

MEMORIAL DESCRITIVO – DRENAGEM

PROJETO BÁSICO

SEPE - SECRETARIA DE PROJETOS ESTRATÉGICOS

Rodrigo Ribeiro de Queiroz

Secretário de Estado

Ana Paula Cascão

Secretária Executiva de Projetos

Responsável pela Elaboração

Heverton Gonçalves da Silva Santos

Engenheiro(a) Civil

CREA: 1821012119PE

APRESENTAÇÃO

O presente documento, parte integrante do Termo de Referência cujo objeto é construção do Centro de Atendimento Multidisciplinar Especializado (CEAME), tem por finalidade estabelecer as etapas, objetivos e recomendações que deverão ser utilizados para a elaboração do projeto executivo e a execução das obras.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente Memorial Descritivo de Drenagem tem como finalidade estabelecer as diretrizes técnicas, os critérios de projeto e as soluções propostas para o sistema de drenagem superficial a ser implantado no âmbito da construção do Centro de Atendimento Multidisciplinar Especializado (CEAME), localizado no município de Caruaru - PE.

Este documento integra o conjunto de peças técnicas do Projeto Básico e foi desenvolvido com base em levantamentos topográficos, estudos hidrológicos e análise das condições urbanísticas e ambientais da área de intervenção. Os projetos e especificações foram elaborados de acordo com as normas técnicas vigentes e os manuais de referência aplicáveis, assegurando a adequada funcionalidade, segurança e durabilidade das soluções adotadas.

As intervenções propostas visam garantir o escoamento eficiente das águas pluviais, a proteção das estruturas e vias adjacentes e a melhoria das condições de acessibilidade e segurança no entorno do empreendimento, compatibilizando-se com as características do local e respeitando os aspectos ambientais e urbanísticos.

O projeto está organizado em duas pranchas técnicas, identificadas conforme a seguinte nomenclatura e respectiva descrição:

GOVPE-SPE-CAR-CEAMEPE-DRE-GERL-B-000 - Implantação dos pontos e dispositivos de drenagem.

2. PONTOS ESPECÍFICOS.

2.1 Estudos Hidrológicos

2.1.1 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.

2.1.2 Coleta de Dados

2.1.2.1 Clima, Pluviometria e Pluviografia

CLIMA, PLUVIOMETRIA E PLUVIOGRAFIA

O clima predominante na Região Agreste de Caruaru, 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 Caruaru (2000 - 2023), obtidos através do site da APAC – código 211, Caruaru. Em resumo os dados apresentam as seguintes características básicas:

Precipitação Máxima Anual : 968,4 mm

Precipitação Média Anual : 579,15 mm

Precipitação Mínima Anual : 200,2 mm

Dias de Chuva por Ano : 130 dias

O Clima do Município de Caruaru apresenta as seguintes características:

Período Mais Chuvoso : Março a Julho

Período Mais Seco : Setembro a Dezembro

Temperatura Média Anual : 28 °C

Umidade Relativa Média Mensal : 55%

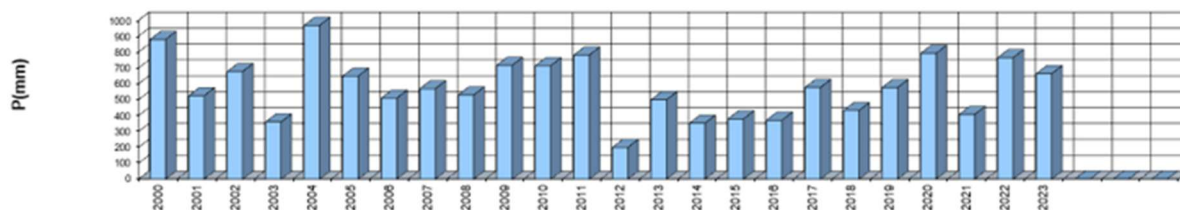
Nos quadros a seguir estão apresentados os seguintes gráficos:

