

# PROJETO EXECUTIVO DE REQUALIFICAÇÃO DAS VIAS TANCREDO NEVES, PARAÍSO E GETÚLIO VARGAS, DE LUÍS EDUARDO MAGALHÃES

## ETAPA 1

### PROJETO DE DRENAGEM

## MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

JANEIRO/2019

Nº DOCUMENTO:	DRE
---------------	-----

**PRÉFECTURA MUNICIPAL DE LUÍS EDUARDO MAGALHÃES**

Oziel Oliveira  
**Prefeito**

**SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO**

Vanderlino Cândido Rodrigues  
**Secretário Municipal**

**João Batista Poyer**  
CREA/PR: 9.567-D

Engenheiro Agrônomo/ Responsável Técnico

## SUMÁRIO

<b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>3. CONCEPÇÃO DO PROJETO DE DRENAGEM.....</b>	<b>9</b>
<b>4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....</b>	<b>11</b>
4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	11
4.2. ELEMENTOS E DADOS UTILIZADOS .....	11
4.3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA REGIÃO .....	13
4.4. PARÂMETROS HIDROLÓGICOS .....	16
<b>CARACTERÍSTICAS DA SUPERFÍCIE.....</b>	<b>25</b>
4.4.1. Roteiro de cálculo.....	32
<b>5. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO .....</b>	<b>35</b>
5.1. METODOLOGIA E FORMULÁRIO DE DRENAGEM .....	36
<b>6. RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>39</b>
<b>7. RESULTADOS OBTIDOS.....</b>	<b>41</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>42</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

A Prefeitura Municipal de Luís Eduardo Magalhães apresenta o Projetos de Drenagem / Memorial Descritivo e de Cálculo, realizados na área destinada à **Requalificação das Avenidas Tancredo Neves, Paraíso e da Rua Getúlio Vargas**, no município de Luís Eduardo Magalhães/BA.

Os projetos foram divididos em Etapa 1 e Etapa 2, referentes às etapas de construção. Este volume consiste em dados para a **Etapa 1**.

Pela sua localização geográfica, o traçado das ruas projetadas acompanha o sistema viário existente e da mesma forma que este, os seus eixos também intercepta ou acompanham algumas linha de macrodrenagem e diversos trechos formadores de pontos baixos do “greide” que ficam submetidos a alagamentos constantes devido à deficiência ou ausência de um sistema de drenagem adequado e compatível com a importância da zona urbana da cidade.

Este trabalho tem por objetivo apresentar os estudos hidrológicos específicos de engenharia para drenagem urbana, a delimitação da área de contribuição que interfere direta ou indiretamente nas ruas contempladas e na concepção do sistema de drenagem proposta para a área de intervenção.

Para a elaboração dos trabalhos de drenagem pluvial na área de intervenção, foram consultados estudos e projetos existentes, as plantas do projeto geométrico em planta e perfil, seções de terraplenagem, seção tipo de pavimentação e também foi visitado o sítio das obras. Todos esses elementos serviram de base para nortear a concepção do sistema, e as soluções que estão sendo propostas para viabilização técnica e econômica da obra.

Inicialmente foi feito o estudo das condições de drenagem das águas de chuva coletadas pelas áreas contribuintes de drenagem definidas em planta, para em seguida poder se conceber e detalhar as obras de drenagem viáveis técnica e economicamente, visando alcançar os seguintes objetivos:

- Definir o caimento topográfico do terreno para onde converge o fluxo natural das águas pluviais que afluem em direção a pista e escolher locais adequados de deságue que tenham o mínimo de impacto ambiental;
- Criar passagem hidráulica apropriada nos locais de interceptação de macrodrenagem que foram interceptadas pelos eixos viários e conduzi-las sob controle para o seu ponto final de deságue.;
- Posicionar e distribuir adequadamente o sistema de forma a reduzir o impacto das águas e juntamente com outros tipos de intervenções e também conter o efeito dos processos erosivos e evitar alagamentos em locais desprovidos de captação de drenagem;
- Adotar sistema de drenagem que garanta a funcionalidade, segurança e utilização das vias em qualquer época do ano e durante toda a sua vida útil.

Lembramos também que os principais coletores de macrodrenagem foram atendidos com projeto básico na extensão da área de influência da intervenção definida pelo sistema viário projetado. Porém, a garantia de funcionalidade do sistema de drenagem depende do prolongamento dos canais ao longo do traçado situado à jusante até ultrapassar os limites da zona urbana atual.

Quanto ao trecho de montante formado pelo afluente natural do rio dos Cachorros situado ainda em zona rural, deverá ser tratado independente e em outra etapa, prevendo retenção de água em bacias de acumulação com desvio do volume excedente para fora da zona já consolidada e com destino para o rio de Pedras.

Neste projeto também serão aproveitadas as estruturas de drenagem em bom estado de conservação que servem para receber a micro drenagem. Nos locais onde os dispositivos foram interrompidos ou possuem seção insuficiente optou-se pela substituição de obras precárias e / ou ampliação de estruturas existentes.

As intervenções de micro drenagem foram projetadas para fazer a entrega final nos talwegues mais próximos, os quais são afluentes tributários do rio dos Cachorros e rio de Pedras que formam a rede hídrica natural que atravessa a cidade de Luís Eduardo Magalhães.

As considerações adotadas nesta intervenção de drenagem foram propostas com a finalidade principal de obedecer aos critérios de drenagem urbana e rodoviária, respeitando as características técnicas e premissas estabelecidas para as etapas de projeto da referida via e objetivando incorporar-se harmoniosamente com o planejamento urbano da área, com o sítio da obra e com o meio sócio ambiental.

A concepção do projeto de drenagem, contendo a delimitação das áreas contribuintes, os tipos de dispositivos para proteger à infraestrutura e os valores de concentração de vazões em pontos estratégicos, foi conduzida de forma a reduzir os impactos ambientais da obra urbana e facilitar a compatibilização da solução proposta com o sistema existente no entorno e evitar interferência que possa reduzir a passagem livre do fluxo d'água dentro da calha natural de cada passagem hidráulica interceptada pelo sistema viário, evitando-se assim sobre elevação de lâmina d'água.

Para isto foram adotados dispositivos de drenagem perfeitamente integrados com o meio paisagístico e ambiental, ocupando o espaço necessário em relação à faixa disponível do terreno, descendo alguns trecho com desnível e em degraus visando manter a velocidade abaixo do limite máximo e com fluxo contido totalmente dentro da seção da própria estrutura de forma o sistema de drenagem adequado ao meio sócio ambiental. As estruturas de macrodrenagem são de canais abertos com fundo permeável, talude revestido com placa de concreto. Somente nas travessias de pistas foram adotados bueiros celulares de concreto conforme estão apresentados nas plantas, perfis e detalhes construtivos. Foram também aplicada tubulação de Polietileno de Alta Densidade - PEAD com diâmetro nominal variando de DN 375 à DN 1500 e a maioria acompanha o sistema viário projetado e tubulação de concreto em apenas um trecho da drenagem.

Para os cursos d'água que são interceptados ou acompanham o sistema viário foram projetadas estruturas com seções hidráulicas que permitam a passagem do fluxo funcionando como conduto livre para uma vazão hidrológica calculada para um período de retorno  $T = 25$  anos.

Nas travessias de pistas foram projetados Bueiros Simples Celulares de Concreto BSCC de 1,5m x 1,5m, BSCC de 2,0m x 2,0m, BDCC de 1,5m x 1,5m e BDCC de 2,0m x 2,0m com capacidade hidráulica para veicular a vazão hidrológica calculada para um Tempo de Retorno  $TR = 50$  anos.

Para alguns canais, conforme desenhos planta, perfil e detalhe foi previsto degrau com altura máxima de 0,30m para os locais com declividade acima de 0,3%. Na zona de influência dos locais com degrau e também na entrada e saída de bueiros celulares de concreto foram adotados lastro de pedra rachão no intuito de evitar erosão na zona de transição entre as estruturas. No restante do traçado dos canais, o fundo é mantido na condição natural e em regime lento e com retardo do escoamento de forma a aproveitar a capacidade de absorção do terreno.

As premissas básicas deste projeto foram manter o controle e disciplinamento do escoamento das águas de chuvas, evitando-se assim erosões nos trechos de fortes declividades e consequente assoreamento no corpo receptor natural.

Nos itens a seguir são apresentados formulários e o descritivo técnico metodologia, plantas e detalhes do sistema de drenagem.



### 3. CONCEPÇÃO DO PROJETO DE DRENAGEM

O Sistema de Drenagem de Águas Pluviais ficou condicionado aos perfis longitudinais e transversais do Projeto Geométrico, às características previstas pela urbanização e às peculiaridades do sítio da obra.

A premissa básica deste projeto de infraestrutura de drenagem é o aproveitamento máximo do escoamento superficial pela sarjeta do pavimento, deixando a coleta com estruturas enterradas para os pontos de confluência das águas onde os trechos baixos ficam expostos a alagamentos e com isso propensos a impedir a trafegabilidade de veículos e de pessoas nas vias de circulação.

Os tipos de dispositivos para proteger à infraestrutura viária e os valores de concentração de vazões em pontos estratégicos, foi conduzida de forma a reduzir os impactos ambientais da obra deste empreendimento e facilitar a compatibilização da solução proposta com as condições da drenagem existente e com o talvegue que serve de corpo receptor natural.

O sistema de micro drenagem é composto, além da sarjeta do pavimento, de tubos PEAD enterrados de seção circular com diâmetro de DN 450, 600, 750, 900, 1050 e 1200 e tubo de concreto de seção circular com diâmetro de DN 1500 formando segmentos de rede coletora principal intercaladas por poços de visitas, caixas de captação Tipo A Boca de Lobo com grelha "n" $=$ 2 e "n" $=$ 3, Tipo D "n" $=$ 2 ( caixa com entrada na guia do meio fio), caixa tipo F, estrutura de descarga tipo boca de bueiro , dissipador de energia padrão DNIT, as quais cumprem às funções de facilitar a inspeção e limpeza, a interligação entre redes como também a captação dos caudais afluentes pela calha do arruamento. Para este sistema afluirão também as contribuições de ruas transversais que drenam em direção à via principal. Para estes casos foi deixado PV de Espera em condições de receber futuras ampliações de micro drenagem que venham a ocorrer nas ruas laterais.

