

MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO DE DRENAGEM DO CPC- PETROLINA - PE

8.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

8.1.1 GENERALIDADES

O objetivo do estudo hidrológico foi fornecer os subsídios necessários para a verificação da capacidade hidráulica dos dispositivos de drenagem a serem implantados.

Os estudos hidrológicos abrangeram as seguintes etapas:

- Coleta de dados climatológicos, pluviométricos e pluviográficos da região no órgão estadual;
- Delimitação e determinação das características das áreas de contribuições, e
- Cálculos e verificações a partir dos dados obtidos, para conhecimento das condições em que se verificam as precipitações pluviais e o escoamento superficial.

A finalidade fundamental dos estudos diz respeito à avaliação das descargas das bacias, que afluem à área de projeto.

8.1.2 COLETA DE DADOS

8.1.2.1 CLIMA, PLUVIOMETRIA E PLUVIOGRAFIA

O clima predominante na Região do Sertão de Petrolina, segundo a classificação de Köppen é do tipo Bsh, caracterizado por ser semiárido possuindo verões quentes e secos e invernos amenos e chuvosos.

Os dados pluviométricos e pluviográficos utilizados foram os do Posto Petrolina (INMET); (2000 - 2025), obtidos através do site da APAC – código 61, Petrolina. Em resumo os dados apresentam as seguintes características básicas:

- Precipitação Máxima Anual : 762,1 mm
- Precipitação Média Anual : 394,71 mm
- Precipitação Mínima Anual : 125,9 mm
- Dias de Chuva por Ano : 45 dias

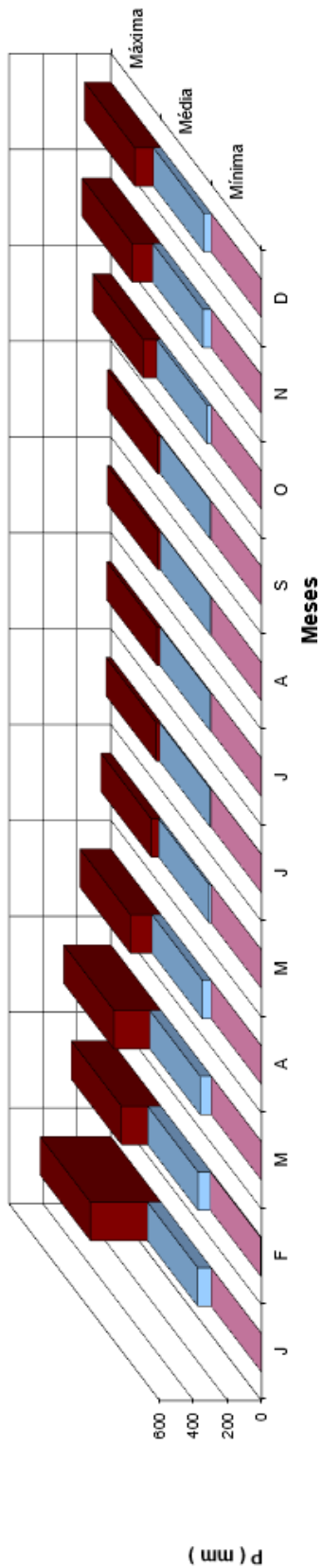
O Clima do Município de Petrolina apresenta as seguintes características:

- Período Mais Chuvoso : Dezembro a Abril
- Período Mais Seco : Maio a Novembro
- Temperatura Média Anual : 29 °C
- Umidade Relativa Média Mensal : 47%

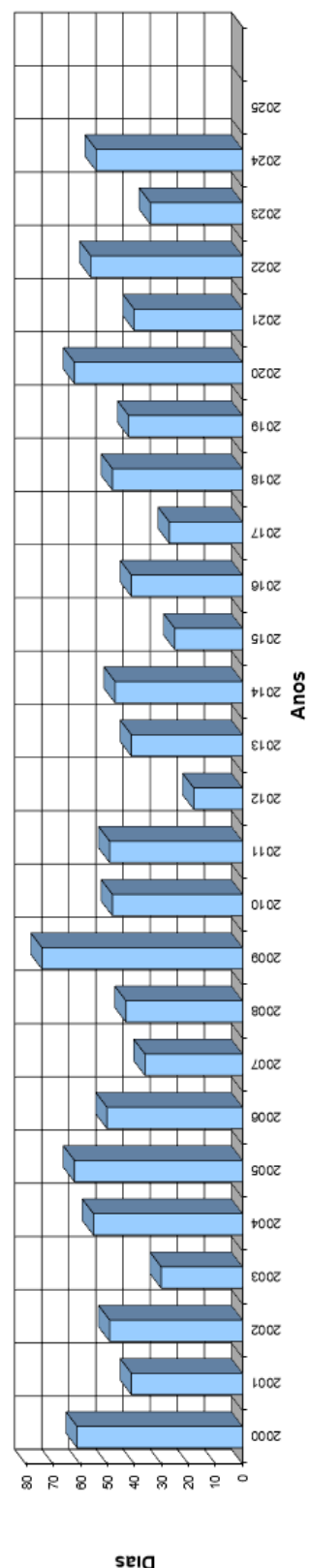
Nos quadros a seguir estão apresentados os seguintes gráficos:

- De precipitações totais anuais,
- Dias de chuva por ano,
- Médias mensais das precipitações máximas, médias e mínimas.

Precipitações Mensais



Número de Dias de Chuva por Ano



8.1.3 DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVAS DA REGIÃO

Para a definição do regime de chuvas da Região do Sertão de Petrolina relativo ao projeto foram seguidos os seguintes passos:

- 1) Escolha do posto;
- 2) Análise estatística, e
- 3) Definição das curvas de precipitação x duração x frequência e Definição das curvas de intensidade x duração x frequência.

8.1.3.1 ESCOLHA DO POSTO

O posto escolhido para caracterizar o regime de chuvas do município de Petrolina foi o de código 61, que apresenta as seguintes características:

MUNICIPIO	COD.	LATITUDE	LONGITUD E	PERÍODO DE OBSERVAÇÃO
Petrolina	61	-9.3833	-40.5	2000 à 2025 – 25 anos

Foram computados dados de 25 anos em operação.

