

5.3.**PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL****5.3.1 Introdução****5.3.1.1 Objetivo**

O presente trabalho objetiva o projetamento do sistema de drenagem pluvial do sistema viário do acesso ao povoado Rita Cacete, no estado de Sergipe. O projeto é exposto em plantas, perfis e seções projetadas e que servirão para adequar e complementar, no que for possível, o sistema já existente.

5.3.1.2 Descrição da área drenada**5.3.1.2.1 Situação**

A pista desenvolve-se no caminhamento existente, ligação do povoado Rita Cacete e a BR-101, próximo ao município de Itaporanga d'Ajuda.

5.3.1.3 Limites

A área específica do Projeto limita-se com os seguintes elementos notáveis:

Ao Norte: com terrenos adjacentes e destacando-se a linha férrea;

Ao Sul: com afluentes que levam ao Rio Vaza Barris;

À Leste: com os povoados e existentes e o litoral do Oceano Atlântico;

Ao Oeste: com o município de Itaporanga d'Ajuda.

5.3.1.4 Ocupação

As regiões que sofrem influência direta do sistema distribuem-se ao longo do percurso da via, sendo drenados terrenos laterais à mesma. Destaca-se a existência de sítios e chácaras no caminhamento da estrada.

5.3.1.5 Relevo

A área objeto do projeto é uma área de relevo com alguma ondulação, composta por elevações de altitudes moderadas mas que definem bem os limites da bacias.

5.3.1.6 Hidrografia

A região tem como presente o riacho Pindoba, próximo à BR-101, e que cruza a via em local próximo à interseção com a BR. Alguns caminhos d'água encontram-se ao longo da estrada atravessando a mesma com vazões menores.

5.3.2 Elementos para o projeto

Foram realizados serviços preliminares de topografia, constando do levantamento planialtimétrico cadastral da área. Também foram feitos estudos em restituição aerofotogramétrica e observações de campo com informações de moradores locais complementares à coleta de elementos para o projeto.

5.3.2.1 Desenhos

Foram obtidos desenhos de planta e perfil representativos do levantamento topográfico e projeto geométrico em escalas diversas, assim como outros detalhes de relevância para a concepção do projeto de drenagem.

5.3.3 Projeto

5.3.3.1 Diretrizes Básicas

Foram seguidos os seguintes princípios e diretrizes para a elaboração do projeto:

- Foram adotados períodos de retorno de 10 anos para a micro, e de 50 anos para a macrodrenagem, com verificações para vazões de 100 anos nos canais de maior vazão;
- O tempo de entrada inicial para o sistema de micro foi definido como igual a 6 minutos;

- O tempo de concentração para o sistema macro foi estimado através da fórmula do “Califórnia Highway and Public Roads”, e tendo seus resultados comparados com outras metodologias, na forma:

$T_c = 57 (L^3 / \Delta H)^{0,385}$, e possíveis variações, onde:

T_c = tempo de concentração em minutos;

L = distância entre o ponto estudado e o ponto mais distante do talvegue, em metros;

ΔH = diferença de nível entre o ponto estudado e o ponto mais distante do talvegue, em metros.

- o coeficiente de escoamento superficial para o sistema micro ficou igual a 0,70;
- o coeficiente de escoamento superficial para o sistema macro foi estimado pela média ponderada das área e usos;
- as velocidades do fluxo foram limitadas a 8,0m/s e 0,75m/s para máxima e mínima respectivamente, no estudo da micro drenagem.

5.3.3.2 Traçado

No caso da microdrenagem os alinhamentos dos condutos se desenvolvem pelo eixo das vias estudadas, conforme demonstrado em plantas e perfis de cada uma delas.

No caso da macro, o traçado segue o talvegue natural e o caminhamento demonstrado em planta.

5.3.3.3 Perfis

Os perfis dos condutos seguem greides predeterminados pelos pontos fundos de jusante, e pelo Projeto Geométrico.

