
1. DADOS DO MUNICÍPIO

DADOS DO MUNICÍPIO

O município de Ibitiara localiza-se na Zona Fisiografia da Chapada Diamantina no Estado da Bahia. Faz limite com os municípios de Ibipitanga, Novo Horizonte, Brotas de Macaúbas, Seabra, Boquira, Oliveira dos Brejinhos e Boninal. Localiza-se a uma Altitude de 900m, Latitude de 12°39'00, e Longitude de 42°13'00. Está situada a 532 Km de distância da capital.

HISTÓRICO

A História de Ibitiara teve início em fins do século XVIII, justamente quando os desbravadores portugueses aqui chegaram pela primeira vez em busca de ouro e pedras preciosas. Inicialmente eles se fixaram num pequeno povoado que atribuíram o nome de Remédios, por acreditarem que a água que ali jorrava da serra com abundância teria qualidades terapêuticas o que constituía um verdadeiro tesouro para os bandeirantes sedentos e cansados das longas viagens. Posteriormente, esse povoado de Remédios foi elevado à categoria de município sob a denominação de Remédios de Rio de Contas. Dentre os arraiais pertencentes ao município de Remédios houvera um que mais se destacou, e que posteriormente, recebera a denominação de 'Arraial de Bom Sucesso', cujas terras formavam um sítio que fora adquirido em 1854, por Francisco Xavier Gomes e João Rodrigues, em nome do Conde da Ponte, tendo como procurador o senhor Rodrigues Pereira de Castro. Por volta do ano de 1925, sob as influências de políticos da época, e devido à descoberta de jazidas de ouro na região, mudou-se a sede do município para 'Bom sucesso'. Tendo em vista que o município recém criado não tinha autonomia, ou seja, não era possuidor de recursos próprios para se manter, foi incorporado nesta mesma época, ao município vizinho de Macaúbas. Anos mais tarde, através do Decreto nº 8.830, de 2 de março de 1934, o município de Bom Sucesso foi restaurado e voltou a ser autônomo. Por isso, essa data deve ser sempre lembrada como sendo a data da emancipação política do município. Em 1943, através do Decreto nº 141, de 31 de dezembro de 1943, a denominação de Bom Sucesso foi modificada para Ibitiara, nome indígena que significa **Ibi = terra, tiara = áurea**, ou seja, ouro, significando **terra do ouro**.

A obra de Construção de Pavimentação em Paralelepípedo em Ruas do Município de Ibitiara, localizadas neste Município de Ibitiara – Bahia, a ser realizada pela Prefeitura Municipal de Ibitiara com os recursos repassados pelo Estado, será realizada observando-se soluções de melhoramento da funcionalidade do espaço e estabelecendo-se padrões construtivos, em que se deve procurar a racionalização da obra, utilizando materiais de fácil manutenção e longevidade.

A referida obra será executada obedecendo rigorosamente as especificações da planilha orçamentária; bem como as indicações, recomendações e/ou exigências constantes das normas técnicas da ABNT, das concessionárias locais e dos catálogos dos fabricantes. Os casos omissos quanto às especificações e acabamentos serão determinados pela equipe técnica da Prefeitura Municipal de Ibitiara.

Poderão ser alteradas as especificações dos materiais nos acabamentos, durante a execução da obra, quando as mesmas forem necessárias ao atendimento dos aspectos técnicos, ou como decorrência da qualidade, segurança ou mesmo falta no mercado por terem sido deixados de ser fabricados, ou quando houver fusão de empresas resultando em nova marca, ou não houver disponibilidade junto ao mercado no momento de aquisição dos mesmos, substituindo por outro de igual ou superior qualidade, com o devido conhecimento e anuência da equipe técnica da Prefeitura Municipal de Ibitiara.

Alguns elementos de projetos, se necessitarem de maior detalhamento para execução, poderão ser apresentados durante as obras. Todos os materiais aplicados, serão de reconhecida qualidade junto ao mercado de materiais de construção.

Os padrões dos materiais de acabamento serão definidos por profissionais especializados, de maneira a se obter harmonia e bom gosto na caracterização final da unidade. A mudança de qualquer projeto, serviço ou material somente será admitida após autorização por escrito dos responsáveis técnicos dos projetos, juntando-se à mesma uma amostra para o devido exame e apresentando as razões determinantes do pedido

2. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

2.1 Generalidades

Os estudos topográficos se desenvolveram utilizando um modelo simplificado, tendo como base as orientações das normas de serviços topográficos, aplicados à elaboração de bases topográficas para execução de projetos geométricos de vias. No entanto, observou-se a Norma NBR 13.133:1994 – Execução de levantamentos topográficos.