Na planilha EH-01 está sendo apresentado o histograma de chuva do referido posto e posteriormente os dados meteorológicos provenientes das normas climatológicas, do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

DADOS DO POSTO SELECIONADO

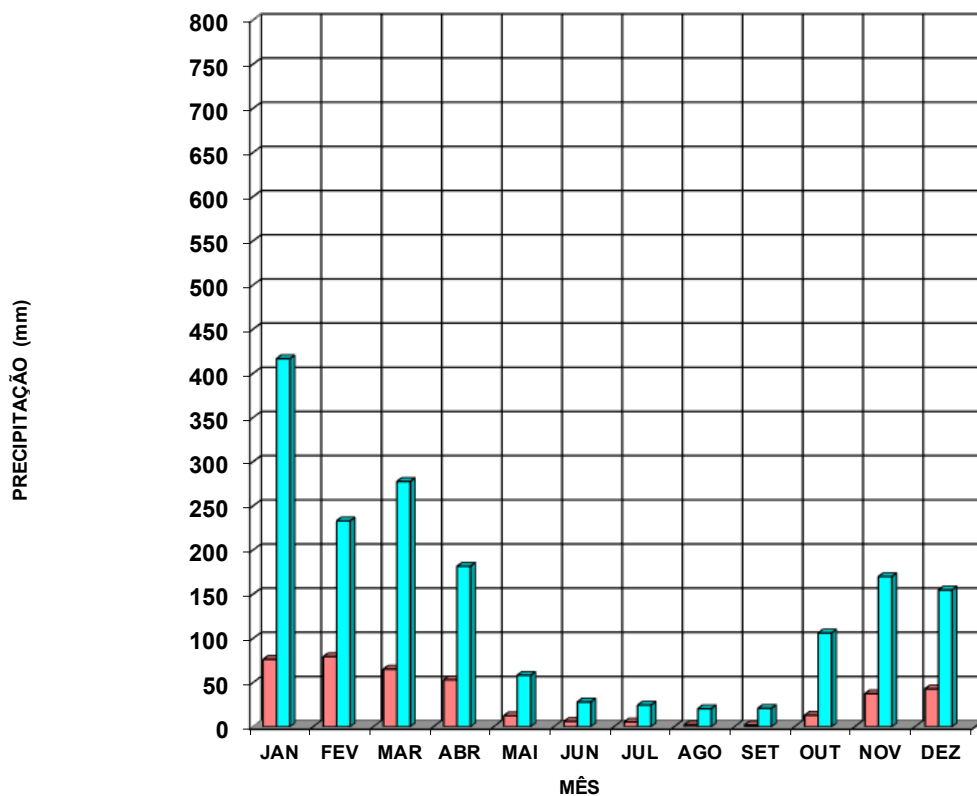
MUNICIPIO	POSTO
PETROLINA (INMET)	PETROLINA - 61

PLUVIOMETRIA MENSAL

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÉDIA	76	79	65	53	12	6	5	2	2	13	37	43
MÁXIMA	417	233	278	182	58	28	25	20	21	106	170	155

MÉDIA DOS DIAS DE CHUVA

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÉDIA	6	7	7	5	4	3	2	2	1	1	3	4



MÉDIA ANUAL: 394,71 mm

Precipitação Média
 Precipitação Máxima

HISTOGRAMA DE CHUVA

EH-01

8.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O período de recorrência (T_R) é definido como sendo o intervalo médio de anos dentro do qual ocorre ou é superada uma dada chuva de magnitude P . Se P_b é a probabilidade desse evento ocorrer ou ser superado em um ano qualquer, tem-se a relação $T_R = 1/P_b$.

Como em geral não se pode conhecer a probabilidade teórica P_b , faz-se uma estimativa a partir da frequência (F) das precipitações máximas diárias observadas. Tomando-se, por exemplo, N anos de observação de um determinado posto pluviométrico, seleciona-se a precipitação máxima diária ocorrida em cada ano, obtendo-se o que se chama de série anual de valores. Ordenando-se em ordem decrescente com um número de ordem M que varia de 1 a N , pode-se calcular a frequência com que o valor P de ordem M é igualado ou superado no rol de N anos como sendo $F = M / N + 1$ (Critério de Kimball).

Quando N é muito grande, o valor de F é bastante próximo de P_b , mas para poucas observações pode haver grandes afastamentos.

De acordo com a lei dos extremos, a lei de distribuição estatística da série de N termos constituída pelos maiores valores de cada amostra tende assintoticamente para uma lei simples de probabilidade, que é independente da que rege a variável aleatória das diferentes amostras e no próprio universo da população infinita.

Esta é a base do método de Gumbel, em que se calcula P_b pela relação:

$$y = \frac{1}{0,7797\sigma} (P - \bar{P} + 0,45\sigma)$$

\bar{P} = média das N precipitações máximas diárias

$P_b = 1 - e^{-e^y}$ sendo

P_b = probabilidade da precipitação máxima diária de um ano qualquer ser maior ou igual a P

σ = desvio padrão das N precipitações máximas diárias

A expressão de “ y ” mostra que existe uma relação linear entre ele e o valor de P . Pode-se grafar esta reta conhecendo-se:

O eixo onde estão marcados os valores de y pode ser graduado em tempos de recorrência através da relação:

$$T_R = \frac{1}{P_b} = \frac{1}{1 - e^{-e^y}}$$

Dessa maneira, a cada precipitação corresponderá um período de retorno.

A relação obtida por Gumbel supõe que existam infinitos elementos. Na prática, pode-se levar em conta o número real de anos de observação utilizando-se a fórmula geral de Ven Te Chow $P = P + k\sigma$, onde:

$P =$ é a precipitação máxima diária para um certo período de recorrência, em mm;

$K =$ coeficiente que depende do número de amostras e do período de recorrência;

$\sigma =$ desvio padrão das N precipitações máximas diárias.

Os valores de k foram tabelados por Weise e Reid. Para 25 anos de observação do posto de Petrolina - 61, os valores de k considerados foram os seguintes:

	TEMPO DE RECORRÊNCIA (TR)						
K	5	10	15	20	25	50	100
25	0,888	1,584	1,969	2,247	2,47	3,104	3,747

O processo estatístico utilizado neste projeto considerou o critério de Kimball e a fórmula geral de Ven Te Chow.

Na planilha EH-02 está apresentado o processo estatístico e na EH-03 a tabela de Gumbel com os fatores de frequência (K).