5.3.3.4 Seções

Foram projetadas seções circulares, comerciais, além de transposições retangulares.

5.3.3.5 Lançamentos

As travessias e lançamentos são efetuados nos pontos baixos da via, em locais adequados

para os mesmos.

5.3.3.6 Resultados

Os resultados encontrados nos cálculos hidrológicos e hidráulicos estão traduzidos nos desenhos e planilhas anexos ao trabalho, constando de:

- plantas com layout do escoamento;
- perfis dos diversos condutos;
- detalhes construtivos dos dispositivos;
- planilha de cálculo;
- quadro de quantidades.

5.3.4 Memória de Cálculo

5.3.4.1 Cálculo Hidrológico

Para o cálculo das vazões de projeto foi utilizado, dentre outros, o Método Racional com a fórmula:

$$Q = (C \cdot i \cdot A / 360) \quad , \text{ onde :}$$

Q = descarga de projeto, em m³/s;

C = coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

i = intensidade da chuva em mm/h;

A = área da bacia em ha;

5.3.4.2 Cálculo Hidráulico

5.3.4.2.1 Macrodrenagem

Para o dimensionamento dos canais, foram seguidas as fórmulas de Manning e a equação da continuidade, que resultam na expressão:

$$(Q \cdot \eta) / [(b^{8/3}) \cdot (i^{1/2})] \quad , \text{ onde :}$$

Q = descarga máxima, em m^3/s ;
 η = coeficiente de rugosidade adimensional;
 b = largura da base no conduto, em m;

5.3.4.2.2 Microdrenagem

O dimensionamento dos condutos periféricos da macrodrenagem e das tubulações da microdrenagem foi empregada a Equação de Manning:

$$V = [(Rh^{2/3}) \cdot (i^{1/2})] / \eta \quad \text{onde:}$$

V = velocidade do fluxo no conduto, em m/s;
 Rh = raio hidráulico, em m;
 i = declividade do conduto, em m/m;
 η = coeficiente de rugosidade, adimensional.

Conjuntamente com a equação da continuidade:

$$Q = A \cdot V \quad \text{onde:}$$

Q = vazão, em m^3/s ;
 A = área molhada da seção, em m^2 ;
 V = velocidade do fluxo, em m/s.

As sarjetas tiveram a largura de seus espelhos maximizada no seu trecho inicial, respeitando a altura limite no meio-fio. Procurou-se limitar a distância entre poços em 60,00 metros. Para o cálculo da largura do implúvio, foi utilizada a equação:

$$Q_0 = 0,375 \cdot i^{0,5} \cdot (Z/\eta) \cdot y_0^{8/3}, \text{ onde:}$$

i = inclinação longitudinal da sarjeta, do greide da pista, em m/m;
 $Z = (y_0/w_0)$ inverso da declividade transversal (m/m);
 y_0 = altura máxima de água no espelho do meio-fio, lâmina d'água (m);
 w_0 = largura máxima do espelho d'água (m);
 η = rugosidade do piso à ser drenado, adimensional.

5.3.4.2.3 Resultados

Todos os resultados encontrados estão explícitos no corpo do projeto, constando de:

- ✓ Localização de todos os elementos em planta geral;
- ✓ Plantas e/ou perfis dos condutos, devidamente cotados;
- ✓ Detalhes construtivos dos dispositivos projetados; e,
- ✓ Quantitativos das obras e serviços.

Variação da Equação de Kirpich: $T_c = \{0,294 \cdot L / [(i\%)^{0,5}]\}^{0,77}$, onde:

T_c = Tempo de concentração, em h ;

L = Extensão do talvegue principal, em km ;

i = Declividade efetiva do talvegue em %.

$$i = \{L / [(L_1/i_1^{0,5}) + (L_2/i_2^{0,5}) + (L_n/i_n^{0,5})]\}^2$$

L = Comprimento total do talvegue em Km;

$L_1, L_2 \dots L_n$ = Comprimentos Parciais do Talvegue em Km;

$i_1, i_2 \dots i_n$ = Declividades Parciais em m/m.

