



**MEMORIAL DE CÁLCULO DE DRENAGEM PLUVIAL
OBRAS DE DRENAGEM E PAVIMENTAÇÃO DA VIA DE
INTERLIGAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL – PARQUE
REAL AO BAIRRO ALGODÃO**

NOVEMBRO DE 2021

Referências Cadastrais

Cliente: Prefeitura Municipal de Pouso Alegre

Localização: Pouso Alegre, MG

Título: Obras de Drenagem e Pavimentação da Via de Interligação do Instituto Federal – Parque Real ao Bairro Algodão

Contato: Rinaldo Lima Oliveira

E-mail: rinaldololiveira@gmail.com

Lider do Projeto: Felipe G. Alexandre

Coordenador: Denis de Souza Silva

Projeto/centro de custo: ATA 194/2020

Data do documento: 19/11/2021

Elaborador/Autor	Felipe G. Alexandre	Engenheiro Civil
Verificador/aprovador	Denis de Souza Silva	Coordenador de Projeto

Isenção de Responsabilidade:

Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.

Equipe Técnica

Responsável Técnico – Coordenação

Denis de Souza Silva Engenheiro Hídrico	
Nº CREA: MG 127.216 /D	Nº ART:

Responsável Técnico – Projeto Civil

Flávia Cristina Barbosa Engenheira Civil	
Nº CREA: MG-187.842 /D	Nº ART:

Responsável Técnico – Projeto Hídrico

Aloisio Caetano Ferreira Engenheiro Hídrico	
Nº CREA: MG-97.132 /D	Nº ART:

Equipe

TOPOGRAFIA	Jonas Guerreiro Gonçalves	Eng. Civil - Coordenação
	Anselmo Rafael Wasen	Técnico de Topografia
	Renan Henrique da Costa Santos	Assistente de Topografia
	Tiago Coli Cortes	Assistente de Topografia
	Gabriel Pereira	Auxiliar Eng. Civil
	Faicon	Auxiliar Eng. Civil

DRENAGEM	Igor Paiva Lopes	Eng. Hídrico - Coordenação
	Marcela Cabral	Auxiliar de Drenagem
	Thallis Eduardo Cabral	Auxiliar de Drenagem
	Bianca Baruk	Orçamentista

MEIO AMBIENTE	Reinaldo	Biólogo
	Luis Antônio	Engenheiro Ambiental
	Giulia Camerini	Auxiliar de Biologia

INFRAESTRUTURA	Felipe Guimarães Alexandre	Eng. Civil - Coordenação
	Abraão Ramos	Engenheiro Civil
	Gabriel Gomes	Auxiliar de Sinalização
	Érica de Souza	Auxiliar de Terraplenagem
	Letícia Bernardo	Auxiliar de Redes Hidráulicas
	Laura Souza	Auxiliar de Redes Hidráulicas

GESTÃO	Aloisio Caetano Ferreira	Diretor Comercial e Técnico
	Denis de Souza Silva	Diretor Comercial e Técnico
	Flávia Cristina Barbosa	Gerente de Projetos
	Pedro Henrique Justiniano	Subgerente de Projetos

SUMÁRIO

1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS	6
1.1. METODOLOGIA APLICADA	6
1.2. MÉTODO RACIONAL.....	6
1.2.1. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	7
1.2.2. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO E PERÍODO DE RETORNO.....	8
1.2.3. INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO	9
1.2.4. VAZÃO.....	10
2. PROJETO DE DRENAGEM	10
2.1. VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DA SARJETA.....	10
2.2. BOCAS DE LOBO	12
2.3. SAÍDAS D'ÁGUA	12
2.4. DESCIDAS D'ÁGUA.....	13
2.5. CAIXAS COLETORAS	13
2.6. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DAS GALERIAS	13
2.6.1. POSICIONAMENTO.....	13
2.6.2. BUEIROS DE GREIDE.....	14
2.6.3. DIÂMETRO MÍNIMO	14
2.6.4. CÁLCULO DA VAZÃO NA GALERIA.....	14
2.6.5. VELOCIDADE DE ESCOAMENTO.....	14
2.6.6. CAPACIDADE MÁXIMA DA GALERIA	16
2.6.7. RECOBRIMENTO MÍNIMO DA GALERIA	17
2.6.8. BACIA DE INFILTRAÇÃO	17
2.6.9. DIMENSIONAMENTO DAS VALETAS	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Método Racional	7
Equação 2 - Equação de Chuva Intensa	9
Equação 3 - Equação Izzard/Manning	11
Equação 4 – Velocidade	15
Equação 5 - Raio hidráulico	15
Equação 6 - Vazão	16
Equação 7 – Volume do Tronco do Cone	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sarjeta tipo C	10
Figura 2 - Características hidráulicas da sarjeta	11
Figura 3 - Detalhes hidráulicos da sarjeta	12

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente de Escoamento Superficial	8
Tabela 2 - Valores do coeficiente de rugosidade para diferentes materiais de revestimento	16
Tabela 3 - Dimensionamento das Bacias de Infiltração	18
Tabela 4 - Dimensionamento das Valetas	19
Tabela 5 - Velocidades máximas admissíveis para a água	20

1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos irão determinar as descargas máximas nas áreas em estudo, a fim de dar base ao dimensionamento das estruturas hidráulicas do sistema de drenagem em questão. Para isso, é necessário o diagnóstico do regime pluvial e da natureza das precipitações intensas da região, como é apresentado a seguir.

1.1. METODOLOGIA APLICADA

Para a determinação da precipitação máxima utilizou-se a equação que correlaciona os parâmetros intensidade, duração e frequência de chuvas. Essa relação permite ainda a obtenção de precipitações máximas para diferentes Tempos de Concentração – t_c , e Períodos de Retorno – TR. Nas estimativas de vazões a partir de dados de chuva a grandeza utilizada é a Precipitação Excedente, pelo fato de esta contribuir efetivamente para a formação do escoamento superficial.