Figura EH-02: Processo Estatístico

Figura EH-03: Tabela de Gumbel

POSTO: PETROLINA (INMET) - 61							
PERÍODO DE RECORRÊNCIA (Tr, anos)							
N/Tr	5,00	10,0	15,0	20,0	25,0	50,0	100
10	1,058	1,848	2,289	2,606	2,847	3,588	4,323
11	1,034	1,809*	2,242	2,553	2,789	3,516	4,238
12	0,996	1,777	2,202	2,509	2,741	3,456	4,166
13	1,013	1,748	2,168	2,470	2,699	3,405	4,105
14	0,981	1,721	2,138	2,437	2,663	3,36	4,052
15	0,967	1,703	2,112	2,410	2,632	3,321	4,05
16	0,955	1,682	2,087	2,379	2,601	3,283	3,959
17	0,943	1,664	2,066	2,355	2,575	2,25	3,921
18	0,934	1,649	2,047	2,335	2,552	3,223	3,888
19	0,926	1,636	2,032	2,317	2,533	3,199	3,86
20	0,919	1,625	2,018	2,302	2,517	3,179	3,836
21	0,911	1,613	2,004	2,286	2,5	3,157	3,81
22	0,905	1,603	1,992	2,272	2,484	3,138	3,787
23	0,899	1,593	1,980	2,259	2,47	3,121	3,766
24	0,893	1,584	1,969	2,247	2,47	3,104	3,747
25	0,888	1,575	1,958	2,235	2,444	3,088	3,729
26	0,883	1,568	1,949	2,224	2,432	3,074	3,711
27	0,879	1,560	1,941	2,215	2,422	3,061	3,696
28	0,874	1,553	1,932	2,205	2,412	3,048	3,681
29	0,870	1,547	1,942	2,196	2,402	3,037	3,667
30	0,866	1,541	1,917	2,188	2,393	3,026	3,653

Calculado por M. D. Reid em novembro de 1942, sendo Tr o período de recorrência e N o número de eventos considerados.

TABELA GUMBEL
FATORES DE FREQUÊNCIA (K)

8.3. DEFINIÇÃO DAS CURVAS DE PRECIPITAÇÃO / INTENSIDADE DURAÇÃO X FREQUÊNCIA

Para a definição das curvas de precipitação/ intensidade x duração x frequência, lançou-se mão da metodologia proposta pelo engenheiro Jaime Taborga Torrico em sua publicação “Práticas Hidrológicas” de 1974. Trata-se de uma alternativa para chuvas intensas de curta duração, em locais onde não há postos pluviográficos em suas proximidades.

As precipitações determinadas no item anterior para os tempos de recorrência de 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos correspondem as chuvas diárias (1 dia).

A metodologia adotada permitiu que, através de correlações propostas pelo método, fossem obtidas, a partir das chuvas diárias, as precipitações correspondentes a 1 dia, 1 hora e 6 minutos.

Os passos seguidos foram os seguintes:

1) Definição no mapa de isozonas de igual relação, da zona na qual o trecho está inserido e dos percentuais a serem utilizados para obtenção das chuvas de 1 hora e 6 minutos.

ZONA	TEMPOS DE RECORRÊNCIA								
	1 hora / 24 horas							6 min / 24 horas	
	5	10	15	20	25	50	100	5/50	100
D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	40,7	40,3	11,2	10

2) Conversão da chuva de 1 dia em chuva de 24 horas, multiplicando-se a primeira pelo fator 1,095. Foi adotado 1,10.

POSTO: PETROLINA	TEMPOS DE RECORRÊNCIA (anos)						
	5	10	15	20	25	50	100
TR							
P 1dia(mm)	83,76	101,68	111,66	118,89	124,34	141,14	157,85
P 24horas(mm)	92,13	111,84	122,83	130,78	136,77	155,25	173,64

3) Cálculo das alturas das precipitações para 6 minutos e 1 hora, utilizando os percentuais definidos no item 1 e a chuva de 24 horas definida no item 2.

POSTO: PETROLINA (61)

TR (anos)	P 24horas	PERCENTUAIS		PRECIPITAÇÃO	
		1 hora	6 minutos	1 hora	6 minutos
5	92,13	42,0	11,2	38,70	10,32
10	111,84	41,6	11,2	46,53	12,53
15	122,83	41,4	11,2	50,85	13,76
25	136,77	41,1	11,2	56,21	15,32
50	155,25	40,7	11,2	63,19	17,39
100	173,64	40,3	10,0	69,98	17,36

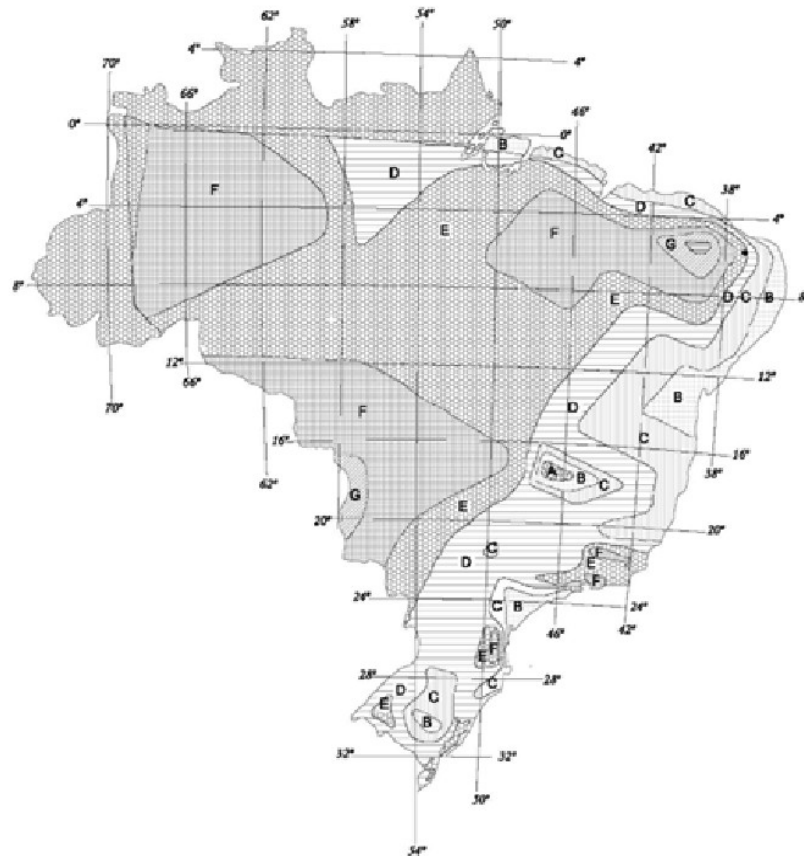
4) Alturas de precipitação a serem adotadas

POSTO: PETROLINA (61)

TR (anos)	PRECIPITAÇÕES (mm)		
	6 minutos	1 hora	24 horas
5	10,32	38,70	92,13
10	12,53	46,53	111,84
15	13,76	50,85	122,83
20	14,65	53,88	130,78
25	15,32	56,21	136,77
50	17,39	63,19	155,25
100	17,36	69,98	173,64

No quadro a seguir encontrasse a definição no mapa de isozonas, considerando os percentuais a serem utilizados para obtenção das chuvas de 1 hora/ 24 horas.

