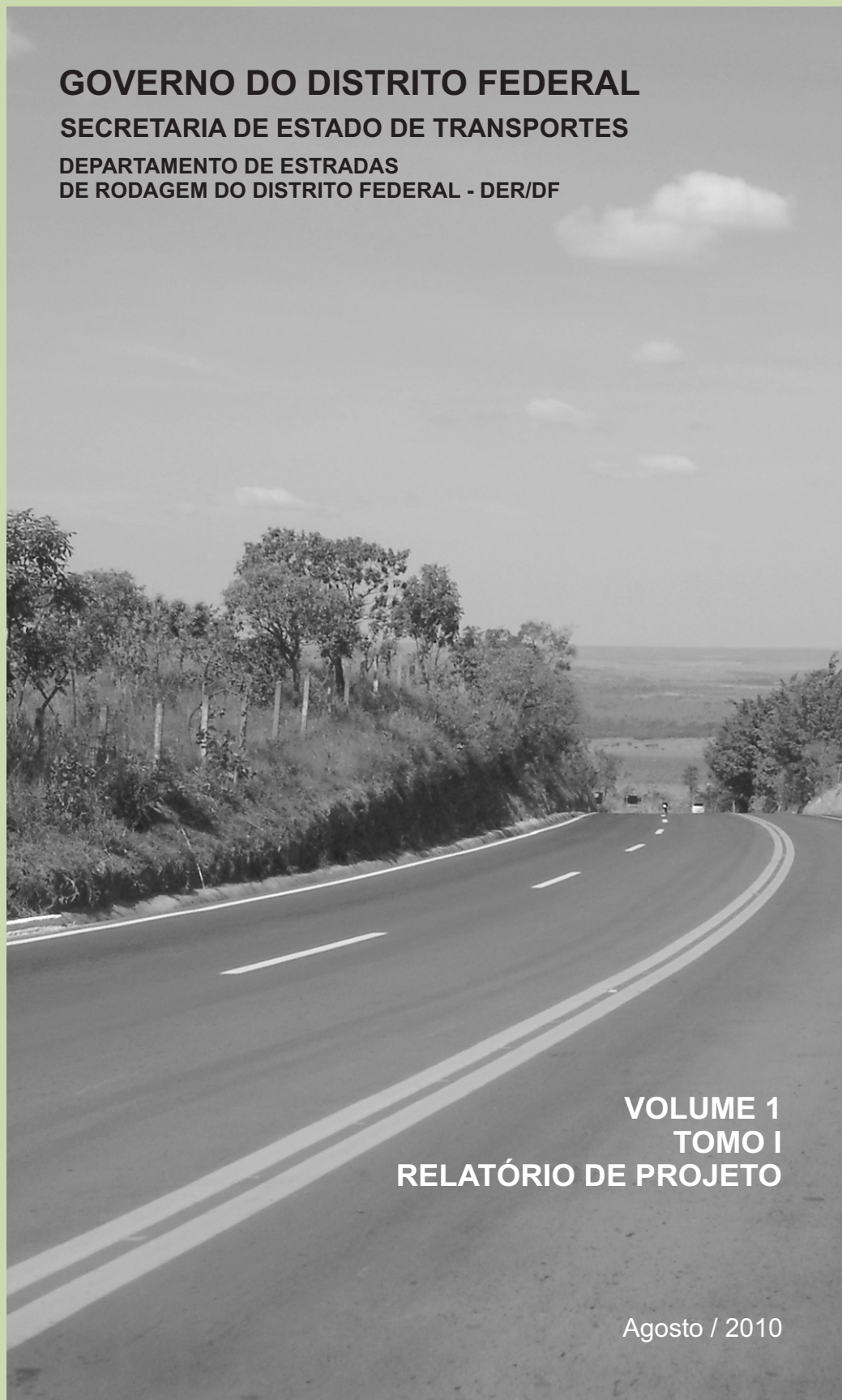


**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES**  
**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS**  
**DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL - DER/DF**



**VOLUME 1**  
**TOMO I**  
**RELATÓRIO DE PROJETO**

Agosto / 2010

**PROJETO EXECUTIVO DE DUPLICAÇÃO DA RODOVIA DF-140**  
**Trecho: DF-001 a Divisa GO/DF-001 a BR-251**





**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL  
SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL**

**Rodovia:** DF-140  
**Trecho:** ENTR. DF-001(EPCT) - ENTR. DF-495 -DIV DF/GO  
**Código:** 140EDF0010/30/50  
**Extensão:** 14,8 km

**PROJETO EXECUTIVO DE DUPLICAÇÃO  
VOLUME 1  
TOMO I - RELATÓRIO DE PROJETO**

**AGOSTO/2010**

## ÍNDICE

<b>1. APRESENTAÇÃO</b>	<b>5</b>
<b>2. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS</b>	<b>9</b>
2.1 Introdução	10
2.2 Execução dos Trabalhos de Topografia	10
2.3 Equipamentos utilizados	12
2.4 Elaboração dos Desenhos	13
<b>3. ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS</b>	<b>14</b>
<b>4. ESTUDOS GEOLÓGICOS</b>	<b>17</b>
4.1 Introdução	18
4.2 Aspectos Ambientais do Distrito Federal	19
4.2.1 <i>Geografia</i>	19
4.2.2 <i>Clima</i>	19
4.2.3 <i>Geomorfologia e Relevô</i>	20
4.3 Geologia Regional	21
4.4 Geologia Local	24
4.5 Descrição das Sondagens à Percussão	27
4.6 Aspectos Relevantes	34
<b>5. ESTUDOS GEOTÉCNICOS</b>	<b>35</b>
<b>6. ESTUDOS DE TRÁFEGO</b>	<b>37</b>
<b>7. ESTUDOS HIDROLÓGICOS</b>	<b>39</b>
7.1 Clima e Pluviometria na Área do Projeto	40
7.2 O Hidrograma Unitário Sintético	42
7.3 Estudo de Vazões no Ribeirão Santana	44
7.4 Descargas máximas pelo método do Soil Conservation Service	47
7.5 Descargas máximas pelo método Colorado Urban Hydrograph Procedure	53
7.6 Resultados Obtidos e Comentários	54
7.7 Planilhas de Cálculo dos Hidrogramas	56
<b>8. ESTUDO HIDRÁULICO DA PONTE DO RIBEIRÃO SANTANA</b>	<b>61</b>
8.1 Projeto Hidráulico da Ponte sobre o Ribeirão Santana	62
8.2 Método de determinação da cota de máxima cheia e vão da obra	62
8.3 Levantamento Topográfico junto à Ponte sobre o Ribeirão Santana	64
8.4 Dados da Bacia do Ribeirão Santana	65
8.5 Resultados	67
<b>9. PROJETO GEOMÉTRICO</b>	<b>69</b>
9.1 Classificação Funcional	70
9.2 Elementos de projeto	70
9.3 Faixas de aceleração e desaceleração	71
9.4 Largura do Canteiro Central	72

9.5 Seção Típica	73
9.6 Retornos	73
9.7 Estudo de Traçado	76
9.7.1 Escolha do lado da duplicação	76
9.7.2 Compatibilização do greide da duplicação com o existente	84
<b>10. PROJETO DE TERRAPLENAGEM</b>	<b>85</b>
<b>11. PROJETO DE DRENAGEM</b>	<b>87</b>
11.1 Sistema de Drenagem	88
11.1.1 <i>Cadastro do sistema de drenagem existente</i>	88
11.1.2 <i>Sistema proposto</i>	88
11.2 Parâmetros de Projeto	88
11.2.1 <i>Método de Cálculo</i>	88
11.2.2 <i>Coefficiente de Escoamento Superficial "C"</i>	89
11.2.3 <i>Equação de Chuva Crítica e Período de Recorrência</i>	90
11.2.4 <i>Tempo de Concentração</i>	91
11.2.5 <i>Coefficiente de Retardamento</i>	92
11.2.6 <i>Áreas Contribuintes</i>	93
11.2.7 <i>Recobrimento Mínimo</i>	95
11.2.8 <i>Declividades Mínimas</i>	95
11.2.9 <i>Diâmetro Mínimo</i>	95
11.2.10 <i>Velocidades Limites</i>	95
11.2.11 <i>Tirante Máximo</i>	95
11.2.12 <i>Materiais dos Coletores</i>	96
11.3 Dimensionamento Hidráulico	96
11.3.1 <i>Canaletas e Sarjetas</i>	96
11.3.2 <i>Bueiros</i>	97
11.4 Especificações Técnicas	99
<b>12. PROJETO DA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO</b>	<b>109</b>
12.1 Introdução	110
12.2 Referências e Normas	110
12.2.1 <i>Documentos Consultados</i>	110
12.2.2 <i>Normas Aplicáveis</i>	110
12.3 Histórico	110
12.4 Contenções Estruturadas	111
<b>13. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO</b>	<b>113</b>
13.1 Dimensionamento	114
13.2 Especificações Técnica de Materiais e Serviços	117
13.2.1 <i>Revestimento em concreto asfáltico</i>	117
13.2.2 <i>Imprimação betuminosa</i>	120
13.2.3 <i>Base de brita graduada</i>	120
13.2.4 <i>Sub-base</i>	122
13.2.5 <i>Reforço do subleito</i>	122
13.2.6 <i>Subleito</i>	122
13.3 Projeto de Pavimentação	122
<b>14. PROJETO DE OBRA DE ARTE ESPECIAL</b>	<b>123</b>

<b>14.1</b>	<b>Características Gerais</b>	<b>124</b>
<b>14.2</b>	<b>Características da Superestrutura</b>	<b>124</b>
<b>14.2.1</b>	<b><i>Características da meso-estrutura</i></b>	<b>125</b>
<b>14.2.2</b>	<b><i>Características da infraestrutura</i></b>	<b>125</b>
<b>14.2.3</b>	<b><i>Carregamento móvel da estrutura - trem-tipo</i></b>	<b>126</b>
<b>14.2.4</b>	<b><i>Materiais da estrutura</i></b>	<b>126</b>
<b>14.2.5</b>	<b><i>Classe de agressividade da estrutura</i></b>	<b>126</b>
<b>14.2.6</b>	<b><i>Substituição dos aparelhos de apoio</i></b>	<b>126</b>
<b>14.2.7</b>	<b><i>Referência Bibliográfica</i></b>	<b>126</b>
<b>15.</b>	<b>TERMO DE ENCERRAMENTO</b>	<b>128</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

## **Apresentação**

A STE – Serviços Técnicos de Engenharia SA – apresenta o Volume 1 – Tomo I - Relatório de Projeto, em conformidade com o item 4.3.1 do Edital de Tomada de Preços N. 004/2009, referente à elaboração do Projeto Executivo de Engenharia para Duplicação da Rodovia DF-140, objeto do contrato nº 053/2009, processo nº 113.003.948/2009 e Instrução de Serviço Nº 041/2009.

Este Relatório é composto de:

- VOLUME 1  
TOMO I – RELATÓRIO DE PROJETO
  
- VOLUME 1  
TOMO II – ANEXOS
  - Anexo 3A – Levantamento Topográfico;
  - Anexo 3B – Estudos Geológicos;
  - Anexo 3C – Estudos Geotécnicos;
  - Anexo 3D – Projeto Geométrico; e
  - Anexo 3E – Projeto de Terraplenagem.
  
- VOLUME 1  
TOMO III – ESTUDOS DE TRÁFEGO

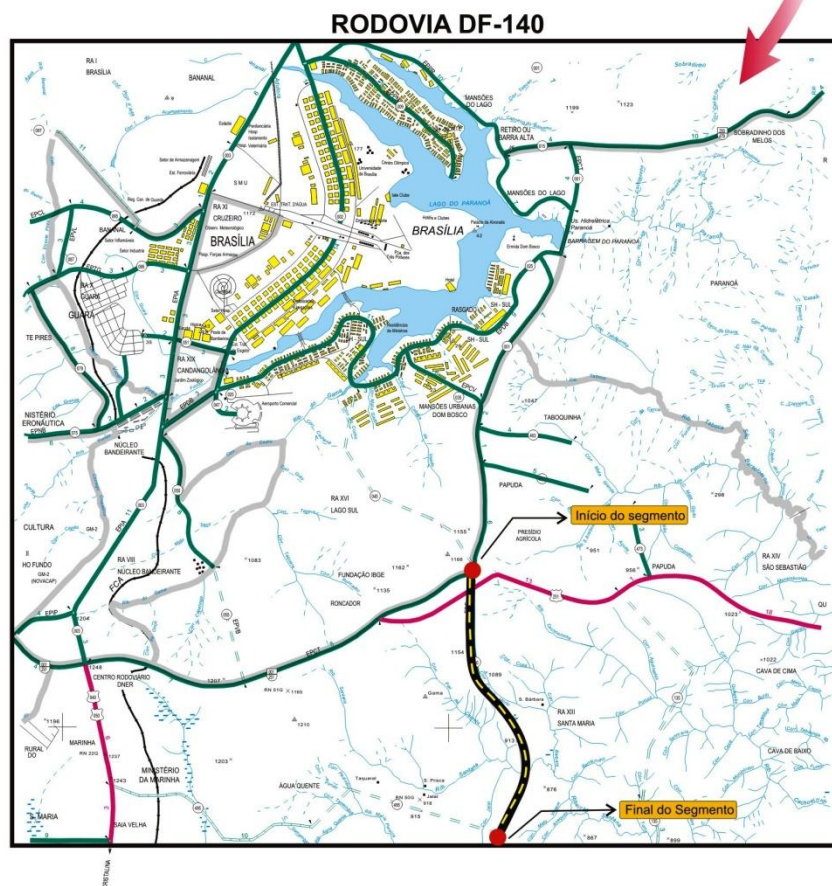
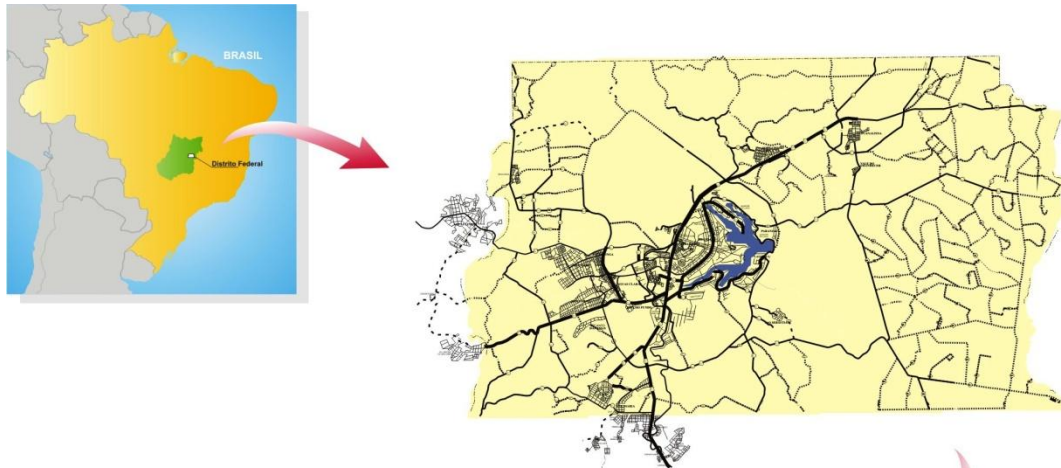
Brasília, 10 de agosto de 2010

Eng. Fábio Araújo Nodari  
Diretor da STE - Serviços Técnicos de Engenharia SA





## MAPA DE SITUAÇÃO



## MAPA DE SITUAÇÃO

Projeto Executivo de Engenharia para Duplicação de Rodovia  
Rodovia DF-140  
Trecho/Subtrecho: DF-001 a Divisa GO/DF-001 a BR-251  
Extensão: 14,8 Km

## **2. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS**

## ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os Estudos Topográficos foram desenvolvidos com base nas recomendações do Termo de Referência do Edital, além da conformidade com o disposto nas Instruções de Serviço IS-204 (Estudos Topográficos para Projetos Básicos de Engenharia) e IS-205 (Estudos Topográficos para Projetos Executivos de Engenharia), do Manual de Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários: Escopos Básicos/Instruções de Serviço do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT de 2006.