As vazões de projeto podem ser estimadas por meio de métodos estatísticos diretos e indiretos. Estas metodologias são determinadas de acordo com as dimensões das áreas de drenagem, da seguinte forma:

- Sub-bacias com áreas de até 5 km²: utiliza-se o Método Racional;
- Sub-bacias com áreas entre 5 km² e 10 km²: utiliza-se o Método Racional Corrigido;
- Sub-bacias com área acima de 10 km²: utiliza-se o Método de Ven Te Chow.

Desta forma, como a bacia do projeto possui uma área menor que 5 km², utilizou-se o método racional.

1.2. MÉTODO RACIONAL

O método mais utilizado para o cálculo da vazão a partir da transformação de chuva em vazão para análise em pequenas bacias hidrográficas é o método racional, devido à simplicidade de aplicação e facilidade do conhecimento e controle dos parâmetros necessários.

Admite-se, na sua aplicação, que a chuva apresente uma intensidade constante, uniformemente distribuída sobre a superfície da bacia, e que sua duração seja maior ou igual ao tempo de concentração na bacia. Como a intensidade de chuva decresce com o aumento da duração, a descarga máxima resulta de uma chuva com duração igual ao tempo de concentração da bacia.

Este método, descrito matematicamente pela Equação 1, representa uma relação entre a vazão máxima de escoamento superficial e a intensidade de precipitação, dependendo das seguintes variáveis para a sua determinação: tipo de solo e uso da terra, duração e intensidade da chuva e características físicas da rede de drenagem existente.

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Equação 1 - Método Racional

Onde:

- Q: Vazão de projeto (m³/s);
- C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- i: Intensidade da chuva de projeto (mm/h);
- A: Área de drenagem (ha).

1.2.1. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O coeficiente de escoamento superficial também é denominado de deflúvio superficial ou coeficiente de “runoff”, variável determinada em função de uma série de fatores, como o tipo do solo, ocupação da bacia, umidade antecedente, intensidade da chuva e outros. Assim, devido às diversas condições e combinações dos fatores citados, apenas parte do volume precipitado sobre a bacia atinge a seção sob a forma de escoamento superficial. Portanto, adotou-se um coeficiente de escoamento superficial de 0,75, para a área urbanizada, 0,50 para área de aterro, e 0,35 para a área que contém pastagem, conforme valores indicados na Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficiente de Escoamento Superficial

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "C"
Ruas	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Gramados; solos arenosos	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
Gramados; solo compacto	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Fonte: Tucci (2009)

1.2.2. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO E PERÍODO DE RETORNO

O tempo de concentração é considerado o período, em minutos, que uma gota de água de chuva cai no ponto mais distante da bacia, demora a chegar até a seção de análise. Devido às características das curvas de intensidade, duração e frequência da chuva, o tempo de concentração inicial mínimo adotado para as bacias é de 10 minutos, sendo este mais crítico.

O tempo de retorno ou período de retorno de uma chuva representa o risco que o empreendimento ou projeto está assumindo no dimensionamento de uma obra hidráulica. Ou seja, qual é o grau de segurança que se deseja proporcionar ao empreendimento, sendo que ele é o inverso da frequência com que a chuva ou vazão venha a ser igualada ou ultrapassada num ano qualquer.

Para escolher qual o tempo de retorno que irá utilizar no dimensionamento do projeto hidráulico é importante analisar os prejuízos tangíveis e intangíveis que podem vir a ser causados por eventos extremos de chuva. Portanto, para o empreendimento em questão foi adotado o período de retorno (TR) igual a 10 anos.

1.2.3. INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO

As equações de intensidade, duração e frequência ou simplesmente as equações IDF, também conhecidas como equação de chuva, são usadas para determinar a intensidade máxima de chuva de um determinado local.

Para cada região, os parâmetros K, a, b e c da equação de intensidade, duração e frequência (Equação 2) são ajustados por meio de regressão linear e não linear. Estes parâmetros (K, a, b e c) são definidos por uma série histórica de dados de chuvas, de mais ou menos 30 anos. Além disso, alterando a frequência e o tempo de concentração é possível obter uma intensidade diferente de chuva para uma mesma região.

$$I_m = \frac{K \cdot (TR)^a}{(tc + b)^c}$$

Equação 2 - Equação de Chuva Intensa

Onde:

- I_m - Intensidade máxima média de precipitação (mm/h);
- TR - Tempo de Retorno (anos);
- tc - Tempo de concentração (min);
- K, a, b e c - Parâmetros ajustados com base nos dados pluviométricos da localidade.

No empreendimento em questão, foi utilizada equação de chuva do município de Pouso Alegre - MG gerada pela interpolação de dados do software Plúvio 2.1. Assim, obteve-se a seguinte Intensidade máxima média de precipitação:

Os parâmetros da equação para esta localidade são:

- K= 667,338
- a= 0,184
- b= 20,869
- c= 0,635

$$I_m = \frac{667,338 \cdot (10)^{0,184}}{(10 + 20,869)^{0,635}} = 115,478 \text{ mm/h}$$

1.2.4. VAZÃO

A vazão calculada sintetiza as considerações e cálculos realizados em relação ao tempo de concentração do escoamento e à intensidade de chuva, ao coeficiente de escoamento superficial e a área de contribuição de cada sub-bacia do projeto.

2. PROJETO DE DRENAGEM

O projeto de drenagem tem como objetivo definir os dispositivos de coleta, condução e deságue das águas superficiais que precipitam sobre o terreno, bem como sobre os taludes e áreas que convergem ao mesmo.