Figura EH-04: Mapa de Isozonas de Igual Relação

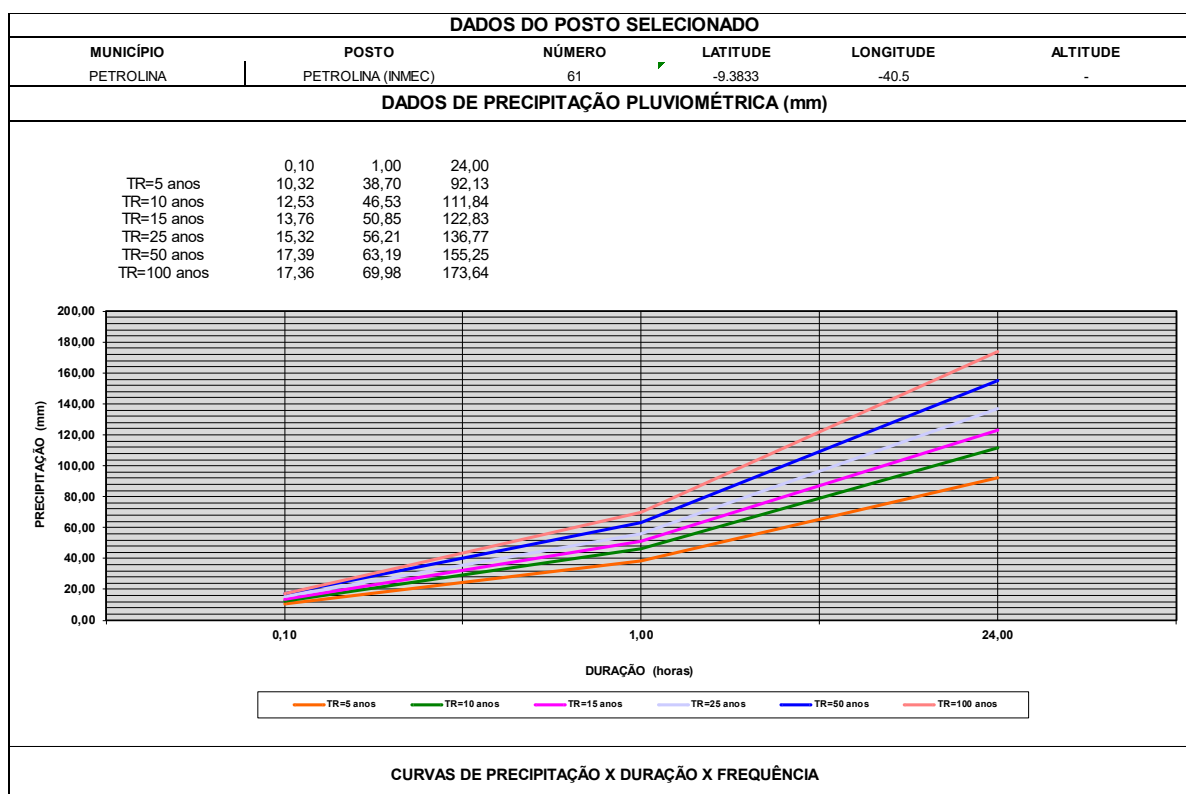


ZONA	1 HORA / 24 HORAS CHUVA										6 min / 24 h CHUVA	
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5 50	100
A	36,2	35,8	35,8	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	70	83
B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	36,4	34,3	84	75
C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	95	80
D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	38,0	37,6	112	100
E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,5	42,2	40,9	39,6	126	112
F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	42,3	139	124
G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,4	46,4	46,9	44,5	43,1	154	137
H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,3	48,3	47,8	46,3	44,8	167	149

5) Determinação das curvas de precipitação x duração x frequência

Com base nas informações constantes do item anterior, foram traçadas no quadro EH-05 as curvas de precipitação x duração x frequência para os tempos de recorrência comumente adotados em projetos desta natureza.

Figura EH-05: Curvas de Precipitação x Duração x Frequência



6) Determinação das curvas de intensidade x duração x frequência

As curvas de intensidade x duração x frequência foram obtidas através da correlação:

$$\text{Intensidade (i)} = \text{Precipitação } (\bar{P}) / \text{Tempo (h)}$$

Logo:

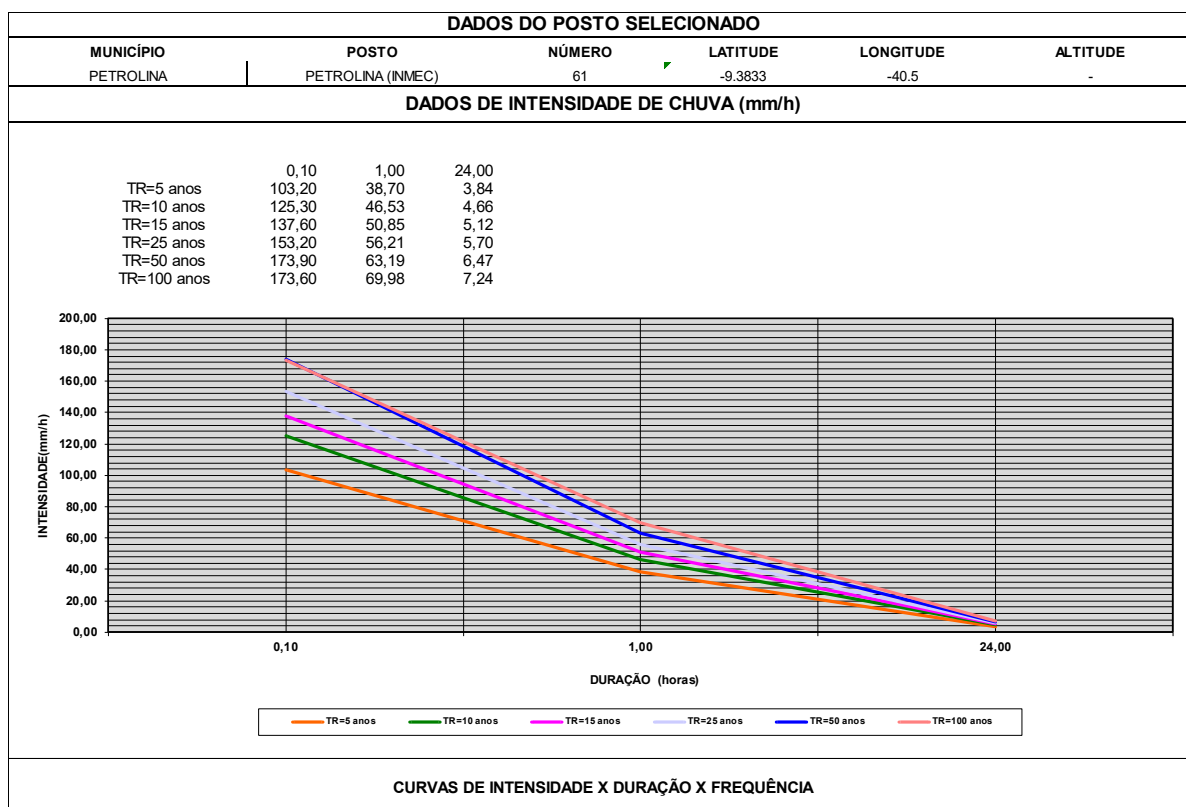
$$i (6 \text{ min.}) = P/0,10 \text{ ou } P \times 10$$

$$i (1 \text{ hora}) = P$$

$$i (24 \text{ horas}) = P/24$$

No quadro EH-06 estão apresentadas as curvas de intensidade x duração x frequência para os tempos de recorrência comumente adotados em projetos desta natureza.