Métodos de medição de vazões:

NRCS (SCS – Soil Conservation Service)

$$T_a = T_p + D / 2$$

Sendo:

T_a = tempo de ascensão ou seja tempo de base do hidrograma unitário;

D = duração da chuva unitária;

T_p = tempo de retardamento

$$T_p(\text{min}) = 0,60 \cdot T_c(\text{min})$$

Onde:

T_c = tempo de concentração

Ou seja:

$$T_a = 0,6 \cdot T_c + D / 2 \quad , \quad D = 0,133 \cdot T_c$$

$$T_a = (10 / 9) \cdot T_p$$

A vazão de pico Q_p é definida pelo SCS como sendo:

$$Q_p(\text{m}^3/\text{s}) = 2,08 \cdot A / T_a$$

Onde:

A = área da bacia (km²) e

Ta = tempo de ascensão em horas que vai do início da chuva até a vazão de pico do hidrograma.

Hidrograma Triangular Sintético:

“U.S.A. Soil Conservation Service”: 400m² > Área > 10km²

$$Q_p = K \cdot A \cdot q_m / T_p$$

onde:

Q_p = vazão de pico em m³/s;

K = constante empírica de 0,20836;

A = área da bacia, em km²;

T_p = tempo de pico do hidrograma.

$$T_p = 2 \cdot (T_c / 2)^{0.5} + 0,6 \cdot T_c$$

T_c = tempo de concentração

$$q_m = (P - 5,08 \cdot S)^2 / (P + 20,32 \cdot S) , \text{ onde:}$$

$$S = (1000 / CN) - 10$$

P = Altura acumulada da precipitação, a contar do início da chuva, em mm;

CN = curva correspondente ao complexo solo/vegetação.

| UTILIZAÇÃO DA TERRA | CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE | TIPOS DE SOLO | | | |
|------------------------------|--------------------------------------|---------------|----|----|----|
| | | A | B | C | D |
| Terrenos Cultivados | Sulcos retilíneos | 77 | 86 | 91 | 94 |
| | Fileiras retas | 70 | 80 | 87 | 90 |
| Plantações Regulares | Em curvas de nível | 67 | 77 | 83 | 87 |
| | Terraceado em nível | 64 | 73 | 79 | 82 |
| | Fileiras retas | 64 | 76 | 84 | 88 |
| Cereais | Em curvas de nível | 62 | 74 | 82 | 85 |
| | Terraceado em nível | 60 | 71 | 79 | 82 |
| | Fileiras retas | 62 | 75 | 83 | 87 |
| Legumes ou Campos Cultivados | Em curvas de nível | 60 | 72 | 81 | 84 |
| | Terraceado em nível | 57 | 70 | 78 | 89 |
| | Pobres | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | Normais | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | Boas | 39 | 61 | 74 | 80 |
| Pastagens | Pobres, em curvas de nível | 47 | 67 | 81 | 88 |
| | Normais, em curvas de nível | 25 | 59 | 75 | 83 |
| | Boas, em curvas de nível | 6 | 35 | 70 | 79 |
| Campos Permanentes | Normais | 30 | 58 | 71 | 78 |
| | Esparsas, de baixa transpiração | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | Normais Densas, de alta transpiração | 25 | 55 | 70 | 77 |
| Chácaras | Normais | 59 | 74 | 82 | 86 |
| Estradas de terra | Más | 72 | 82 | 87 | 89 |
| | De superfície duro | 74 | 84 | 90 | 92 |

MEMORIA DE CÁLCULO:**Riacho Pindoba:**

Nos cálculos em sequência foram utilizados os coeficientes $C=0,50$ e $CN=60$, após observações no Google Earth, e dos ensaios geotécnicos, por considerarem-se as áreas com solos argilosos, e com alguma vegetação ao longo dos córregos.