### 2.1 Introdução

Todas as operações de campo e de escritório foram executadas de forma automatizada com equipamentos modernos de medição, estação total acoplada a um coletor de dados eletrônico bem como o processamento feito em software específico de topografia e desenhos elaborados em CAD.

O Levantamento Topográfico Cadastral foi realizado com Rastreamentos Satélite (GPS), Poligonais e Irradiamentos a partir dos mesmos, com Coordenadas UTM, no Sistema SICAD.

### 2.2 Execução dos Trabalhos de Topografia

Os trabalhos de escritório, em geral, executados com a utilização de softwares, compreenderam: o planejamento e o acompanhamento dos serviços; a recepção dos dados de campo; a análise das medições e dos croquis de campo; o processamento das determinações por GPS; o cálculo das poligonais de apoio e levantamento; e a elaboração de desenhos e relatório.

- Ponto Planialtimétrico de apoio básico




Quadro 2.1 - Vértices Existentes Utilizados no Apoio: (Datum Astro Chuá - MC 45° WGr)




VÉRTICE	COORDENADAS PLANAS UTM		ALTITUDE (m)	MATERIALIZAÇÃO
	NORTE	ESTE		
DF3	8.253.639,027	185.104,641	1.124,256	PINO METÁLICO

A metodologia adotada para execução de Levantamento Topográfico Cadastral na Rodovia DF-140 partiu do rastreamento de onze marcos, de nomes BDL7, BDL1, BDL8, BDL18, BDL19, BDL100, BDL 20, BDL 34, BDL 35 e DF-154, que correspondem ao RN4023B.

Os marcos estão localizados ao longo do trecho, e destes foram executadas as Poligonais ao longo da Rodovia. Os trabalhos foram realizados entre os meses de março e abril de 2010.

Tabela 2.1 - Vértices Implantados Utilizados no Apoio: (Datum Astro Chuá - MC 45° WGr)

Ponto	Norte	Este	Cota	Materialização	Foto
DF 154	8235876.706	197177.438	1148.120	Pino metálico	
BDL1	8236421.520	196917.086	1158.744	Pino metálico em bloco de concreto	
BDL7	8233359.345	198277.879	1123.992	Pino metálico em bloco de concreto	
BDL8	8233087.761	198229.526	1131.842	Pino metálico em bloco de concreto	
BDL18	8229937.143	198871.636	99.128	Pino metálico em bloco de concreto	
BDL19	8229550.063	199136.118	932.951	Pino metálico em bloco de concreto	

BDL20	8226362.904	200061.796	893.209	Pino metálico em bloco de concreto	
BDL34	8224154.714	199065.751	974.689	Pino metálico em bloco de concreto	
BDL35	8223932.436	198932.432	992.288	Pino metálico em bloco de concreto	

### 2.3 Equipamentos utilizados

Nos cálculos e na elaboração dos desenhos foram utilizados os seguintes equipamentos e softwares principais:

- **Equipamentos utilizados:** GPS Trimble e Estações Totais Topcon;
- **Softwares:** Topograph 3.85 para cálculos e AutoCad para desenhos.

A sequência de cálculos se deu com:

- Fechamento das poligonais eletrônicas de levantamento;
- Levantamento das Irradiações.

As poligonais de medição tiveram desenvolvimento ao longo da rodovia, sempre partindo e chegando dos vértices rastreados, sendo materializados por piquetes em madeira e pinos de aço e os marcos, materializados por cones de concreto, com um pino de aço.

As medidas de distâncias foram feitas eletronicamente, em cada estação, com visadas a ré e a vante, em conjunto com prismas refletores. As medidas angulares foram obtidas pelo método das direções, com no mínimo duas séries de medidas.

O levantamento das irradiações foi feito com base nos vértices das poligonais secundárias, onde foram cadastrados todos os cantos de meio-fio, postes, caixas de águas pluviais, caixas de esgoto, caixas de telefone, caixas de alta tensão, cantos de conjuntos e demais ocorrências ao longo da faixa de domínio da rodovia.

Todos os cálculos foram efetuados de forma digital, utilizando softwares de processamento topográfico (Topograph for Windows), sem qualquer digitação de dados, já que as observações de campo eram sempre armazenadas de forma digital, evitando-se anotações em cadernetas de campo, minimizando, assim, a possibilidade de erros.

## **2.4 Elaboração dos Desenhos**

Após os cálculos, procedeu-se à elaboração dos desenhos topográficos necessários à perfeita compreensão dos dados levantados.

Para o desenho das plantas topográficas, os dados de processamento compreendidos pelas coordenadas norte, este e altitude de cada ponto, foram lidas pelo módulo gráfico do sistema Topograph, e posteriormente as curvas de nível foram interpoladas automaticamente, mediante a geração do Modelo Digital do Terreno (MDT). A planta de todo levantamento foi desenhada em escala de 1:1.000, no padrão SICAD.

No Tomo II anexo 3A estão as Planilhas de Coordenadas e a Listagem das Poligonais e Irradiamentos do Sistema UTM – SICAD.

### **3. ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS**

## **ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS**

Ao longo da rodovia observa-se interferência permanente de linhas de baixa e de alta tensão.

Foi implantada uma linha de transmissão cuja tensão é de 138 kV às margens da rodovia pelo seu lado direito, sentido DF-001 à divisa DF/GO. Em razão disso a duplicação da rodovia deverá ocorrer pelo lado esquerdo, em face da proximidade da linha com o bordo da via.

Esta linha de transmissão conectará a AHE Corumbá III a SE Mangueiral, tendo tensão nominal de 138 kV entre fases e extensão de cerca de 104 km, passando entre os municípios de Luziânia e Cidade Ocidental, no Estado de Goiás, no Distrito Federal.

A passagem na região do Distrito Federal foi autorizada pela Secretaria de Estado de Transportes do GDF por meio do Ofício nº 003/2008-SUENGE, de 07/01/2008.

Quanto à passagem no Distrito Federal, a LT caminha paralelamente a DF-001 e DF-140, otimizando o uso da faixa de servidão.

É observada ainda, ao longo das margens da rodovia, a existência de rede de baixa tensão (13,8 kV) que deve ser responsável pela distribuição de energia às áreas dos condomínios e unidades rurais existentes na região. Por vezes essas redes estão bem próximas ao bordo da rodovia, em outros pontos tais redes se afastam dando lugar a Linha de Transmissão recentemente construída, descrita acima.

Outra interferência bem característica ao longo da DF-140 são alguns acessos não regulares às unidades rurais e condomínios existentes ao longo da rodovia, que deverão ser objeto de disciplinamento após as obras de duplicação da DF-140.

A rodovia é ladeada de cercas que delimitam as propriedades lindeiras. Pode-se observar que as cercas não obedecem a um alinhamento constante.

Nota-se que, apesar dessa irregularidade, as cercas do lado esquerdo estão bem mais próximas da rodovia do que as cercas do lado direito. Em média, pode-se dizer que as cercas do lado esquerdo estão a cerca de 15m do eixo da rodovia e as cercas do lado direito estão a cerca de 40 m.

Observa-se, também, diversos acessos ao longo da rodovia. Via de regra esses acessos não apresentam faixas de aceleração e desaceleração e têm suas condições de visibilidade prejudicada pela condição elevada do pavimento relação às laterais. O giro à esquerda na rodovia é feito sem nenhum dispositivo de refúgio, o que compromete as condições de



segurança operacionais. Essa dificuldade é agravada pelo grande número de acessos.

O levantamento de interferências está apresentado no Volume 2, Projeto de Execução.

Foram feitos levantamentos da atual ocupação ao longo da faixa de domínio, indicados em plantas por meio de áreas e respectivas coordenadas, para cada uma dessas ocupações.

Por tratar-se de levantamento dentro da faixa de domínio da Rodovia DF- 140, não foi considerada área a ser desapropriada, mas cadastro de ocupação da faixa de domínio.

#### **4. ESTUDOS GEOLÓGICOS**

## ESTUDOS GEOLÓGICOS

A metodologia adotada neste trabalho para a investigação geológica/geotécnica do Projeto Executivo de Engenharia para a DF-140, em Brasília, baseou-se em:

- Levantamentos bibliográficos e consultas;
- Reconhecimento geológico superficial ao longo da DF-140;
- Sondagens à percussão (SPT);
- Descrição geotécnica dos furos de sondagem com vistas à determinação dos parâmetros geomecânicos dos terrenos da fundação;
- Sondagens a trado para coleta de amostra deformada;
- Ensaios de laboratório para caracterização e determinação das propriedades físicas dos Solos.

### 4.1 Introdução

A rodovia DF-140 corta a região administrativa de São Sebastião e vai até a divisa com o estado de Goiás, como é mostrado logo a seguir, na figura 4.1.

A área 1 vai do entroncamento da DF-001 até o entroncamento com a BR-251 onde apresenta uma topografia mais plana em função da ocorrência dos metarritimitos arenosos. Continuando, na área 2, o segmento localizado entre o entroncamento com a BR-251 e o entroncamento com a VC-467 é de topografia mais ondulada com características marcadas por morros e encostas, onde ocorrem os quartizitos e metarritimitos argilosos e metargilitos.

Na área 3, onde a ocupação é mais moderada às margens da faixa de domínio, intercepta na região os metargilitos e metarritimitos argilosos.

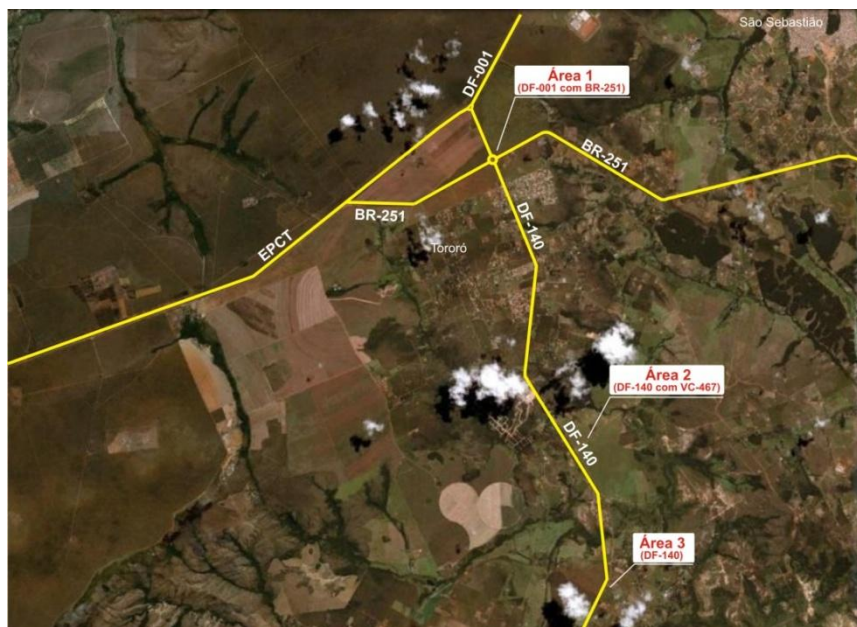


Figura 4.1 – Localização da área de estudo (DF-140)

## 4.2 Aspectos Ambientais do Distrito Federal

### 4.2.1 Geografia

O Distrito Federal localiza-se no Planalto Central do Brasil e abriga uma população estimada em cerca de 2.455.903 habitantes (IBGE 2007), tendo como área territorial total 5.822,1 km<sup>2</sup>, o que representa em termos de densidade populacional, aproximadamente 400 hab./km<sup>2</sup>.

A região é drenada pelos rios que pertencem às três mais importantes Bacias Fluviais da América do Sul, visto na figura 4.2:

- Bacia do Paraná (Rio Descoberto e São Bartolomeu);
- Bacia do São Francisco (Rio Preto);
- Bacia do Tocantins (Rio Maranhão).

O corpo hídrico que é interceptado pela Rodovia DF-140 é o Ribeirão Santana, tributário da bacia do Rio São Bartolomeu.



Figura 4.2 - Mapa Hidrográfico do Distrito Federal (Fonte: ADASA)

### 4.2.2 Clima

O clima atual na região do Distrito Federal, segundo a classificação de Köppen, é tropical de savana e temperado chuvoso de inverno seco, caracterizado pela existência bem nítida de duas estações (HIDROGEO, 1990):

- Chuvosa e quente (outubro a abril); e
- Fria e seca (maio a setembro).

As precipitações anuais variam entre 1500 mm e 2000 mm. A média fica em torno de 1600 mm, alcançando em janeiro o maior índice pluviométrico (320mm/mês) e nos meses de junho, julho e agosto, chegam a uma média mensal de 50 mm, conforme dados da Embrapa (1978).

A umidade relativa do ar entre janeiro e abril flutua em torno de 75% enquanto nos meses de agosto, a média fica entre 30%, podendo atingir até valores de 11%.

### 4.2.3 Geomorfologia e Relevo

A região do Distrito Federal está constituída por áreas extensas, planas e suavemente ondulada que são as chapadas, modeladas sobre quartzitos, metarritmitos e filitos, normalmente cobertas por latossolos e laterita, cujos rebordos são entalhados por erosão fluvial e regressiva, pediplanos e áreas entalhadas e dissecadas pelos principais cursos d'água da região.

As unidades geomorfológicas agrupam-se em três tipos, segundo Novaes Pinto, 1994, Quadro 4.1 e Figura 4.3 a seguir.

Quadro 4.1 - Macrounidades Geomorfológicas do Distrito Federal

Macrounidades	Unidades	Área Total (Km <sup>2</sup> )
<b>Região de Chapada</b>	Chapada da Contagem	1028
	Chapada de Brasília	202
	Chapada do Piripau	445
	Chapada Divisora São Bartolomeu – Preto	188
	Chapada Divisora Descoberto - Alagado	105
<b>Área de Dissecação Intermediária</b>	Depressão do Paranoá	726
	Vale do Rio Preto	1067
	Curso Superior do Rio Maranhão	574
	Alto Curso do Rio São Bartolomeu	270
<b>Região Dissecada de Vale</b>	Curso Superior do Rio São Bartolomeu	608
	Alto Curso do Rio Descoberto	237
	Curso Superior do Rio Descoberto	270
	Alto Curso do Rio Alagado	94
<b>Total</b>		<b>5814</b>

Fonte: Novaes Pinto, 1994

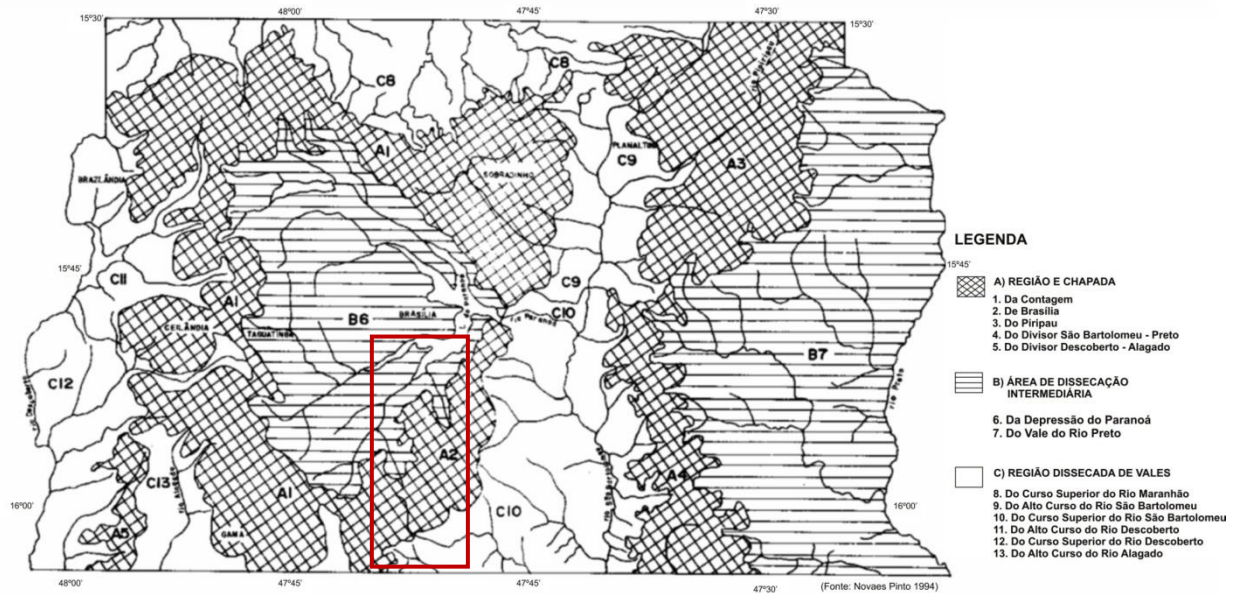


Figura 4.3 – Mapa Geomorfológico do Distrito Federal

### 4.3 Geologia Regional

O Distrito Federal está situado no Planalto Central, apresentando como elemento marcante na sua paisagem as chapadas, extensas superfícies de relevo plano a suave ondulado, intercaladas por níveis arrasados.