De precipitações totais anuais,

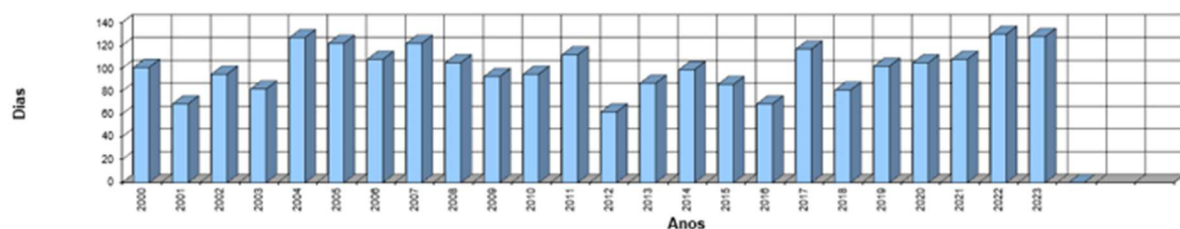
Dias de chuva por ano,

Médias mensais das precipitações máximas, médias e mínimas.

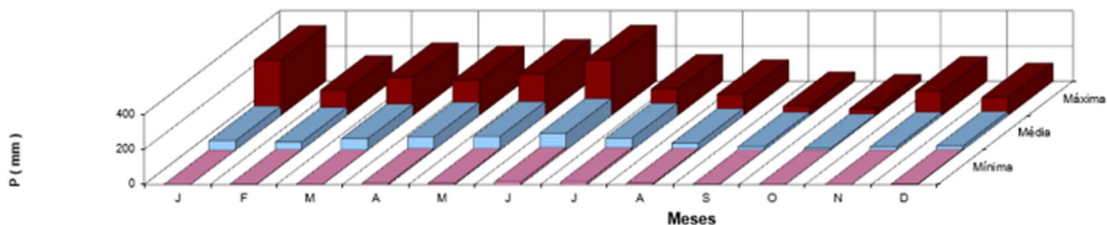
Precipitações Totais Anuais



Números de dias de Chuva por Ano



Precipitações Mensais



2.2 Definição do regime de chuvas da região

2.2.1 Introdução

Para a definição do regime de chuvas da cidade de Caruaru-PE 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.

- **Escolha do Posto**

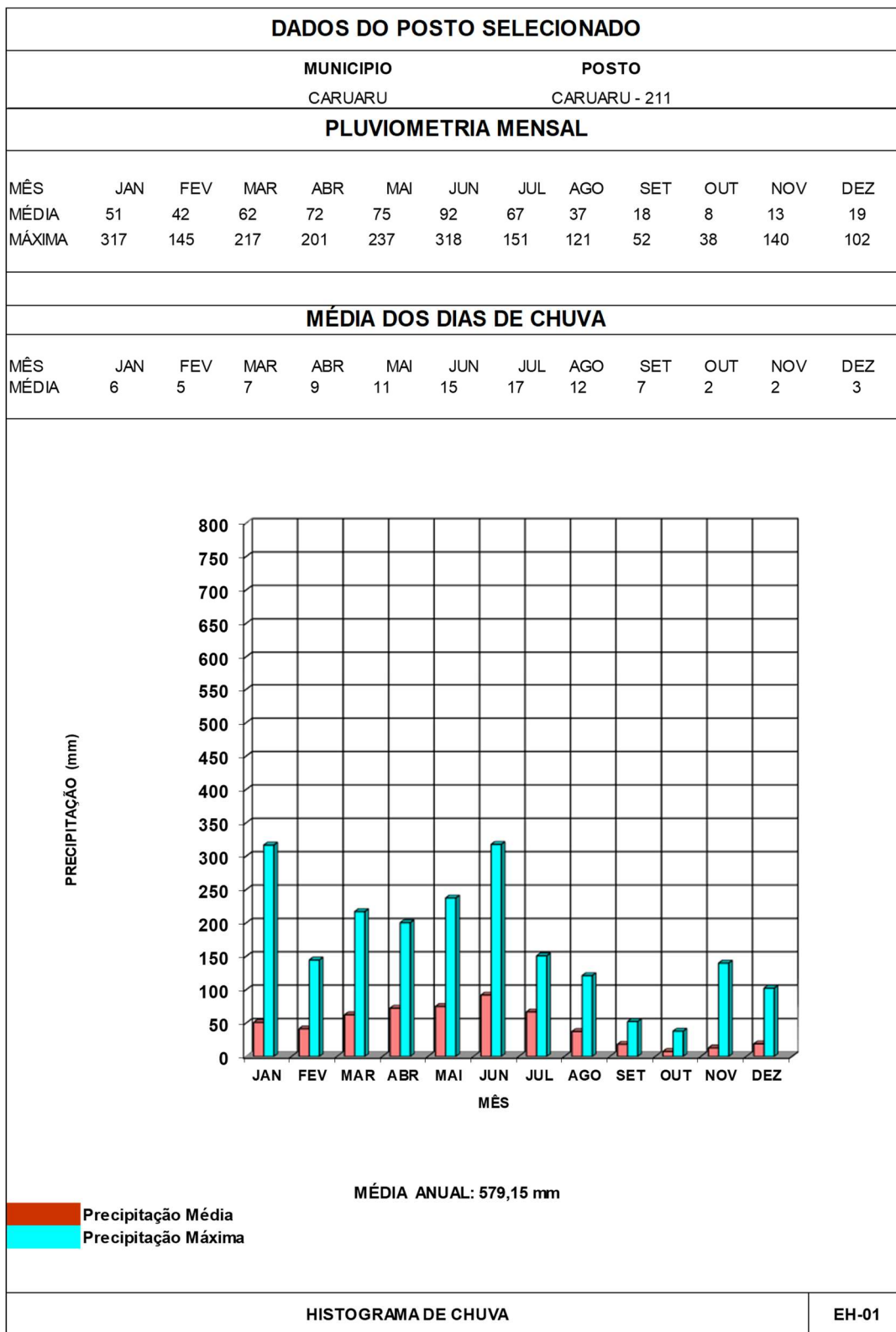
O posto escolhido para caracterizar o regime de chuvas do município de Caruaru foi o de código 211, que apresenta as seguintes características:

MUNICÍPIO	COD.	LATITUDE	LONGITUDE	PERÍODO DE OBSERVAÇÃO
Caruaru	211	-8.2794	-35.9678	2000 a 2023 – 23 anos

Foram computados dados de 23 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.

Figura EH-01: Histograma de Chuva



HISTOGRAMA DE CHUVA

EH-01

- Análise estatística

O período de recorrência (TR) 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 $TR = 1/P_b$.

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

$$P_b = 1 - e^{-e^{-y}} \quad \text{sendo}$$

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;

σ = desvio padrão das N precipitações máximas diárias.

Os valores de k foram tabelados por Weise e Reid. Para 24 anos de observação do posto de Nazaré da Mata - 97, os valores de k considerados foram os seguintes:

TEMPO DE RECORRÊNCIA (TR)							
K	5	10	15	20	25	50	100
23	0,899	1,593	1,98	2,259	2,47	3,121	3,766

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

No quadro EH-02 está apresentado o processo estatístico e no quadro EH-03 a tabela de Gumbel com os fatores de frequência (K).

POSTO : CARUARU Código 211 - APAC			PERÍODO DE OBSERVAÇÃO : 23 anos					
ANO	P _i (mm)	M	P _i (decresc.) (mm)	(P _i - \bar{P}) (mm)	(P _i - \bar{P}) ² (mm)	F = M / N+1 (%)	TR = 1/F (ano)	
2000	69,8	1,0	136,60	77,0	5.926,43	3,8	26,0	
2001	50,6	2,0	133,20	73,6	5.414,51	7,7	13,0	
2002	84,0	3,0	92,00	32,4	1.048,68	11,5	8,7	
2003	35,6	4,0	84,40	24,8	614,21	15,4	6,5	
2004	84,4	5,0	84,00	24,4	594,55	19,2	5,2	
2005	72,4	6,0	72,40	12,8	163,41	23,1	4,3	
2006	43,0	7,0	70,00	10,4	107,81	26,9	3,7	
2007	37,0	8,0	69,80	10,2	103,70	30,8	3,3	
2008	51,0	9,0	69,00	9,4	88,05	34,6	2,9	
2009	47,4	10,0	68,20	8,6	73,67	38,5	2,6	
2010	136,6	11,0	65,00	5,4	28,98	42,3	2,4	
2011	63,8	12,0	63,80	4,2	17,50	46,2	2,2	
2012	13,8	13,0	51,00	-8,6	74,25	50,0	2,0	
2013	68,2	14,0	50,60	-9,0	81,30	53,8	1,9	
2014	25,4	15,0	47,40	-12,2	149,25	57,7	1,7	
2015	31,4	16,0	43,00	-16,6	276,11	61,5	1,6	
2016	26,6	17,0	37,00	-22,6	511,51	65,4	1,5	
2017	133,2	18,0	35,60	-24,0	576,80	69,2	1,4	
2018	69,0	19,0	35,60	-24,0	576,80	73,1	1,4	
2019	35,6	20,0	31,40	-28,2	796,18	76,9	1,3	
2020	70,0	21,0	26,60	-33,0	1.090,10	80,8	1,2	
2021	25,0	22,0	25,40	-34,2	1.170,78	84,6	1,2	
2022	65,0	23,0	25,00	-34,6	1.198,31	88,5	1,1	
2023	92,0	24,0	13,80	-45,8	2.099,17	92,3	1,1	
TOTAIS			1.430,8	-	22.782,1	-	-	