Todos os serviços de levantamento topográfico foram realizados por equipamento GPS (Geographical Positioning System), GPS - RTK i50 + Rover i73, Drone. Com auxílio de um GPS Gamin, modelo A20, foram cadastradas as informações de campo e posteriormente, com uso de uma base disponível no site do IBGE, realizou-se o pós-processamento com uso do software Auto Cad Civil 3D. A correção dos pontos qualifica a planimetria e altitude das informações cadastradas em campo.

2.2 Metodologia dos trabalhos

2.2.1 Levantamento cadastral

O levantamento cadastral foi gerado a partir dos pontos com cota obtidos com o auxílio de equipamento GPS - RTK i50 + Rover i73, com o levantamento de linha de eixo (pontos do terreno natural) das vias indicadas, de forma a propiciar todo o cadastro onde se propõe as intervenções.

Nos pontos críticos identificados e, a partir das coordenadas coletadas em campo, checados através dos estudos hidrológicos somados ao posicionamento em campo, foram levantadas seções transversais com medições de bordos, alturas, cercas, indicação de aguada, construções, postes e etc. O ponto crítico, foi definido em coordenadas com uso do GPS e juntamente com fotos, obteve-se o cadastro completo do ponto de intervenção.

2.2.2 Subprojeto Planialtimétrico

De posse das informações coletadas em campo, iniciou-se o processamento dos pontos que resulta em uma melhoria das precisões destes pontos em coordenadas X, Y e Z. Após esta operação, o software exporta o arquivo em formato .dxf, contendo linhas e pontos que serão desenhados com definição da via (bordos e eixos) e pontos críticos com cotas. O subprojeto geométrico foi desenvolvido sobre esta base, contendo planta e perfil do terreno no trecho e seu respectivo ponto crítico.

Os subprojetos topográficos foram georreferenciados e, o resultado final se encontra representado nos subprojetos de geometria e terraplenagem, este levantamento serviu de base para a elaboração dos mesmos.

2.3 Levantamento Topográfico do Pontilhão,

O levantamento topográfico do pontilhão foi realizado por equipamento de **Estação Total** e GPS - RTK i50 + Rover i73, conforme Norma da ABNT NBR 13133:1994 - Execução de Levantamento Topográfico.

2.3.1 Datum's utilizados

Os levantamentos tiveram como base o SGB (Sistema Geodésico Brasileiro), Datum Horizontal "SIRGAS 2000" e "SAD 69 CLÁSSICA". O Datum Vertical adotado é obtido do modelo geoidal oficial brasileiro adotado pelo IBGE e calculado com o software DATAGEOSYS e Auto Cad Civil 3D.

2.3.2 Sistema Geodésico Brasileiro - SGB

Classicamente a geodésica tem sido definida, a partir de seus objetivos, como a ciência que se ocupa da determinação da forma, das dimensões e do campo gravitacional da Terra. O problema geodésico, de natureza físico-geométrica pode ser tratado como o da definição de um sistema de coordenadas em que fiquem caracterizados os pontos que descrevem da superfície física da Terra.

O sistema de coordenadas associado à família de pontos descritores denomina-se SISTEMA GEODÉSICO, sendo necessária, para se atingir os objetivos da Geodésia, a sua extensão a toda superfície da Terra.

O Sistema Geodésico Brasileiro é definido a partir do conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pela fronteira do país – pontos estes que são determinados por procedimentos operacionais e possuem suas coordenadas calculadas através de modelos geodésicos de precisão compatível com as finalidades a que se destinam.

Para o Sistema Geodésico Brasileiro, a imagem geométrica da Terra é definida pelo Elipsóide de Referência Internacional de 1967. O Referencial altimétrico coincide com a superfície equipotencial que contém o nível médio do mar, definido pelas observações maregráficas tomadas na baía de Imbituba, no litoral do Estado de Santa Catarina.

O estabelecimento do Sistema Geodésico Brasileiro desenvolve-se tendo como objetivo contribuir para a solução do problema geodésico, sem, contudo, se descuidar dos aspectos aplicados, em que a preocupação maior é a referência para as atividades cartográficas. Os pontos geodésicos, subsidiariamente, suprem a comunidade técnica nacional das informações necessárias à condução dos assuntos públicos, principalmente as que permitem apoiar as grandes obras de engenharia tais como: sistemas de comunicação; transmissão de energia; barragens para geração de energia ou abastecimento de água, titulação de propriedades, dentre outras importantes.

O Sistema Geodésico Brasileiro integra o datum Sul-Americano de 1969 (SAD69), definido a partir dos parâmetros:

A - Figura geométrica para a Terra;

- Elipsóide internacional de 1967

a (semi-eixo maior) = 6378160,000 m

f (achatamento) = 1/298,25

B - Orientação;

- Geocêntrica;

Eixo de rotação paralelo ao eixo de rotação da Terra

Plano meridiano origem paralelo ao plano meridiano de GREENWICH

- Topocêntrica;

No vértice CHUÁ de cadeia de triangulação do paralelo 23° S.