2.1. VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DA SARJETA

Para assegurar o bom funcionamento do escoamento superficial, as guias e sarjetas das vias públicas serão limitadas por uma lâmina d'água de largura máxima de 1,67 metros e a sarjeta adotada será do tipo C, conforme Figura 1.

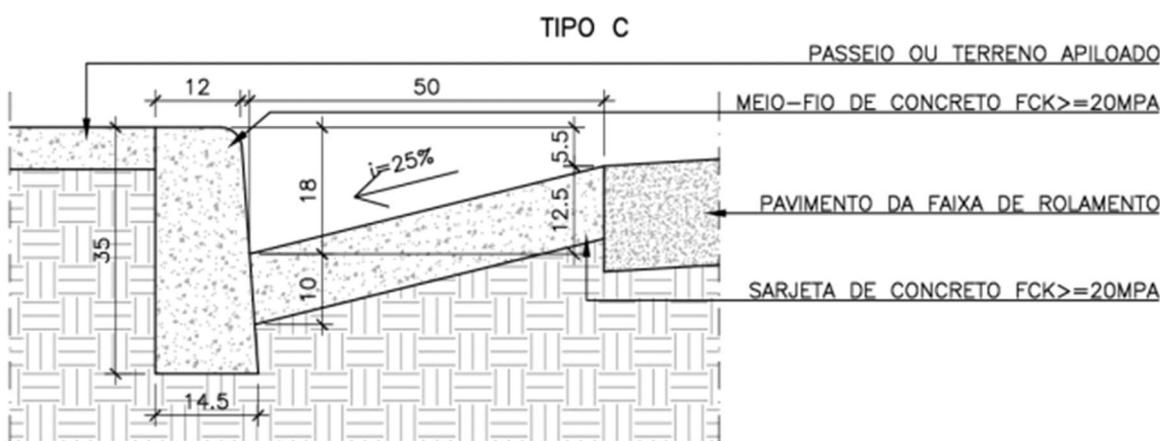


Figura 1 - Sarjeta tipo C

Fonte: SUDECAP (2020)

Sua vazão pode ser calculada pelo método de Izzard/Manning, conforme a equação a seguir:

$$Q = 0,375 \frac{Z}{n} * y^{\frac{8}{3}} * \sqrt{i}$$

Equação 3 - Equação Izzard/Manning

Onde:

- Q - vazão (m³/s);
- Z - inverso da declividade transversal;
- i - declividade longitudinal (m/m);
- y - profundidade junto à linha de fundo (m);
- n - coeficiente de rugosidade.

Considerando as características hidráulicas da sarjeta (Figura 2), a vazão pode ser calculada pela soma algébrica em cada uma das seções triangulares (seção da sarjeta mais seção da via, descontando sua interseção), conforme a Figura 3.