Além do sistema de rede tubular e caixas de captação ao longo de algumas ruas, foram também dimensionadas caixas de captação e rede tubular no entroncamento de ruas transversais que afluem em direção aos trechos de canais projetados. A sarjeta de concreto do pavimento, conforme detalhe construtivo, deve acompanhar dois lados da pista projetada pela geometria.

Os detalhes construtivos seguiram os tipos de detalhes de drenagem da PMS e também os dispositivos padrão extraídos do Álbum de Dispositivos do DNIT. Para os canais foi necessário elaborar detalhe específico de canal com seção aberta, talude revestido e fundo sem revestimento, ou seja, mantendo a condição natural. Somente nos locais de transição e degrau vai ser necessário adotar fundo do canal com pedra rachão, objetivando evitar erosão da superfície.

Voltamos a salientar que foram adotadas as seguintes premissas de projeto relativamente às características hidráulico-hidrológicas do escoamento:

- O dimensionamento foi efetuado de forma que a altura da lâmina líquida, em regra geral, não excedesse 0.8 do diâmetro do tubo;
- A velocidade mínima de escoamento para a vazão de projeto, não ser inferior a 0.9 m/s;
- A velocidade máxima de escoamento para a vazão de projeto não ser superior a 5.0 m/s;
- A rugosidade dos bueiros celulares de concreto adotado no dimensionamento foi “n” =0,015 e para o canal com seção aberta e parede de placa de concreto a rugosidade equivalente é de “n=0,022;
- Os canais de seção aberta e a rede de galeria tubular das vias projetadas foram dimensionados para Tempo de Retorno TR= 25 anos. E para os bueiros celulares de concreto foi adotado no dimensionamento Tempo de Retorno TR=50 anos;
- A sarjeta de concreto do pavimento é necessária para manter largura molhada dentro do limite de 2m e direcionar com maior facilidade o fluxo da água para as caixas de captação;
- A rede tubular localizada no entroncamento de ruas onde foi projetado canal foi concebida e dimensionada para a situação mais crítica e para o maior valor de área contribuinte onde ocorria vazão concentrada afluindo para a rua paralela ao canal. O diâmetro mínimo projetado foi de DN 600 que atende a todos os casos. O objetivo foi deixar caixas de espera interligando a rede tubular para receber futuras ampliações de rede de micro drenagem sem necessidade de danificar a pista pavimentada;
- Nas travessias de pistas que interceptam canais foi necessário adotar Bueiros Celulares de Concreto BSCC e BDCC acompanhados de estruturas tipo bocas e seguindo o modelo padronizado pelo Álbum de Projetos – Dispositivos de Drenagem DNIT versão 2013. Somente na entrada e saída destas obras foram previstos revestimento com pedra rachão no fundo do canal, conforme pode ser visto nos detalhes construtivos;
- Nos locais com trecho com declividade superior à 0,3% foi projetado degrau em alvenaria de pedra argamassada. Antes e depois do degrau em um trecho restrito foi adotado fundo do canal revestido com pedra rachão, conforme pode ser visto no detalhe construtivo. Em toda sua extensão de seção aberta, os canais terão parede de talude revestido com placa de concreto e o fundo será mantido sem revestimento, exceto nos casos de transição de entrada e saída de bueiros celulares de concreto e nos locais com degrau;

## 4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

### 4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os Estudos Hidrológicos estão sendo desenvolvidos de modo a atender ao escopo básico, aplicado em projeto rodoviário e têm por finalidade a determinação das descargas máximas prováveis, nas bacias contribuintes interceptadas pelo eixo da estrada, com vistas a obter o dimensionamento adequado das obras de drenagem necessárias para proteger a infraestrutura da estrada, objeto deste trabalho.

Estes estudos foram conduzidos de modo a permitir a caracterização climática, pluviométrica, fluviométrica e geomorfológica da região e, particularmente, da área em que se localiza a Rodovia, Trecho: Entroncamento/BA.

A partir de consulta a publicações técnicas e estudos realizados, como Classificação Climática de Wladimir Köppen, Projeto Radam Brasil, Informações Básicas dos Municípios Baianos, Atlas Climatológicos do Além São Francisco e de pesquisas em órgãos tais como, SRH, DNAEE e SUDENE, SEI, ANA, DERBA, DNIT, procedeu-se ao levantamento de dados disponíveis e representativos da região, que direta ou indiretamente estão relacionados com o projeto, fornecendo subsídios para os estudos desenvolvidos.

### 4.2. ELEMENTOS E DADOS UTILIZADOS

Os elementos e dados utilizados na elaboração destes estudos foram os seguintes:

- o Dados hidrometeorológicos nas estações pluviométricas de Barreiras, Formosa do Rio Preto e Taguatinga, pesquisados no site da ANA – Agência Nacional de Água.

**Quadro 4.1**

ESTAÇÃO	BARREIRAS	TAGUATINGA
Código	1245009	1246003
Latitude	11°10'10" Sul	12°24'06"
Longitude	44°59'00" W. Gr	46°26'16"
Altitude	435 m	604 m
Período	1922 a 1985	1949 a 1988
Dados	Pluviometria máxima anual diária	Pluviometria máxima anual diária

- o Ministério das Minas e Energia - Projeto RADAM - Brasil- Rio de Janeiro – 1982

- o Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – SEI - Informações Básicas dos Municípios Baianos – Região Oeste
- o Plantas Cartográficas na escala 1:100.000. Catálogo das Cartas Topográficas do Nordeste do Brasil, SUDENE, 1997;
  - Barreiras - SD 23-V-B-III
  - Rio de Ondas –SD.23-V-B-II
  - Taguatinga –SD.23-V-B-I
  - Rio Limpo –SC.23-Y-D-V
  - Caripará – SC.23-Y-D-VI
- o Atributos Climáticos do Estado da Bahia - SEI
- o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. Classificação Climática de Wladimir Köppen. Rio de Janeiro/RJ-1973;
- o Mapas Rodoviários do Estado da Bahia, nas escalas de 1:1.000.000 e 1:2.000.000, editados pelo DERBA. Salvador/BA-1994;
- o Macrozoneamento Agroecológico do Oeste Baiano, elaborado pela ENGECORPS-MAGNA-TETRAPLAN para O DERBA, ano 2005.

Constituíram-se, ainda, em importantes fontes de informações para os estudos hidrológicos:

- o Levantamento Topográfico realizado das linhas de drenagem natural ( talvegues,rios , riachos, etc..) interceptadas pelo eixo viário em estudo;
- o Anotações feitas por engenheiros da Consultora, durante as inspeções de campo efetuadas por profissionais especialistas em drenagem, visando solucionar os possíveis problemas oriundos do escoamento de precipitações pluviais que possam atingir a plataforma da estrada, ao longo de toda a sua vida útil.
- o Informações de moradores antigos sobre o comportamento e influência das cheias ocorridas em obras existentes que estão localizadas na mesma área do projeto.

#### 4.3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA REGIÃO

A rodovia objeto deste trabalho, trecho principal, acesso 1 e acesso 2 : desenvolvem-se sobre a região do Extremo Oeste Baiano com cerca de 220 km, atravessando áreas dos municípios de Barreiras, Riachão das Neves e Formosa do Rio Preto , na faixa territorial inserida dentro da Bacia do Alto Rio Preto.

A localização geográfica destes trechos da rodovia, aproximadamente fica entre as latitudes sul 11º 30' e 10º 10' e entre as longitudes 45º 30' e 46º 00' a oeste de Greenwich. Com altitude variando de 500 m a 800 m.

A cidade de Barreiras dista 871 km da Capital do Estado.

##### ***Aspectos Naturais***

Com base nos estudos do Macrozoneamento Agroecológico e outras publicações consultadas no andamento deste trabalho, procurou-se realizar um breve resumo dos principais aspectos naturais da região.

A área de estudo está situada na extremidade norte da sub-bacia Sedimentar Urucuia que se estende sob a região do oeste da Bahia. Esta citada área abrange, particularmente, a bacia do Alto Rio Preto no chamado chapadão do Além São Francisco.

##### ***Geologia***

A geologia da região é constituída pela formação Urucuia que ocupa uma extensa área, com cerca de 120.000 km<sup>2</sup>, que cobre todo o oeste baiano e territórios dos estados vizinhos de Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Piauí e Maranhão, sendo que a maior porcentagem desta área, aproximadamente 90.000km<sup>2</sup>, esteja localizada no Estado da Bahia.

Grupo Urucuia do ponto de vista geomorfológico e hidrogeológico é caracterizado, como uma unidade neo-cretácica, com espessura prospectada acima dos 400 metros e é constituída basicamente por arenitos finos e grosseiros.

Os estudos disponíveis na rede de informação

Este extenso pacote da bacia sedimentar da Formação Urucuia forma um aquífero subterrâneo importante na alimentação do escoamento de base dos principais cursos d'água, principalmente no período de estiagem.

Os registros de poços tubulares perfurados na região, com 300m a 350m de profundidade, têm produzido vazões de 400 m<sup>3</sup>/h.

### ***Relevo***

Esta área do chapadão, no local de estudo, forma um relevo praticamente plano, em forma de mesa, com vertentes fortemente ravinadas na borda leste, à medida que se aproxima dos vales e / ou que acompanha o sentido do escoamento dos rios mais importantes da região.

### ***Solos***

Os solos apresentam textura média e arenosa, sendo que predomina o Latossolo Vermelho Eutrófico.