$\Phi = 12^{\circ} 45' 41,6527'' S$

$\lambda = 42^{\circ} 06' 04,0639'' W Gr$

$\alpha = 271^{\circ} 30' 04,05'' p/VT -$

$N = 0,0 m$

2.3.3 Sistema Sirgas 2000

Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional - ITRS (International Terrestrial Reference System)

- Figura geométrica para a Terra: Elipsóide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (Geodetic Reference System 1980 - GRS80)

Semi-eixo maior $a = 6.378.137$ m

Achatamento $f = 1/298,257222101$

- Origem: Centro de massa da Terra

- Orientação:

Pólos e meridiano de referência consistentes em $\pm 0,005''$ com as direções definidas pelo BIH (Bureau International de l'Heure), em 1984.0.

A seguir as tabela com os tipos de levantamento topográfico realizado em cada ponto e a ficha de campo:

ESTRADA VIA POVOADO DE CALDEIRÃO - IBITIARA						
TRECHO	PONTO	LOCALIZAÇÃO	OBRA PROJETADA	TIPO DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	COORDENADAS UTM	
					LESTE	NORTE
1	1	ESTRADA CALDEIRÃO	BTTC 1,50	GPS/RTK/ ESTAÇÃO TOTAL	778919.00 m E	8616400.00 m N

Tabela : Tipo de levantamento topográfico

**3. SUBPROJETO
GEOMÉTRICO E
TERRAPLENAGEM**

3.1 Introdução

Para a elaboração do subprojeto geométrico e terraplenagem foram considerados o aterro que deverá recobrir o bueiro. Para o bueiro capeado, o aterro deve ser definido pela altura da obra, com extensão média de 10m para cada lado da obra. Nas Obras de Arte Especiais que foram realizados o levantamento topográfico, avaliando os aspectos geométricos para atender a trafegabilidade com segurança.

3.1.1 Critérios de projetos adotados:

- Limpeza do terreno com 1,0 m para cada lado além da plataforma e das áreas de empréstimos;
- Seção transversal da plataforma varia conforme a plataforma da pista existente;

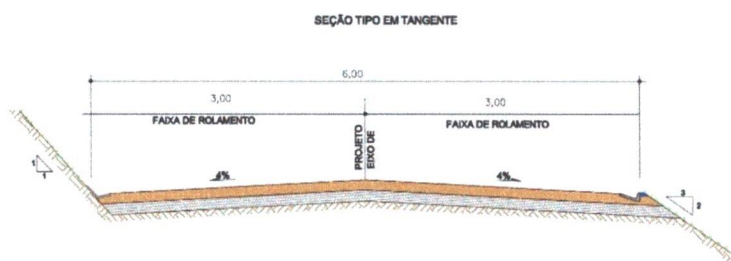


Figura 1: Seção tipo em tangente

- Declividade da seção transversal de 3,0%;
- Inclinação dos taludes: Corte 1:1 e Aterro 1: 2,5.

3.2 Concepção do Projeto

O subprojeto de terraplenagem foi desenvolvido com base nas informações provenientes do subprojeto Geométrico e do Levantamento Topográfico realizado conforme item descrito anteriormente de Estudos Topográficos, além da visita técnica "in loco".

O objetivo do referido subprojeto é garantir as larguras mínimas

necessárias de plataformas de terraplenagem suficiente para abrigar a implantação do projeto geométrico, respeitando-se as cotas propostas. Entretanto, não se deixando de observar uma solução que melhor viabilizasse o projeto de drenagem.

A implantação dos terraplenos projetados ocorrerá por processos mecanizados. Constará basicamente da abertura dos cortes, da execução dos aterros para a implantação da plataforma dimensionada neste projeto.

3.2.1 Execução do aterro - compactação - PMI

O processo de compactação no campo deverá seguir as normas ou especificações de serviço (Anexo B) do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes).

A sequência construtiva da compactação são resumidamente os seguintes:

- a) Lançamento e espalhamento do material com as unidades de transporte procurando-se obter, aproximadamente, a espessura solta adotada.
- b) Regularização da camada, utilizando-se a motoniveladora para o acerto da altura da camada solta, dentro dos limites impostos pelas especificações. Admite-se que a espessura da camada solta seja de 20 a 25% maior do que a altura final de camada, após a compactação.

3.2.2 Natureza do material a escavar

Após executada as prospecções e, conhecendo a natureza dos solos na inspeção visual conclui-se que o material de construção dos cortes é classificado como de 1º categoria.