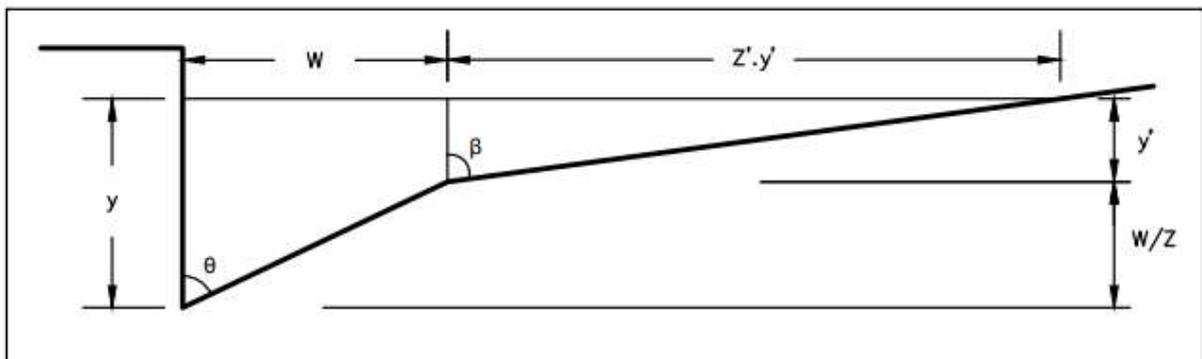


Figura 2 - Características hidráulicas da sarjeta

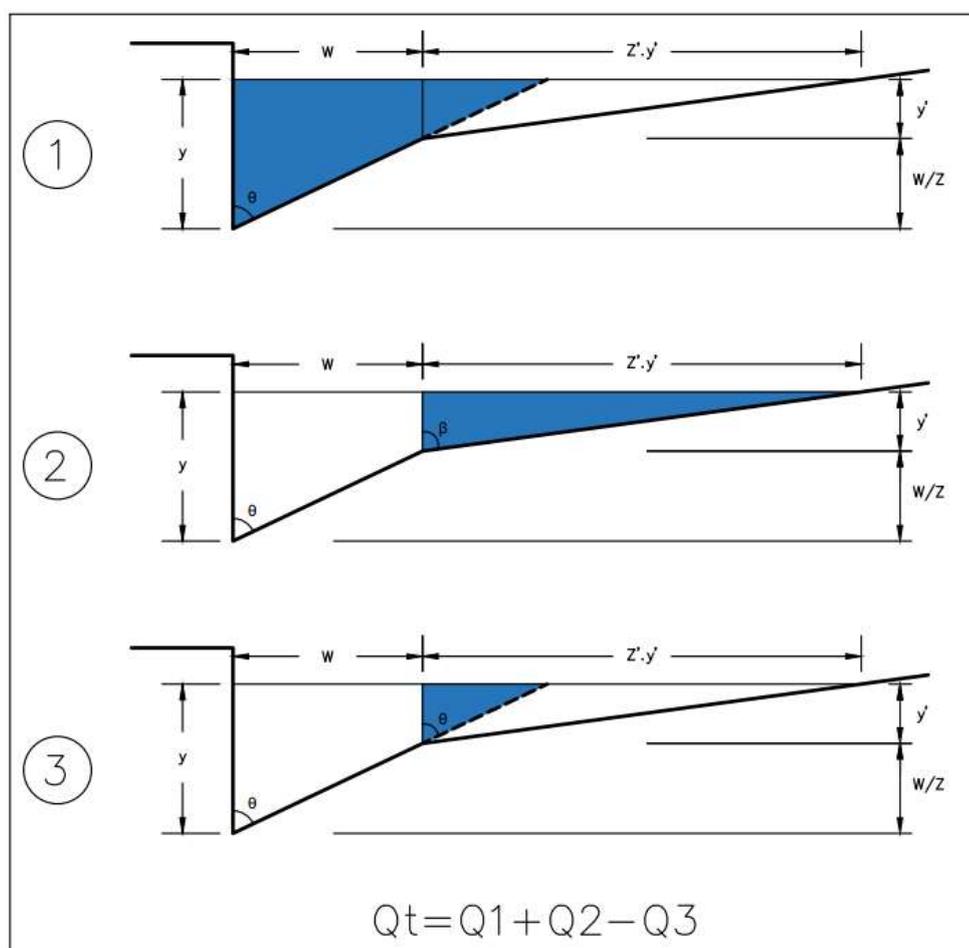


Figura 3 - Detalhes hidráulicos da sarjeta

A verificação da capacidade de escoamento da sarjeta foi realizada calculando a área máxima de escoamento que a sarjeta suporta, considerando-se uma faixa de alagamento máxima de 1,67 metros.

2.2. BOCAS DE LOBO

As bocas de lobo foram dimensionadas de forma a captar a água proveniente das sarjetas até as galerias de água pluvial. Para este projeto serão previstas bocas de lobo combinadas duplas e bocas de lobo simples.

2.3. SAÍDAS D'ÁGUA

As saídas d'água ou entradas d'água são dispositivos hidráulicos capazes de conduzir as águas coletadas pelas sarjetas lançando-as nas descidas d'água ou, ainda, nas caixas coletoras

Foram projetadas saídas d'água simples. E nos pontos baixos da pista foram projetadas saídas d'água duplas. Quanto ao material, serão em concreto com superfície lisa.

2.4. DESCIDAS D'ÁGUA

As descidas d'água conduzem as águas captadas por meio das saídas d'água pelos taludes de corte e aterro. Além disso, conduzem as águas provenientes das sarjetas quando é atingido o comprimento crítico.

Devido a velocidade limite de escoamento, foram projetadas descidas d'água em degraus, a fim de quebrar a energia do fluxo d'água.

2.5. CAIXAS COLETORAS

As caixas coletoras são dispositivos capazes de coletar as águas provenientes das sarjetas que se destinam aos bueiros de greide. Além disso, coletam as águas das descidas d'água e conduz para dispositivos de deságue seguro.

Para tanto, foram dimensionadas caixas coletoras para captar as águas das saídas d'água, valetas e descidas d'água em degraus.

2.6. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DAS GALERIAS

O dimensionamento hidráulico é realizado junto à verificação das vias considerando simultaneamente os tópicos a seguir. Este é mostrado na tabela do Anexo I.

2.6.1. POSICIONAMENTO

As galerias deverão ser posicionadas no eixo das vias públicas, devendo ser previstas sempre que houver pelo menos uma das seguintes situações:

- Vazão contribuinte maior do que a capacidade de escoamento das vias;
- Velocidade de escoamento nas vias maior que 5,00 m/s;
- Existência de pontos baixos, onde deverão ser implantadas bocas de lobo.

Após a locação do primeiro poço de visita com as respectivas bocas de lobo, são distribuídos outros poços de visitas conforme a necessidade de novos pontos de

coleta do escoamento superficial, curvas em planta ou alterações de declividade ou diâmetro de tubulação. Cada captador tem um limite de capacidade de esgotamento de acordo com o tipo de boca de lobo utilizado.

2.6.2. BUEIROS DE GREIDE

Para este projeto foram previstos bueiros de greide. Estes dispositivos são destinados a conduzir as águas captadas pelas caixas coletoras previstas para os locais de deságue de forma segura. Os bueiros serão implantados transversalmente ao eixo da rodovia.

São elementos dos bueiros de greide as caixas coletoras, o corpo e a boca. Em certos trechos foram previstas caixas coletoras em ambos os lados da pista. Por estarem relativamente próximas à pista, as caixas serão dotadas de tampa em forma de grelha. O corpo, que constituem os tubos, serão de concreto armado.

2.6.3. DIÂMETRO MÍNIMO

Foi adotado como parâmetro de projeto o diâmetro mínimo de 0,80 m para galeria. Para ligações de ramais entre bocas de lobo e poços de visita adotou-se o diâmetro mínimo de 0,50 m.

2.6.4. CÁLCULO DA VAZÃO NA GALERIA

Na mesma etapa do projeto, para o dimensionamento, verifica-se a vazão para cada trecho entre PVs, por meio do somatório de vazões dos captadores (Exemplo: bocas de lobo contribuintes) e dos ramais de galeria à montante.

2.6.5. VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

A velocidade do escoamento é um parâmetro fundamental na definição da galeria a ser projetada ou verificada hidráulicamente. Se, em função da declividade do conduto e de suas dimensões o fluxo na galeria apresentar velocidades baixas, poderá ocorrer assoreamento ao longo de sua extensão. Porém, se a declividade for acentuada e a velocidade ultrapassar o limite máximo recomendado é necessário à adequação da declividade ou o redimensionamento do conduto, de forma a evitar a

ocorrência de fenômenos erosivos no interior da galeria, mantendo o tempo de vida útil de seus dispositivos.