Bacia H (cálculo considerando toda a bacia):

Tempo de concentração:

Kirpich: 70,21min

DNOS: 95,74min

Área da bacia: 1233ha

Extensão do talvegue: 5420m

Declividade média: 0,01688m/m

Intensidade pluviométrica: 89,92mm/h

Precipitação pluviométrica: 143,87mm

Vazão de pico:

Racional com coeficiente de retardo: $56,48\text{m}^3/\text{s}$

Soil Conservation Service: $12,33\text{m}^3/\text{s}$

Hidrograma Triangular Unitário: $40,56\text{m}^3/\text{s}$

Hoje, no local, existe uma obra d'arte com vão aproximado de $12,00\text{m}^2$, com uma modesta lâmina d'água passando constantemente, mas sua largura não comporta a nova via, devendo ser aterrada com o desvio a ser realizado para a construção da nova seção.

Cálculo do dispositivo de travessia:

Vazão de pico (m^3/s)= $56,48\text{m}^3/\text{s}$ (100 anos)

Bueiro Duplo Celular de Concreto (DNIT):

$S=2 \times 3,0 \times 3,0\text{m}$ $y=2,05\text{m}$ $b=2 \times 3,0\text{m}$ $\eta=0,014$ $i=0,005\text{m/m}$

$y/b=0,682$ $K2=0,2987$ $V=4,59\text{m/s}$



Vazão de pico (m^3/s)= $56,48\text{m}^3/\text{s}$ (100 anos)

BUEIRO METÁLICO:

2 x $\text{Ø}3,20\text{m}$ $y=2,86\text{m}$ $\eta=0,024$ $i=0,0085\text{m/m}$
 $y/\text{Ø}=0,892$ $K1=0,656$ $V=3,73\text{m/s}$

Bueiro 01 - interseção com a BR-101:

E-05+00,00 do eixo principal

Área da bacia: 21,50ha

 $i(\text{mm/h})=160,00$ $T_c=10,0\text{min}$ $Q(\text{m}^3/\text{s})=6,70$ $C=0,70$

Dispositivo de drenagem:

BTTC $\phi 1,0\text{m}$ $\eta=0,014$ $i=\text{plano}$ $y= \text{--}$ $v= \text{--}$ **Bueiro 02:**

E-33+00,00 do eixo principal

Área da bacia: 4,35ha

 $i(\text{mm/h})=160,00$ $T_c=10,0\text{min}$ $Q(\text{m}^3/\text{s})=1,35$ $C=0,70$

Dispositivo de drenagem:

BSTC $\phi 1,0\text{m}$ $\eta=0,014$ $i=0,010\text{m/m}$ $y=0,56\text{m}$ $v=2,97\text{m/s}$ **Bueiro 03:**

E-45+00,00 do eixo principal

Área da bacia: 6,3ha

 $i(\text{mm/h})=160,00$ $T_c=10,0\text{min}$ $Q(\text{m}^3/\text{s})=1,96$ $C=0,70$

Dispositivo de drenagem:

BSTC $\phi 1,00\text{m}$ $\eta=0,014$ $i=0,010\text{m/m}$ $y=0,73\text{m}$ $v=3,20\text{m/s}$ **Bueiro 04:**

E-64+00,00 do eixo principal

Área da bacia: 2,3ha

 $i(\text{mm/h})=160,00$ $T_c=10,0\text{min}$ $Q(\text{m}^3/\text{s})=0,72$ $C=0,70$

Dispositivo de drenagem:

BSTC $\phi 0,80\text{m}$ $\eta=0,014$ $i=0,010\text{m/m}$ $y=0,44\text{m}$ $v=2,54\text{m/s}$ **Bueiro 05:**

E-78+00,00 do eixo principal

Área da bacia: 4,6ha

 $i(\text{mm/h})=160,00$ $T_c=10,0\text{min}$ $Q(\text{m}^3/\text{s})=1,44$ $C=0,70$

Dispositivo de drenagem:

Aduela S: 1,2x0,5m

 $\eta=0,014$ $i=0,010\text{m/m}$ $y=0,42\text{m}$ $v=2,82\text{m/s}$ **Bueiro 06:**

E-92+00,00 do eixo principal

Área da bacia: 3,15ha

 $i(\text{mm/h})=160,00$ $T_c=10,0\text{min}$ $Q(\text{m}^3/\text{s})=0,98$ $C=0,70$

Dispositivo de drenagem:

Aduela S: 1,2x0,5m

 $\eta=0,014$ $i=0,010\text{m/m}$ $y=0,32\text{m}$ $v=2,53\text{m/s}$

Bueiro 07:

E-125+00,00 do eixo principal

Área da bacia: 10,0ha

Tc=10,0min

C=0,70

i(mm/h)=160,00

Q(m³/s)=3,12

Dispositivo de drenagem:

BDTC ø1,00m (já construído) OK!!!

Bueiro 08:

E-146+10,00 do eixo principal

Área da bacia: 13,5ha

Tc=10,0min

C=0,70

i(mm/h)=160,00

Q(m³/s)=4,20

Dispositivo de drenagem:

BTTC ø1,00m

i=0,010m/m

y=0,57m

v=2,99m/s

η=0,014

Bueiro 09:

E-171+10,00 do eixo principal

Área da bacia: 2,2ha

Tc=10,0min

C=0,70

i(mm/h)=160,00

Q(m³/s)=1,01

Dispositivo de drenagem:

BSTC ø0,80m

i=0,010m/m

y=0,55m

v=2,73m/s

η=0,014

----- SARJETAS -----

Dispositivo de drenagem:

| | | | |
|------------------------|---|--|-----------------|
| STC-02 $\eta=0,014$ | $i=0,030\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=0,392\text{m}^3/\text{s}$ | $v=3,02\text{m/s}$ $S(\text{ha})=0,619$ | $L(\text{m})=m$ |
| STC-02 $\eta=0,014$ | $i=0,040\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=0,411\text{m}^3/\text{s}$ | $v=3,48\text{m/s}$ $S(\text{ha})=0,649$ | $L(\text{m})=m$ |
| STC-02 $\eta=0,014$ | $i=0,050\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=0,506\text{m}^3/\text{s}$ | $v=3,89\text{m/s}$ $S(\text{ha})=0,799$ | $L(\text{m})=m$ |
| STC-02 $\eta=0,014$ | $i=0,060\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=0,555\text{m}^3/\text{s}$ | $v=4,26\text{m/s}$ $S(\text{ha})=0,876$ | $L(\text{m})=m$ |
| STC-02 $\eta=0,014$ | $i=0,070\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=0,600\text{m}^3/\text{s}$ | $v=4,61\text{m/s}$ $S(\text{ha})=0,947$ | $L(\text{m})=m$ |
| STC-02 $\eta=0,014$ | $i=0,080\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=0,640\text{m}^3/\text{s}$ | $v=4,93\text{m/s}$ $S(\text{ha})=1,01$ | $L(\text{m})=m$ |

----- VALETAS -----

Dispositivo de drenagem:

| | | | |
|------------------------|--|---------------------------------------|-----------------|
| VPC-03 $\eta=0,014$ | $i=0,010\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=0,54\text{m}^3/\text{s}$ | $v=1,58\text{m/s}$ $S(\text{ha})=$ | $L(\text{m})=m$ |
| VPC-03 $\eta=0,014$ | $i=0,020\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=0,76\text{m}^3/\text{s}$ | $v=2,23\text{m/s}$ $S(\text{ha})=$ | $L(\text{m})=m$ |
| VPC-03 $\eta=0,014$ | $i=0,030\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=0,94\text{m}^3/\text{s}$ | $v=2,73\text{m/s}$ $S(\text{ha})=$ | $L(\text{m})=m$ |
| VPC-03 $\eta=0,014$ | $i=0,040\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=1,08\text{m}^3/\text{s}$ | $v=3,16\text{m/s}$ $S(\text{ha})=$ | $L(\text{m})=m$ |
| VPC-03 $\eta=0,014$ | $i=0,050\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=1,21\text{m}^3/\text{s}$ | $v=3,53\text{m/s}$ $S(\text{ha})=$ | $L(\text{m})=m$ |
| VPC-03 $\eta=0,014$ | $i=0,060\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=1,33\text{m}^3/\text{s}$ | $v=3,86\text{m/s}$ $S(\text{ha})=$ | $L(\text{m})=m$ |
| VPC-03 $\eta=0,014$ | $i=0,070\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=1,43\text{m}^3/\text{s}$ | $v=4,17\text{m/s}$ $S(\text{ha})=$ | $L(\text{m})=m$ |
| VPC-03 $\eta=0,014$ | $i=0,080\text{m/m}$ $Q(\text{máx})=1,53\text{m}^3/\text{s}$ | $v=4,46\text{m/s}$ $S(\text{ha})=$ | $L(\text{m})=m$ |

Obras consultadas:

- Prefeitura do Rio de Janeiro - Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Dispositivos de Drenagem (2010);
- Engenharia de Drenagem Superficial – Paulo Sampaio Wilken, CETESB, São Paulo, Brasil (1978);
- Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – Sistema de Microdrenagem (2004);
- Drenagem de Rodovias - Estudos Hidrológicos e Projeto de Drenagem – Eng. Marcos Augusto Jabor, (2008);
- Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais – Eng. Plínio Tomaz, São Paulo, Navegar Editora, (2011);
- Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado de Sergipe, Recife – EMBRAPA Centro de Pesquisas Pedológicas, 1975;
- Os Resíduos sólidos no Município de Aracaju e os Desafios para sua Sustentabilidade, São Cristóvão, SE, 2001, 63 p. (Monografia curso de Especialização em Gestão Ambiental de Recursos Hídricos e Meio Ambiente);
- Emprego de Ferramentas Computacionais na Determinação de Chuvas Intensas: Um Instrumento Adicional para o Ensino de Hidrologia. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2002, In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 6 pg., Maceió – AL, 2002, CD-ROM;
- Hidrologia, 2ª edição revisada e atualizada, Lucas Nogueira Garcez – Guillermo A. Costa Alvarez, São Paulo: Edgard Blucher, 1998, 291pg;
- Drenagem de Rodovias – Estudos Hidrológicos e Projeto de Drenagem, Marcus Augusto Jabor, 2008;
- Hidrologia Estatística, Mauro Naguezzini – Eber José de Andrade Pinto, Belo Horizonte, CPRM, 2007, 552 pg;
- Chuvas Intensas no Brasil: Relação entre Precipitação, Duração e Frequência de Chuvas Registradas com Pluviógrafos em 98 Postos Meteorológicos. 2ª edição. Rio de Janeiro: DNOS, 1982, 426 pg;
- Práticas Hidrológicas, José Jaime Torrico Taborga, Rio de Janeiro: Transcon, 1974, 119 pg;
- Hidrologia – Ciência e Aplicação, Carlos E. M. Tucci, Porto Alegre: ABRH, 1993, 942 pg;
- Hidrologia Aplicada, Swami Marcondes Villela – Arthur Mattos, São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245 pg;
- Engenharia de Drenagem Superficial, Paulo Sampaio Wilker, 18ª edição, São Paulo: CETESB, 1978, 478 pg;
- Departamento de Águas e Energia Elétrica – São Paulo / SP – Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas;
- Manual Técnico - Revestimento de Canais, Maccaferri;
- Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais – Gerenciamento do Sistema de Drenagem Urbana, Prefeitura de São Paulo (2012);
- Projeto de Canais e Reservatórios de Retenção para Drenagem Urbana, Martins (2001);
- Curso de Manejo de Águas Pluviais, Tomaz (2011);
- Drenagem Urbana e Controle de Erosão, Tucci, Collischonn;