3.2.3 Recomendação para a construção de aterros

Os Aterros serão executados conforme a norma do DNIT- 108/2009-ES e ocorrerão onde a implantação requerer o depósito de materiais proveniente de cortes e/ou jazidas para atingir as cotas previstas em projeto e dentro dos limites das seções de projeto, "off sets", que definem o corpo do terrapleno.

3.2.4 As operações de aterro compreendem:

- a) Descarga, o espalhamento, o conveniente umedecimento ou aeração, e a compactação dos materiais oriundos do corte.
 - b) Descarga, o espalhamento, homogeneização, conveniente umedecimento
-

ou aeração, e a compactação dos materiais selecionados oriundos do corte, para a construção da camada final do aterro, até a cota correspondente do greide de terraplenagem. As condições a serem obedecidas para a compactação são objeto da norma DNIT-ES-141/2009.

3.2.5 Da execução:

Os solos para os aterros deverão ser isentos de matérias orgânicas, micácea e diatomácea. As turfas e as argilas orgânicas não poderão ser utilizadas.

Na execução do corpo dos aterros não será permitido o uso de solos que tenham baixa capacidade de suporte ($\text{CBR} < 2\%$) e expansão maior que 4%.

A espessura de cada camada compactada não deverá ultrapassar de 30 cm e, para as 3 camadas finais essa espessura não deverá ultrapassar de 20 cm.

3.2.6 Recomendação para a construção de cortes

Os cortes serão executados conforme a norma do **DNIT-ES-106/2009** e ocorrerão onde a implantação requerer a escavação do material constituinte do terreno natural ao longo da projeção da obra e dentro dos limites das seções de projeto, “*off sets*”, que definem o corpo do terrapleno.

Recomenda-se que após a execução dos cortes, caso se verifique a existência de solos de baixa capacidade de suporte ($\text{CBR} < 2\%$) e/ou a existência de matérias orgânicas, micáceas e diatomácea, a sua substituição em camada não inferior a 60cm.

4.2.6.1 As operações de cortes compreendem:

- a) Escavação dos materiais constituintes do terreno natural até o greide da terraplanagem indicado no projeto;
 - b) Quando, ao nível da plataforma dos cortes, for verificada a ocorrência de rocha sã ou em decomposição, deve ser procedido o rebaixamento do greide, no mínimo de 40cm. No caso de solos com expansão maior que 2%, baixa capacidade de suporte ($\text{CBR} < 2\%$) ou orgânicos, o rebaixamento deve ser no mínimo de 60cm. Deve ser procedida, em seguida, a execução de novas camadas, constituídas de materiais selecionados os quais devem ser definidos
-

pela Fiscalização;

c) Transporte do material escavado para aterros ou bota-foras;

d) Retirada do material de má qualidade, se ocorrer, visando o preparo das fundações de aterro.

4.2.6.2 Da execução dos cortes

Os materiais escavados serão transportados para os pontos de aterro, nos volumes necessários aos mesmos. No caso de materiais rejeitados ou excedentes, esses solos serão transportados para o mesmo bota-fora dos materiais provenientes da Supressão Vegetal, Destocamento e Limpeza.

Os segmentos que não atingirem as condições mínimas de compactação devem ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade ótima e devidamente compactados. Os taludes dos cortes deverão apresentar, após a operação de terraplanagem, a inclinação indicada em projeto.

4.2.6.3 Controle geométrico

O controle geométrico do acabamento da plataforma de aterro será procedido mecanicamente de forma a alcançar a conformação prevista no projeto, buscando manter as declividades necessárias para o bom funcionamento da drenagem.

3.3 Supressão Vegetal, destocamento e limpeza da área.

Os serviços de supressão vegetal, destocamento e limpeza, compreendem os serviços preliminares, conforme especificação DNIT-104/2009-ES, objetivam a remoção nas áreas destinadas a implantação do platô e do acesso de obstruções naturais e artificiais, porventura existentes, tais como: árvores, arbustos, tocos, raízes, entulhos estruturas de qualquer natureza.

4. SUBPROJETO DE DRENAGEM

4.1 Introdução

O presente relatório apresenta o resumo dos estudos hidrológicos e o dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem com as informações essenciais para cada bacia estudada. O presente estudo seguiu as orientações definidas no Termo de Referência do projeto

O estudo trata do pré-dimensionamento dessa obra, cabe lembrar que os dispositivos podem sofrer alterações de acordo com o avanço do projeto e propostas das demais disciplinas, como por exemplo, os projetos geométricos e estruturais.

Foram analisados 1 PONTO CRÍTICO e indicadas as dimensões dos dispositivos.

4.2 Descrição do sistema

A concepção do sistema de drenagem teve como premissa preservar os afluentes originados de cada bacia, com o objetivo de não alterar as suas vazões. Nos pontos de lançamento de afluentes foram dimensionados de forma a não impactar na população local e evitar erosão e ravinamentos nestes locais.