Assim, os limites de velocidade d'água no interior das galerias serão os seguintes:

- $V_{min.} = 0,75$ (m/s);
- $V_{máx.} = 6,00$ (m/s) (ou velocidade de seção plena).

A velocidade pode ser calculada por meio da Equação 4.

$$v = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I}}{n}$$

Equação 4 – Velocidade

Onde:

- v - Velocidade (m/s);
- I - Declividade do conduto (m/m);
- R_h - Raio hidráulico (m);
- n - Coeficiente de rugosidade (adimensional).

O raio hidráulico (R_h) é obtido por meio da Equação 5:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

Equação 5 - Raio hidráulico

Em que:

- A_m – Área da seção molhada (m²);
- P_m – Perímetro molhado (m).

O coeficiente de rugosidade é adotado conforme o material empregado no dispositivo, como determinado na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores do coeficiente de rugosidade para diferentes materiais de revestimento

Material	Coeficiente (n)
Tubos em PEAD	0,010
Galerias ou bueiros em concreto	0,014
Canais trapezoidais ou retangulares:	
Em concreto	0,013
Alvenaria de Pedra Argamassada	0,025
Em gabiões	0,029
Em gabiões revestidos com concreto magro	0,018
Sem revestimento	0,030
Asfalto	0,013
Em concreto irregular	0,033
Revestido com grama em placas	0,030
Revestido com enrocamento bem construído	0,030
Concreto para sarjeta	0,015

2.6.6. CAPACIDADE MÁXIMA DA GALERIA

Para a obtenção do valor máximo suportado pela via e para o dimensionamento das galerias é empregada a equação da continuidade. Assim, a vazão máxima à seção plena nos condutos é obtida pela Equação 6 a seguir.

$$Q = v \cdot S$$

Equação 6 - Vazão

Em que:

- Q – Vazão (m³/s);
- v – Velocidade da seção plena, apresentada no item 2.6.5 - Velocidade de escoamento (m/s);

- S – Área da seção (m²).

Portanto, como critério de dimensionamento, a capacidade máxima da galeria deve ser superior à vazão que se deseja transportar.

2.6.7. RECOBRIMENTO MÍNIMO DA GALERIA

Nos locais por onde a tubulação passa e que fazem parte do sistema viário foi utilizado o recobrimento mínimo de 1,10 metro de forma a garantir a segurança estrutural das galerias.

2.6.8. BACIA DE INFILTRAÇÃO

A bacia de infiltração é uma depressão no terreno com finalidade de reduzir o volume de enxurradas. No projeto em questão, por sua vez, as águas pluviais captadas por meio de saídas e descidas d'água, bocas de lobo e, por fim, caixas coletoras serão descartadas em trinta e uma (31) bacias de infiltração projetadas nas proximidades da pista municipal. O volume da bacia, no formato de tronco de cone, foi obtido por meio da Equação 7.

$$V = \frac{\pi h}{3} \cdot (R^2 + Rr + r^2)$$

Equação 7 – Volume do Tronco do Cone

Em que:

- V - volume do tronco de cone;
- R – raio maior;
- r – raio menor;

O dimensionamento pode ser visualizado na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3 - Dimensionamento das Bacias de Infiltração

BACIA	PROF. (m)	R (m)	r (m)	z	VOLUME DA BACIA (m³)
BACIA 1	2.00	6.00	4.00	1.00	159.17
BACIA 2	2.00	5.50	3.50	1.00	129.33
BACIA 3	2.00	7.50	5.50	1.00	267.56
BACIA 4	2.00	6.00	4.00	1.00	159.17
BACIA 5	2.00	5.00	3.00	1.00	102.63
BACIA 6	2.00	6.00	4.00	1.00	159.17
BACIA 7	2.00	6.50	4.50	1.00	192.16
BACIA 8	2.00	6.00	4.00	1.00	159.17
BACIA 9	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 10	2.00	5.50	3.50	1.00	129.33
BACIA 11	2.00	5.00	3.00	1.00	102.63
BACIA 12	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 13	2.00	4.00	2.00	1.00	58.64
BACIA 14	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 15	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 16	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 17	2.00	5.50	3.50	1.00	129.33
BACIA 18	2.00	4.00	2.00	1.00	58.64
BACIA 19	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 20	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 21	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 22	2.00	4.00	2.00	1.00	58.64
BACIA 23	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 24	2.00	4.50	2.50	1.00	79.06
BACIA 25	2.00	4.00	2.00	1.00	58.64
BACIA 26	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 27	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 28	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 29	2.00	5.50	3.50	1.00	129.33
BACIA 30	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23
BACIA 31	2.00	3.00	1.00	1.00	27.23

Fonte: DAC Engenharia (2021)

Cabe ressaltar que as bacias foram dimensionadas para um tempo de concentração de 30 minutos e um tempo de retorno de 10 anos.

Além disso, por padronização todas as bacias foram projetadas com uma profundidade de 2,00 m e talude 1/1.

Por fim, as bacias de infiltração estarão a jusante de bueiros de greide e de valetas projetados. Para dissipação de energia das águas foi projetado dissipadores de pedra argamassada acoplados em todas as bacias.

2.6.9. DIMENSIONAMENTO DAS VALETAS

Para interceptar as águas que escorrem pelo terreno natural e, conseqüentemente, proteção de taludes e do corpo estradas foram projetadas valetas trapezoidais.

As valetas foram dimensionadas para um tempo de retorno de 10 anos e um tempo de concentração de 10 minutos. Utilizou-se, também, o Método Racional para cálculo da vazão de projeto. Na Tabela 4 estão dispostas as dimensões das valetas.