O Distrito Federal, por estar localizado na porção central da Faixa de Dobramentos e Cavalgamentos de Brasília na sua transição das porções internas (de maior grau metamórfico) e externas (de menor grau metamórfico), apresenta uma estruturação geral bastante complexa com superimposição de dobramentos com eixos ortogonais.

Os quatro conjuntos litológicos distintos que compõem o contexto geológico regional do Distrito Federal incluem os Grupos Bambuí, Araxá, Paranoá e Canastra e suas respectivas coberturas de solos residuais ou coluvionares. Os grupos Paranoá e Canastra apresentam idade Meso/Neoproterozóico e os grupos Araxá e Bambuí a idade Neoproterozóica.

- NEOPROTEROZÓICO - GRUPO BAMBUÍ

O Grupo Bambuí foi extensivamente estudado por Dardenne (1978), considerado de idade Neoproterozóica e constituído por uma seqüência pelito-carbonatada-arcoseana, dividida da base para o topo nas formações Jequitaiá, Sete Lagoas, Serra da Saudade, Lagoa do Jacaré e Três Marias. No Distrito Federal é representado por metassiltitos, metassiltitos argilosos, metargilitos e raras intercalações de arcóseos, correlacionáveis ao topo da Formação Serra da Saudade e à base da Formação Três Marias.

- NEOPROTEROZÓICO - GRUPO ARAXÁ

O Grupo Araxá foi datado como Neoproterozóico (Pimentel et al. 1993), sendo no Distrito Federal, representado por moscovita xistos, clorita-quartzo xistos, muscovita-granada xistos e raras lentes de quartzitos micáceos.

- MESO/NEOPROTEROZÓICO - GRUPO PARANOÁ

Para o Grupo Paranoá, no Distrito Federal, Freitas – Silva & Campos (1993) reconheceram 6 unidades deposicionais, da base para o topo: S, A, R3, Q3, R4, e PC, descritas a seguir.

- **S** (metassiltitos argilosos, cinza claros, com intercalações carbonáticas, de vermelhos a brancos, laminados, sericíticos, apresentando intercalações lenticulares, métricas de quartzito médio, localmente grosseiro. A espessura máxima é da ordem de 130 m);
- **A** (ardósias roxas e vermelhas, com bandas brancas. Na parte superior ocorrem intercalações ocasionais de metassiltitos e quartzitos finos, com espessuras máximas de 20 cm);
- **R3** (metarritmitos com predominância de camadas arenosas e pelíticas. A espessura máxima é de 150 m. Ocorre adjacente a fácies Ardósia, na forma de superfícies planas);
- **Q3** (quartzitos finos a médio. Possui espessura máxima de 25 m);
- **R4** (metarritmitos com predominância de fração pelítica, com espessura máxima de 100 m);
- **PC** (metassiltitos e metargilitos com lentes de metacalcários e canais quartzíticos, com espessura máxima de 150 m).

- MESO/NEOPROTEROZÓICO - GRUPO CANASTRA

O Grupo Canastra é datado como de idade Meso/Neoproterozóico, sendo subdividido nas formações Serra do Landin, Paracatu e Serra dos Pilões (Freitas-Silva & Dardenne 1993). No Distrito Federal é constituído principalmente por clorita e sericita filitos e subordinadamente calcifilitos, filitos carbonosos, quartzitos e mármore finos correlacionáveis com as formações Serra do Landin e Paracatu. Ocupa cerca de 15% da superfície do Distrito Federal.

As rochas metamórficas possuem valores de porosidade e de permeabilidade muito baixas e ausentes, o que condiciona a circulação e o armazenamento de parte da água infiltrada nas estruturas dobradas, nos espaços planares abertos e, subordinadamente, nos vazios de dissolução, realçando a importância da geologia estrutural.

A área de estudo cortada pela Rodovia DF-140 está inserida na bacia do Rio São Bartolomeu quanto aos aspectos geológicos é composta pelas formações básicas dos Grupos Paranoá, Grupo Bambuí e Grupo Canastra, mostrados na Figura 4.4 a seguir, no detalhe do mapa geológico do Distrito Federal.

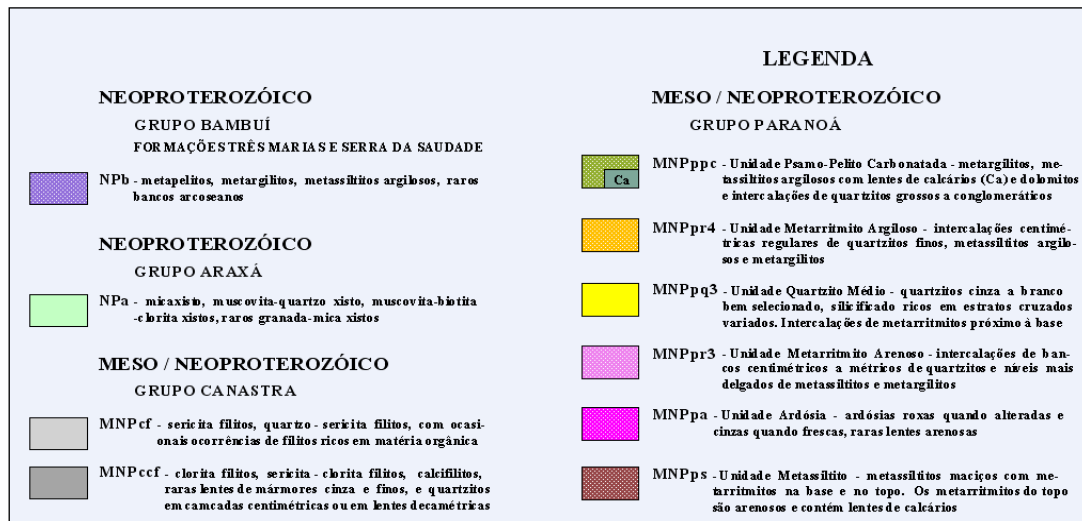
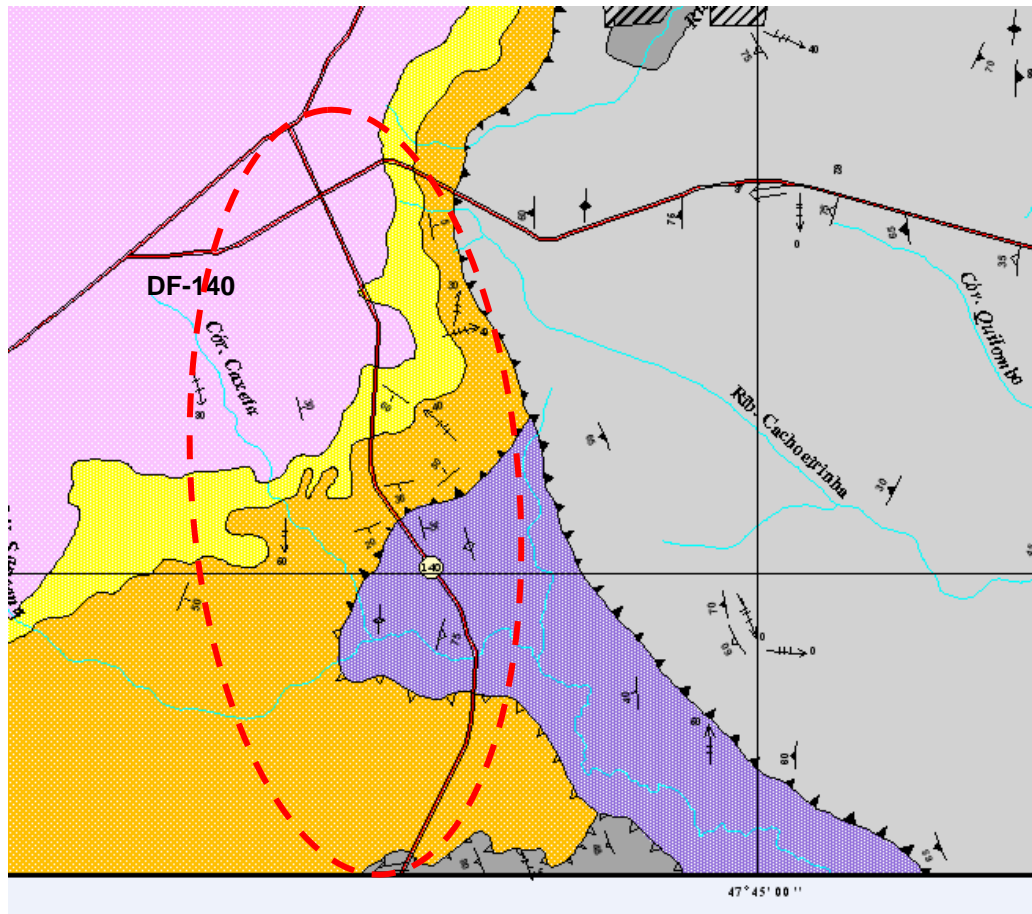


Figura 4.4 – Mapa Geológico (DF-140)



#### 4.4 Geologia Local

As informações geológicas foram obtidas através da campanha de sondagens, visita de campo e dos dados bibliográficos.

A região é coberta em parte por uma camada de latossolos vermelho que abrange as áreas mais planas e o Latossolo vermelho-amarelo localizado em áreas mais inclinadas.

Os latossolos vermelhos argilosos, denominados de argila porosa, estão localizados sobre os solos residuais de duas origens distintas: uma argila siltosa, proveniente da alteração de ardósias, e areias siltosas originadas pelo intemperismo de quartzitos com intercalações de metassiltitos, denominadas de metarritmitos.

Os quartzitos são os constituintes dominantes dos metarritmitos arenosos. Apresentam-se extremamente friáveis e porosos, parcialmente oxidados por soluções descendentes enriquecidas em óxido de ferro, que lixiviaram o cimento dos mesmos. Observam-se vestígios de blocos descontínuos que resistiram à lixiviação por serem mais silicificados. São finos, cinza esbranquiçados a cinza, e quando oxidados são amarelos ou avermelhados. Exibem acamamento fino até laminado.

A espessura da superfície de alteração é muito irregular em função da estrutura dobrada das rochas. O próprio nível de alteração varia em função dos locais mais fraturados que são mais permeáveis.



Foto 4.1 Afloramento mostrando a estrutura dobrada dos quartzitos, ao longo da DF-140

As Unidades Geológicas representadas pelo **Grupo Paranoá** na Região que abrange o trecho da obra de duplicação da DF-140, são:

- **Unidade Metarritmito Arenoso (MNPpr3)** - intercalações de bancos centimétricos a métricos de quartzitos e níveis mais delgados de metassiltitos e matargilitos;
- **Unidade Quartzito Médio (MNPpq3)** – quartzitos cinza a branco bem selecionado, silicificado, ricos em estratos cruzados variados. Intercalações de metarritmitos próximos à base;
- **Unidade Metarritmito Argiloso (MNPpr4)** – intercalações centimétricas regulares de quartzitos finos, metassiltitos argilosos e metargilitos;

No **Grupo Bambuí** é representado pelos metapelitos, metargilitos, metassiltitos argilosos, raros bancos arcoseanos. O **Grupo Canastra** é representado aqui pelos filitos.



Foto 4.2 Afloramento de metarritmitos ao longo da DF-140

No Quadro 4.2 é mostrado o resumo das sondagens à percussão executadas na Rodovia DF-140, na ponte sobre o Ribeirão Santana.

Quadro 4.2 – sondagens à percussão - Ribeirão Santana

Sondagem	Profundidade (m)	Nível d'água (m)
SP 01	16,45	4,55
SP 02	15,45	4,55
SP 03	16,45	3,40
SP 04	16,45	3,90
SP 05	16,45	3,80
SP 06	16,45	3,80
SP 07	15,45	4,30
SP 08	15,45	4,40
SP 09	15,45	3,20
SP 10	15,45	3,30
SP 11	15,45	2,90
SP 12	14,45	2,70
SP 13	7,45	4,30
SP 14	7,45	4,10
SP 15	6,45	3,90
SP 16	6,45	3,70
SP 17	7,45	3,70
SP 18	7,45	3,70
SP 19	9,45	3,70
SP 20	9,45	3,30
SP 21	9,45	3,30
SP 22	10,45	3,50
SP 23	10,45	4,40
SP 24	10,45	4,40

No quadro 4.3 a seguir tem-se o Anexo A da NBR 6484/2001 com os estados de compacidade e de consistência para solos em função do Índice de Resistência à Penetração “N” obtido nos ensaios de SPT.

Quadro 4.3 – Estados de compactidade e de consistência dos solos

Solo	Índice de resistência à penetração (N)	Designação <sup>(1)</sup>
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa (o)
	5 a 8	Pouco compacta (o)
	9 a 18	Medianamente compacta (o)
	19 a 40	Compacta (o)
	> 40	Muito compacta (o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média (o)
	11 a 19	Rija (o)
	> 19	Dura (o)

(1) As expressões empregadas para a classificação da compactidade das areias (fofa, compacta, etc), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos.

#### 4.5 Descrição das Sondagens à Percussão

Será apresentada neste item a descrição dos ensaios à percussão (SPT) realizados no Ribeirão Santana, com locação e o perfil geológico, conforme figuras 4.5 a 4.9.

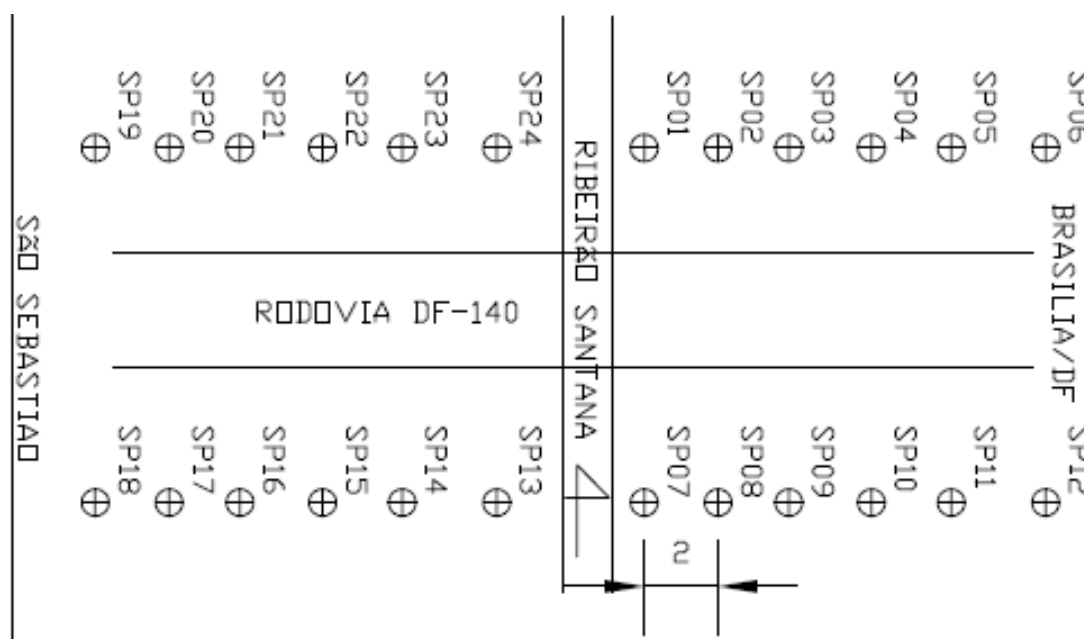


Figura 4.5 – Croquis de locação das sondagens

- **SP 001 a SP 006 (Ribeirão Santana)**

As SP 001 a SP 006 apresentam inicialmente uma camada de argila siltosa, cor amarela variegada, com pedregulhos, intercalando-se com argila arenosa vermelha, média a rija e SPT variando de 9 a 17 golpes.