O sistema foi dimensionado de forma a proporcionar menores custos de implantação e facilidade de manutenção.

4.3 Documentos de referência

Na elaboração dos estudos foram utilizados os elementos relacionados abaixo.

Dados pluviométricos e fluviométricos:

Os dados pluviométricos, de postos situados nas proximidades do trecho, e fluviométricos, de postos situados nos cursos d'água de interesse do projeto, foram obtidos dos bancos de dados:

<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>

Base de dados:

- Cartas Planialtimétricas de Santa Barbara e Feira de Santana, IBGE, na escala 1:100.000;
-

-
- Dados de clima obtidos de bancos de dados digitais de diferentes instituições (ANA, INMET, INPE);
 - Informações Geoambientais - SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (<http://www.sei.ba.gov.br>).

Bibliografia técnica:

- Tucci, CEM. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.4. Editora da Universidade, Porto Alegre, 2001;
- Netto, Azevedo. **Manual de Hidráulica**. Editora Blucher, 1998;
- **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem** (IPR-715) do DNIT, de 2005;
- **Manual de Drenagem de Rodovias** (IPR-724) do DNIT, de 2006;
- **Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários** (IS-203) do DNIT.

Ferramentas computacionais:

- Google Earth;
 - MS Excel;
 - AutoCAD, AUTOCAD CIVIL 3D;
 - QGIS e DATAGEOSYS;
-

4.4 Aspectos gerais do Município

4.4.1 Hidrografia e clima

O município de Ibitiara, localiza-se na Chapada Diamantina na microrregião de Boquira, e possui limite com os municípios de Novo Horizonte, Seabra, Boquira, Oliveira dos Brejinhos e Ibipitanga.

O município possui área de 1.834,002 km² e é composto por Quatro distritos: distrito sede, distrito de Mocambo, distrito de Lagoa do Dionizio e distrito de Olhos D'água do Seco.

O município caracteriza-se por possuir tipo climático semiárido e tem como principais corpos d'água: Corrego Mulungu, Corrego dos Frios, Riacho Olhos D'água, e Córrego São Domingos.

Variável climática	Valores médios anuais
Temperatura máxima (°C)	33
Temperatura média compensada (°C)	24
Temperatura mínima (°C)	12
Precipitação média anual (mm)	1075
Evaporação média anual (Piche) (mm)	1597
Umidade relativa do ar (mm)	100
Insolação total (horas)	2112

Tabela 6: Variável climática - Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia

Ressalta-se que os valores apresentados de médias e normais climatológicas são obtidos em função de uma ampla região, compreendendo determinadas estações em um período de observação específico, no caso da tabela acima, de 1981 a 2012.

4.4.2 Pluviometria

As informações extraídas nas normais climatológicas se confirmam nos dados apresentados pela estação pluviométrica operada pelo INEMA. Os dados foram extraídos do site da ANA (Hidroweb). A estação mais próxima da área de estudo com dados coletados foi a estação de Lençóis. O gráfico abaixo apresenta os valores de Totais Mensais para a Estação de Lençóis:

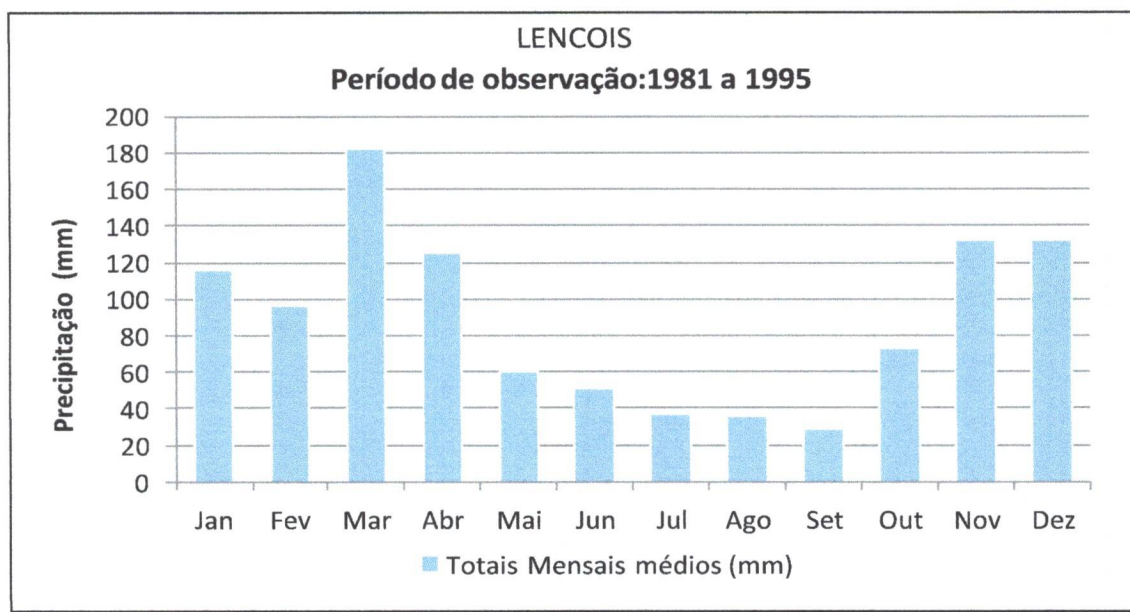


Gráfico 1: Precipitação x Totais Mensais Médios

Nota-se que o período chuvoso da região abrange os meses de março e abril, com precipitação média destes meses de aproximadamente 152 mm. Percebe-se a variabilidade pluviométrica com o período seco onde os meses de maio a setembro compreendem os meses mais secos com precipitação abaixo de 60mm. Estas informações são relevantes quando consideramos o período de seca para execução de obras, sendo o mais indicado devido à quantidade de dias sem chuva.

4.5 Subprojeto de Drenagem

4.5.1 Chuvas Intensas

As equações de chuva foram extraídas do software Pluvio 2.1 para a localidade de Ibitiara. Seus parâmetros são indicados nas equações a seguir. Sua utilização é indicada em cada ponto levantado.

A equação geral é descrita por “i” que é a intensidade da tormenta, TR é o tempo de retorno em anos; t é a duração do evento, em minutos; k, a, b e c são os coeficientes regionais da equação (apresentados no quadro abaixo).

Localidade	Coeficientes da Equação IDF			
Nome	k	a	b	c
IBITIARA	4197,593	0,192	32,427	1,04

Tabela 7: Coeficientes da Equação IDF

$$i = \frac{k \cdot TR^a}{(t + b)^c}$$

4.5.2 Tempo de Recorrência

O TR específico do projeto considerou os seguintes fatores de risco, de acordo com o termo de referência do projeto:

Área da bacia de contribuição	Tipo de obra
A < 5,0 km ²	10 anos (Bueiro Tubulares - BTTC) como canal e 25 anos como orifício
A < 5,0 km ²	50 anos (Ponte e Galerias)
5,0 km ² < A < 10,0 km ²	
A ≥ 10,0 km ²	

Tabela 8: Tempo de Recorrência.

4.5.3 Tempo de Concentração

O tempo de duração crítica da tormenta que gera a vazão de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. O cálculo do tempo de concentração é definido por

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

onde t_c é o tempo de concentração, em horas; L é o comprimento do talvegue, em Km; H é o desnível do talvegue principal desde a cabeceira até o exutório, em metros.

De acordo com literatura conceituada, o *Hydraulics Manual* do *Ministry of Transportation and Highways* adota um tempo mínimo de 15 minutos para área rural e de 10 minutos para área residencial. Já o *Hydraulic Manual* desenvolvido pelo *Washington State Department of Transportation* indica que o tempo de concentração deve ser superior a 5 minutos. Assim, para este estudo, tomando-se os estudos supracitados e projetos de magnitude similar, julga-se prudente adoção de tempo de concentração mínimo de 10 minutos.

4.5.4 Potencial de escoamento superficial

De acordo com o método chuva-vazão utilizado o coeficiente pode ser Coeficiente de Escoamento (C), para o Método Racional, e o Coeficiente do Complexo Solo-Vegetação (CN), para o Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT).

A Tabela abaixo determina os valores de c e CN definido pelo Termo de Referência.

OROGRAFIA			1		2		3	
			PLANA		ONDULADA		MONTANHOSA	
CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE			C	CN	C	CN	C	CN
Terrenos Estêreis e Áreas Urbanizadas	Muito Permeáveis	A	0,10	50	0,20	55	0,30	65
	Permeáveis	B	0,20	55	0,30	60	0,40	70
	Semi Permeáveis	C	0,40	60	0,50	65	0,60	75
	Pouco Permeáveis	D	0,60-0,80	70	0,60-0,90	75	0,60-1,00	80
Cerrados, Pastagens e Matas Ralas	Muito Permeáveis	A	0,20	45	0,30	50	0,40	60
	Permeáveis	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
	Semi Permeáveis	C	0,30	60	0,40	60	0,50	70
	Pouco Permeáveis	D	0,40	65	0,50	70	0,60	75
Culturas e Pastagens Terraceadas	Muito Permeáveis	A	0,10	35	0,30	45	0,40	50
	Permeáveis	B	0,20	40	0,35	50	0,45	55
	Semi Permeáveis	C	0,30	50	0,40	60	0,50	60
	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70
Culturas Terraceadas	Muito Permeáveis	A	0,10	30	0,20	40	0,30	50
	Permeáveis	B	0,15	40	0,30	50	0,40	55
	Semi Permeáveis	C	0,20	50	0,40	55	0,50	60
	Pouco Permeáveis	D	0,40	60	0,50	65	0,60	70

Tabela 9: Estudo do Relevo

Sendo:

A = "Loess" em camadas espessas;

B = "Loess" em camadas rasas e areias;

C = Solos Siltosos e Argilosos;

D = Solos com argilas expansivas e pavimentos.