Nesta região oeste estão implantadas as maiores áreas de produção em sequeiro do Estado da Bahia, com destaque para a soja, algodão e grãos em geral.

A concentração de chuvas, a topografia praticamente plana em uma extensa área, solos adequados ao processo de agricultura irrigada, associadas ao aquífero Urucuia, entre outras coisas, conferem a esta região um conjunto de fatores favoráveis à expansão do agro-negócio.

Esta fronteira agro-industrial vem se expandindo aceleradamente, desde a década de 80, através da aplicação de uma agricultura altamente tecnificada. Tendo em vista este aspecto, entre outros, estão surgindo vários estudos destinados a aumentar o conhecimento do potencial geomorfológico e hidrogeológico da região, no intuito de subsidiar aos interessados : governantes e empreendedores, um aproveitamento racional e sustentável dos recursos naturais abundantes na área do oeste baiano e no seu entorno.

### ***Hidrografia***

Os rios componentes da bacia sedimentar em estudo, instalados nas entranhas da Formação Urucuia, cruzam a área do chapadão formando uma rede de drenagem em linhas paralelas, correndo no sentido Oeste-Leste e convergindo em direção aos maiores rios tributários localizados na margem esquerda do rio São Francisco. Para o caso em questão, os rios mais importantes são: o rio Preto e rio Sapão que são afluentes do rio Grande. E este por sua vez, é afluente tributário do rio São Francisco.

A bacia hidrográfica que drena a faixa de terras atravessada pelos trechos da rodovia projetada é a do rio Preto, compreendida na parte formada pela região alta de sua cabeceira. Os três eixos viários em estudo interceptam diversos afluentes deste curso d'água, inclusive o próprio curso natural do rio Preto.

Além desses cursos d'água, os eixos viários também interceptam pequenas grotas de regime intermitente e com pequena magnitude de vazão.

### ***Vegetação***

Em termos de cobertura vegetal, predomina na região de platô a vegetação típica do cerrado seguida das áreas plantadas de soja e algodão. Nas zonas de vales dos rios ainda prevalece a vegetação típica ciliar, mantida em alguns casos por conta de reservas de áreas legalmente protegidas.

O cerrado é formado por uma vegetação xeromórfica, oligotrófica, onde a fisionomia varia de porte arbóreo ao gramíneo arbóreo-lenhoso, geralmente com a presença de árvores e arbustos semicaducifólios, espaçados ou em pequenos agrupamentos permeados por tapete graminóide.

As formações Mata de Galeria/Vereda/Campos Úmidos ocorrem sobre a influência direta ou indireta dos cursos d'água, devido, principalmente, às condições de fertilidade do solo e aos maiores teores de água armazenados neste mesmo solo.

### ***Clima***

A região onde se localizam os eixos projetados para a rodovia possui um clima variando de subúmido a úmido.

Esta região possui duas estações climáticas bem definidas: a estação seca e fria que vai de maio a setembro, e a estação chuvosa e quente que vai de outubro a abril.

A precipitação média na área de estudo varia de 800 mm a 1600 mm, verificando-se o gradiente aumentando da cidade de Barreiras em direção à borda do chapadão, na divisa com os estados vizinhos de Goiás e Tocantins.

Sua posição geográfica assegura temperaturas elevadas durante boa parte do ano, devido à forte radiação solar. Porém, nos níveis altimétricos mais elevados as temperaturas são mais amenas. Desta forma, as temperaturas médias máximas e mínimas variam entre 26 e 20°C.

A umidade relativa média do ar é de 70%, sendo a máxima de 80% em dezembro e a mínima de 50% em agosto.

Os aspectos climáticos mais relevantes, encontrados na região, são:

- Tipo climático : Subúmido a Úmido
- Temperatura média anual : Média 25º.
- Período chuvoso : Outubro a abril.

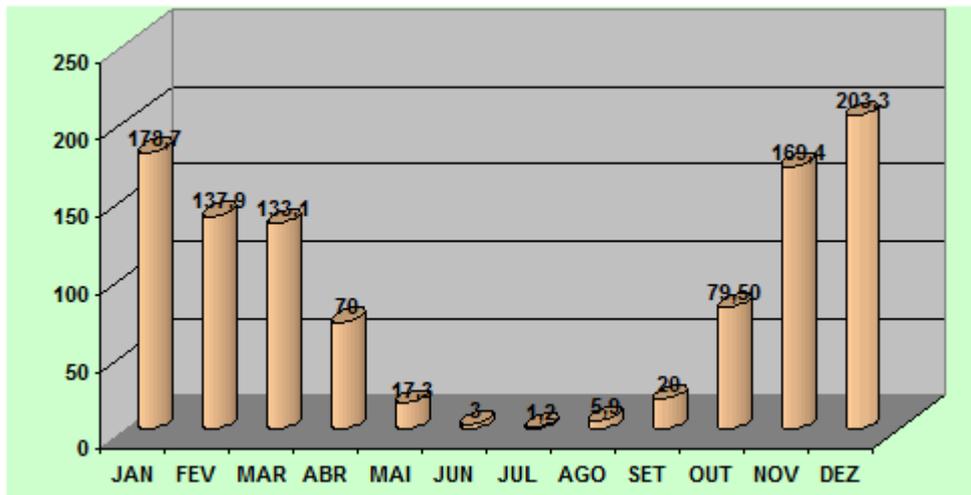


Figura 4.1 – HISTOGRAMA DE CHUVA – ESTAÇÃO: BARREIRAS; ALTITUDE: 435 m; LATITUDE: 12°09'00"S; LONGITUDE: 44°59'00"; PERÍODO: 1922 a 1985

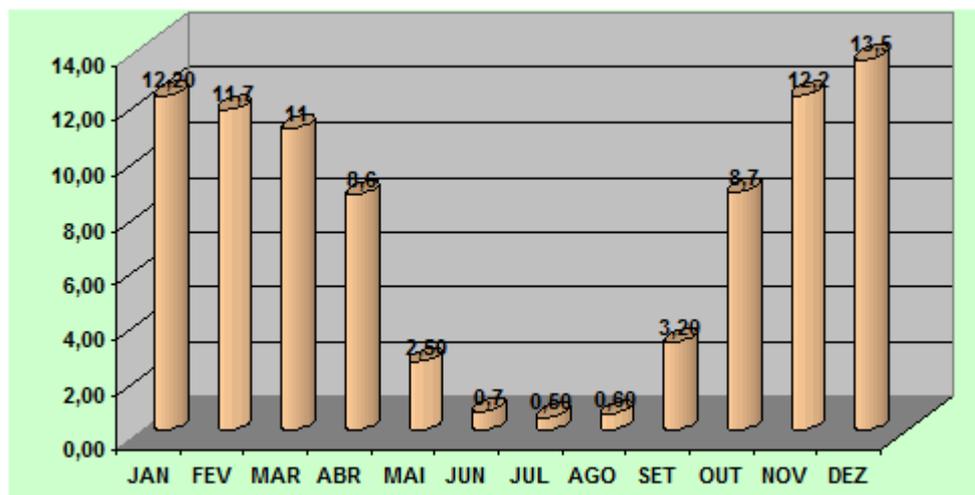


Figura 4.2 – DIAS DE CHUVA – ESTAÇÃO: BARREIRAS; ALTITUDE: 435m; LATITUDE: 12°09'00"S; LONGITUDE: 44°59'00"; PERÍODO: 1922 A 1985

#### 4.4. PARÂMETROS HIDROLÓGICOS

Esta fase dos estudos hidrológicos compreendeu a análise e o processamento dos dados coletados na fase anterior, mediante a aplicação das metodologias definidas pelos manuais de drenagem e Têrmos de Referências, com o objetivo de definir os parâmetros hidrológicos e determinar as descargas de projeto.

Na determinação das descargas de projeto, foram utilizados os seguintes parâmetros hidrológicos, adiante definidos:

- Chuva de projeto;
- Coeficiente de deflúvio;
- Tempo de concentração;
- Período de retorno;
- Área da bacia contribuinte.

### ***Chuva de Projeto***

A inexistência de dados pluviográficos na região do projeto, impossibilitou a obtenção direta das intensidades das precipitações críticas, parâmetros indispensáveis para o cálculo das vazões das bacias contribuintes, pelos métodos ordinariamente empregados.

Para avaliar as relações intensidade-duração-freqüência das chuvas intensas , as únicas informações disponíveis que se têm são os postos pluviométricos do Estado da Bahia.

Os posto pluviométricos coletados foram analisados e a maioria deles não possui rol de dados completos e nem cobre um período de observação de pelo menos 20 anos , considerado o período mínimo de registro adequado que pode ser utilizado com suficiente precisão nos cálculos.

Para a área em estudo , foram selecionados os postos pluviométricos de Barreiras e Taguatinga ,cujos dados permitiram uma boa confiabilidade e além disso ,estão localizados ,respectivamente , nos dois extremos da área do chapadão.

A análise da série histórica dos dados processados, permitiu optar pela estação pluviométrica de Barreiras que tem uma maior série histórica de 64 dados de chuvas máximas anuais em relação a Taguatinga. Além disso, é também o posto mais representativo da região oeste da Bahia.