Figura EH-05: Curvas de Precipitação x Duração x Frequência



8.4. ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O volume de água que é admitido em uma calha de drenagem representa apenas uma parcela da quantidade total de água que se precipita na bacia contribuinte, outras parcelas correspondem às porções que se infiltram no terreno, que são retidas e que se evaporam.

A relação entre esta parcela, que atinge o sistema de drenagem e quantidade de água precipitada, denomina-se coeficiente de escoamento superficial "C" ou coeficiente de deflúvio (coeficiente de "run off").

O coeficiente de escoamento superficial é definido em função de um conjunto de fatores, entre estes podem ser destacados o tipo de solo, a forma e intensidade da ocupação da bacia, as condições da umidade antecedente, e a intensidade das precipitações, além de outros fatores de menor relevância.

O coeficiente de deflúvio "C" que indica a proporção da precipitação que escorre como deflúvio superficial direto, avalia-se a partir de observações de bacias em condições hidrológicamente semelhantes.

O escoamento superficial depende principalmente do grau de impermeabilização da bacia contribuinte, portanto, pode-se dizer que a melhor solução é estimar cuidadosamente o coeficiente de deflúvio global, baseados na experiência de projetos já realizados e tidos como satisfatórios.

Usualmente, o coeficiente de escoamento é determinado em função da ocupação do solo, conforme tabela de Coeficiente de Deflúvio do item anterior, que fornece os valores de “C” para períodos de retorno da ordem de 5 a 10 anos.

Para períodos de retorno maiores, há necessidade de ser corrigido o valor de “C” conforme obtido na tabela), que pode ser feito através da utilização da seguinte expressão:

$$C_t = 0,8 T^{0,1} C_{10}$$

Sendo:

C_t = Coeficiente de escoamento superficial para o período de retorno de T em anos;

C_{10} = Coeficiente de escoamento superficial para o período de retorno 10 anos (tabela);

T = período de retorno em anos

Quando a bacia apresenta ocupação muito heterogênea, é recomendável calcular o valor de C para toda a bacia pela média ponderada dos diversos valores de C, conforme cada setor característico da bacia.

$$C_m = 1/A \sum C_i \times A_i$$

Sendo:

C_m = coeficiente médio de escoamento superficial ;

A = área total da bacia de drenagem;

C_i = coeficiente de escoamento superficial correspondente a ocupação “i”; e

A_i = Área da bacia correspondente a ocupação “i”.

Figura EH-07: Determinação Das Curvas De Run-OFF

USO DO SOLO E TIPO DE VEGETAÇÃO	TIPO DE ARRANJO DA VEGETAÇÃO	CONDIÇÕES PARA INFILTRAÇÃO	GRUPO HIDROLÓGICO DO SOLO			
			A	B	C	D
RALA OU SOLO	SR	-	76	86	91	94
CULTIVO DE FILEIRAS (CANA DE AÇUCAR, ALGODÃO, MANDIOCA,	SR	MA	72	81	88	91
	SR	BOA	67	78	85	89
	C	MÁ	70	79	84	88
	C	BOA	65	75	82	86
	C e T	MÁ	66	71	80	82
	C e T	BOA	62	71	78	81
VEGETAÇÃO RASTEIRA (CAPIM PANGOLA)	SR	MA	65	76	84	88
	SR	BOA	63	75	83	87
	C	MÁ	63	74	82	85
	C	BOA	61	73	81	84
	C e T	MÁ	61	72	79	82
	C e T	BOA	59	70	78	81
PASTOS DE ROTAÇÃO (LEGUMES, CAPIM, TRIGO)	SR	MA	66	77	85	89
	SR	BOA	56	72	81	85
	C	MÁ	61	75	83	85
	C	BOA	55	69	78	83
	C e T	MÁ	63	73	80	83
	C e T	BOA	51	67	76	80
PRADARIA E PASTAGEM	-	MA	66	79	86	89
	-	REGULAR	49	69	79	84
	-	BOA	39	61	74	80
	C	MÁ	47	67	81	86
	C	REGULAR	25	59	75	83
	C	BOA	6	35	70	79
PRADARIA PERMANENTE	-	-	30	58	71	78
FLORESTAS	-	MÁ	45	66	77	83
	-	REGULAR	36	60	73	79
	-	BOA	25	55	70	77

Observações :

SR - em fileiras retas

C - em curva de nível

C e T - terraços em nível

Lavoura mecanizada - boas condições de infiltração

Lavoura manual - má condição de infiltração

DETERMINAÇÃO DAS CURVAS DE RUN-OFF

Figura EH-08: Coeficiente De Deflúvio

NATUREZA DA SUPERFÍCIE	C
Pavimentação de concreto de cimento ou concreto betuminoso	0,75 a 0,95
Pavimento de macadame betuminoso ou tratamento superficial	0,65 a 0,80
Pavimento de macadame	0,40 a 0,60
Solo arenoso, vegetação cultivada ou leve	0,15 a 0,30
Solo arenoso, mata ou vegetação rasteira densa	0,15 a 0,30
Cascalho desprovido de vegetação ou vegetação rala	0,20 a 0,40
Cascalho, mata, vegetação densa	0,15 a 0,35
Solo argiloso, desprovido de vegetação ou vegetação rala	0,35 a 0,75
Solo argiloso, mata ou vegetação densa	0,25 a 0,60
Canteiro central, grama	0,20 a 0,35
Taludes enleivados (com sulcos) 1:2	0,50 a 0,70
Áreas comerciais, zona de centro da cidade	0,70 a 0,95
Áreas residenciais :	
zonas planas com ap. 30% de área impermeável	0,35 a 0,45
zonas planas com ap. 60% de área impermeável	0,50 a 0,60
zonas moderadamente inclinadas ap. 50% de área impermeável	0,60 a 0,70
zonas moderadamente inclinadas ap. 70% de área impermeável	0,75 a 0,85
Áreas de edifícios de apartamentos	0,50 a 0,70
Área industrial :	
unidades esparsas	0,50 a 0,80
unidades concentradas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Observações :	
Taludes suaves : valores mais baixos	
Taludes íngremes : valores mais altos	

COEFICIENTE DE DEFLÚVIO

8.5. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Quando se considera determinada seção de escoamento em uma bacia contribuinte, sempre decorre algum tempo, a contar do início da chuva até que toda a bacia passe a contribuir uniformemente para a seção considerada. Este intervalo inicial se chama tempo de concentração.