Tabela 4 - Dimensionamento das Valetas

VALETA	MATERIAL	COMPRIMENTO (m)	i (m/m)	BASE (m)	ALTURA (m)	z	LARGURA DE SUPERFÍCIE (m)	VELOCIDADE (m/s)
VALETA 1	CONCRETO	259.71	0.015	0.30	0.30	1.00	0.90	2.54
VALETA 2	CONCRETO	213.39	0.020	0.50	0.30	1.00	1.10	3.20
VALETA 3	CONCRETO	277.85	0.015	0.30	0.20	1.00	0.70	2.07
VALETA 4	GRAMA	273.38	0.025	0.60	0.30	1.50	1.50	1.73
VALETA 5	GRAMA	256.88	0.020	0.50	0.30	1.50	1.40	1.50
VALETA 6	GRAMA	217.22	0.005	0.50	0.30	1.50	1.40	0.75
VALETA 7	GRAMA	200.14	0.005	0.50	0.30	1.50	1.40	0.75
VALETA 8	GRAMA	129.57	0.005	0.50	0.30	1.50	1.40	0.75
VALETA 9	GRAMA	299.22	0.025	0.60	0.30	1.50	1.50	1.73
VALETA 10	GRAMA	297.44	0.015	0.60	0.30	1.50	1.50	1.34
VALETA 11	GRAMA	299.07	0.020	0.50	0.30	1.50	1.40	1.50
VALETA 12	GRAMA	399.12	0.015	0.50	0.30	1.50	1.40	1.30
VALETA 13	GRAMA	83.46	0.005	0.30	0.20	1.50	0.90	0.57
VALETA 14	GRAMA	379.10	0.020	0.30	0.20	1.50	0.90	1.13
VALETA 15	GRAMA	251.37	0.005	0.30	0.20	1.50	0.90	0.57
VALETA 16	GRAMA	188.86	0.015	0.50	0.30	1.50	1.40	1.30
VALETA 17	GRAMA	101.93	0.005	0.30	0.20	1.50	0.90	0.57
VALETA 18	GRAMA	47.06	0.005	0.30	0.20	1.50	0.90	0.57
VALETA 19	GRAMA	73.02	0.005	0.30	0.20	1.50	0.90	0.57
VALETA 20	GRAMA	148.08	0.020	0.30	0.20	1.50	0.90	1.13
VALETA 21	GRAMA	44.06	0.005	0.30	0.20	1.50	0.90	0.57
VALETA 22	GRAMA	17.90	0.005	0.30	0.20	1.50	0.90	0.57
VALETA 23	GRAMA	25.37	0.005	0.30	0.20	1.50	0.90	0.57
VALETA 24	GRAMA	175.96	0.015	0.30	0.20	1.50	0.90	0.98
VALETA 25	GRAMA	81.59	0.005	0.30	0.20	1.50	0.90	0.57
VALETA 26	GRAMA	125.06	0.005	0.30	0.20	1.50	0.90	0.57

Fonte: DAC Engenharia (2021)

Para escolha do revestimento das valetas foi analisado a velocidade máxima de escoamento da água de cada valeta. Em seguida, escolheu-se o revestimento, como pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 - Velocidades máximas admissíveis para a água

COBERTURA SUPERFICIAL	Velocidade máxima m/s
Gramma comum firmemente implantada	1,50 – 1,80
Tufos de grama com solo exposto	0,60 – 1,20
Argila	0,80 – 1,30
Argila coloidal	1,30 – 1,80
Lodo	0,35 – 0,85
Areia fina	0,30 – 0,40
Areia média	0,35 – 0,45
Cascalho fino	0,50 – 0,80
Silte	0,70 – 1,20
Alvenaria de tijolos	2,50
Concreto de cimento portland	4,50
Aglomerados consistentes	2,00
Revestimento betuminoso	3,00 – 4,00

Fonte: DNIT – Manual de Drenagem de Rodovias, 2006.

As valetas projetadas estão com velocidade variando de 0,57 m/s a 3,20 m/s. Portanto, vinte e três (23) valetas serão revestida com grama comum firmemente implantada, e três (3) valetas revestidas com concreto de cimento Portland. O concreto deverá ter espessura mínima de 0,08 m e resistência $F_{ck} / 15$ MPa para 28 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Hidroweb: Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em < <http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 26 ago. 2021.
- CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano. Manual Técnico de Projetos. Agosto de 2008.
- DER-SP – Projeto Padrão – PPS Drenagem. Disponível em: < <http://www.der.sp.gov.br/Website/Acessos/Documentos/Tecnicas.aspx> >
- PORTO, R.M. Hidráulica básica. 2. ed. São Carlos: EESC-USP, 1999.
- RAMOS., C.L.; BARROS, M.T.L.; PALOS, J.C.F., COORD. (1999) – Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município De São Paulo. Prefeitura do Município de São Paulo e Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – CTH, São Paulo.
- RIO DE JANEIRO (MUNICÍPIO). Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana. p. 60. Dezembro de 2010.
- SÃO PAULO (ESTADO). DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS. Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo. São Paulo: DAEE/CTH, 1999. 141p.
- SANTOS, L. C. C. Estimativa de vazões máximas de projeto por métodos determinísticos e probabilísticos. 2010. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.
- TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, ABRH, 2009. 943 p.