As precipitações máximas diárias do Posto Pluviométrico de Barreiras (período de observação de 1922 a 1985), que caracteriza a região, obteve-se os valores de intensidades que definem as Curvas de Precipitação – Duração – Tempo de Recorrência utilizando-se a metodologia descrita a seguir:

- As precipitações máximas diárias foram ordenadas decrescentemente visando o seu ajustamento através da aplicação do método estatístico de Gumbel para se obter as alturas de chuva para diversos tempos de recorrência;
- Os dados processados permitiram o ajustamento da reta de Gumbel, cuja variável reduzida apresenta a seguinte relação com as precipitações:

- Para Barreiras  $y = 0,0484(P-3,6890)$ ; na qual  $y$  é a variável reduzida e  $P$  a altura da precipitação em mm, para um (1) dia;
- Estas alturas de chuvas de um (1) dia foram transformadas em precipitações de 24 horas, multiplicando-se os valores encontrados por 1,14;
- Obtiveram-se assim, as alturas diárias de precipitação relacionadas a tempos de recorrência fixados, os quais no caso presente foram: 5, 10, 25, 50 e 100 anos;
- Calcularam-se as precipitações de tempos inferiores à 24 horas, utilizando-se a relação entre alturas pluviométricas constantes da publicação do Manual da CETESB, cujos valores foram obtidos a partir de diversos estudos já conhecidos e aceitos no Brasil;
- Os valores das alturas das precipitações para 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 240, 360, 480, 600 e 720 minutos, foram calculados para os tempos de recorrência, já mencionados;
- Dos diversos valores calculados de precipitações, pôde-se confeccionar o quadro contendo os valores das intensidades de chuvas intensas que, ajustadas por meio do método dos mínimos quadrados, levaram às equações gerais de chuvas intensas, com as seguintes expressões:

$$I = 3.037,107 T^{0,155} / (t + 13)^{0,768},$$

Onde:

$I$  - intensidade de chuva em l/s.ha;

$t$  - duração da chuva em min;

$T$  - tempo de recorrência em anos.

Os valores obtidos com a utilização destas equações foram comparados com os valores originais verificando-se o perfeito ajustamento com coeficiente de determinação igual a 0,999 para Barreiras. Deste modo, a equação deduzida é válida para o projeto em questão.

A seguir são apresentados os quadros contendo os dados de chuvas diárias processados e os resultados de precipitações e intensidades de chuvas que permitiram obter a referida equação de chuvas intensas, apresentada anteriormente.

**Quadro 4.2 – Dados de chuvas**

AJUSTAMENTO DE GUMBEL					
POSTO: BARREIRAS			LATITUDE: 12° 09' S		
MUNICÍPIO: BARREIRAS			LONGITUDE: 44° 59' W Gr.		
CÓDIGO:4740304			ALTITUDE: 435 m		
Ordem	Data	Precipitação	Probabilidade	Y	Reta
1	1973	163	98,46%	4,167	162,34

AJUSTAMENTO DE GUMBEL					
POSTO: BARREIRAS			LATITUDE: 12° 09' S		
MUNICÍPIO: BARREIRAS			LONGITUDE: 44° 59' W Gr.		
CÓDIGO:4740304			ALTITUDE: 435 m		
Ordem	Data	Precipitação	Probabilidade	Y	Reta
2	1966	149	96,92%	3,466	147,85
3	1946	133,5	95,38%	3,052	139,31
4	1977	132,8	93,85%	2,757	133,20
5	1944	131,2	92,31%	2,525	128,42
6	1968	128,6	90,77%	2,335	124,48
7	1950	122,1	89,23%	2,172	121,12
8	1970	119,6	87,69%	2,030	118,18
9	1978	119,6	86,15%	1,904	115,57
10	1970	111,9	84,62%	1,789	113,21
11	1922	106,2	83,08%	1,685	111,06
12	1932	101	81,54%	1,589	109,07
13	1930	100,4	80,00%	1,500	107,23
14	1957	100,2	78,46%	1,416	105,50
15	1959	100	76,92%	1,338	103,88
16	1940	100	75,38%	1,264	102,35
17	1929	100	73,85%	1,193	100,89
18	1928	100	72,31%	1,126	99,51
19	1981	98,4	70,77%	1,062	98,18
20	1945	94,9	69,23%	1,000	96,91
21	1937	94,6	67,69%	0,941	95,68
22	1943	90,3	66,15%	0,884	94,50
23	1952	90,4	64,62%	0,828	93,35
24	1956	90,1	63,08%	0,775	92,24
25	1983	90,1	61,54%	0,723	91,16
26	1979	90,1	60,00%	0,672	90,11
27	1942	90	58,46%	0,622	89,09
28	1925	90	56,92%	0,574	88,09
29	1949	90	55,38%	0,526	87,11
30	1933	90	53,85%	0,480	86,14
31	1947	89,6	52,31%	0,434	85,20
32	1975	88,8	50,77%	0,389	84,27
33	1985	84	49,23%	0,344	83,35
34	1948	82,9	47,69%	0,301	82,44
35	1980	81,8	46,15%	0,257	81,55
36	1961	81,5	44,62%	0,214	80,66
37	1926	80,8	43,08%	0,172	79,78
38	1927	80,2	41,54%	0,129	78,91
39	1954	80	40,00%	0,087	78,04
40	1935	80	38,46%	0,046	77,17
41	1984	80	36,92%	0,004	76,31
42	1976	80	35,38%	-0,038	75,44

AJUSTAMENTO DE GUMBEL					
POSTO: BARREIRAS			LATITUDE: 12° 09' S		
MUNICÍPIO: BARREIRAS			LONGITUDE: 44° 59' W Gr.		
CÓDIGO:4740304			ALTITUDE: 435 m		
Ordem	Data	Precipitação	Probabilidade	Y	Reta
43	1967	80	33,85%	-0,080	74,58
44	1955	77,6	32,31%	-0,122	73,71
45	1960	74,9	30,77%	-0,164	72,84
46	1971	73,4	29,23%	-0,207	71,96
47	1936	72,1	27,69%	-0,250	71,07
48	1941	70	26,15%	-0,294	70,17
49	1951	70	24,62%	-0,338	69,25
50	1939	67,9	23,08%	-0,383	68,32
51	1920	67,8	21,54%	-0,429	67,37
52	1938	67,5	20,00%	-0,476	66,40
53	1921	66,9	18,46%	-0,524	65,40
54	1953	65	16,92%	-0,575	64,36
55	1934	60	15,38%	-0,627	63,28
56	1931	60	13,85%	-0,682	62,15
57	1923	60	12,31%	-0,740	60,95
58	1982	60	10,77%	-0,801	59,67
59	1974	60	9,23%	-0,868	58,29
60	1964	60	7,69%	-0,942	56,77
61	1969	57	6,15%	-1,025	55,04
62	1958	53,7	4,62%	-1,124	53,01
63	1962	44,2	3,08%	-1,247	50,46
64	1965	35	1,54%	-1,429	46,70
<b>MÉDIA</b>		<b>87,67</b>		<b>0,553</b>	
<b>DESVIO PADRÃO</b>		<b>24,37</b>		<b>1,179</b>	
Equação de Gumbel			VALORES MÁXIMOS		
			TR	Var. Red.	Precipitação
Anos=	64		5	1,4999	107,23
xf=	76,2328		10	2,2504	122,74
a=	0,0484		15	2,6738	131,49
b=	3,6890		20	2,9702	137,61
			25	3,1985	142,33
			50	3,9019	156,87
			100	4,6001	171,30
			500	6,2136	204,64
Precipitação em mm					

**Quadro 4.3 – Análise de chuvas intensas**

ALTURA DA CHUVA (mm)						
DURAÇÃO DA CHUVA(min)	PERÍODO DE RETORNO					
	5	10	20	25	50	100
5	12,92	14,79	16,58	17,15	18,90	20,63
10	20,51	23,48	26,33	27,23	30,01	32,77
15	26,59	30,44	34,13	35,30	38,91	42,48
20	30,77	35,23	39,50	40,85	45,02	49,16
25	34,57	39,58	44,37	45,89	50,58	55,23
30	37,99	43,49	48,76	50,43	55,58	60,69
60	51,34	58,77	65,89	68,15	75,11	82,02
120	63,56	72,76	81,58	84,38	92,99	101,55
240	78,23	89,55	100,40	103,85	114,45	124,98
360	88,01	100,74	112,95	116,83	128,76	140,60
480	95,35	109,14	122,37	126,56	139,49	152,32
600	100,24	114,73	128,64	133,05	146,64	160,13
720	103,90	118,93	133,35	137,92	152,01	165,99
1440	122,24	139,92	156,88	162,26	178,83	195,28

**Quadro 4.4 – Análise de chuvas intensas**

INTENSIDADE DA CHUVA (mm/min)						
DURAÇÃO DA CHUVA(min)	PERÍODO DE RETORNO					
	5	10	20	25	50	100
5	2,5840	2,9580	3,3160	3,4300	3,7800	4,1260
10	2,0510	2,3480	2,6330	2,7230	3,0010	3,2770
15	1,7727	2,0293	2,2753	2,3533	2,5940	2,8320
20	1,5385	1,7615	1,9750	2,0425	2,2510	2,4580
25	1,3828	1,5832	1,7748	1,8356	2,0232	2,2092
30	1,2663	1,4497	1,6253	1,6810	1,8527	2,0230
60	0,8557	0,9795	1,0982	1,1358	1,2518	1,3670
120	0,5297	0,6063	0,6798	0,7032	0,7749	0,8463
240	0,3260	0,3731	0,4183	0,4327	0,4769	0,5208
360	0,2445	0,2798	0,3138	0,3245	0,3577	0,3906

480	0,1986	0,2274	0,2549	0,2637	0,2906	0,3173
600	0,1671	0,1912	0,2144	0,2218	0,2444	0,2669
720	0,1443	0,1652	0,1852	0,1916	0,2111	0,2305
1440	0,0849	0,0972	0,1089	0,1127	0,1242	0,1356