O tempo de concentração é ao lado do coeficiente de escoamento superficial, um dos parâmetros fundamentais na aplicação das metodologias de cálculos de vazões de pico por processos indiretos, cuja determinação está também sujeita a imprecisões e incertezas.

A forma mais aceita e, teoricamente, a mais correta de calcular o tempo de concentração é através do método cinemático que recomenda dividir a bacia em N trechos homogêneos e calcular a velocidade de escoamento em cada um deles.

Para áreas urbanas, o tempo de concentração compõe-se de duas parcelas, o tempo de entrada, somado ao tempo de percurso dentro do dispositivo de drenagem.

$$t_c = t_e + t_p$$

Denomina-se tempo de entrada, o tempo gasto pelas águas precipitadas nos pontos mais distantes da bacia considerada, para atingir o primeiro ponto de captação. Os valores mais utilizados nos projetos de drenagem urbana situam-se no intervalo de 5 a 15 minutos.

Denomina-se tempo de percurso, o tempo de escoamento, dentro dos elementos de drenagem, desde o primeiro ponto de captação, até a seção considerada. Esse tempo pode ser calculado a partir dos parâmetros hidráulicos da rede de drenagem, utilizando como exemplo a fórmula de Manning, o que requer o pré-dimensionamento dessa rede.

Nas bacias:

t_c = tempo de concentração, em minutos;

L = comprimento da linha de fundo do talvegue principal, em quilômetros;

H = diferença de nível entre o ponto mais afastado da bacia e a seção considerada, em metros.

O tempo de concentração foi calculado utilizando-se a expressão proposta pelo California Highways and Public Roads, a qual aparece reproduzida a seguir:

$$t_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

8.6. PERÍODO DE RECORRÊNCIA

O período de recorrência estabelecido por análise de frequência indica simplesmente o intervalo médio entre eventos iguais ou maiores que uma dada grandeza, ou a probabilidade de que tal evento ocorrerá em um ano qualquer.

Na previsão de chuvas intensas, o tempo de recorrência corresponde ao número médio de anos, em que uma dada precipitação será igualada ou excedida. Normalmente a escolha do período de recorrência é feita levando-se em conta a importância da obra e o grau de segurança, que se pretende, tendo em vista as condições econômico-financeiras e os inconvenientes que poderão advir da insuficiência da obra em atender às vazões de enchente.

O período de recorrência estabelecido para o projeto será de 10 anos, que provavelmente irá contemplar a drenagem superficial e as galerias de drenagem.

8.7. ESTABELECIMENTO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO

Para a determinação dos valores das intensidades de chuvas foi utilizada a fórmula proposta pelo Plano Diretor de Macro Drenagem da RMR apresentada a seguir :

$$I = \frac{611,3425 \times T_r^{0,1671}}{(t + 7,3069)^{0,6348}}$$

onde :

I = Intensidade de chuva, em mm/ h;

T = Tempo de recorrência, em anos

t = Tempo de concentração, em minutos.

8.8. DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE CONTRIBUIÇÃO

Em áreas urbanas nem sempre a área da bacia é determinada pelo seu divisor de águas, sendo de ocorrência relativamente comum a transposição de águas pluviais para bacias vizinhas ou o contrário. Há uma grande dificuldade de localização dessas sub-bacias decorrentes dessas inter-relações hidrográficas. Essas condições e parâmetros são seguidos por quase toda região metropolitana.

$Q_p = \frac{ciA}{36}$, sendo : Sendo assim, às áreas das bacias foram delimitadas a partir da área de contribuição de meia pista da rua em questão, acrescida das áreas das edificações e passeios existentes, conforme mapa de bacias apresentado no final deste capítulo, e foi utilizado o método racional, que apresenta a seguinte configuração:

Q_p = vazão de contribuição, em m^3/s ;

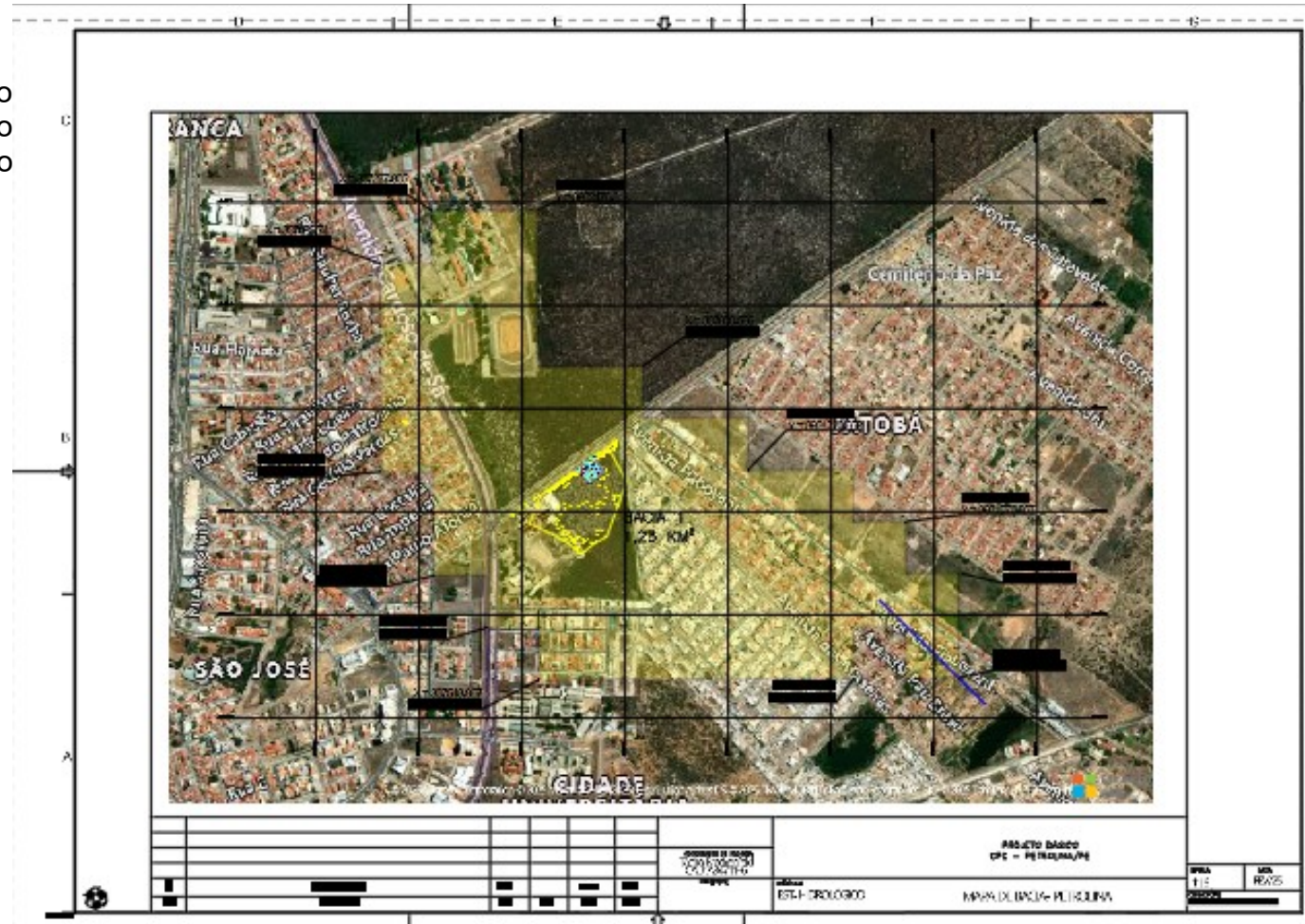
c = coeficiente de escoamento superficial, adimensional.