Abaixo dos 3m, as sondagens já mostram uma argila arenosa de cor cinza, muito mole a mole e SPT de 2 a 6 golpes.

Sotopostas às argilas arenosas estão as areias que gradam de fina à média, cor branca a cinza, para média a grossa com pedregulhos, na cor cinza e SPT de 4 a 27 golpes, pouco compacta a compacta.

As sondagens foram concluídas numa profundidade média de 16,45m, passando para uma porção mais siltosa, pouco arenosa, amarela variegada e de maior consistência, duro, indo de 30 golpes a mais de 60 golpes.

O nível d'água esteve presente nas sondagens, com profundidades rasas, entre 3,40 a 4,55m.

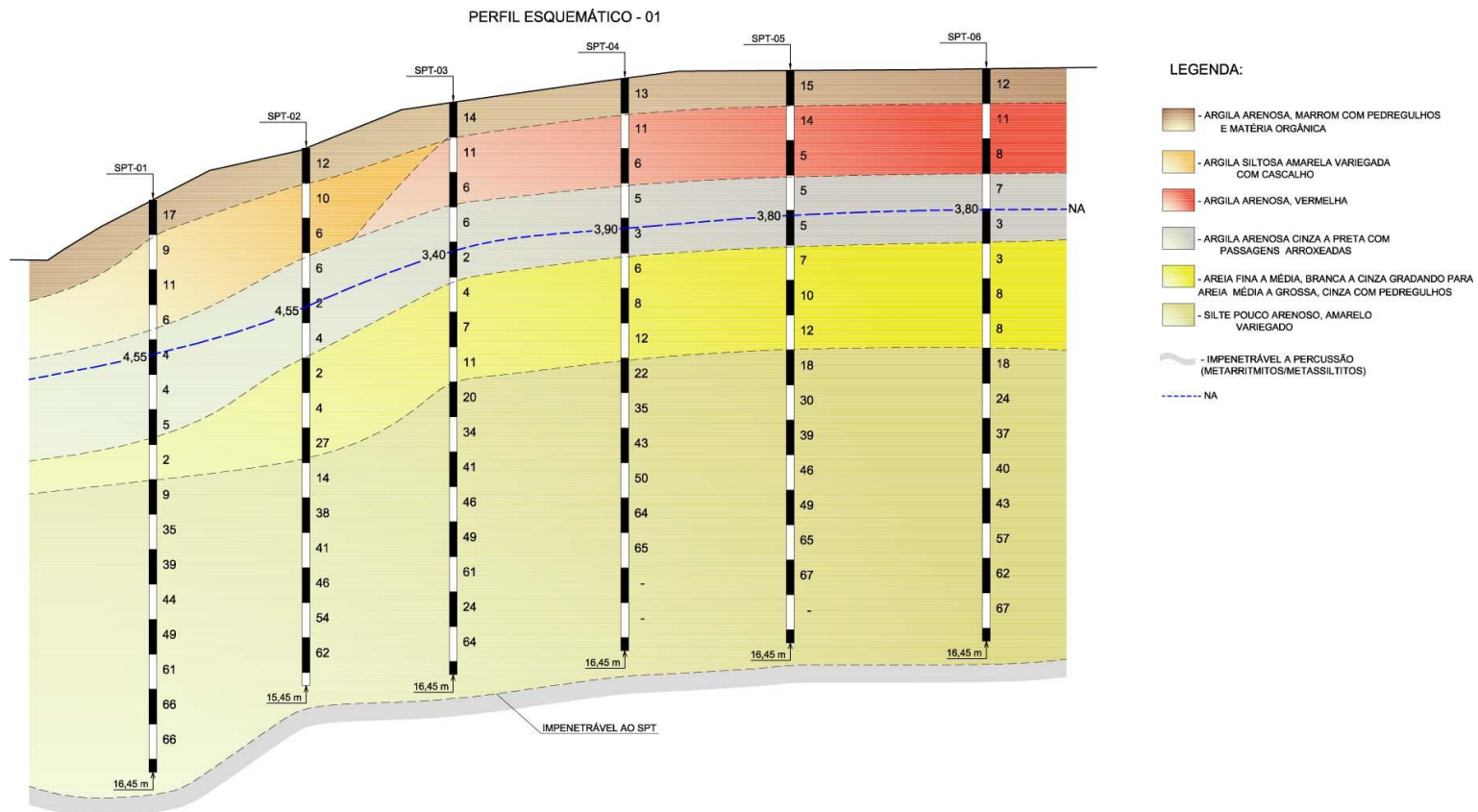


Figura 4.6 – Perfil esquemático (SP 01 a SP 06)

- **SP 007 a SP 012**

Estas sondagens atingiram o impenetrável à percussão na profundidade média de 15,45m e o nível d'água raso, entre 2,90m a 4,40m.

Inicialmente apresentou um silte arenoso variegado, mediamente compacto, de 10 a 14 golpes, sobre uma argila siltosa variegada, de resistência média.

Abaixo dessa camada tem-se uma argila arenosa de cor verde a cinza, espessura variando de 2m a 4m, de resistência muito mole a média (SPT entre 2 e 9 golpes).

As areias encontram-se abaixo das argilas arenosas, entre 6 e 10m de profundidade, com valores crescentes de SPT (8 a 27 golpes), granulometria de fina à média, cor branca a cinza, passando para média a grossa com pedregulhos, na cor cinza, pouco compacta a compacta.

As sondagens foram concluídas num silte pouco arenoso, amarelo variegado, com veios variegados, o que lhe confere uma consistência mais elevada, com alto índice de SPT (acima de 60 golpes).

- **SP 13 a SP 18**

As sondagens SP 13 a SP 18 atingiram profundidades muito rasas, entre 6,45 e 7,45m iniciando com uma camada fina de argila arenosa marrom, com pedregulhos, sobre um pacote de silte argiloso, roxo variegado, com veios variegados, de consistência dura e SPT de 17 a 50 golpes.

Continuando, as sondagens atingiram uma camada de silte roxo, com formação de argilito, e presença de veios variegados, duro, SPT acima de 60 golpes e nível d'água raso (3,70m a 4,30m).

- **SP 19 a SP 24**

Abaixo dos 2m, as sondagens indicam que a argila porosa inicialmente arenosa, com pedregulhos, grada para uma porção mais siltosa, marrom, com veios variegados e de consistência maior.

O nível d'água é raso, entre 3,30m e 4,40m.

Dos 3,0m aos 6,0m a camada é de silte argiloso roxo, com veios variegados, o que lhe confere um alto índice de resistência à penetração, SPT de 20 a 60 golpes, duro, paralisando aos 10,45m num silte com formação de argilito roxo, com veios variegados, SPT acima de 65 golpes, indicando tratar-se de topo rochoso.

PERFIL ESQUEMÁTICO - 02

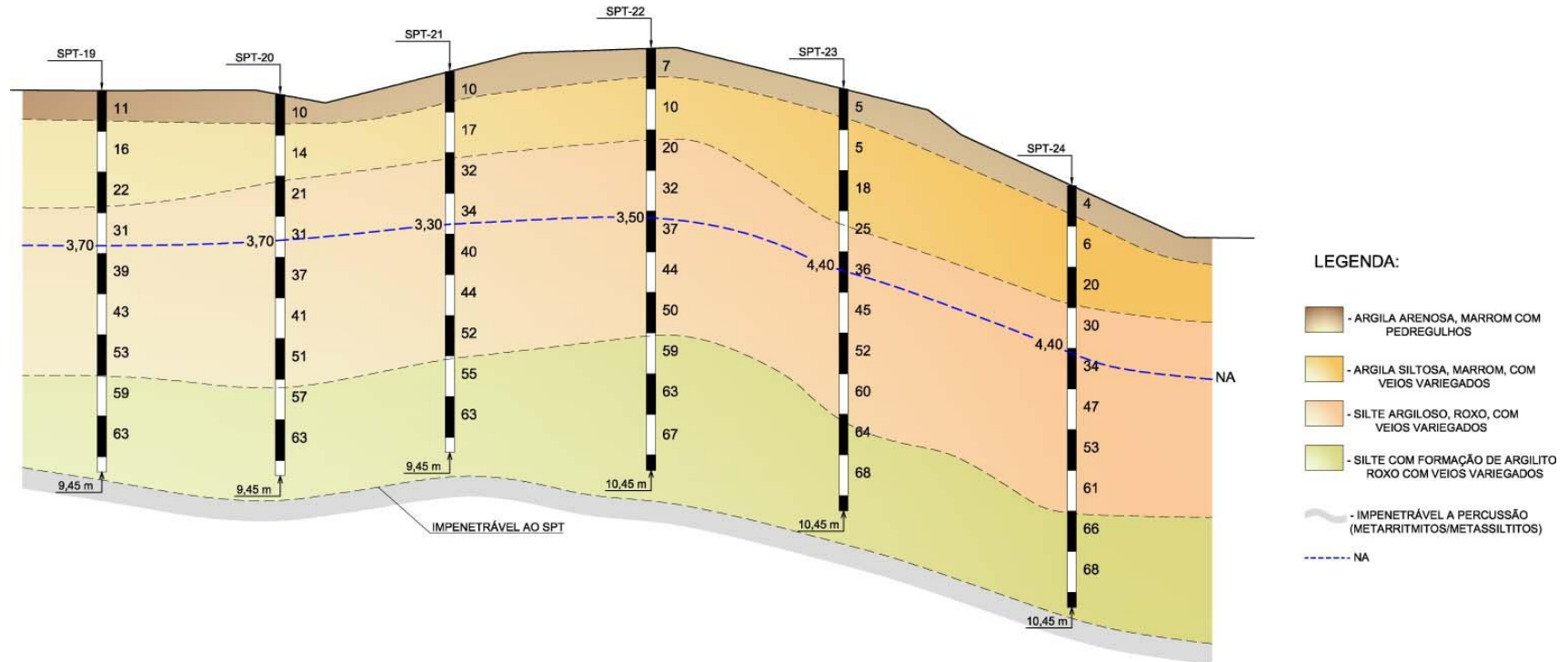


Figura 4.7 – Perfil esquemático (SP 19 a SP 24)



PERFIL ESQUEMÁTICO - 03

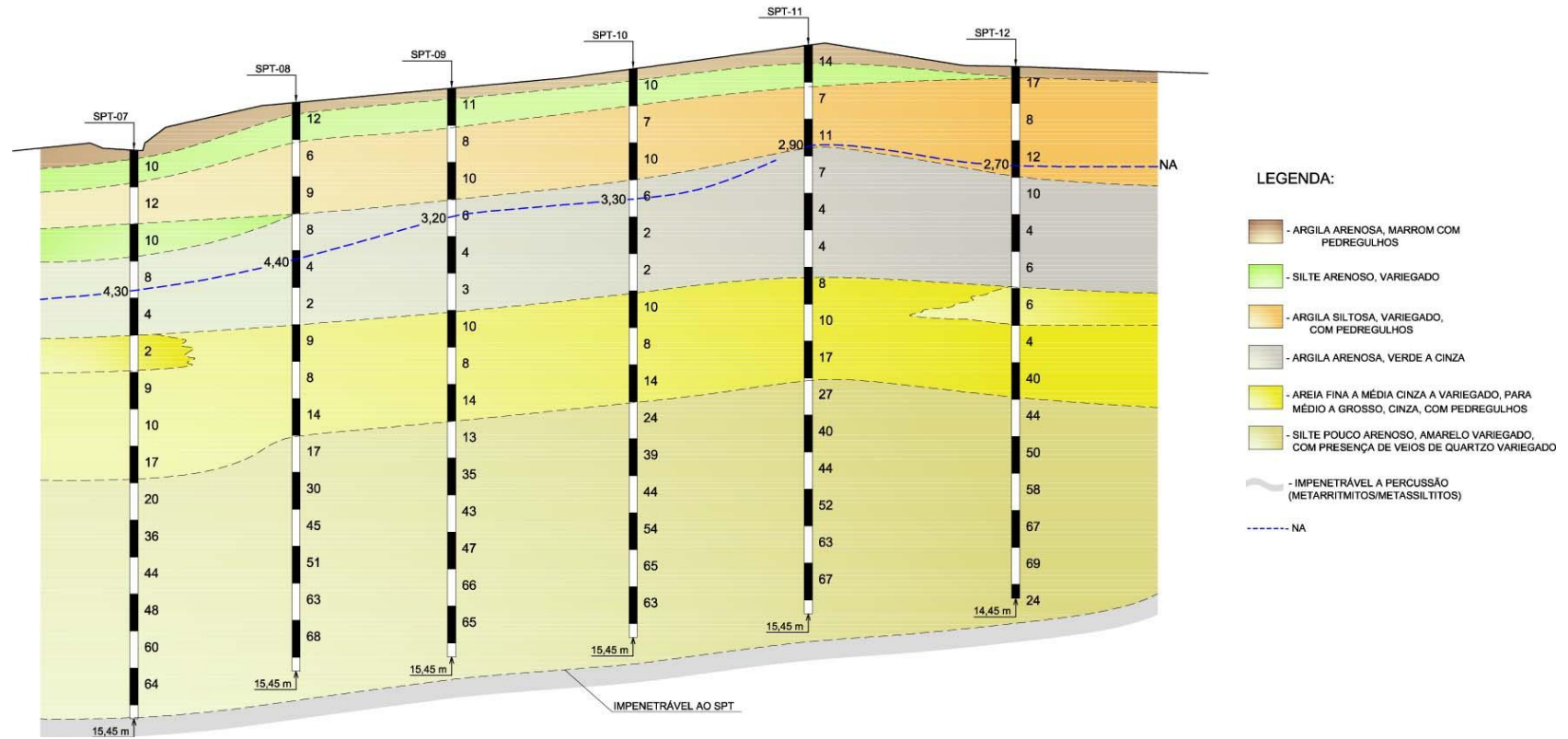


Figura 4.8 – Perfil esquemático (SP 07 a SP 12)

PERFIL ESQUEMÁTICO - 04

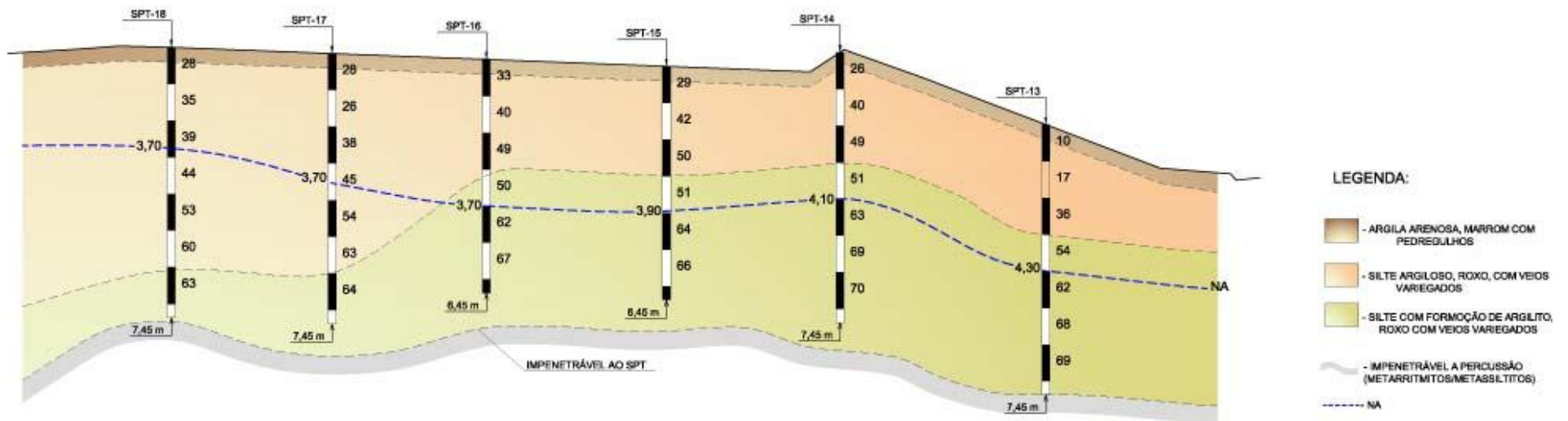


Figura 4.9 – Perfil esquemático (SP 13 a SP 18)

#### **4.6 Aspectos Relevantes**

- Sondagens à percussão realizadas no Trecho da Ponte sobre o Ribeirão Santana (SP 007 a SP 12) indicam solos rasos com média de quinze metros de profundidade, consistência mole a média até oito metros de profundidade, aumentando gradativamente a rigidez e a compactação com o avanço da profundidade;
- A Argila Porosa encontrada na região é constituída predominantemente de solos finos (siltosos e argilosos) com fragmentos localizados de laterita e de quartzo. É denominado poroso por apresentar alto índice de vazios, ou porosidade elevada;
- As sondagens SP 13 a SP 24 indicam uma variação acentuada do “impenetrável à percussão”, com cota variando entre -6 m e -10 m. Nestes furos se nota o crescimento da resistência até o impenetrável, sugerindo tratar-se de topo rochoso de metassiltitos, de consistência elevada, SPT acima de 65 golpes.