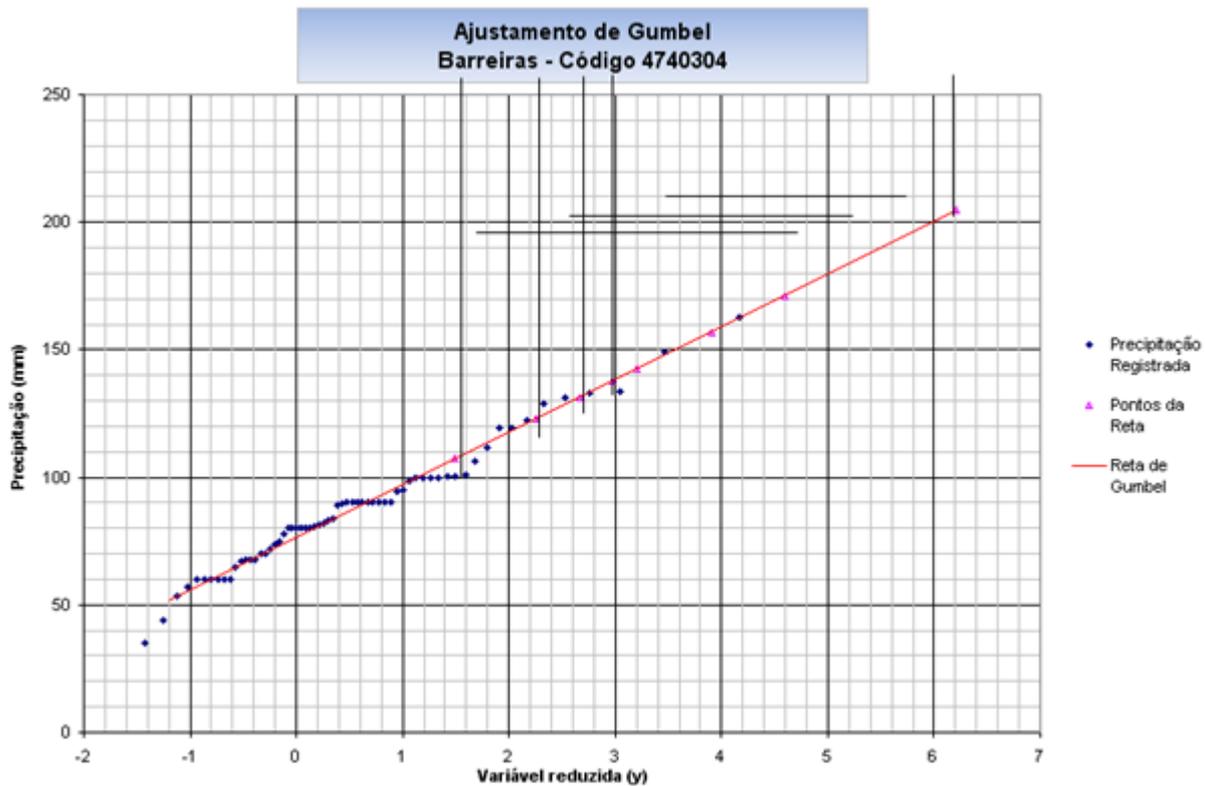


Figura 4.3

Gráfico Altura de chuva (mm) x Duração (min)  
Barreiras - Código 4740304

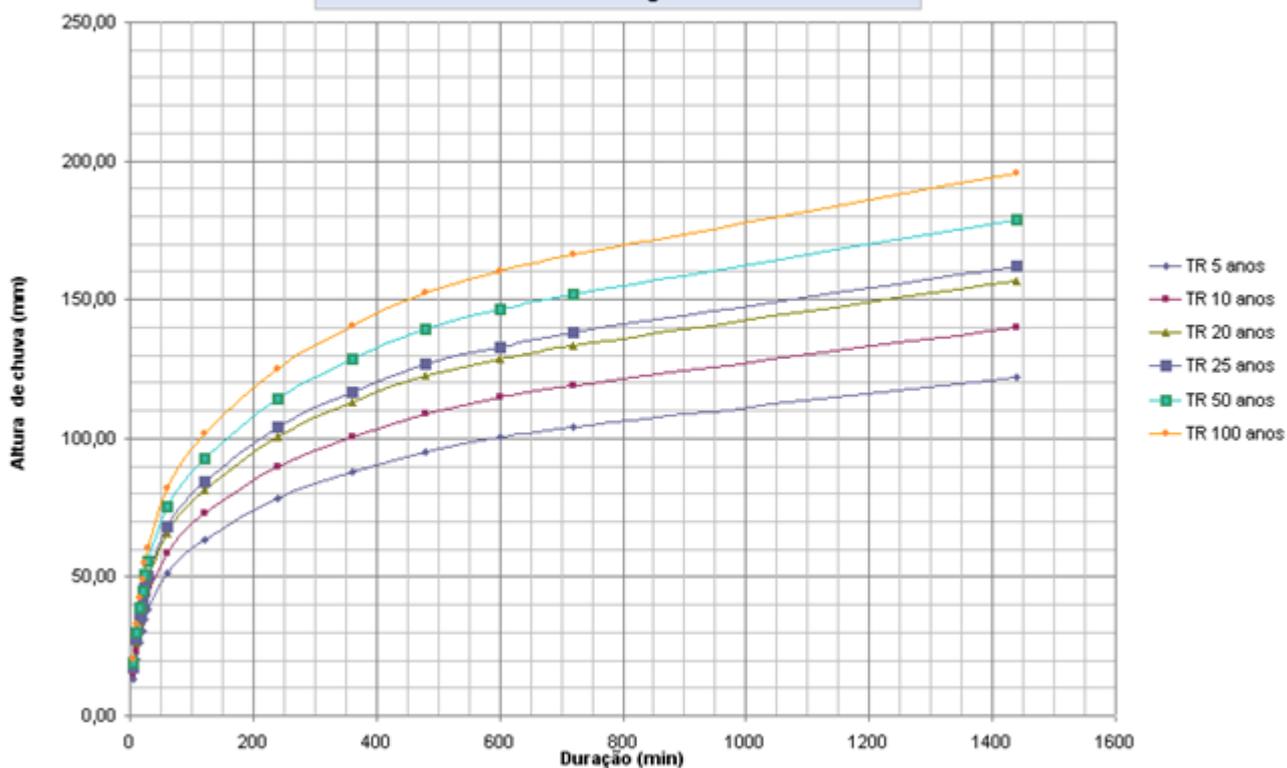


Figura 4.4

Gráfico Intensidade Pluviométrica (mm/min) x Duração (min)

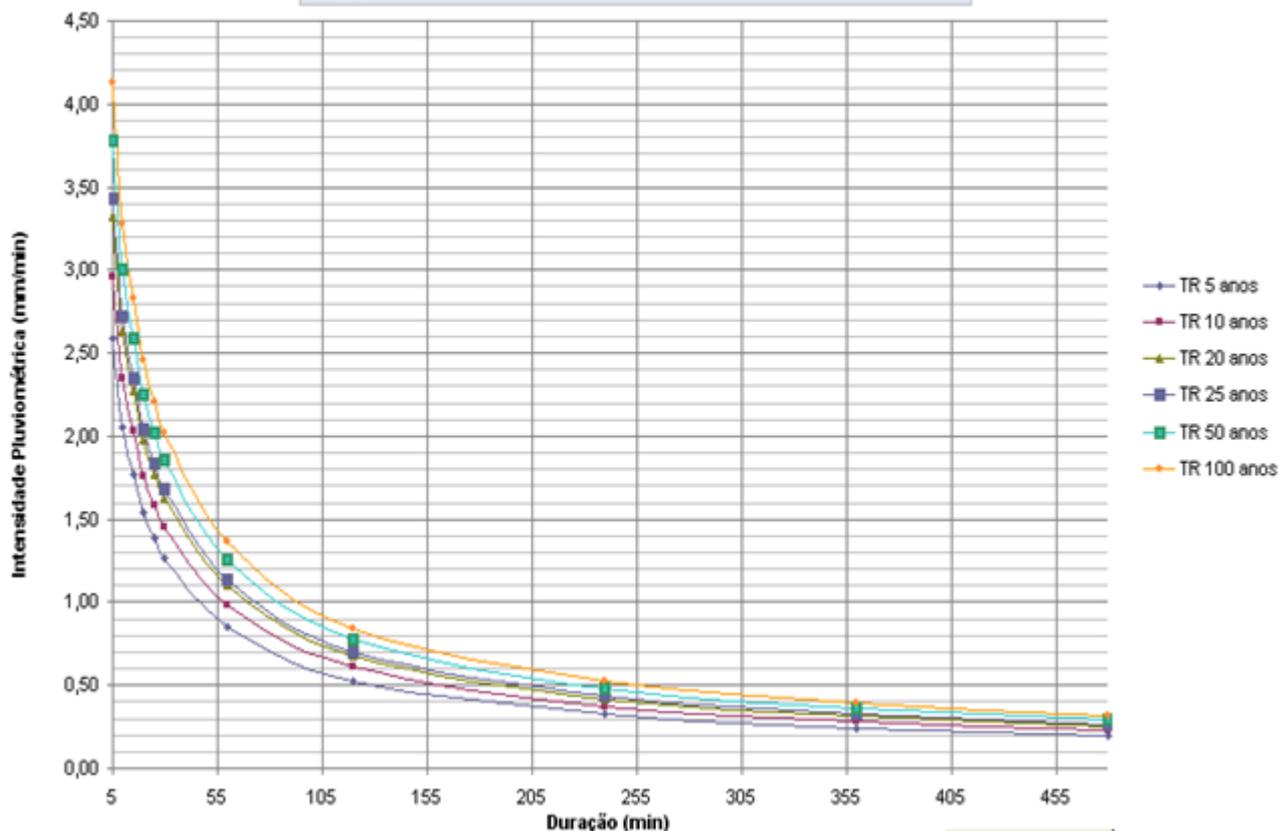


Figura 4.5

### ***Coefficientes de Deflúvio***

A relação entre a parcela de água que escoa pela superfície de uma bacia hidrográfica e a quantidade total de água precipitada sobre a mesma, é denominada de coeficiente de deflúvio.

O valor desse coeficiente está associado a uma série de fatores físicos, tais como natureza da camada superficial do solo, morfologia e relevo, cobertura vegetal, uso da terra e condições hidroclimatológicas da região. O diagnóstico desses fatores para as diversas bacias contribuintes, foi obtido da bibliografia e da cartografia coletadas a respeito da região, e de observações de campo.