i = intensidade de chuva, em cm/h ;

A = área da bacia de contribuição, em ha .

8.9. RESULTADOS OBTIDOS

A vazão de projeto obtidas está sendo apresentado no quadro a seguir.



Bacia	Área (A) km²	Comprimento do Talvegue L km	Cota Sup. CtS m	Cota Inf. Ctl m	Declividade e do Talvegue d m/m	Run-off (C) Nº	Tempo de	Tempo de	Intensidade I mm/h	Descarga Q m³/s	Tempo de	Intensidade I mm/h	Descarga Q m³/s	Tempo de	Intensidade I mm/h	Descarga Q m³/s	
							Concentração	Recorrência			Recorrência			Recorrência			
							Tc h	TR Anos			TR Anos			TR Anos			
BC-01	Bacia 01	1,23	0,43	375,77	367,97	0,02	0,55	0,24	10	193,59	36,67	15	215,06	40,74	25	242,22	45,88

8.10. PROJETO DE DRENAGEM

8.10.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A elaboração do projeto contou com os dados provenientes dos estudos hidrológicos, projeto geométrico e os cadastros de campo, e compreendeu a drenagem superficial, conforme as subáreas descritas abaixo:

8.10.2. DRENAGEM SUPERFICIAL

8.10.2.1 DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL PROJETADOS

Os dispositivos de drenagem superficial propostos foram os seguintes:

- Meio-fio tipo MFC-05.
- Tubos PEAD

Para todos os dispositivos de drenagem superficial foi previsto o serviço de “Caiação (vide especificação complementar – EC DRE 01 – Caiação)”.

8.10.2. COMENTÁRIOS SOBRE A DRENAGEM SUPERFICIAL

A. Meios-fios

Os meios fios estão sendo indicados em toda praça, com as funções de limitação de áreas e hidráulica, assim encaminhando a água para o desague apropriado.

Os meios-fios serão dos tipos MFC-05.

B. Caiação dos dispositivos de concreto

Foi prevista a caiação de todos os dispositivos de drenagem (meio-fio) a serem implantados.

C. Tubos PEAD

Os tubos estão sendo projetados por toda área de pavimentação, com a função de destinar a água coletada, pelas BLS (boca de lobo simples); com a destinação final em caixa existente, levantada pela topografia.

Os tubos terão diâmetro de Ø300 mm e Ø400 mm.

8.10.4.1 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Neste item estão apresentadas as metodologias e as ferramentas utilizadas no dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem superficial projetados.

As metodologias adotadas integram o Manual de Drenagem de Rodovias, do DNIT – Edição de 2006.

Estão sendo contemplados os seguintes tipos de dispositivos:

- Meio-fio
- Tubos PEAD

A seguir estão apresentados os procedimentos seguidos.

A.1 Meios-Fios

O dimensionamento hidráulico deste dispositivo foi realizado de acordo com a seguinte sistemática:

1º- Determinação da vazão de contribuição pelo Método Racional

$$Q_p = \frac{c \times i \times A}{36 \times 10^4} \quad \text{sendo:}$$

Q_p = descarga de projeto, em m³/s;

c = coeficiente de escoamento superficial, adimensional, fixado de acordo com o complexo solo-cobertura e declividade do terreno

i = intensidade de chuva, em cm/h, para o tempo de recorrência de 10 anos e tempo de concentração de 6 minutos;

A = área de contribuição, em m².

A área de contribuição pode ser formada por superfícies de diferentes coeficientes de escoamento superficial. Neste caso, o valor do coeficiente de escoamento final foi determinado pela média ponderada dos valores de coeficientes de escoamento adotados, usando como peso, as respectivas larguras dos implúvios. Logo:

$$c = \frac{L_1 \times c_1 + L_2 \times c_2 + \dots + L_n \times c_n}{\sum_1^n L} \quad \text{sendo:}$$

L_1 = faixa da plataforma da rodovia que contribui para o dispositivo considerado;

L_2 = largura da projeção horizontal equivalente do talude;

L_3 = largura do terreno natural;

C_1 = coeficiente de escoamento superficial da plataforma da rodovia;

C_2 = coeficiente de escoamento superficial do talude;

C_3 = coeficiente de escoamento superficial do terreno natural.

2° - Determinação da capacidade de vazão dos dispositivos pela fórmula de Manning, associada à equação da continuidade

$$V = \frac{R^{2/3} \times I^{1/2}}{n} \quad \text{e} \quad Q = AV \quad \text{sendo :}$$

V = velocidade de escoamento da água, em m/s;

R = raio hidráulico, em m;

I = declividade longitudinal do dispositivo, em m/m;

N = coeficiente de rugosidade de Manning, considerado como sendo igual a 0,017 (dispositivo revestido em concreto);

Q = vazão máxima permissível, em m³/s;

A = área da seção molhada, em m².