ANEXO I – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

PROJETO DE GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS

OBRAS DE DRENAGEM E PAVIMENTAÇÃO DA VIA DE INTERLIGAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL - PARQUE REAL AO BAIRRO ALGODÃO

coef. de esc. superf. :		0.75		tc inicial =		10 min																	
coef. de manning Concr./PEAD:		0.014		0.010		TR =		10 anos															
Trecho	Ext. (m)	Área de Contribuição (ha)		Δtc (min)	tc (min)	Intens. (mm/h)	Vazão (m³/s)	Seção (m)	Material	Decliv. (m/m)	Capac. Máxima seção pl. (m³/s)	Vproj (m/s)	y/D	COTAS (m)				Prof. da Galeria (m)		Degrau (m)			
		Parc.	Acum.											Terreno		Galeria		Mont.	Jus.				
Mont.	-	Jus.												Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.				
1	-	2	11.00	3.669	3.669	0.06	10.00	115.478	0.883	0.80	Concreto	0.0127	1.385	2.92	0.58	888.711	888.671	886.711	886.571	2.00	2.10	0.00	
2	-	3	4.00	0.111	3.780	0.02	10.06	115.336	0.908	0.80	Concreto	0.0135	1.428	3.01	0.58	888.671	887.317	886.571	886.517	2.10	0.80	0.00	
4	-	5	11.00	2.840	2.840	0.07	10.00	115.478	0.683	0.80	Concreto	0.0129	1.395	2.73	0.49	885.357	885.315	883.357	883.215	2.00	2.10	0.00	
5	-	6	13.00	0.088	2.928	0.09	10.07	115.312	0.703	0.80	Concreto	0.0084	1.122	2.36	0.57	885.315	883.956	883.215	883.106	2.10	0.85	0.00	
7	-	8	11.00	5.503	5.503	0.06	10.00	115.478	1.324	0.80	Concreto	0.0130	1.400	3.15	0.78	879.406	879.363	877.406	877.263	2.00	2.10	0.00	
8	-	9	26.00	0.517	6.020	0.17	10.06	115.336	1.446	1.00	Concreto	0.0071	1.873	2.62	0.66	879.363	878.029	877.063	876.879	2.30	1.15	0.20	
10	-	11	11.00	3.237	3.237	0.06	10.00	115.478	0.779	0.80	Concreto	0.0128	1.390	2.85	0.53	881.311	881.270	879.311	879.170	2.00	2.10	0.00	
11	-	12	11.00	0.257	3.494	0.07	10.06	115.336	0.839	0.80	Concreto	0.0086	1.141	2.47	0.64	881.270	879.875	879.170	879.075	2.10	0.80	0.00	
13	-	14	11.00	1.839	1.839	0.08	10.00	115.478	0.442	0.80	Concreto	0.0128	1.390	2.43	0.38	886.780	886.739	884.780	884.639	2.00	2.10	0.00	
14	-	15	24.00	0.103	1.942	0.23	10.08	115.288	0.467	0.80	Concreto	0.0050	0.872	1.76	0.52	886.739	885.318	884.639	884.518	2.10	0.80	0.00	
16	-	17	11.00	3.097	3.097	0.07	10.00	115.478	0.745	0.80	Concreto	0.0129	1.395	2.82	0.52	894.581	894.539	892.581	892.439	2.00	2.10	0.00	
17	-	18	5.00	0.133	3.231	0.04	10.07	115.312	0.776	0.80	Concreto	0.0060	0.951	2.10	0.69	894.539	893.259	892.439	892.409	2.10	0.85	0.00	
19	-	20	11.00	4.396	4.396	0.05	10.00	115.478	1.058	0.80	Concreto	0.0178	1.640	3.46	0.58	896.951	896.955	894.951	894.755	2.00	2.20	0.00	
20	-	21	10.00	0.077	4.473	0.06	10.05	115.359	1.075	0.80	Concreto	0.0104	1.252	2.79	0.71	896.955	895.601	894.755	894.651	2.20	0.95	0.00	
22	-	23	11.00	3.044	3.044	0.07	10.00	115.478	0.732	0.80	Concreto	0.0128	1.390	2.79	0.51	900.238	900.197	898.238	898.097	2.00	2.10	0.00	
23	-	24	31.00	0.071	3.115	0.24	10.07	115.312	0.748	0.80	Concreto	0.0062	0.966	2.11	0.66	900.197	898.705	898.097	897.905	2.10	0.80	0.00	
25	-	26	11.00	0.342	0.342	0.16	10.00	115.478	0.082	0.80	Concreto	0.0054	0.899	1.13	0.20	904.147	904.188	902.147	902.088	2.00	2.10	0.00	
26	-	27	12.00	0.268	0.610	0.15	10.16	115.099	0.146	0.80	Concreto	0.0058	0.938	1.36	0.26	904.188	902.818	902.088	902.018	2.10	0.80	0.00	
28	-	29	11.00	2.221	2.221	0.07	10.00	115.478	0.534	0.80	Concreto	0.0128	1.390	2.59	0.43	918.671	918.630	916.671	916.530	2.00	2.10	0.00	
29	-	30	12.00	0.187	2.407	0.09	10.07	115.312	0.578	0.80	Concreto	0.0084	1.127	2.25	0.51	918.630	917.279	916.530	916.429	2.10	0.85	0.00	
31	-	32	11.00	1.262	1.262	0.12	10.00	115.478	0.304	0.80	Concreto	0.0054	0.899	1.59	0.39	932.217	932.258	930.217	930.158	2.00	2.10	0.00	
32	-	33	19.00	0.096	1.358	0.18	10.12	115.194	0.326	0.80	Concreto	0.0069	1.023	1.79	0.38	932.258	930.726	930.158	930.026	2.10	0.70	0.00	