Nas tabelas 4.2.A e 4.2.B, apresentadas adiante, encontram-se respectivamente os valores dos coeficientes de deflúvio “C” (para aplicação no Método Racional) e “CN” (Complexo Hidrológico Solo-Vegetação, para uso no Método do HUT).

Na interpretação da tabela 4.2.B, devem ser considerados os seguintes esclarecimentos:

- O solo do tipo “A” é o de maior potencial de deflúvio, pois corresponde a terrenos semi-permeáveis, com baixos teores de silte e de argila;
- O solo do tipo “B”, tem capacidade de infiltração acima da média após a saturação, sendo portanto típico de terrenos arenosos;
- O solo do tipo “C” tem capacidade de infiltração abaixo da média após a pré-saturação, contendo porcentagem considerável de silte e de argila;
- Por fim, o solo do tipo “D” é o de mais alto potencial de deflúvio, correspondendo a terrenos onde as camadas superficiais são quase impermeáveis, isto é, muito argilosas.

**Quadro 4.5 – Coeficientes de deflúvio para uso no Método Racional (c)**

CARACTERÍSTICAS DA SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO
<b><i>Ruas</i></b>	
Pavimento asfáltico	0,70 a 0,95
Pavimento em concreto	0,80 a 0,95
<b><i>Passeios</i></b>	0,75 a 0,85
<b><i>Telhados</i></b>	0,75 a 0,95
<b><i>Terrenos relvados, solos arenosos</i></b>	
Baixa declividade (até 2%)	0,05 a 0,10
Declividade média (de 2 a 7%)	0,10 a 0,15
Forte declividade (acima de 7%)	0,15 a 0,20
<b><i>Terrenos relvados, solos argilosos</i></b>	
Baixa declividade (até 2%)	0,15 a 0,20
Declividade média (de 2 a 7%)	0,20 a 0,25
Forte declividade (acima de 7%)	0,25 a 0,30

**Quadro 4.6 – Coeficientes de deflúvio para uso no Método do Hut (CN)**

USO DO SOLO	CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE	TIPO DO SOLO			
		A	B	C	D
Terrenos Cultivados	Sulco retilíneos	77	86	91	94
	Fileiras retas	70	80	87	90
	Em curva de nível	67	77	83	87
Plantações regulares	Terraceadas em nível	64	73	79	82
	Em fileiras retas	64	76	84	88
	Em curva de nível	62	74	82	85
Plantações de Cereais	Terraceadas em nível	60	71	79	82

USO DO SOLO	CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE	TIPO DO SOLO			
		A	B	C	D
	Em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de legumes ou campos cultivados	Em curva de nível	60	72	81	84
	Terraceadas em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
Pastagens	Pobres, em curva 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	Bons	30	58	71	78
	Esparsos	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densos	25	55	70	77
Chácaras e Estradas de terra	Normais	59	74	82	86
	Más	72	82	87	89
	De superfície dura	74	84	90	92
Florestas	Muito esparsas	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76
Áreas urbanizadas	Impermeáveis	100	100	100	100

### **Tempo de Concentração**

No cálculo dos tempos de concentração das seções onde o trecho intercepta os talwegues das bacias contribuintes, utilizou-se a seguinte equação, devida a Kirpich:

$t_c = 0,95 \cdot (L^3/H)^{0,385}$ , onde:

$t_c$  = tempo de concentração, em horas;

$L$  = comprimento do talwegue, em quilômetros, e

$H$  = desnível entre o ponto mais afastado da bacia e a seção considerada, em metros

No cálculo das vazões dos dispositivos de drenagem superficial, foi adotado o tempo de concentração de 10 (dez) minutos.

### **Período de Retorno**

Foram adotados os seguintes períodos de retorno, normalmente aceitos segundo o tipo de obra, e também recomendados pelo DERBA:

Quadro 4.7

DISPOSITIVOS	TR (anos)
Valeta, sarjeta, etc.	10
Bueiro funcionando como canal	25
Bueiro funcionando com orifício ou vertedouro	50
Ponte e pontilhões	100

Os fatores mais importantes na escolha do TR estão relacionados com segurança, técnica, economia e problemas de impactos socioambientais. Em resumo destacam-se:

- Porte e importância da obra de engenharia;
- Risco de prejuízos e danos às propriedades e à população;
- Responsabilidade civil em caso de fracasso parcial ou total da obra, resultando em custo adicional com restauração e indenizações;
- Danos a obras de infraestrutura existentes na hipótese de falha da estrutura de drenagem;
- Transtornos e desgaste político quando se tornam frequentes os alagamentos causados por insuficiência de vazão de estruturas subdimensionadas.

Visando estimar o risco da falha eventual de uma obra de drenagem foram elaborados os cálculos apresentados na Tabela 3 e feitas as considerações pertinentes ao conceito teórico de Tempo de Recorrência encontrados na literatura técnica aceita no Brasil

O risco de falha de uma estrutura de drenagem em função do Tempo de Retorno TR que serviu de base para o cálculo da vazão pode ser estimado através da fórmula teórica deduzida da teoria de probabilidade a seguir apresentada:

$$R = 100 \times [1 - (1 - 1/T)^N]$$

Onde:

R é o risco em porcentagem

T é o tempo de retorno em anos

N é a vida útil da obra em anos

Probabilidade, %, de que um evento (chuva, vazão) ocorra pelo menos uma vez no intervalo da vida útil prevista para a estrutura. Os resultados na tabela 3 a seguir relacionam Tempo de Recorrência TR com o risco R que se deseja assumir para uma determinada obra, durante a vida útil da mesma.

**Tabela 4.1 – Risco Calculado**

Tempo de Recorrência	Probabilidade %, de um evento (vazão, cheia) ocorra pelo menos uma vez								
	(Admitir que os valores da 1ª linha representam a vida útil da obra)								
TR(anos)	2	5	10	25	50	75	100	200	500
2	75,00	96,88	99,90	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
5	36,00	67,23	89,26	99,62	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
10	19,00	40,95	65,13	92,82	99,48	99,96	100,00	100,00	100,00
25	7,84	18,46	33,52	63,96	87,01	95,32	98,31	99,97	100,00
50	3,96	9,61	18,29	39,65	63,58	78,02	86,74	98,24	100,00
75	2,65	6,49	12,56	28,51	48,89	63,46	73,88	93,18	99,88
100	1,99	4,90	9,56	22,22	39,50	52,94	63,40	86,60	99,34
200	1,00	2,48	4,89	11,78	22,17	31,34	39,42	63,30	91,84
500	0,40	1,00	1,98	4,88	9,53	13,94	18,14	32,99	63,25
1000	0,20	0,50	1,00	2,47	4,88	7,23	9,52	18,14	39,36
10000	0,02	0,05	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	1,98	4,88

Em consulta à Tabela 4.1, é possível obter qual o risco R em % calculado para a vida útil de uma obra, considerando determinado valor de TR. Os resultados a seguir exemplificam como deve ser consultada a referida Tabela 4.1.

Desta forma considerando um TR= 100 anos e uma vida útil para a obra de 50 anos, terá um risco de 39,50% de ocorrer a cheia de inundação.

Outro exemplo, considerando um TR= 100 anos e uma vida útil para a obra de 10 anos, terá um risco de 9,56 % de ocorrer a cheia de inundação

Mais um exemplo, considerando um TR= 200 anos e uma vida útil para a obra de 50 anos, terá um risco de 22,17 % de ocorrer a cheia de inundação.

Quando uma obra é projetada com Tempo de Recorrência, efetivamente está se definindo o nível de proteção desejado para a população residente no condomínio e para os usuários que transitam ali ou na redondeza. Não existe risco zero em obra alguma porque os eventos naturais como chuvas são apenas observados e registrados e são cíclicos e a qualquer momento pode acontecer independente de nossa vontade.

Por outro lado, diminuir o risco aumenta sobremaneira o custo da obra e pode inviabilizar um investimento. A Engenharia trabalha com um risco calculado e previsto levando em consideração o dano causado por uma eventual falha. Caso o dano seja relativamente pequeno e não traga transtornos frequentes causados por alagamentos como é o caso de micro drenagem é comum aceitar um risco maior, isto é, dimensiona a micro drenagem para Tempo de Recorrência de 10 anos.

De um modo geral, para macrodrenagem é assumido um risco compatível com a importância da obra com dimensionamento para Tempo de Recorrência TR= 25 anos e TR=50 anos, a depender do porte do curso d'água e da magnitude da vazão.

O extremo do menor risco assumido pela Engenharia diz respeito ao dimensionamento de uma barragem, pois o dano causado por um rompimento é muito alto podendo gerar inundações catastrófica com mortes, destruição de propriedades. Neste caso se justifica escolher Tempo de Recorrência TR muito alto, acima de 500 anos.

A metodologia da escolha do valor de TR foi a mesma utilizada em diversos projetos de infraestrutura desenvolvidos para outros centros urbanos da Região Metropolitana de Salvador-RMS e que são de uso consagrado em drenagem urbana.

Para este caso em questão, foi aplicado valor de TR= 10 anos (micro drenagem), TR= 25 anos canais de seção aberta e TR=50 anos para bueiros celulares de concreto.

### ***Áreas das Bacias Contribuintes***

As áreas das bacias contribuintes foram determinadas sobre a carta topográfica disponível, na escala de 1:100.000 (SUDENE), utilizando-se também, quando necessário, levantamentos expeditos de campo.

Procedeu-se, nessas folhas, às delimitações das bacias pelos respectivos divisores topográficos, determinando-se em seguida as áreas drenadas, os comprimentos dos talwegues principais e as diferenças de nível.

### ***Cálculo das Vazões***

Para o cálculo das descargas foi utilizado o Método Racional para valores de área até 100 hectares.