Fórmula Geral de Ven Te Chow : $P = \bar{P} + k\sigma$

Determinação da Média das Precipitações Máximas Diárias : $\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{N}$

Determinação do Desvio Padrão das Precipitações Máximas Diárias : $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2}{N-1}}$

$\bar{P} = 57,4$ $\sigma = 31,47$

Valores do Coeficiente k :

T _R	Tempo de Recorrência (anos)					
	5	10	15	25	50	100
k	0,888	1,575	1,958	2,444	3,088	3,729

Determinação da Precipitação pela Fórmula Geral de Ven Te Chow :

T _R	Tempo de Recorrência (anos)					
	5	10	15	25	50	100
P	87,570	109,190	121,240	136,530	156,800	176,970

PROCESSO ESTATÍSTICO	EH - 02
-----------------------------	----------------

- Definição das curvas de precipitação/ intensidade x duração x frequência

POSTO: CARUARU-211							
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)							

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:

- 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	
B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	36,9	38,6	8,4	7,5	

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

POSTO: CARUARU	TEMPOS DE RECORRÊNCIA (anos)						
TR	5	10	15	20	25	50	100
P 1dia(mm)	87,57	109,19	121,24	129,96	136,53	156,80	176,97
P 24horas(mm)	96,32	120,10	133,36	142,95	150,19	172,48	194,67

- 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: CARUARU (211)

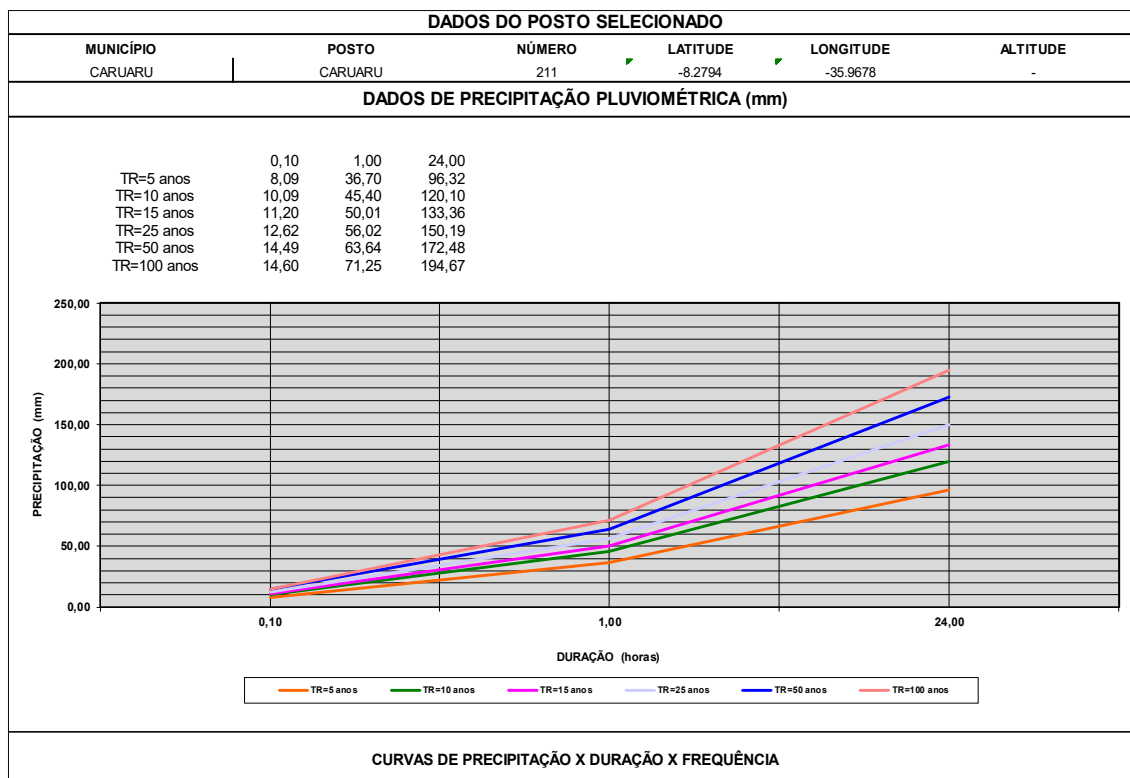
TR (anos)	P 24horas	PERCENTUAIS		PRECIPITAÇÃO	
		1 hora	6 minutos	1 hora	6 minutos
5	96,32	38,1	8,4	36,70	8,09
10	120,10	37,8	8,4	45,40	10,09
15	133,36	37,5	8,4	50,01	11,20
25	150,19	37,3	8,4	56,02	12,62
50	172,48	36,9	8,4	63,64	14,49
100	194,67	36,6	7,5	71,25	14,60