Para este município adotaram-se Coeficientes de Escoamento (Run-off) e Coeficientes do Complexo Solo-Vegetação (Curve Number) iguais para cada ponto, pois, suas bacias de contribuição possuem características similares. Ou seja, identificou-se que as bacias de contribuição são montanhosas com presença de culturas e pastagens terraceadas com condição de superfície permeável.

Assim, utilizou-se coeficiente coincidente de Run-off igual a 0,45 e Curve Number igual a 55 para cálculo da vazão afluente a cada ponto crítico.

4.5.5 Metodologia de cálculo de descargas

As vazões de projeto foram calculadas de acordo com o critério de área de drenagem, conforme apresenta o quadro abaixo.

Porte da bacia	Área de drenagem	Método de cálculo
Pequenas bacias	Bacias até 1,0 km ²	Método Racional
Bacias intermediárias	Bacias entre 1,0 km ² e 10,0 km ²	Método Racional acrescido de coeficiente de retardo
Grandes bacias	Bacias acima de 10,0 km ²	Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT) ou análise estatísticas de vazões máximas observadas

Tabela 10: Porte da bacia

Método Racional (MR)

O método racional baseia-se nas seguintes hipóteses:

- Precipitação uniforme sobre toda a bacia;
 - Precipitação uniforme na duração da chuva;
 - A intensidade da chuva é constante;
-

-
- O coeficiente de escoamento superficial é constante;
 - A vazão máxima ocorre quando toda a bacia está contribuindo;

A vazão de projeto obtida pelo método Racional segue a seguinte equação:

$$Q = 0,278 C.I.A$$

Onde Q é descarga de projeto, em m³/s; C é o coeficiente adimensional de escoamento superficial (*runoff*); I é a intensidade média da precipitação sobre a bacia; A é a área de bacia drenada, em km²; 0,278 é o fator de conversão de unidades;

Método Racional Corrigido (MRC)

A fórmula do Método Racional geralmente leva ao superdimensionamento das obras de drenagem para bacias de médio e grande porte. Para o dimensionamento mais criterioso dos elementos em questão, corrige-se as vazões afluentes calculadas utilizando-se o coeficiente de retardo adimensional (r), que visa a correção da precipitação pontual para a precipitação uniformemente distribuída pela área, adotando-se a Equação:

$$r = \frac{1}{n\sqrt{100A}}$$

onde:

A = área da bacia em Km² ;

n = 4 (para bacias de declividade média < 0,5%) ;

n = 5 (para bacias de declividade média ≥ 0,5% e < 1,0%) ;

n = 6 (para bacias de declividade média ≥ 1,0%) ;

Portanto, a fórmula adotada para o cálculo de vazões, pelo Método Racional Corrigido, é:

$$Q = 0,278 C.I.A.r$$

Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT)

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_p é a descarga de projeto (m³/s); A é a área da bacia drenada

(km²); P_e é o excesso de chuva efetivamente escoada (mm); t_p é o tempo de pico (h); 0,208 é um fator adimensional de armazenamento e conversão de unidades.

A precipitação efetiva P_e (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:

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

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.

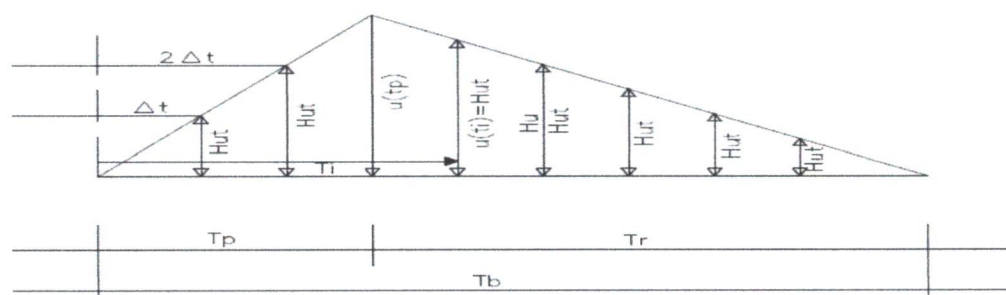


Figura 2: Esquema de representação do hidrograma do método HUT

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): $t_r = 1,67.t_p$
- Duração unitária (h): D_u ou $\Delta t = 0,20.t_c$
- Tempo de base (h): $t_b = 2,67.t_p$

➤ Vazão de pico ($\text{m}^3/\text{s}/\text{mm}$): $Q_p = 0,208.A/t_p$

O hidrograma de projeto é obtido pela equação de convolução:

$$Q_t = \sum_{i=j}^t P e_i \cdot q_{t-i+1}$$

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 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{mm}$). 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.

