,076	CONCRETO	η=0,016
1026+7,392	1031+13,469	D	0,021	0,70												
			0,000	0,90	10,00	2,324	0,006	0,019	DR-1B-1	-	0,250	106,07	0,73	0,056	CONCRETO	η=0,016
1054+12,212	1035+0,00	D	0,078	0,70												
			0,075	0,90	10,00	2,324	0,047	0,041	DR-1B-1	-	0,250	392,21	1,66	0,107	CONCRETO	η=0,016
1035+0,00	1031+13,469	D	0,092	0,70												
			0,108	0,90	13,95	2,067	0,056	0,019	DR-1B-1	-	0,250	66,54	1,30	0,131	CONCRETO	η=0,016
1054+12,212	1064+15,410	E	0,041	0,70												
			0,102	0,90	10,00	2,324	0,046	0,006	DR-1B-1	-	0,250	203,20	0,80	0,152	CONCRETO	η=0,016
1081+11,740	1070+,00	D	0,046	0,70												
			0,130	0,90	10,00	2,324	0,058	0,006	DR-1B-1	-	0,250	231,74	0,85	0,165	CONCRETO	η=0,016
1070+,00	1064+15,410	D	0,067	0,70												
			0,210	0,90	14,54	2,033	0,080	0,006	DR-1B-1	-	0,250	104,59	0,92	0,187	CONCRETO	η=0,016

/ continua

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

/ continuação

PLANILHA DE CÁLCULO - SARJETA DE CORTE

ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	POSIÇÃO RELATIVA	ÁREA A (ha)	C	TEMPO CONCEN-TRAÇÃO tc (min.)	INTENS. PLUVIO-MÉTRICA i (mm/min.)	VAZÃO Q (m3/s)	DECLIVI-DADE I (m/m)	TIPO DE SARJETA	DIMENSÕES b (m)	DIMENSÕES h (m)	COMPRI-MENTO (m)	DIMENSIONAMENTO VELOCI-DADE (m/s)	DIMENSIONAMENTO LÂMINA (m)	REVESTI-MENTO	OBSERVAÇÕES
1079+10,00	1070+,00	E	0,038	0,70												
			0,065	0,90	10,00	2,324	0,033	0,006	DR-1B-1	-	0,250	190,00	0,73	0,134	CONCRETO	η=0,016
1070+,00	1064+15,410	E	0,059	0,70												
			0,105	0,90	14,31	2,046	0,046	0,006	DR-1B-1	-	0,250	104,59	0,80	0,152	CONCRETO	η=0,016
1081+11,740	1093+15,00	E	0,049	0,70												
			0,030	0,90	10,00	2,324	0,024	0,006	DR-1B-1	-	0,250	243,26	0,68	0,118	CONCRETO	η=0,016
1081+11,740	1105+0,00	E	0,094	0,70												
			0,234	0,90	10,00	2,324	0,107	0,062	DR-1B-1	-	0,250	468,26	2,38	0,134	CONCRETO	η=0,016
1105+0,00	1110+4,742	E	0,136	0,70												
			0,287	0,90	13,27	2,107	0,124	0,004	DR-1B-1	-	0,250	104,74	0,85	0,242	CONCRETO	η=0,016
1108+15,00	1110+4,742	E	0,298	0,70												
			0,000	0,90	10,00	2,324	0,081	0,004	DR-1B-1	-	0,250	29,74	0,76	0,206	CONCRETO	η=0,016
2051+19,839	2030+0,00	E	0,088	0,70												
			0,220	0,90	10,00	2,324	0,101	0,083	DR-1B-1	-	0,250	439,83	2,61	0,124	CONCRETO	η=0,016
2030+0,00	2000+0,00	E	0,448	0,70												
	=1110+4,742		0,520	0,90	12,80	2,135	0,278	0,017	DR-1B-1	-	0,250	600,00	1,87	0,244	CONCRETO	η=0,016
2065+0,00	2059+6,105	E	0,023	0,70												
			0,057	0,90	10,00	2,324	0,026	0,013	DR-1B-1	-	0,250	113,89	0,93	0,106	CONCRETO	η=0,016
2075+0,00	2059+6,105	E	0,063	0,70												
			0,157	0,90	10,00	2,324	0,072	0,013	DR-1B-1	-	0,250	313,89	1,21	0,154	CONCRETO	η=0,016
2076+6,929	2059+12,00	D	0,067	0,70												
			0,167	0,90	10,00	2,324	0,077	0,020	DR-1B-1	-	0,250	334,93	1,44	0,146	CONCRETO	η=0,016
2076+6,929	2091+0,00	D	0,059	0,70												
			0,147	0,90	10,00	2,324	0,067	0,010	DR-1B-1	-	0,250	293,07	1,06	0,159	CONCRETO	η=0,016
2080+,00	2091+0,00	E	0,044	0,70												
			0,110	0,90	10,00	2,324	0,050	0,010	DR-1B-1	-	0,250	220,00	0,98	0,143	CONCRETO	η=0,016

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

5. BIBLIOGRAFIA

DER-SP - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – **IP-DE-H00/002 Projeto de Drenagem**. São Paulo, 2006. 41p.

___ PP-DE-H07/000 – **Projeto Padrão de Dispositivos de Drenagem**. São Paulo, 2006. 143p.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas.** São Paulo, 2005.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais – Capitulo 5 – Microdrenagem**. São Paulo, 2010. 100p.

WILKEN, Paulo Sampaio. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.

Rodrigo de Melo Porto- **Hidráulica Básica, 4ª Edição**. Escola de engenharia de São Carlos-USP, 2006.

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.