Para se obter a vazão de pico na seção considerada, utilizando a metodologia do Método Racional, iguala-se o tempo de concentração (t) igual à duração da chuva.

### ***Equação do Método Racional***

$$Q = C \times I \times A \times Cd$$

Onde:

Q = Vazão (l/s);

C = Coeficiente de escoamento superficial;

I = Intensidade da chuva (l/s. ha);

A = Área contribuinte (ha);

Cd- Coeficiente de distribuição da chuva na bacia receptora

Para as bacias com áreas de drenagem acima de 1 km<sup>2</sup>, pode ser aplicado o coeficiente de distribuição, definido pela expressão a seguir apresentada, conforme recomendação do “Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem” do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT à página 127.

$$Cd = A^{(-0,15)}$$

Sendo:

A = área de drenagem em km<sup>2</sup>.

Para o caso específico deste estudo hidrológico foi necessário aplicar o cálculo de Cd.

#### **Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT)**

O Método do Hidrograma Unitário Triangular foi utilizado para bacias contribuintes com áreas maiores que 100 hectares.

O HUT é obtido com base nas características físicas da bacia. A vazão de pico do hidrograma é obtida por:

$$Q_p = \frac{0,208 \cdot A \cdot Pe}{t_p}$$

Onde Q<sub>p</sub> é a descarga de projeto (m<sup>3</sup>/s); A é a área da bacia drenada (km<sup>2</sup>); Pe é o excesso de chuva efetivamente escoada (mm); t<sub>p</sub> é o tempo de pico (h); 0,208 é um fator adimensional de armazenamento e conversão de unidades.

A precipitação efetiva Pe (mm) é obtida com base na fórmula proposta pelo “US Soil Conservation Service” que com suas unidades ajustadas ao sistema métrico, apresenta a seguinte forma:

$$Pe = \frac{(P - (5080 / CN - 50,80))^2}{P + (20320 / CN - 203,2)}$$

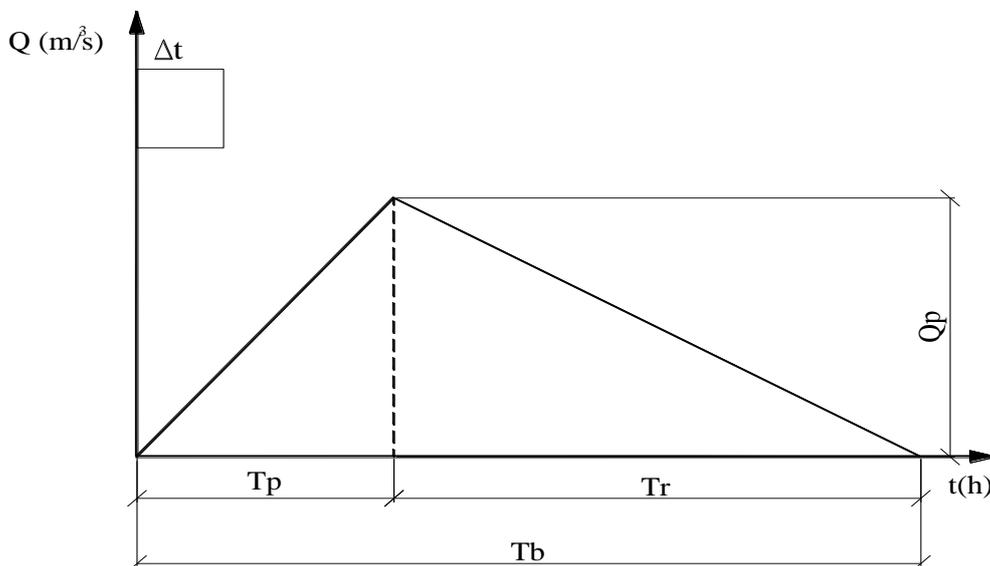
Onde P é a precipitação para uma duração D (mm); CN é o número de deflúvio representativo para o complexo hidrológico solo-vegetação, de acordo com as tabelas do método do SCS.

A duração da precipitação (h) e o tempo de pico do HTS (h) são obtidos em função do tempo de concentração, respectivamente, por:

$$D = 2 \cdot \sqrt{t_c}$$

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0,6 \cdot t_c$$

A representação do hidrograma, preconizados na teoria do hidrograma triangular sintético do U.S. Soil Conservation Service (SCS), para uma altura pluviométrica de 1 mm, é ilustrada na figura abaixo.



**Figura 4.6 – Esquema de representação do hidrograma do método HUT**

Os parâmetros do modelo do SCS são expressos matematicamente por:

Tempo de pico (h):  $t_p = D/2 + 0,6 t_c$

Tempo de retorno (h):  $t_r = 1,67 \cdot t_p$

Duração unitária (h):  $D_u$  ou  $\Delta t = 0,25 \cdot t_c$

Tempo de base (h):  $t_b = 2,67 \cdot t_p$

Vazão de pico ( $m^3/s/mm$ ):  $Q_p = 0,208 \cdot A/t_p$

O hidrograma de projeto é obtido pela equação de convolução:

Onde  $Q_t$  é a vazão ( $m^3/s$ ) no tempo  $t$  (horas);  $P_e$  é a precipitação efetiva (mm) no intervalo  $i$  e  $q$  é a ordenada do hidrograma unitário ( $m^3/s/mm$ ). A precipitação efetiva é obtida pelo método do SCS descrito no item anterior.

A vazão de projeto é equivalente à vazão máxima (pico) do hidrograma resultante da convolução.

### ***Dimensionamento Hidráulico***

A capacidade hidráulica dos dispositivos de drenagem foi verificada utilizando-se a Equação da Continuidade associada à Fórmula de Manning, cujas expressões analíticas têm o seguinte aspecto:

Equação da Continuidade

$$Q = V \times A$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Onde:

$Q$  = vazão ( $m^3/s$ );

$V$  = velocidade ( $m/s$ );

$n$  = coeficiente de rugosidade;

$R$  = raio hidráulico (m);

$i$  = declividade (m/m).

#### 4.4.1. Roteiro de cálculo

Para efeito de cálculo foram adotados os parâmetros hidrológicos, formulário hidráulico e valores das vazões hidrológicas da bacia hidrográfica do riacho das Margaridas. Os valores de rugosidade " $n$ " e declividade " $i$ " foram adotados em função da planta cartográfica e das características do curso d'água para que ficassem enquadrados no padrão estabelecido nas publicações técnicas do DNIT.

A metodologia utilizada para a verificação da capacidade hidráulica da calha do riacho seguiu as orientações do DNIT.

Foram seguidos os procedimentos indicados a seguir:

#### ***Elementos Necessários para a Verificação***

- Descarga de projeto, em  $m^3/s$ ;
- Declividade do leito do rio, em  $m/m$ ;

- Seção transversal do curso d'água á montante e a jusante da pista da Via BA-526 (CIA-Aeroporto);
- Fixação do coeficiente de Manning para o curso d'água.

A verificação da capacidade hidráulica foi realizada utilizando-se a fórmula de Manning associada à equação da continuidade, que apresentam as seguintes configurações:

V - Velocidade de escoamento da água, em m/s;

R - Raio hidráulico, em m;

I - Declividade do leito do rio, em m/m;

n - coeficiente de rugosidade de Manning (ver tabela 02);

Q - Vazão máxima permissível, em m<sup>3</sup>/s;

A - Área da seção molhada, em m<sup>2</sup>.

Para cada altura h do nível d'água, há uma área molhada (A), um perímetro molhado (P) e, em consequência, um raio hidráulico (R) e uma velocidade (V).

Para o nível N1 correspondente à altura h1, tem-se:

$$V_1 = \frac{R^{2/3} \times I^{1/2}}{n} \quad \text{e} \quad Q_1 = \frac{A_1 \times R^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$

Para N2, tem-se V2 e Q2, portanto tem-se sempre:

$$AR^{2/3} = \frac{Q \times n}{I^{1/2}}$$

Sendo "i" e "n" constantes e independentes da altura do nível d'água, verifica-se que V e Q são função apenas de h.

Variando-se os valores de h entre os praticamente aconselháveis, pode-se traçar duas curvas. A primeira sendo  $AR^{2/3} = f(h)$ . A segunda,  $V = f(h)$ .

Com o valor da descarga de projeto  $Q_p$ , fornecida pelo estudo hidrológico, de n e da declividade do leito do rio, determinar-se-á o valor de  $AR^{2/3}_{\text{máx}}$ , da seguinte forma:

$$AR^{2/3}_{\text{máx}} = \frac{Q_p \times n}{I^{1/2}}$$

Com este valor de  $AR^{2/3}_{\text{máx}}$  nos dois gráficos, foram determinadas a altura da enchente máxima permissível ( $h_{\text{máx}}$ ) e a velocidade de escoamento correspondente à cheia máxima (V).

A velocidade da água correspondente ao valor de  $AR_{2/3}^{máx}$  serve para indicar a necessidade de implantação de obras de proteção contra erosão nas margens dos rios.

## 5. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

A capacidade hidráulica dos dispositivos de drenagem será verificada utilizando-se a Equação da Continuidade associada à Fórmula de Manning, cujas expressões analíticas têm o seguinte aspecto:

Equação da Continuidade:

$$Q=V \times A$$

e

$$V = 1 / n \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Onde:

- Q = vazão ( m<sup>3</sup>/s );
- V = velocidade ( m/s );
- n = coeficiente de rugosidade;
- R = raio hidráulico ( m );
- i = declividade ( m/m );
- n= 0,015 para o canal de macro drenagem em concreto.

A capacidade de escoamento da sarjeta formada pelo meio-fio e pela pista de rolamento será verificada com uso da expressão de Izzard:

$$Q = 0,375 \ Z \ i^{1/2} \ y^{8/3}$$

Onde:

- Q = vazão, m<sup>3</sup>/s;
- z = inverso da declividade transversal (m/m).
- n = coeficiente de rugosidade com valores adotados de n = 0,016 para pavimento em asfalto , n = 0,016 para pavimento de concreto e n= 0,018 para pavimento em paralelepípedo ;
- i = declividade longitudinal do greide (m/m).
- y = altura da lâmina d'água (m).