- Alturas de precipitação a serem adotadas

POSTO: CARUARU (211)

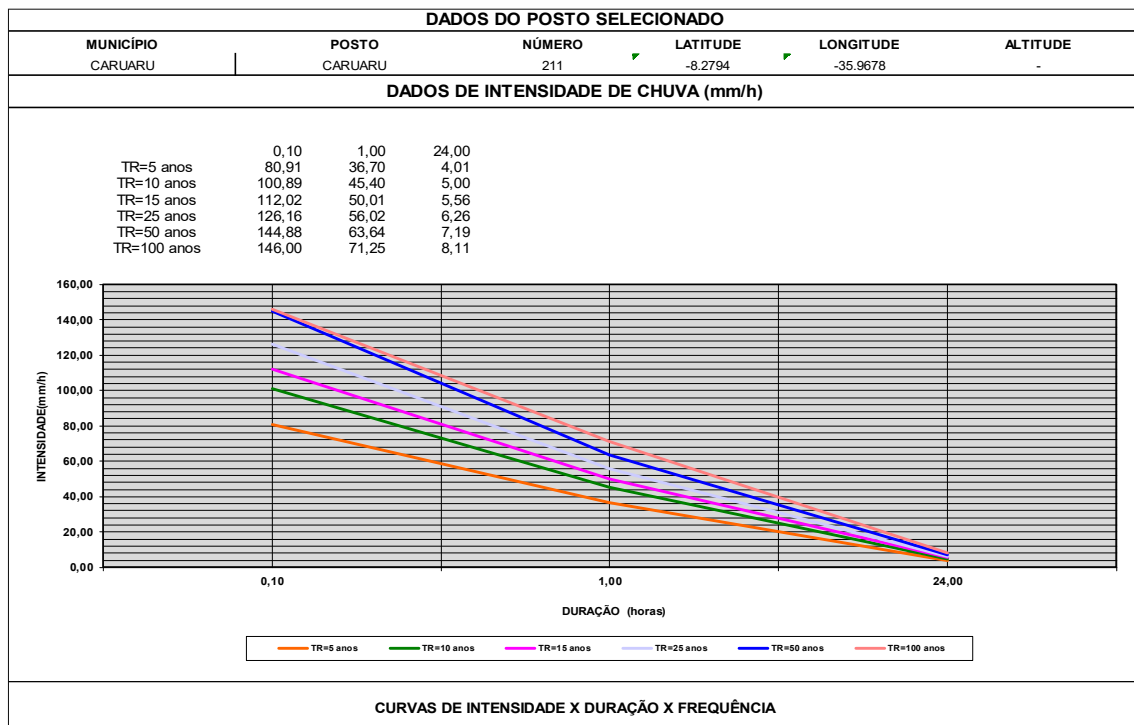
TR (anos)	PRECIPITAÇÕES (mm)		
	6 minutos	1 hora	24 horas
5	8,09	36,70	96,32
10	10,09	45,40	120,10
15	11,20	50,01	133,36
20	12,01	53,46	142,95
25	12,62	56,02	150,19
50	14,49	63,64	172,48
100	14,60	71,25	194,67

- 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.