## 5. ESTUDOS GEOTÉCNICOS

## **ESTUDOS GEOTÉCNICOS**

Os estudos geotécnicos foram executados de forma a caracterizar o solo que forma o subleito, com a finalidade de fornecer os parâmetros para os projetos de drenagem, terraplenagem e de pavimentação do traçado para a implantação do Projeto Executivo de Engenharia para a Duplicação da DF-140.

No Volume 1 – Tomo II – Anexo 3C são apresentados os boletins de sondagens, perfis geológicos, metodologias dos ensaios realizados nos serviços de sondagens a trado, sondagens à percussão, abertura de poços de inspeção e ensaios de caracterização dos solos e o resumo dos ensaios.

## **6. ESTUDOS DE TRÁFEGO**

## **ESTUDOS DE TRÁFEGO**

Os Estudos de Tráfego estão apresentados no Volume 1 – Tomo III.

## 7. ESTUDOS HIDROLÓGICOS



## ESTUDOS HIDROLÓGICOS

O presente relatório de projeto tem por objetivo apresentar a consolidação dos estudos hidrológicos das áreas de influência para a duplicação da DF-140.

Este relatório foi dividido em 3 partes: uma primeira refere-se às características de clima e pluviometria na região, depois é descrito o método do hidrograma unitário sintético para calcular vazões de pico em bacias de grande dimensão (que é o caso das bacias estudadas neste relatório) e por último são realizadas as estimativas de vazões por meio dos dois métodos empregados: Soil Conservation Service e Colorado Urban Hydrograph Procedure.

### 7.1 Clima e Pluviometria na Área do Projeto

Os dados a seguir resumem as principais características do clima da área objeto deste estudo.

Tabela 7.1 – Principais características de clima

<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS DO CLIMA E DA PLUVIOMETRIA NA ÁREA DO PROJETO</b>	
Classificação climática	Tropical sub-quente semi-úmido com 4 a 5 meses secos
Temperatura média do ano	Em torno de 20°C
Temperatura média do mês mais quente	Na faixa de 24°C
Temperatura máxima absoluta do ano	Da ordem de 36°C
Temperatura média das máximas de setembro	Da ordem de 30°C
Temperatura média das mínimas de julho	Na faixa de 8°C
Temperatura mínima absoluta do ano	Da ordem de 0 a 4°C
Temperatura média do mês mais frio	Inferior a 18°C
Precipitação média anual	Na faixa entre 1750 e 1500mm/ano
Percentual da precipitação nos três meses mais chuvosos	50% do total anual
Nº de meses secos	4 a 5
<b>Desvio pluviométrico em relação à normal</b>	Na faixa de 15%

Para efeito de ilustração das condições de pluviometria da região objeto deste estudo mostra-se nos gráficos 7.1 e 7.2 a seguir os totais pluviométricos mensais do posto Brasília localizado no Aeroporto JK, bem como o número de dias de chuva para o referido posto.

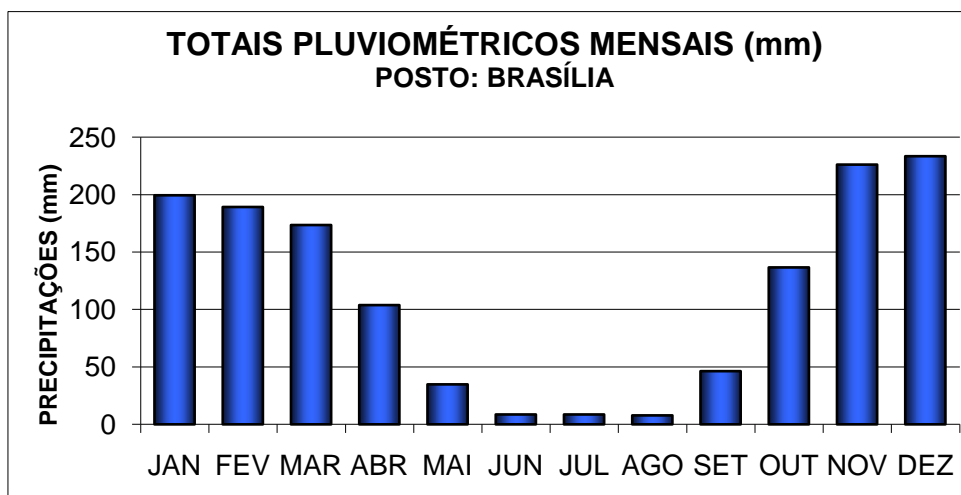


Gráfico 7.1 – Totais Pluviométricos Mensais – Posto Brasília

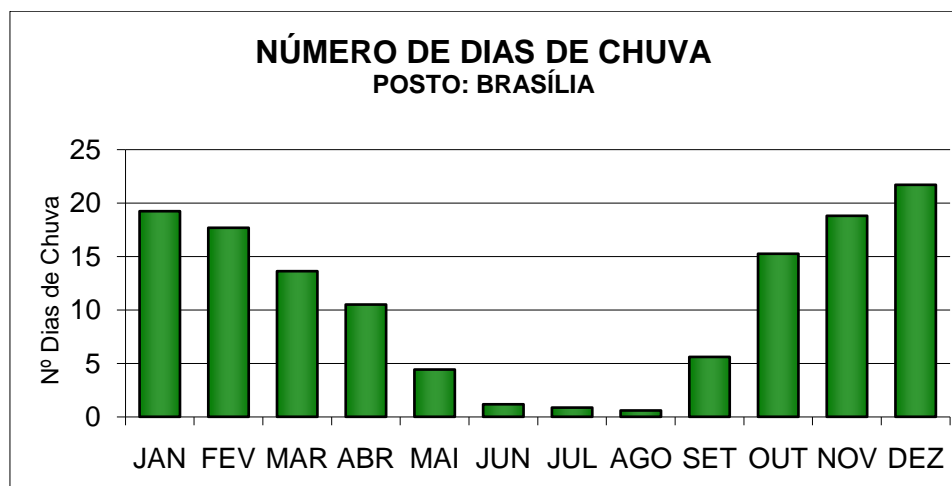


Gráfico 7.2 – Número de dias de Chuva – Posto Brasília

Fica bastante evidente nestes dois gráficos o período de seca (maio a setembro) e períodos chuvosos (outubro a abril) na região de Brasília.

## 7.2 O Hidrograma Unitário Sintético

Hidrogramas sintéticos são aqueles que determinam a forma do hidrograma e, portanto, a vazão de pico, a partir de parâmetros relacionados com as características físicas da bacia e geralmente representam o hidrograma em forma de um triângulo. O parâmetro mais importante neste caso é o tempo de retardamento  $t_p$  (ou o seu assemelhado, o tempo de ascensão  $t_a$ ), que sintetiza os efeitos das características físicas da bacia sobre o hidrograma de chuva excedente. Os efeitos de armazenamento afetam a duração do escoamento superficial direto (tempo de base,  $t_b$ ). O valor de  $t_b$  é geralmente expresso em função de  $t_a$ .

A representação do hidrograma por meio de um triângulo, conforme a Figura 7.1 permite a obtenção de uma série de relações que constituem a base da maioria dos métodos de hidrogramas sintéticos. Nesta figura, a área do triângulo é o volume de escoamento superficial, ( $V_{esd}$ ), a base é a duração deste escoamento ( $t_b$ ) e a altura representa a vazão de pico ( $Q_p$ ). Portanto:

$$V_{esd} = \frac{Q_p \cdot t_b}{2}; \quad (1)$$

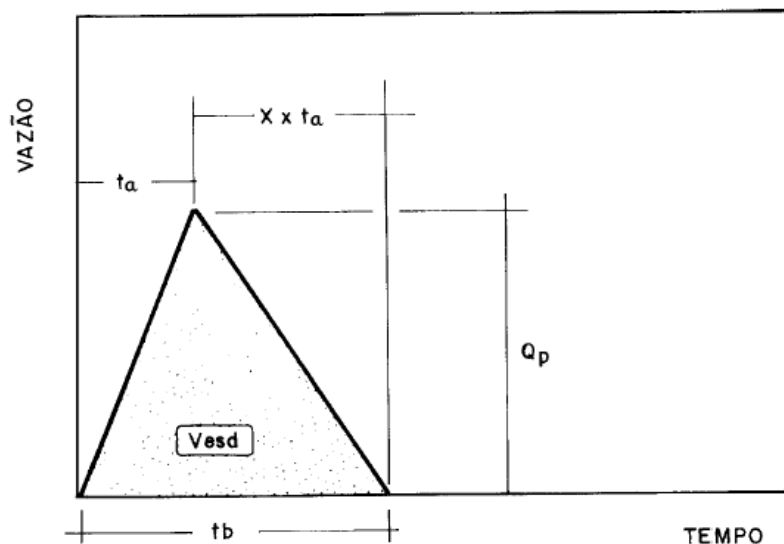


Figura 7.1 – Hidrograma Unitário Triangular

Lembrando que o volume de escoamento superficial é o produto da área da bacia  $A$  pela chuva excedente  $h_e$ . É usual exprimir o valor de  $t_b$  em função do tempo de ascensão  $t_a$  da seguinte forma:

$$t_b = (1 + X) \cdot t_a \quad (2)$$

$$C_p = \frac{2}{(1 + X)} \quad (3)$$

A chuva unitária de 1 cm, que cai sobre a área da bacia, A, em km<sup>2</sup> e t<sub>a</sub> em horas, a expressão de Q<sub>p</sub> em m<sup>3</sup>/s fica:

$$Q_p = 2,78.C_p \frac{A}{t_a} \quad (4)$$

Quanto maior o valor de X, maior será a duração do escoamento superficial t<sub>b</sub> e mais abatido será o pico, ou seja, maior o armazenamento da bacia. O fator X é conhecido como fator de decaimento e C<sub>p</sub> fator de atenuação do pico.

Os principais parâmetros dos métodos sintéticos são t<sub>p</sub> e o fator de atenuação de pico C<sub>p</sub>, que estão relacionados ao tempo. Como o valor deste último é usualmente expresso em função do primeiro, justifica-se todo o cuidado na determinação de t<sub>p</sub>.

A maior preocupação que deve existir na determinação de t<sub>p</sub> é assegurar-se que o método utilizado é representativo do escoamento em bacias urbanizadas.

No caso da bacia apresentada neste estudo hidrológico, a bacia do ribeirão Santana, entende-se que estas premissas estão respeitadas.

Para tanto, se pode determinar o tempo de concentração da bacia pelo método cinemático e calculando t<sub>p</sub> pela relação recomendada pelo **Soil Conservation Service**, conforme mostrado na equação abaixo:

$$t_p = \frac{D_U}{2} + 0,6.t_c \quad (5)$$

Ou utilizando expressões empíricas, válidas para áreas urbanizadas, que fornecem diretamente o valor de t<sub>p</sub> em função de características da bacia. A literatura especializada é farta em registrar fórmulas deste tipo. No nosso estudo adotaremos a formulação proposta pelo Distrito de Drenagem Urbana de Denver, que se baseia no método conhecido por **Colorado Urban Hydrograph Procedure - CUHP**.

$$t_p = 0,637.C_t \left[ \frac{L.L_{CG}}{\sqrt{S}} \right]^{0,48} \quad (6)$$

Quanto maior o valor de X, maior será a duração do escoamento superficial t<sub>b</sub> e mais abatido será o pico, ou seja, maior o armazenamento da bacia. O fator X é conhecido como fator de decaimento e C<sub>p</sub> fator de atenuação do pico.

A figura 7.2 abaixo apresenta para obtenção do parâmetro C<sub>t</sub> em função da porcentagem de área impermeabilizada da bacia.

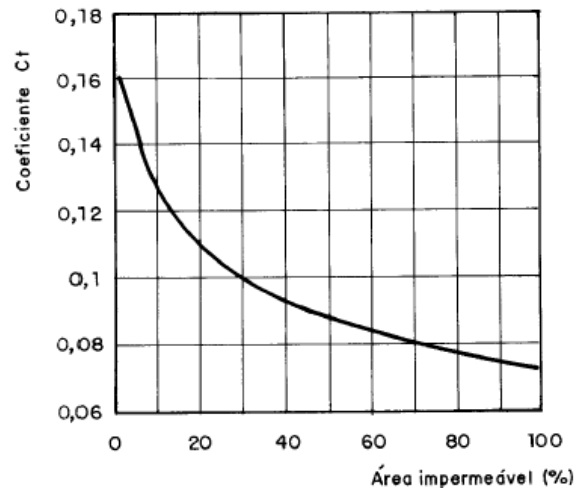


Figura 7.2 - Determinação de  $C_t$

### 7.3 Estudo de Vazões no Ribeirão Santana

O estudo de vazão do Ribeirão Santana que atravessa a DF-140 tem por objetivo determinar a descargas máximas, o volume, e a forma do hidrograma, para um dado período de retorno, com vistas a avaliar as cotas das estruturas de ponte que serão construídas quando da implantação da duplicação da referida via rodoviária (foto 7.1).



Foto 7.1 – Vista do Ribeirão Santana

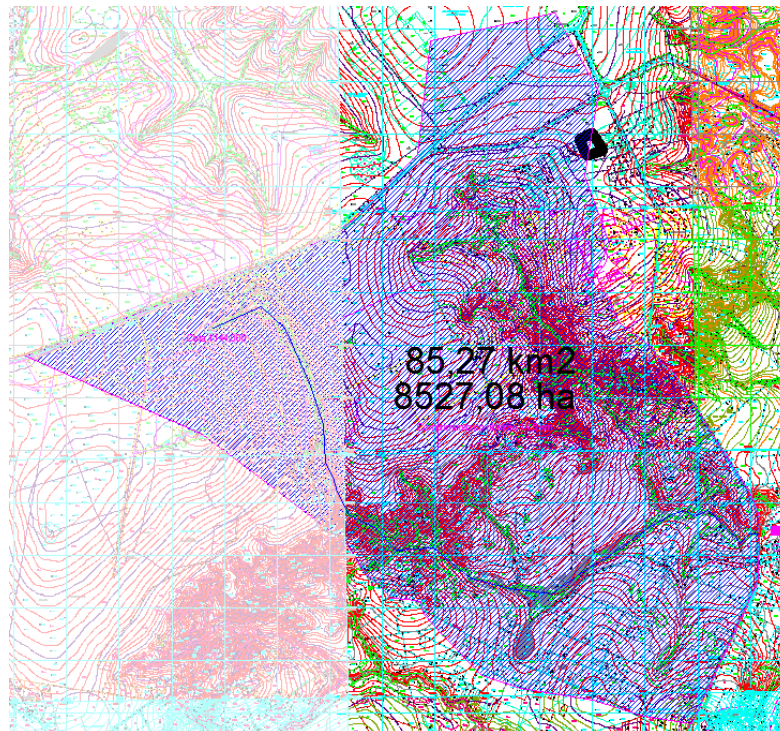


Figura 7.3 – Bacia do ribeirão Santana

É importante ressaltar que os valores obtidos neste cálculo serão sempre aproximados, devido às incertezas hidrológicas, às simplificações dos métodos disponíveis e aos critérios adotados. Entretanto tal fato não justifica, entretanto, atitudes pouco cuidadosas nesta etapa, pois, quanto mais meticolosos e sistemáticos forem os procedimentos utilizados, menor será a probabilidade de ocorrência de erros comprometedores.