PROJETO DE GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS

OBRAS DE DRENAGEM E PAVIMENTAÇÃO DA VIA DE INTERLIGAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL - PARQUE REAL AO BAIRRO ALGODÃO

coef. de esc. superf. :		0.75		tc inicial =		10 min																
coef. de manning Concr./PEAD:		0.014		0.010		TR =		10 anos														
Trecho	Ext. (m)	Área de Contribuição (ha)		Δtc (min)	tc (min)	Intens. (mm/h)	Vazão (m³/s)	Seção (m)	Material	Decliv. (m/m)	Capac. Máxima seção pl. (m³/s)	Vproj (m/s)	y/D	COTAS (m)				Prof. da Galeria (m)		Degrau (m)		
		Parc.	Acum.											Terreno		Galeria		Mont.	Jus.		Mont.	Jus.
Mont.	-	Jus.												Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.			
34	-	35	11.00	2.375	2.375	0.10	10.00	115.478	0.571	0.80	Concreto	0.0054	0.899	1.90	0.58	924.116	924.157	922.116	922.057	2.00	2.10	0.00
35	-	36	14.00	0.045	2.420	0.12	10.10	115.241	0.581	0.80	Concreto	0.0052	0.887	1.88	0.59	924.157	922.684	922.057	921.984	2.10	0.70	0.00
37	-	38	11.00	0.593	0.593	0.14	10.00	115.478	0.143	0.80	Concreto	0.0054	0.899	1.31	0.26	916.313	916.354	914.313	914.254	2.00	2.10	0.00
38	-	39	8.00	0.281	0.874	0.08	10.14	115.147	0.210	0.80	Concreto	0.0071	1.036	1.63	0.30	916.354	915.047	914.254	914.197	2.10	0.85	0.00
40	-	41	11.00	0.316	0.316	0.13	10.00	115.478	0.076	0.80	Concreto	0.0127	1.385	1.38	0.14	920.746	920.706	918.746	918.606	2.00	2.10	0.00
41	-	42	8.00	0.064	0.380	0.11	10.13	115.170	0.091	0.80	Concreto	0.0075	1.063	1.27	0.18	920.706	919.946	918.606	918.546	2.10	1.40	0.00
43	-	44	11.00	0.877	0.877	0.09	10.00	115.478	0.211	0.80	Concreto	0.0128	1.390	2.02	0.26	904.392	904.351	902.392	902.251	2.00	2.10	0.00
44	-	45	9.00	0.566	1.442	0.09	10.09	115.265	0.346	0.80	Concreto	0.0052	0.887	1.66	0.43	904.351	903.004	902.251	902.204	2.10	0.80	0.00
46	-	47	11.00	0.183	0.183	0.14	10.00	115.478	0.044	0.80	Concreto	0.0128	1.389	1.27	0.12	909.988	909.947	907.988	907.847	2.00	2.10	0.00
47	-	48	18.00	0.233	0.417	0.24	10.14	115.147	0.100	0.80	Concreto	0.0067	1.002	1.26	0.20	909.947	908.528	907.847	907.728	2.10	0.80	0.00
49	-	50	50.00	0.764	0.764	0.25	10.00	115.478	0.184	0.60	Concreto	0.0524	1.306	3.30	0.25	920.387	917.815	918.687	916.065	1.70	1.75	0.00
50	-	51	50.00	0.287	1.051	0.25	10.25	114.888	0.252	0.60	Concreto	0.0413	1.159	3.28	0.31	917.815	915.699	916.065	913.999	1.75	1.70	0.00
51	-	52	25.00	0.286	1.337	0.13	10.50	114.306	0.318	0.60	Concreto	0.0353	1.071	3.28	0.37	915.699	914.817	913.999	913.117	1.70	1.70	0.00
52	-	53	25.00	0.086	1.423	0.13	10.63	114.006	0.338	0.60	Concreto	0.0302	0.991	3.16	0.40	914.817	914.061	913.117	912.361	1.70	1.70	0.00
53	-	54	30.00	0.051	1.473	0.16	10.76	113.708	0.349	0.60	Concreto	0.0265	0.929	3.05	0.42	914.061	913.315	912.361	911.565	1.70	1.75	0.00
54	-	55	50.00	0.000	1.473	0.32	10.92	113.344	0.348	0.60	Concreto	0.0178	0.762	2.63	0.47	913.315	912.473	911.565	910.673	1.75	1.80	0.00
55	-	56	50.00	0.211	1.684	0.40	11.24	112.626	0.395	0.60	Concreto	0.0088	0.536	2.07	0.64	912.473	912.031	910.673	910.231	1.80	1.80	0.00
56	-	57	40.00	0.282	1.966	0.30	11.64	111.744	0.458	0.60	Concreto	0.0100	0.572	2.24	0.68	912.031	911.729	910.231	909.829	1.80	1.90	0.00
57	-	58	30.00	0.180	2.146	0.20	11.94	111.094	0.497	0.60	Concreto	0.0132	0.654	2.53	0.65	911.729	911.384	909.829	909.434	1.90	1.95	0.00
58	-	59	30.00	0.140	2.286	0.18	12.14	110.666	0.527	0.60	Concreto	0.0163	0.729	2.80	0.63	911.384	910.744	909.434	908.944	1.95	1.80	0.00
59	-	60	50.00	0.157	2.442	0.22	12.32	110.285	0.561	0.60	Concreto	0.0329	1.034	3.73	0.52	910.744	909.000	908.944	907.300	1.80	1.70	0.00
60	-	61	30.00	0.215	2.657	0.23	12.54	109.823	0.608	0.80	Concreto	0.0072	1.044	2.15	0.55	909.000	907.783	907.100	906.883	1.90	0.90	0.20
62	-	63	11.00	0.385	0.385	0.13	10.00	115.478	0.093	0.80	Concreto	0.0086	1.141	1.36	0.18	900.443	900.398	898.443	898.348	2.00	2.05	0.00
63	-	64	13.00	0.080	0.465	0.18	10.13	115.170	0.112	0.80	Concreto	0.0053	0.895	1.21	0.23	900.398	899.129	898.348	898.279	2.05	0.85	0.00
65	-	66	11.00	0.375	0.375	0.14	10.00	115.478	0.090	0.80	Concreto	0.0082	1.111	1.33	0.18	898.662	898.622	896.662	896.572	2.00	2.05	0.00
66	-	67	8.00	0.209	0.584	0.09	10.14	115.147	0.140	0.80	Concreto	0.0079	1.090	1.47	0.23	898.622	897.259	896.572	896.509	2.05	0.75	0.00