## 5.1. METODOLOGIA E FORMULÁRIO DE DRENAGEM

### FORMULÁRIO - SEÇÃO RETANGULAR:

Equação de Manning:  $Q = 1/n \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$

Rugosidade =  $n$  ( $m/s^{1/3}$ )

Área molhada =  $A = B \times y$

Perímetro molhado =  $P = B + 2 \times y$

Raio Hidráulico =  $R = A/P$

Velocidade do escoamento =  $V = Q/A$

Largura de boca =  $tpwd = B$

Declividade longitudinal =  $i$  (m/m)

Froude =  $Fr = V / (g \cdot A / tpwd \cdot \cos(\arctan(i)))^{1/2}$



### FORMULÁRIO - SEÇÃO CIRCULAR:

Equação de Manning:  $Q = 1/n \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$

Rugosidade =  $n$  ( $m/s^{1/3}$ )

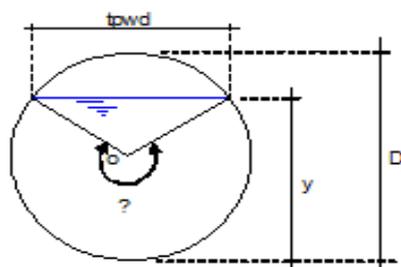
$(y/D)$  = Relação de preenchimento da seção circular

Área molhada =  $A = D^2/8 \cdot (\theta - \sin\theta)$        $\theta = 2 \cdot \arccos(1 - 2y/D)$

Perímetro molhado =  $P = D \cdot \theta/2$       Raio Hidráulico =  $R = A/P$

Velocidade do escoamento =  $V = Q/A$       Largura de boca =  $tpwd = 2 \cdot (y \cdot (D - y))^{1/2}$

Froude =  $Fr = V / (g \cdot A / tpwd \cdot \cos(\arctan(i)))^{1/2}$       Declividade longitudinal =  $i$  (m/m)



Seções tipo modelo para utilização no dimensionamento hidráulico

Seção Tipo Trapezoidal  
Canal Aberto

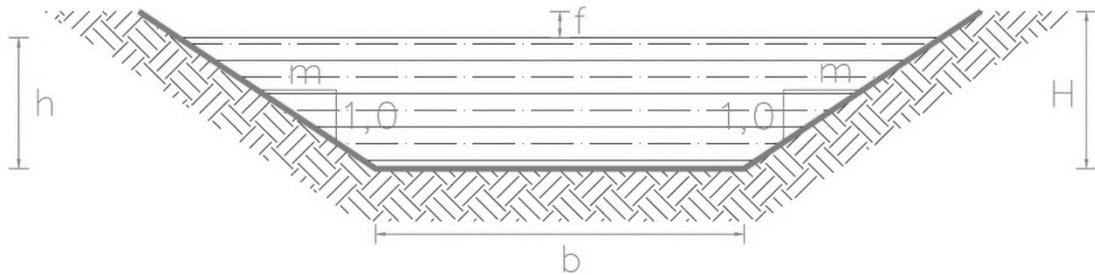


Figura 5.1 – Seção Hidráulica Trapezoidal

Seção Tipo de Concreto  
Canal Fechado

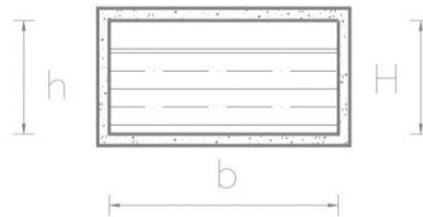


Figura 5.2 – Seção Hidráulica Retangular de Concreto

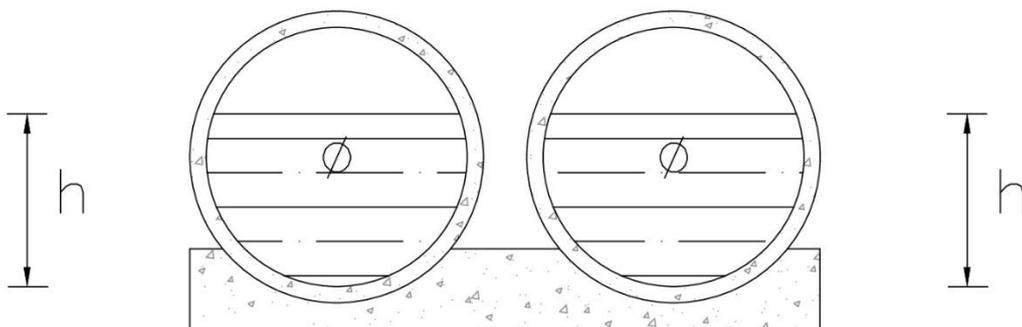
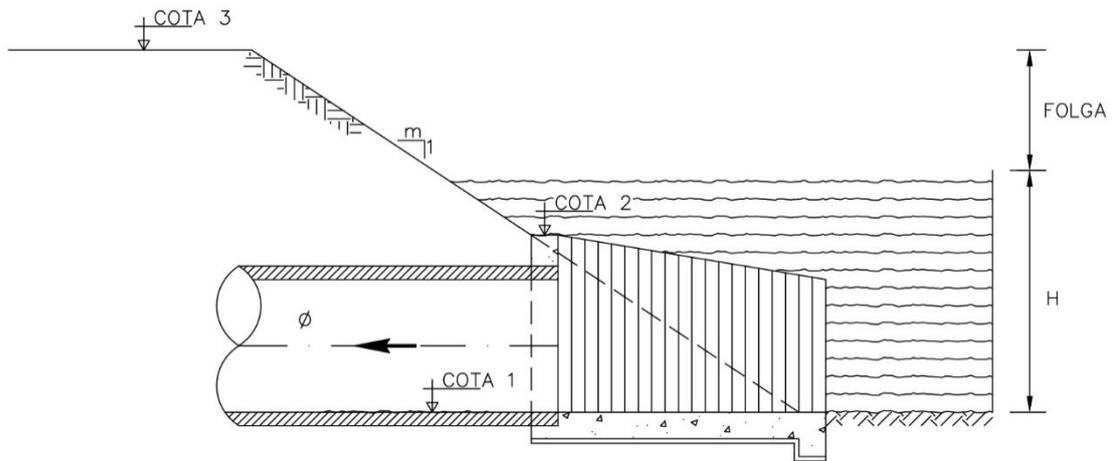


Figura 5.3 – Seção Tubular de Concreto



**Figura 5.4 – Entrada e saída de estrutura de concreto**

## 6. RECOMENDAÇÕES

As plantas fornecidas e as orientações técnicas dadas ao construtor serão suficientes para perfeita execução da obra, desde que sejam adotadas as dimensões, especificações e localização prevista. Ajustes na obra, certamente serão necessários, devido ao escape de alguma informação na planta topográfica ou na visita ao local, ou até devido às peculiaridades do sítio da obra, densamente ocupado por habitações e outras redes de serviços públicos. Entretanto, recomenda-se nivelar e locar os dispositivos projetados antes de iniciar a construção. É imprescindível que o sistema seja construído de forma que permita a saída livre das águas e não fiquem pontos baixos na pista desprovidos de caixa de captação.

Para o perfeito funcionamento hidráulico do sistema de drenagem estamos propondo as seguintes recomendações:

- Manutenção rigorosa dos dispositivos de drenagem. Devem ser limpos periodicamente para evitar sua obstrução por lixos e detritos e outros objetos caídos e lançados pelos usuários das vias e de edificações vizinhas. Da qualidade dessa manutenção dependerá o bom funcionamento de todo sistema projetado;
- As caixas e laje devem ter tampas removíveis para facilitar a limpeza periódica da estrutura.
- Devido a deficiência das informações topográficas nas plantas desatualizadas do sistema cartográfico que extrapola o limite da faixa de domínio da via e também pelo fato da intervenção ser dirigida para uma área já consolidada, torna-se indispensável à locação do projeto, ora apresentado, a partir do ponto inicial e final dos pontos de descargas. De posse desses elementos pode-se executar, com os devidos ajustes, a proposta prevista de intervenção. Alguns ajustes de implantação dos dispositivos de drenagem podem ser necessários, na locação da obra, em função da cota das linhas de drenagem natural e da posição da rede de galeria ou bueiro existente;
- Executar locação das obras a partir do ponto de descarga, objetivando garantir as declividades de projeto e a saída livre das águas;
- Executar concordância com estruturas existentes que vão ser aproveitadas e fazer o cálculo estrutural dos dispositivos de drenagem;
- A funcionalidade, segurança e garantia do sistema de drenagem projetado depende do prolongamento de todos os canais de macrodrenagem da cidade de Luís Eduardo Magalhães, conforme está explicitado para cada caso nas mesmas plantas técnicas do projeto. O

recomendado prolongamento deverá ser objeto de um estudo completo e geral que abranja todos os coletores de macrodrenagem até alcançar o corpo receptor da rede hídrica natural formada pelo rio dos Cachorros e rio de Pedras.

## 7. RESULTADOS OBTIDOS

As planilhas apresentadas em anexo mostram os resultados dos cálculos das vazões hidrológicas e do dimensionamento hidráulico da capacidade de vazão das seções dos canais, bueiros celulares de concreto e rede tubular de concreto e

PEAD. E também as planilhas de cálculo das vazões do Hidrograma Unitário Triangular HUT.

## 8. ANEXOS

Em **ANEXO** encontram-se apresentados os elementos previstos para serem executados na **Etapa 1** da obra, listados a seguir:

### ⇒ PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

- ◆ PEÇAS GRÁFICAS:
- ◆ DETALHAMENTOS DNIT:

⇒ PEÇAS GRÁFICAS