Nesta etapa preliminar dos estudos que ora estão sendo apresentados, foi avaliada a descarga máxima para o referido, adotando-se um tempo de retorno de 100 anos. Posteriormente em função do conhecimento das características físicas do ribeirão, nos trechos próximos às pontes existentes será apresentado o estudo de cota máxima de cheia, naquela seção específica.

Nestes estudos hidrológicos foram considerados os seguintes itens:

- Equação de chuva a ser utilizado no projeto;
- Estimativas das descargas máximas nas bacias, por ocasião das chuvas intensas; e,
- Apresentação dos resultados.

Foi então adotada a equação de chuvas obtida para Brasília, pelo Engenheiro Antônio Raimundo S. R. Coimbra.

Esse modelo de chuvas desenvolvido pelo Engenheiro Antônio Raimundo S. R. Coimbra é de amplo conhecimento e utilização na NOVACAP, e dado pela expressão mostrada a seguir:

$$i = \frac{878,5.Tr^{0.15}}{(d + 9)^{0.75}} \quad (7)$$

onde:

- Tr = período de retorno em anos;  
d = duração da chuva em minutos;  
i = intensidade de chuva em mm/h.

Tabela 7.2 – Intensidade de Chuva – Equação de Chuva de Brasília

		Intensidade de Chuva (mm/h)					
Duração		Tempo de Retorno					
(min)	5 anos	10 anos	15 anos	20 anos	25 anos	50 anos	100 anos
5	155	171	182	190	197	218	242
10	123	136	145	151	156	174	193
15	103	114	122	127	131	146	162
20	89	99	106	110	114	126	140
25	79	88	94	98	101	112	124
30	72	80	85	88	91	101	112
35	65	73	77	81	83	92	103
40	60	67	71	74	77	85	95
45	56	62	66	69	71	79	88
50	53	58	62	65	67	74	82
55	49	55	58	61	63	70	77
60	47	52	55	58	59	66	73
65	44	49	52	55	56	63	69
70	42	47	50	52	54	60	66
75	40	45	48	50	51	57	63
80	39	43	46	48	49	55	60
85	37	41	44	46	47	52	58
90	36	40	42	44	45	50	56
95	34	38	40	42	44	49	54
100	33	37	39	41	42	47	52
105	32	36	38	39	41	45	50
110	31	34	37	38	40	44	49
115	30	33	35	37	38	43	47
120	29	32	34	36	37	41	46

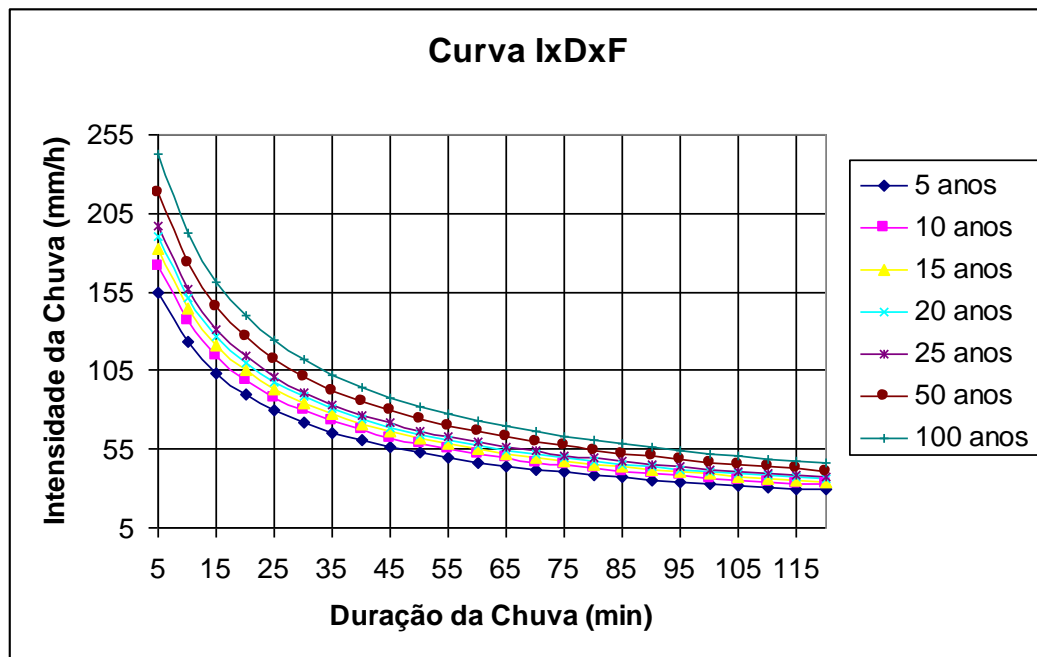


Figura 7.4 – Curva IDF para a cidade de Brasília

## 7.4 Descargas máximas pelo método do Soil Conservation Service

As descargas máximas pelo método do hidrograma unitário do *U. S. Soil Conservation Service*.

Neste método o hidrograma unitário é simplificado para a forma triangular. A imprecisão desta simplificação é desprezível diante da incerteza na definição de outros parâmetros como tempo de concentração e a relação chuva-deflúvio.

O Método consiste nas seguintes fases:

- Definição da chuva de projeto;
- Determinação da relação chuva-deflúvio e perdas;
- Computo do hidrograma total;

### Relação chuva-deflúvio

O escoamento superficial, ou precipitação efetiva, em uma bacia é influenciado pelo tipo do solo, vegetação existente, taxa de infiltração, existência de depósitos ou detritos vegetais.

A relação chuva-deflúvio foi calculada pela expressão de Mockus:

$$D = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad (8)$$



Sendo:

$S = 254 (100/CN - 1)$

D = Deflúvio (ou precipitação efetiva), em mm;

P = precipitações, em mm;

S = capacidade de infiltração, em mm;

CN= número de curva de infiltração.

A determinação do número de curva CN tem importante papel na determinação da descarga total, sendo grande a sensibilidade do método a este fator.

O Valor de CN varia de 0 a 100, conforme a permeabilidade do solo, cobertura vegetal, textura da superfície e umidade antecedente do solo, conforme tabelas 8.3 e 8.4 abaixo:

Tabela 7.3 – Número da Curva CN

Número da curva CN para diferentes condições do complexo hidrológico

Solo - cobertura para condição de umidade antecedente II (média) e  $I_a=0,2s$

Cobertura Vegetal	Condição de retenção superficial	Grupo hidrológico			
		A	B	C	D
Terreno não cultivado com pouca vegetação	pobre	77	86	91	94
Terreno cultivado	pobre	72	81	88	91
	boa	51	67	76	80
Pasto	pobre	68	79	86	89
	boa	39	61	74	80
Mata ou bosque	pobre	45	66	77	83
	boa	25	55	70	77
Área urbana	pobre	74	80	87	90
	boa	70	76	83	86

Tabela 7.4 – Número de curva CN para diversas condições de umidade antecedente

Condição II	Condição 0	Condição I	Condição III
15	15	7	33
20	19	9	39
25	23	12	45
30	27	15	50
35	30	19	55
40	33	23	60
45	36	27	65
50	39	31	70
55	43	35	75
60	47	40	79
65	51	45	83
70	56	51	87
75	61	57	91
80	67	63	94
85	74	70	97
90	82	78	98
95	92	87	99
100	100	100	100

Os grupos hidrológicos dos solos são:

- Grupo A – Potenciabilidade mínima de deflúvio superficial. Inclui areias em camadas espessas.
- Grupo B – Solos arenosos menos espessos que no grupo A. Apresenta infiltração acima da média após intenso umedecimento prévio.
- Grupo C – Solos pouco profundos e solos com bastante argila e colóides. Apresenta infiltração abaixo da média após pré-saturação.

- Grupo D – Potencial máximo para formação de deflúvio superficial. Argilas de alta expansão, solos pouco profundos e camada inferior impermeável.

Para o presente projeto consideraram-se todos os solos das bacias enquadrados no Grupo C. O número de curva CN é dado para a condição de saturação média (condição II). Na tabela 2 são dadas as relações do número de curva CN para diversos níveis de saturação prévia sendo a condição 0 para secos, indo até a condição III para solos quase saturados.

Dois procedimentos são propostos para o Método:

- Procedimento A – que considera chuvas antecedentes;
- Procedimento B – não considera chuvas antecedentes.

O procedimento A considera chuva num período de pelo menos 5 dias antes do pico da tempestade o que evita o uso de valores arbitrários do número de curva de infiltração CN.

Por este motivo adotaremos o procedimento A e o solo na condição II, onde obteve-se ao final um CN=63.

### Hidrograma Unitário

O método do Hidrograma Unitário baseia-se em um hidrograma adimensional para construção de um hidrograma sintético.

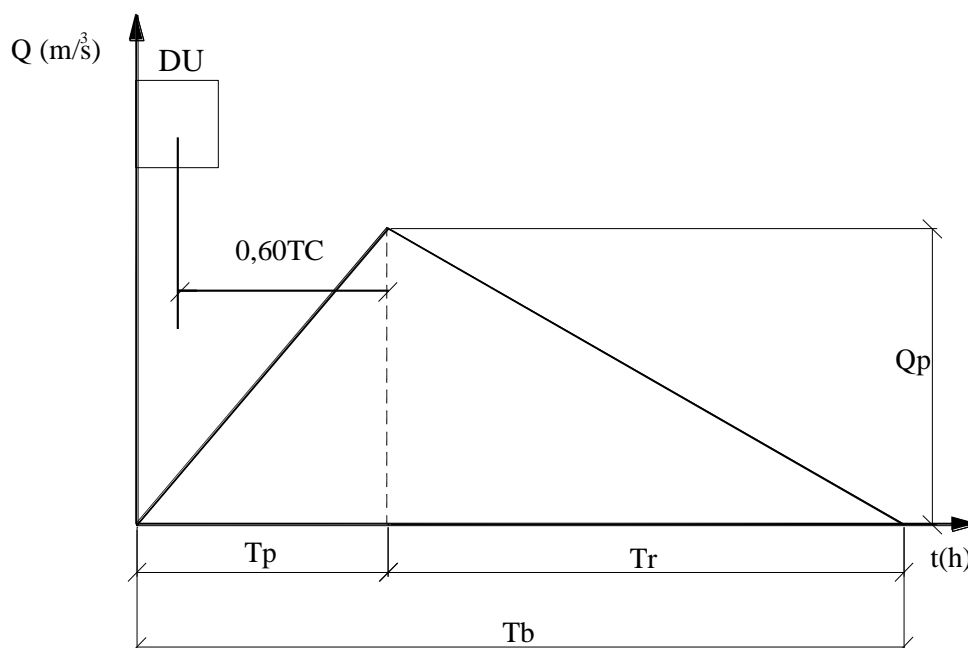


Figura 7.5 – Hidrograma Unitário Soil Conservation Service

Sendo:

$$Q_p = \frac{A}{0,03.t_b} \quad (9)$$

$$t_p = \frac{DU}{2} + 0,6.t_c \quad (10)$$

$$DU = \frac{t_c}{7,5} \quad (11)$$

$$t_r = \frac{5}{3}.t_p \quad (12)$$

$$t_b = \frac{8}{3}.t_p \quad (13)$$

onde:

- $Q_p$  = vazão de pico, em  $m^3/s/mm$ ;
- $A$  = área da bacia contribuinte, em  $km^2$ ;
- $t_p$  = tempo de pico, em horas;
- $t_c$  = tempo de concentração, em horas;
- $DU$  = tempo de duração, em horas;
- $t_r$  = tempo de recessão, em horas;
- $t_b$  = tempo de base, em horas.

### Cálculo do tempo de concentração

Para o cálculo do tempo de concentração da bacia hidrográfica do ribeirão Santana foram utilizadas as seguintes equações: Giandotti e Dodge, apresentadas em Pruski et al. (2004).

Optou-se por utilizar equações que trabalhassem apenas com as características fisiográficas da bacia como dado de entrada, para que a escolha, muitas vezes arbitrada, de coeficientes como: coeficiente de escoamento superficial, coeficiente de retardo, coeficiente de rugosidade e CN (número da curva do método do SCS), utilizados em outras fórmulas, não ocasionassem a dispersão dos resultados.

### Fórmula de Dodge

Segundo Kliber, essa equação foi determinada a partir de dados de dez bacias rurais com áreas de 140 a 930 Km<sup>2</sup>, assim supõe-se que seus parâmetros reflitam melhor condições de escoamentos em canais.

$$Tc = 21,88 \cdot \frac{A^{0,41}}{S^{0,17}} \quad (14)$$

Onde

tc - tempo de concentração, em minutos;

A = área da bacia, em km<sup>2</sup>;

S = declividade do talvegue, em m/m.

### Fórmula de Giandotti

A fórmula para o cálculo do tempo de concentração de Giandotti é:

$$tc = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}} \quad (15)$$

Sendo:

tc - tempo de concentração, em horas;

A - área da bacia, em Km<sup>2</sup>;

L - comprimento do curso d'água, em Km;

H- altura média da bacia em metros.

Fórmula de Giandotti	
Tc	4,39h
A	85,27 km <sup>2</sup>
L	14,60 km
H	281,00m

Fórmula de Dodge	
T <sub>c</sub>	4,42 h
A	85,27 km <sup>2</sup>
S	0,0192 m/m

Resultado do Tempo de Concentração

## 7.5 Descargas máximas pelo método Colorado Urban Hydrograph Procedure

Este método foi aplicado como comparação aos valores apresentados pelo método SCS, como forma de balizar os valores apresentados e calculados.

A metodologia do CUHP se caracteriza pelas seguintes expressões principais:

$$t_A = t_p + \frac{D_u}{2} \quad (16)$$

$$q_p = 2,75 \frac{C_p}{t_p} \quad (17)$$

$$C_p = 0,867 \cdot P \cdot C_i \cdot A^{0,15} \quad (18)$$

$$Q_p = q_p \cdot A \quad (19)$$

$$D_u = \frac{t_p}{3} \quad (20)$$

$$t_b = \frac{t_p}{C_p} \quad (21)$$

Para dar uma forma mais realista ao hidrograma, o CUHP recomenda utilizarem-se os seguintes parâmetros:

$$W_{50\%} = \frac{2,15}{q_p} \quad (22)$$

$$W_{75\%} = \frac{1,12}{q_p} \quad (23)$$

$$m = 0,35 \cdot W_{50\%} \quad (24)$$

$$n = 0,45 \cdot W_{75\%} \quad (25)$$

Onde:

$D_u$  – duração da chuva unitária;

$t_p$  = tempo de pico, em horas;

$t_A$  = tempo de ascensão, em horas;

$q_p$  – vazão de pico específica  $m^3/s.km^2$ ;

$Q_p$  – Vazão de pico  $m^3/s$ ;

$P$  – fator de pico; e

$A$  – área da bacia em  $km^2$ .

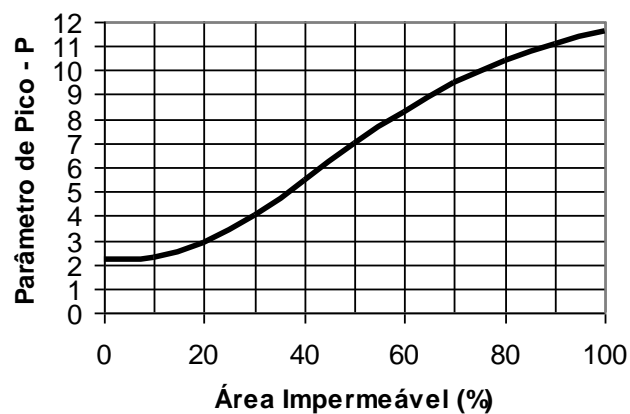


Figura 7.6 – Determinação do Fator de Pico P

## 7.6 Resultados Obtidos e Comentários

Os resultados obtidos pelos dois métodos avaliados nestes estudos estão apresentados na tabela a seguir.