Procedimentos:

- Igualando-se a equação proposta pelo Método Racional e a fórmula de Manning, e considerando a área de implúvio como sendo igual a $A = L \times d$, tem-se:

$$\frac{c \times i \times L \times d}{36 \times 10^4} = \frac{A \times R^{2/3} \times I^{1/2}}{n} \quad \therefore$$

$$d = 36 \times 10^4 \times \frac{A \times R^{2/3} \times I^{1/2}}{c \times i \times L \times n}$$

- Na equação acima, os valores de A , R e n são conhecidos, conforme a seção escolhida; os valores de c , i e L , são conhecidos, em função da chuva de projeto, dos tipos de superfícies e das

características geométricas da rodovia. A única variável existente é a declividade longitudinal (I);

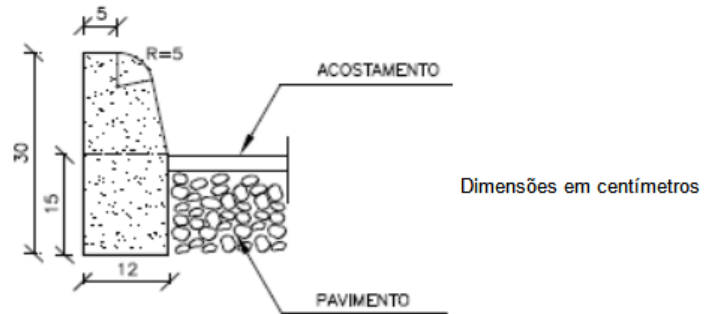
- Determina-se o comprimento crítico e estabelece-se a velocidade de escoamento para este comprimento. Esta velocidade deve ser condicionada à velocidade limite de erosão do material utilizado no revestimento adotado para o dispositivo.

A.2 Resultados obtidos

Todas as ferramentas utilizadas no dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem superficial estão apresentadas a seguir.

TIPO DE DISPOSITIVO: Meio-fio tipo H= 15 cm
LOCAL: Marginais direita e esquerda

SEÇÃO TIPO



DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO

<p>Cálculo do coeficiente de escoamento superficial</p> <p>C1 (coeficiente de escoamento superficial da plataforma) 0,90</p> <p>C2 (coeficiente de escoamento do passeio) 0,80</p> <p>C3 (coeficiente de escoamento superficial da quadra) 0,80</p> <p>C (coeficiente de escoamento superficial adotado) 0,90</p> <p>i (intensidade de chuva) 125,30 mm/h</p> <p>A área da contribuição = (L1 + L2 + L3) * d (extensão) 6,0 d m²</p> <p>Qp (Vazão de contribuição) 0,00019 d m³</p>	<p>$Q_p = 2,78 \times 10^{-7} \times c \times i \times A$</p> <p>L1 (largura da plataforma) 6,02</p> <p>L2 (largura do passeio) 0,00</p> <p>L3 (largura do canteiro) 0,00</p> <p>L (largura do impluvio) 6,02</p>
---	--

CAPACIDADE DE VAZÃO DO DISPOSITIVO

Y (altura d'água no dispositivo) =	0,03 m	$Q_c = 0,375 \times Y^{(8/3)} \times Z \times I^{(1/2)/n}$
W (largura máxima do espelho d'água)	1,50 m	
Z (inverso da declividade)	50,00 m/m	
n (coeficiente de rugosidade de Manning)	0,015	
I (declividade longitudinal do local de instalação)	variávelm/m	
Qc (Capacidade de vazão)	0,109 I^{1/2} m ³	

VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

Fazendo Qp = Qc, tem-se d = 571,6 I^{1/2}

$$V = 0,958 \times 1/Z^{(1/4)} \times \left(\left[I^{(1/2)/n} \right] \right)^{(3/4)} \left[\times Qc \right]^{(1/4)}$$

DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO CRÍTICO (d) E DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (V)

I	0,12	0,20	0,29	0,23	0,30	0,40	1,00	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,50
I ^{1/2}	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,10	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16
d	17	23	29	29	29	34	57	69	74	74	74	80	80	80	86	86	91
V	0,14	0,19	0,24	0,24	0,24	0,29	0,48	0,58	0,63	0,63	0,63	0,68	0,68	0,68	0,72	0,72	0,77
t _c	0,04	0,07	0,11	0,11	0,11	0,17	0,46	0,66	0,78	0,78	0,78	0,91	0,91	0,91	1,03	1,03	1,17

ESTUDO DE CAPACIDADE HIDRÁULICA

VAZÕES PARA GALERIAS CIRCULARES EM PEAD (80% da seção)											
CPC PETROLINA/ALINHAMENTO	DIÂMETRO (m)	i(m/m)	Am(m ²)	Pm(m)	Rh	V(m/s)	Qp(m ³ /s)	c(run-off)	i(cm/h)	A(ha)	Qs(m ³ /s)
TUBO 01	0.30	0.00500	0.061	0.664	0.091	1.433	0.087	0.80	12.53	0.018	0.005
TUBO 02	0.30	0.00500	0.061	0.664	0.091	1.433	0.087	0.80	12.53	0.000	0.005
TUBO 03	0.30	0.00500	0.061	0.664	0.091	1.433	0.087	0.80	12.53	0.000	0.005
TUBO 04	0.30	0.00500	0.061	0.664	0.091	1.433	0.087	0.80	12.53	0.013	0.003
TUBO 05	0.30	0.00500	0.061	0.664	0.091	1.433	0.087	0.80	12.53	0.000	0.008
TUBO 06	0.30	0.02000	0.061	0.664	0.091	2.866	0.174	0.80	12.53	0.016	0.005
TUBO 07	0.30	0.01460	0.061	0.664	0.091	2.448	0.148	0.80	12.53	0.019	0.005
TUBO 08	0.30	0.00500	0.061	0.664	0.091	1.433	0.087	0.80	12.53	0.000	0.018
TUBO 09	0.30	0.01690	0.061	0.664	0.091	2.634	0.160	0.80	12.53	0.015	0.004
TUBO 10	0.30	0.00500	0.061	0.664	0.091	1.433	0.087	0.80	12.53	0.000	0.023
TUBO 11	0.30	0.00500	0.061	0.664	0.091	1.433	0.087	0.80	12.53	0.013	0.004
TUBO 12	0.30	0.00500	0.061	0.664	0.091	1.433	0.087	0.80	12.53	0.000	0.004
TUBO 13	0.30	0.00500	0.061	0.664	0.091	1.433	0.087	0.80	12.53	0.017	0.005
TUBO 14	0.30	0.00500	0.061	0.664	0.091	1.433	0.087	0.80	12.53	0.000	0.008
TUBO 15	0.40	0.00500	0.108	0.886	0.122	1.737	0.187	0.80	12.53	0.000	0.067
TUBO 16	0.30	0.00500	0.061	0.664	0.091	1.433	0.087	0.80	12.53	0.010	0.003
TUBO 17	0.40	0.00500	0.108	0.886	0.122	1.737	0.187	0.80	12.53	0.000	0.070

O projeto de Drenagem está apresentado no anexo II e compreende:

- Planta;
- Perfis;
- Quadro de Quantidades
- Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem (5ª Edição).