4.6 Precipitação e vazões das Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica de uma seção de um curso d'água é a área geográfica coletora de água de chuva que, escoando pela superfície do solo atinge a seção considerada.

As áreas das bacias foram determinadas por cartas cartográficas, dimensionadas as sub-bacias contribuintes para os dispositivos de drenagem. Estas áreas são as apresentadas na imagem a seguir:

BACIAS HIDROGRÁFICAS – IBITIARA

• PLANTA GERAL



Figura 3: *Bacias hidrográficas*

4.7 Dimensionamento Hidráulico

Para o presente estudo foi considerada a transposição de talvegues por bueiros. Os critérios adotados para o desenvolvimento do estudo, apresentados neste relatório, estão de acordo com a Instrução de Serviço, IS-210 e com o Manual de Drenagem de Rodovias, do DNIT.

Os bueiros foram dimensionados admitindo-se que eles trabalhem como canais ou como orifícios, para os TR's indicados anteriormente, considerando que tais obras funcionam em regime crítico, onde a menor quantidade de energia é despendida. Seguiram-se as premissas descritas no Manual de drenagem de rodovias do DNIT para as obras.

Foram sugeridas dimensões mínimas para os dispositivos, uma vez que sua geometria pode ser alterada de acordo com a necessidade in loco, por exemplo, quando não há altura de aterro suficiente para um bueiro e se tem folga na largura. Também se deve levar em consideração a relação econômica, quando uma obra pode ser mais barata e com eficiência hidráulica igual ou superior, como os casos em que há substituição de um bueiro capeado triplo por uma ponte.

Tipo	Base (m) x Altura (m)	Área molhada crítica (m ²)	Vazão crítica (m ³ /s)	Velocidade crítica (m/s)	Declividade crítica (%)
BTTC	1,50	10,00	28,93	3,62	0,62

Tabela 13: Bueiro Capeado trabalhando como Canal.

A escolha das seções, das obras de arte estudadas, deve ser feita de acordo com a fórmula de Manning, apresentada na Equação, calculando-se a vazão para a velocidade máxima de 6,0 m/s.

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R_H^{2/3} \cdot \sqrt{I}$$

Onde Q é a vazão (m³/s); n é o coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional); A é a área molhada (km²); RH é o raio hidráulico (m); i é a declividade (m/m).

Conforme o Manual de Drenagem de Rodovias desenvolvido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, especifica-se, na página 200, que para número de Froude abaixo de 1,7 não deve haver preocupações no que tange as bacias de amortecimento ou dissipadores localizados. Para os pontos críticos estudados o número de Froude máximo encontrado equivale a 1,03. Ou seja, é dispensável o uso de dissipador e outras medidas protetivas.

Todavia, segundo o documento “Diretrizes de projeto para bueiros-DP-H11”, confeccionado pela Prefeitura do Município de São Paulo, página 259, o uso de bocas de bueiro é indicado para proteção do aterro contra erosões. Indicando que as bocas de bueiro funcionam também como dissipador de energia, uma vez que possuem perda de carga localizada.

Assim, assume-se que as estruturas projetadas estão a favor da segurança no que se refere à proteção contra erosão do solo e taludes.

4.8 Casos Particulares

Os casos particulares são atribuídos a uma situação específica do local e solicitados pelo contratante. Cabe esclarecer que estes casos poderão exigir critérios diferentes dos apresentados no Termo de Referência, com a necessidade de aprovação do órgão.

Ressalta-se que na região, de forma geral, há presença de bacias de retenção nas áreas de contribuição. As bacias de retenção têm sido muito usadas comumente em zonas rurais como meio de armazenamento de água para fins agropecuários. Elas auxiliam para evitar perturbações à jusante, reduzem a carga de contaminante do rio, controlam a erosão, melhoraram a paisagem, criam espaço recreativo e de lazer, recarregam os aquíferos, entre outras aplicações.

As bacias de armazenamento reduzem o pico de escoamento, assim, para o cálculo de transformação chuva-vazão no hidrograma, visando-se considerar a atuação destas bacias, utilizou-se como metodologia o uso de coeficiente de escoamento compatível com maior infiltração da precipitação no solo, ou seja, menor escoamento. Esta medida permitiu a redução do pico de vazão para pontos cujas bacias de contribuição possuem volumes de retenção.



Maria Luiza Oliveira Lemos – Arquiteta e Urbanista

CAU/BA A247936-2



José Anfilólio de Menezes – Agrimensor/Técnico em Edificações

CRT/BA nº 1841439088-9