Tabela 7.5 – Resultado das vazões de pico pelos métodos analisados

Bacia	Vazão de Pico ( $m^3/s$ ) TR=100 anos
	Ribeirão Santana
Características da Bacia	$A=85,27 km^2$ $L=14,6 km$ $S=0,0192 m/m$
Método SCS	<b>155,85 <math>m^3/s</math></b>
Método CUHP	<b>187,60 <math>m^3/s</math></b>

Observar que os valores apresentados pelos dois métodos apresentam os valores muito próximos, indicando boa tendência no uso dos métodos de hidrograma unitário sintético para estimar as vazões de pico em bacias de média a grande área.

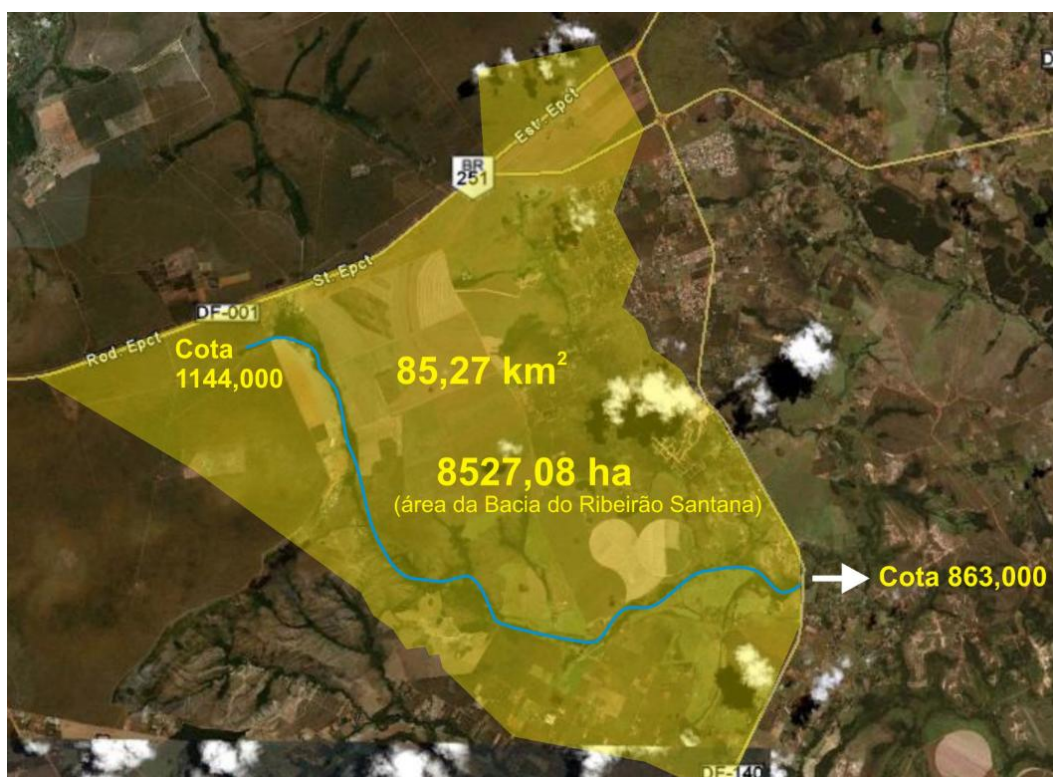


Figura 7.7 – Feições da ocupação na Bacia de Drenagem do ribeirão Santana

A área da bacia do ribeirão Santana, que tem influência direta sob a ponte que atravessa a rodovia DF-140, é estimada em 8.527,08 ha. A cabeceira da bacia inicia nas proximidades da DF-001, também conhecida como via Estrada Parque Contorno (EPCT), por volta da cota de 1144,000 e junto à ponte sob o ribeirão Santana atinge a cota 863,000.

As principais características dessa bacia são de ocorrências de cerrado e grandes porções de pasto e plantações com algumas áreas de exploração de cascalheira, predominando assim texturas mais permeáveis (70%). A outra porção é constituída por loteamentos urbanos como Barreiro e condomínios residenciais como Santa Mônica, que somados aos loteamentos urbanos que se vislumbram na região em futuros projetos urbanísticos, tornarão essas áreas mais impermeáveis (30%). Como resultado chegou-se a um número de curva CN=63.



## 7.7 Planilhas de Cálculo dos Hidrogramas

CN	S (mm)	la (mm)	Intervalo (min)	Tempo (min)	P (mm)	P <sub>Acumulada</sub>	Abstrações Acumuladas		P <sub>e</sub> Acumulada	P <sub>e</sub> (mm)
63	149,17	29,83	10				I <sub>a</sub> (mm)	F <sub>a</sub> (mm)		
				20	27,53	0,00	0,00	-	-	-
				40	20,60	27,53	27,53	0,00	0,00	0,00
				80	21,92	48,13	29,83	16,30	2,00	2,00
				160	17,55	70,05	29,83	31,68	8,54	6,54
				320	11,23	87,60	29,83	41,64	16,12	7,58
				640	7,18	98,83	29,83	47,18	21,82	5,69
				1280	6,30	106,01	29,83	50,42	25,75	3,93

A (km <sup>2</sup> )	85,60
t <sub>c</sub> (h)	4,40
Δt (h)	0,33
t <sub>p</sub> (h)	2,81
t <sub>d</sub> (h)	4,69
t <sub>b</sub> (h)	7,49
q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /s.mm)	6,34

Os cálculos estão limitados para 6 blocos de chuva total

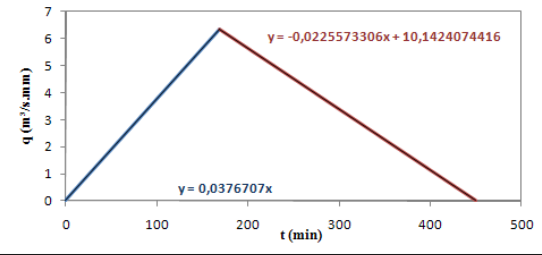
Método SCS	
t (min)	q (m <sup>3</sup> /s.mm)
0	0
168,4	6,34
449,63	0

y = ax + b	
a <sub>1</sub>	0,0377
b <sub>1</sub>	0,0000
a <sub>2</sub>	-0,0226
b <sub>2</sub>	10,1424

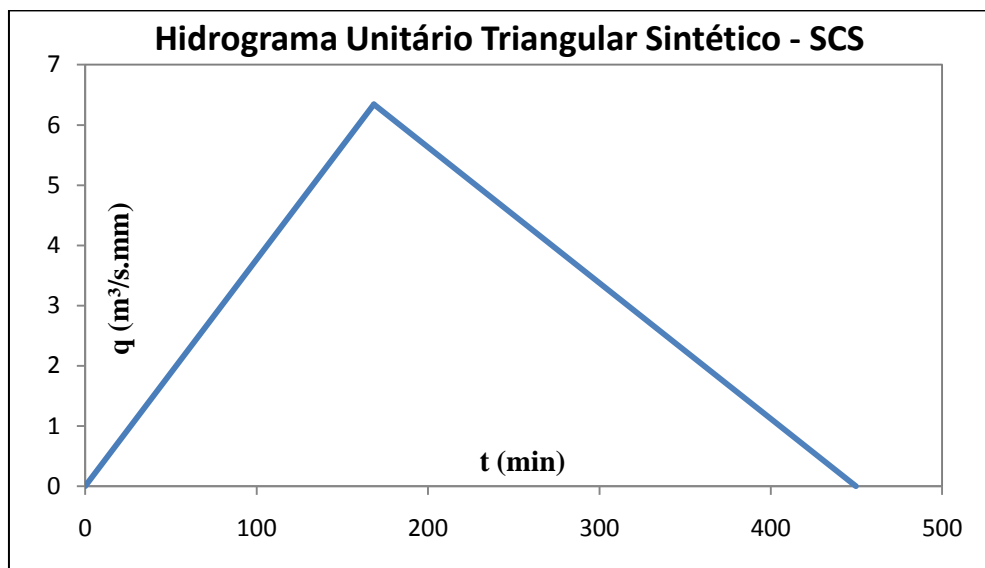
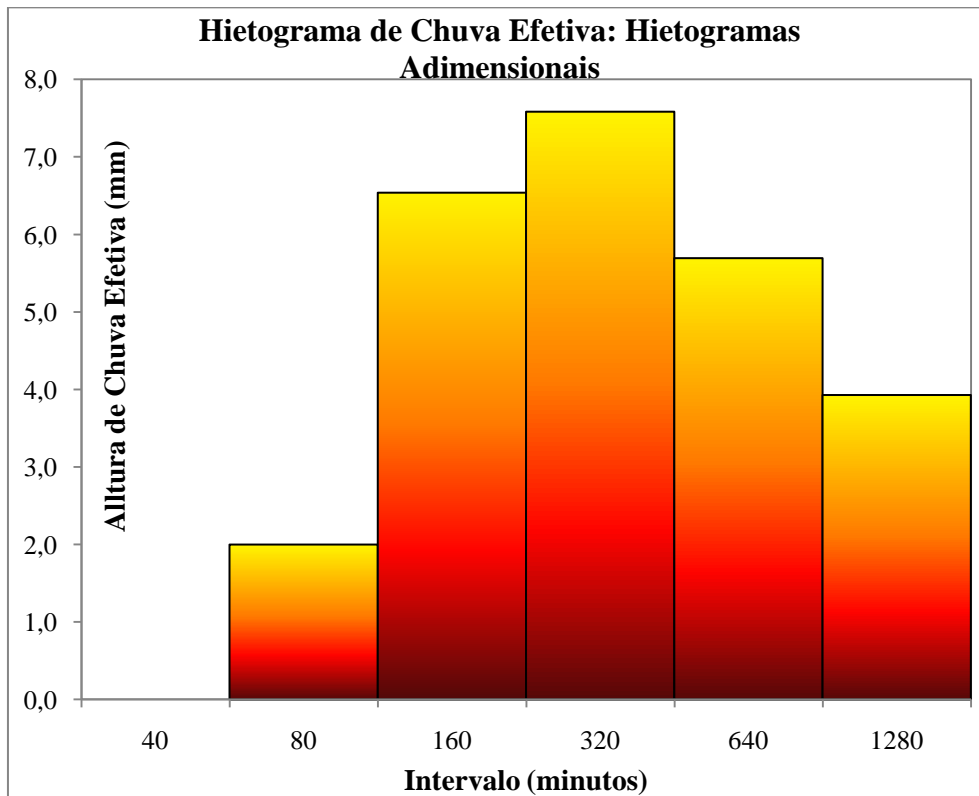
**Hidrograma Unitário Triangular Sintético - SCS**

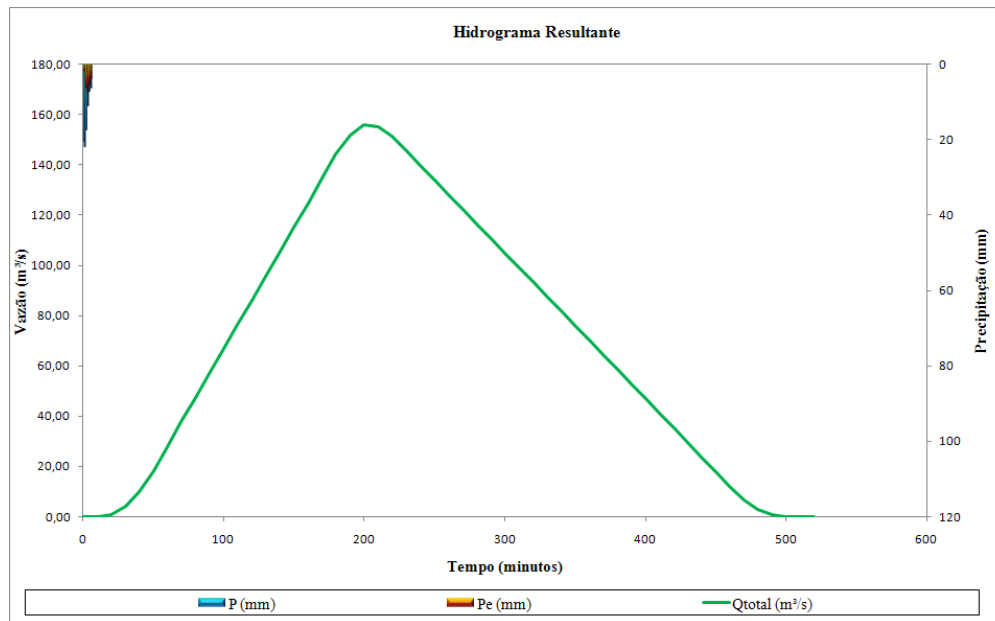
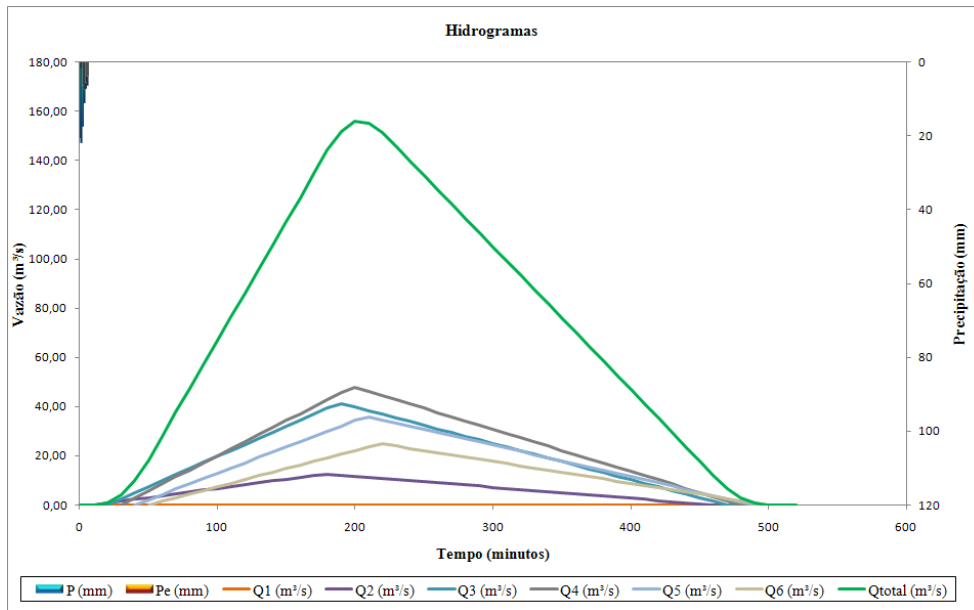


Os Cálculos do HU são válidos até o intervalo t da célula K61

t (min)	HU (m <sup>3</sup> /s.mm)
0	0,000
10	0,377
20	0,753
30	1,130
40	1,507
50	1,884
60	2,260
70	2,637
80	3,014
90	3,390
100	3,767
110	4,144
120	4,520
130	4,897
140	5,274
150	5,651
160	6,027
170	6,308
180	6,082
190	5,857
200	5,631
210	5,405
220	5,180
230	4,954
240	4,729
250	4,503
260	4,278
270	4,052
280	3,826
290	3,601
300	3,375
310	3,150
320	2,924
330	2,698
340	2,473
350	2,247
360	2,022
370	1,796
380	1,571
390	1,345
400	1,119
410	0,894
420	0,668
430	0,443
440	0,217
449,628	0,000