- Determinação das curvas de intensidade x duração x frequência



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

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

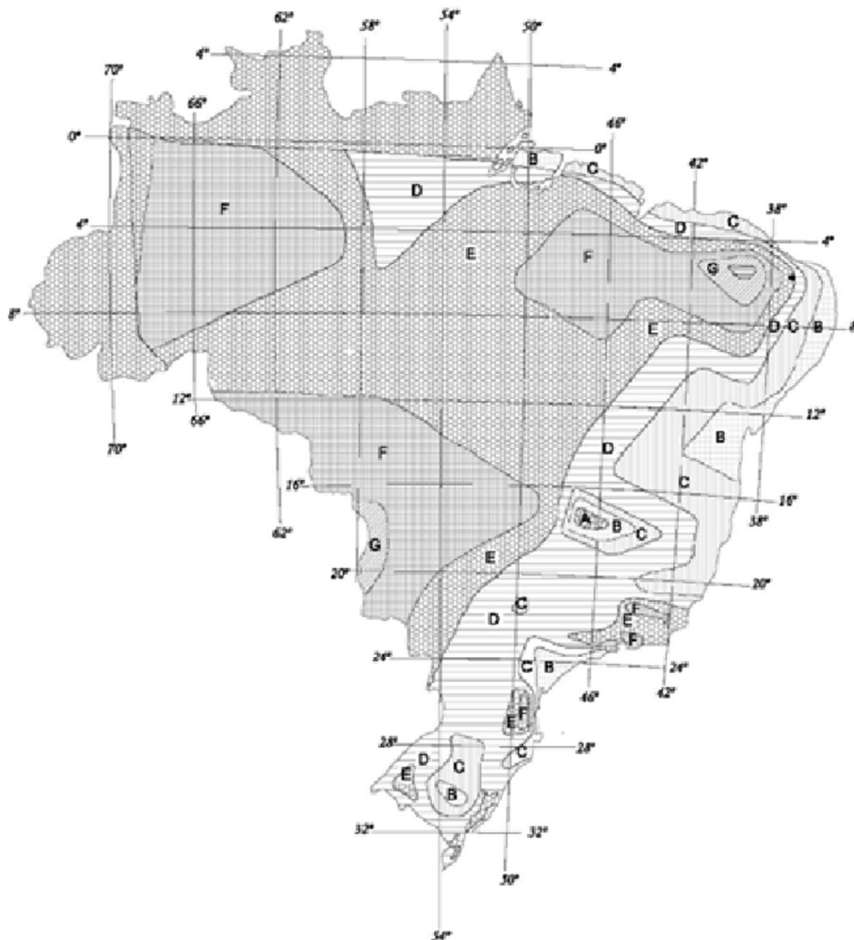
Logo:

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

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

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

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.



ZONA	1 HORA / 24 HORAS CHUVA										5 min 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	33,8	32,5	70	63
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	37,8	112	100
E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,5	42,2	40,9	39,8	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	46,0	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

ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO

EH - 04

2.3 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 hidrologicamente 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".

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	MA	70	79	84	88
	C	BOA	65	75	82	86
	C e T	MA	66	71	80	82
VEGETAÇÃO RASTEIRA (CAPIM PANGOLA)	C e T	BOA	62	71	78	81
	SR	MA	65	76	84	88
	SR	BOA	63	75	83	87
	C	MA	63	74	82	85
	C	BOA	61	73	81	84
PASTOS DE ROTAÇÃO (LEGUMES, CAPIM, TRIGO)	C e T	MA	61	72	79	82
	C e T	BOA	59	70	78	81
	SR	MA	66	77	85	89
	SR	BOA	56	72	81	85
	C	MA	61	75	83	85
PRADARIA E PASTAGEM	C	BOA	55	69	78	83
	C e T	MA	63	73	80	83
	C e T	BOA	51	67	76	80
	-	MA	66	79	86	89
	-	REGULAR	49	69	79	84
PRADARIA PERMANENTE	-	BOA	39	61	74	80
	C	MA	47	67	81	86
	C	REGULAR	25	59	75	83
	C	BOA	6	35	70	79
	-	-	30	58	71	78
FLORESTAS	-	MA	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

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	

2.4 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:

2.5 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.

2.6 Estabelecimento do Regime Pluviométrico

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

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

onde:

I = Intensidade de chuva, em mm/ h;

T = Tempo de recorrência, em anos

t = Tempo de concentração, em minutos.

2.6 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.

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: $Q_p = \frac{ciA}{36}$, sendo:

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 .

2.8 Projeto de Drenagem

2.8.1 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:

- Drenagem superficial

Dispositivos de drenagem superficial projetados de acordo com os estudos realizados.

Os dispositivos de drenagem superficial propostos foram os seguintes:

- Meio-fio tipo MFC-05;
- Tubos PEAD;
- Boca de lobo Simples;
- Poço de Visita simples;
- Caixa de passagem.

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

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; com a destinação final em poço de visita existente, levantada pela topografia.

Os tubos terão diâmetro de Ø200, Ø300mm.

D. Boca de lobo simples e duplas

As bocas de lobo estão sendo locadas em pontos estratégicos, onde o escoamento superficial não suporta tamanha vazão, assim não sobrecarregando tal dispositivo.

- 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

$$Q_p = \frac{c \times i \times A}{36 \times 10^4}$$

sendo:

Q_p = descarga de projeto, em m^3/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 m^2 .

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

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

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.
- Resultados obtidos

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

VAZÕES PARA GALERIAS CIRCULARES EM PEAD (80% da seção) - REDE 1											
CAEE/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	20,83	0,000	0,042
TUBO 02	0,30	0,03510	0,061	0,664	0,091	3,796	0,230	0,80	20,83	0,000	0,079

VAZÕES PARA GALERIAS CIRCULARES EM PEAD (80% da seção) - REDE 1.1											
CAEE/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 03	0,20	0,00500	0,027	0,443	0,061	1,092	0,029	0,80	20,83	0,051	0,023

VAZÕES PARA GALERIAS CIRCULARES EM PEAD (80% da seção) - REDE 1.2											
CAEE/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 04	0,20	0,00500	0,027	0,443	0,061	1,092	0,029	0,80	20,83	0,041	0,019

VAZÕES PARA GALERIAS CIRCULARES EM PEAD (80% da seção) - REDE 1.3											
CAEE/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 05	0,20	0,00500	0,027	0,443	0,061	1,092	0,029	0,80	20,83	0,045	0,021

VAZÕES PARA GALERIAS CIRCULARES EM PEAD (80% da seção) - REDE 1.4											
CAEE/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 06	0,20	0,00500	0,027	0,443	0,061	1,092	0,029	0,80	20,83	0,034	0,016

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Memorial Descritivo foi elaborado com o objetivo de apresentar os critérios técnicos adotados, as metodologias aplicadas e as soluções propostas para o sistema de drenagem superficial no projeto de implantação do Centro de Atendimento Multidisciplinar Especializado, no município de Caruaru-PE.

Foram realizados estudos hidrológicos detalhados, contemplando a coleta de dados climatológicos, pluviométricos e pluviográficos, a delimitação das áreas de contribuição, a análise do regime de chuvas e a definição das curvas de precipitação e intensidade para diferentes tempos de recorrência, garantindo que o dimensionamento dos dispositivos de drenagem atenda às condições locais e às exigências técnicas vigentes.

O projeto de drenagem foi desenvolvido considerando o método racional para determinação das vazões de contribuição, o cálculo dos tempos de concentração e a aplicação da fórmula de Manning para verificação das capacidades hidráulicas dos dispositivos propostos. Os elementos de drenagem superficial especificados, como meios-fios tipo MFC-05 e tubos PEAD de diferentes diâmetros, foram dimensionados e posicionados estrategicamente para assegurar o escoamento adequado das águas

pluviais, minimizando riscos de alagamentos e contribuindo para a conservação das estruturas e do ambiente urbano.

Com a adoção dessas diretrizes e a utilização de parâmetros atualizados e condizentes com as características hidrológicas e urbanísticas da região, o projeto proporciona uma solução eficaz e tecnicamente compatível com a importância da obra, promovendo segurança, funcionalidade e durabilidade ao empreendimento.