Resultado SCS – Método A – Bacia do Ribeirão Santana





P <sub>e</sub> (mm)		1	2	3	4	5	6	Hidrograma de Cheia (m <sup>3</sup> /s)
		0,00	2,00	6,54	7,58	5,69	3,93	
Tempo (min)	HU (m <sup>3</sup> /s.mm)	HUxP <sub>e1</sub>	HUxP <sub>e2</sub>	HUxP <sub>e3</sub>	HUxP <sub>e4</sub>	HUxP <sub>e5</sub>	HUxP <sub>e6</sub>	
0	0,000	0,00						0,00
10	0,377	0,00	0,00					0,00
20	0,753	0,00	0,75	0,00				0,75
30	1,130	0,00	1,51	2,46	0,00			3,97
40	1,507	0,00	2,26	4,93	2,86	0,00		10,04
50	1,884	0,00	3,01	7,39	5,71	2,15	0,00	18,26
60	2,260	0,00	3,77	9,85	8,57	4,29	1,48	27,96
70	2,637	0,00	4,52	12,32	11,43	6,44	2,96	37,66
80	3,014	0,00	5,27	14,78	14,29	8,58	4,44	47,36
90	3,390	0,00	6,02	17,24	17,14	10,73	5,92	57,06
100	3,767	0,00	6,78	19,71	20,00	12,87	7,40	66,76
110	4,144	0,00	7,53	22,17	22,86	15,02	8,88	76,46
120	4,520	0,00	8,28	24,64	25,72	17,16	10,36	86,16
130	4,897	0,00	9,04	27,10	28,57	19,31	11,84	95,86
140	5,274	0,00	9,79	29,56	31,43	21,45	13,32	105,56
150	5,651	0,00	10,54	32,03	34,29	23,60	14,80	115,26
160	6,027	0,00	11,30	34,49	37,14	25,74	16,28	124,95
170	6,308	0,00	12,05	36,95	40,00	27,89	17,76	134,65
180	6,082	0,00	12,61	39,42	42,86	30,03	19,24	144,16
190	5,857	0,00	12,16	41,25	45,72	32,18	20,72	152,03
200	5,631	0,00	11,71	39,78	47,84	34,32	22,20	155,85
210	5,405	0,00	11,26	38,30	46,13	35,92	23,68	155,29
220	5,180	0,00	10,81	36,82	44,42	34,64	24,78	151,47
230	4,954	0,00	10,36	35,35	42,71	33,35	23,90	145,66
240	4,729	0,00	9,90	33,87	41,00	32,07	23,01	139,85
250	4,503	0,00	9,45	32,40	39,29	30,78	22,12	134,05
260	4,278	0,00	9,00	30,92	37,58	29,50	21,24	128,24
270	4,052	0,00	8,55	29,45	35,87	28,21	20,35	122,43
280	3,826	0,00	8,10	27,97	34,16	26,93	19,46	116,62
290	3,601	0,00	7,65	26,50	32,44	25,64	18,58	110,81
300	3,375	0,00	7,20	25,02	30,73	24,36	17,69	105,01
310	3,150	0,00	6,75	23,55	29,02	23,08	16,81	99,20
320	2,924	0,00	6,30	22,07	27,31	21,79	15,92	93,39
330	2,698	0,00	5,85	20,60	25,60	20,51	15,03	87,58
340	2,473	0,00	5,39	19,12	23,89	19,22	14,15	81,77
350	2,247	0,00	4,94	17,65	22,18	17,94	13,26	75,97
360	2,022	0,00	4,49	16,17	20,47	16,65	12,37	70,16
370	1,796	0,00	4,04	14,70	18,76	15,37	11,49	64,35
380	1,571	0,00	3,59	13,22	17,05	14,08	10,60	58,54
390	1,345	0,00	3,14	11,75	15,33	12,80	9,72	52,74
400	1,119	0,00	2,69	10,27	13,62	11,51	8,83	46,93
410	0,894	0,00	2,24	8,80	11,91	10,23	7,94	41,12
420	0,668	0,00	1,79	7,32	10,20	8,94	7,06	35,31
430	0,443	0,00	1,34	5,85	8,49	7,66	6,17	29,50
440	0,217	0,00	0,89	4,37	6,78	6,38	5,28	23,70
450	0,000	0,00	0,43	2,90	5,07	5,09	4,40	17,89
			0,00	1,42	3,36	3,81	3,51	12,10
				0,00	1,65	2,52	2,63	6,79
					0,00	1,24	1,74	2,98
						0,00	0,85	0,85
							0,00	0,00

Tempo (min)	Hidrograma Unitário (m³/s)	Precipitação Excedente (cm)												Hidrograma Final (m³/s)	Cálculo do Volume Hidrograma Unitário (1cm de chuva)	
		0,011	0,030	0,068	0,159	0,249	0,145	0,053	0,008	0,018	0,034	0,032	0,030			
0	0,0	0,00													0,00	
15	15,0	0,16	0,00												0,16	112,50
30	30,0	0,32	0,46	0,00											0,78	337,50
45	45,0	0,48	0,91	1,02	0,01	0,00									2,43	562,50
60	60,0	0,64	1,37	2,05	2,39	0,03	0,00								6,47	787,50
75	93,8	1,00	1,83	3,07	4,78	3,73	2,18	0,00							16,59	1153,48
90	140,7	1,50	2,85	4,09	7,17	7,47	4,36	0,79	0,00						28,24	1758,69
105	187,6	2,01	4,28	6,40	9,56	11,20	6,54	1,58	0,12	0,00					41,69	2462,17
120	140,7	1,50	5,71	9,60	14,94	14,93	8,73	2,37	0,24	0,28	0,00				58,30	2462,17
135	93,8	1,00	4,28	12,80	22,41	23,34	13,64	3,15	0,37	0,55	0,52	0,00			82,07	1758,69
150	60,0	0,64	2,85	9,60	29,89	35,02	20,46	4,93	0,49	0,83	1,03	0,48	0,00		106,22	1153,48
165	40,0	0,43	1,83	6,40	22,41	46,69	27,28	7,40	0,76	1,11	1,55	0,96	0,45		117,26	750,00
180	10,0	0,11	1,22	4,09	14,94	35,02	20,46	9,86	1,14	1,73	2,06	1,44	0,90		92,98	375,00
195	0,0	0,00	0,30	2,73	9,56	23,34	13,64	7,40	1,52	2,60	3,22	1,92	1,35		67,59	75,00
210	0,0	0,00	0,00	0,68	6,37	14,93	8,73	4,93	1,14	3,47	4,83	3,00	1,90		49,89	0,00
225	0,0	0,00	0,00	0,00	1,59	9,96	5,82	3,15	0,76	2,60	6,45	4,50	2,81		37,64	0,00
240	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	2,49	1,45	2,10	0,49	1,73	4,83	6,00	4,22		23,32	0,00
255	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	0,32	1,11	3,22	4,50	5,62	15,31		15,31	0,00
270	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,74	2,06	3,00	4,22		10,10	0,00
285	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	1,37	1,92	2,81		6,29	0,00
300	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	1,28	1,80		3,42	0,00
315	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	1,20		1,52	0,00
330	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30		0,30	0,00
345	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
360	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
375	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
390	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
405	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
420	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
435	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
450	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
465	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
480	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
495	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
510	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
525	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
540	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
555	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
570	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
585	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
600	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
615	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
630	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
															13.748,69	824.921,10

Dados de Entrada	Ribeirão Santana
Área=	85,27 km²
L=	14,6 km
Lcg=	7 km
70 área permeável	
30 área impermeável	
S=	0,0192 m/m

Cálculo de Ct  
Ct= 0,100

Determinação de t<sub>p</sub>  
t<sub>p</sub>= 1,52 91 minutos

Duração Chuva Unitária  
Du= 0,51 30,3 minutos  
39 minutos

Determinação de Cp  
P= 6,30  
Cp= 1,06

Determinação de q<sub>p</sub>  
q<sub>p</sub>= 2 m³/s.km²

Determinação do Q<sub>p</sub> (pico do hidrograma unitário)  
Q<sub>p</sub>= 187,6 m³/s

Determinação do Tempo de Ascensão t<sub>a</sub>  
t<sub>a</sub>= 109,96 minutos

Determinação da Largura do Hidrograma Unitário a 50% e 75% de Q<sub>p</sub>  
W<sub>50%Q<sub>p</sub></sub>= 0,98 59 minutos  
W<sub>75%Q<sub>p</sub></sub>= 0,51 31 minutos

Tempo (min)	Q (m³/s)
0	0
Q <sub>50%</sub>	89 93,8
Q <sub>75%</sub>	96 140,7
Q <sub>pico</sub>	110 187,6
Q <sub>75% (sup)</sub>	127 140,7
Q <sub>50% (sup)</sub>	148 93,8
Final	178 0

O volume do Hidrograma Unitário deverá ser de:  
Vol = 852700 m³

Resultado CUHP – Bacia do Ribeirão Santana

## **8. ESTUDO HIDRÁULICO DA PONTE DO RIBEIRÃO SANTANA**

## ESTUDO HIDRÁULICO DA PONTE DO RIBEIRÃO SANTANA

### 8.1 Projeto Hidráulico da Ponte sobre o Ribeirão Santana

O presente relatório de projeto tem por objetivo apresentar a consolidação dos estudos hidráulicos na ponte sobre o Ribeirão Santana referente à duplicação da DF-140.

### 8.2 Método de determinação da cota de máxima cheia e vão da obra

Para cada altura  $h$  do nível d'água, corresponde uma área molhada ( $A$ ), um perímetro molhado ( $P$ ) e, em conseqüência, raio hidráulico ( $R$ ) e velocidade ( $V$ ), que, são relacionados através da fórmula de Manning:

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

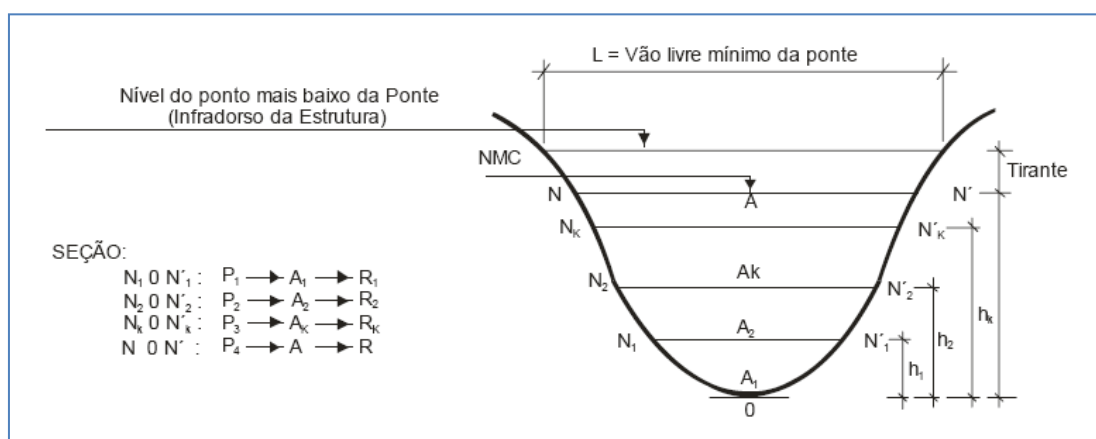


Figura 8.1 – Seção transversal de um rio

Substituindo  $V$  pelo seu valor  $Q/A$  (equação de continuidade), obtém-se:

$$V_1 = \frac{R_1^{2/3} \times I^{1/2}}{n} \text{ e}$$

$$Q_1 = \frac{A_1 R_1^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$

Para o nível N2 (altura h2) ter-se-á:

$$V_2 = \frac{R_2^{2/3} \times I^{1/2}}{n} e$$

$$Q_2 = \frac{A_2 R_2^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$

Para o nível NK (altura K) ter-se-á:

$$V_K = \frac{R_K^{2/3} \times I^{1/2}}{n} e$$

$$Q_K = \frac{A_K R_K^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$

Para qualquer nível d'água, portanto, referente a uma travessia, verifica-se sempre:

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

Determinação do vão da ponte:

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, então, os valores de h entre os praticamente aconselháveis, traçam-se duas curvas referidas a dois eixos cartesianos, Figura 8.2.

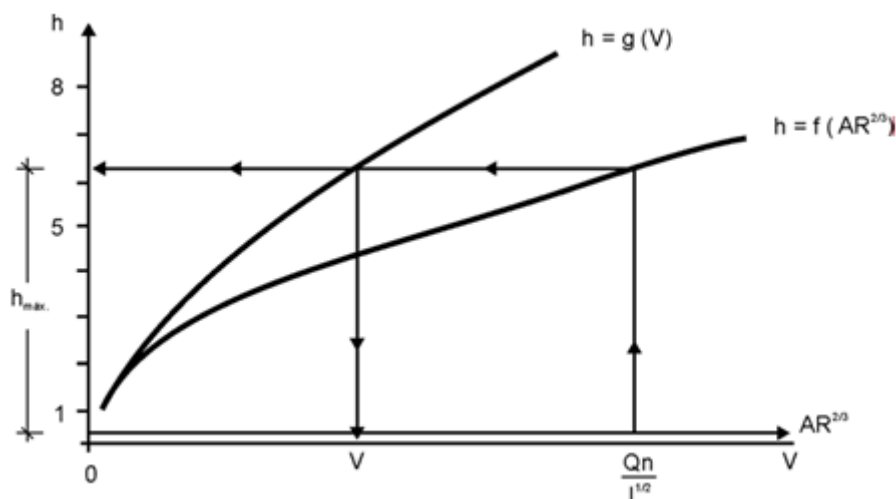


Figura 8.2 – Gráficos de  $h = f(AR^{2/3})$  e  $h = g(V)$



No eixo das abscissas, em duas escalas, para simplificação dos desenhos, marcam-se os valores de  $AR^{2/3}$  e  $V$ . No eixo das ordenadas, os valores de  $h$  acima especificados.

Com o valor do  $Q_{m\acute{a}x}$ , fornecido pelos estudos hidrológicos, obtém-se o valor da expressão:

$$\frac{Q_{m\acute{a}x} \times n}{1/2}$$

Que é igual, em valor, a  $AR_{m\acute{a}x}^{2/3}$ . A partir deste, vai se obter, no eixo das ordenadas, o valor de  $h_{m\acute{a}x}$  e na curva de  $V$  o valor da velocidade para a seção de cheia máxima prevista.

### 8.3 Levantamento Topográfico junto à Ponte sobre o Ribeirão Santana

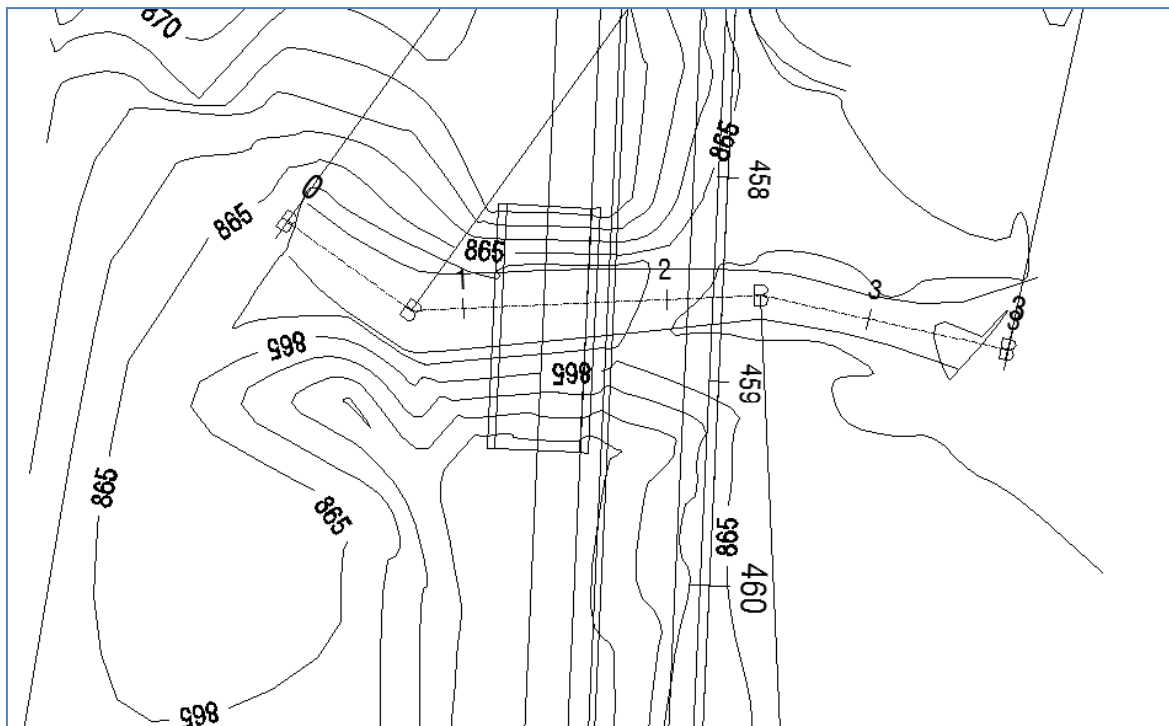


Figura 8.3 - Levantamento Cadastral da Ponte sobre o Ribeirão Santana

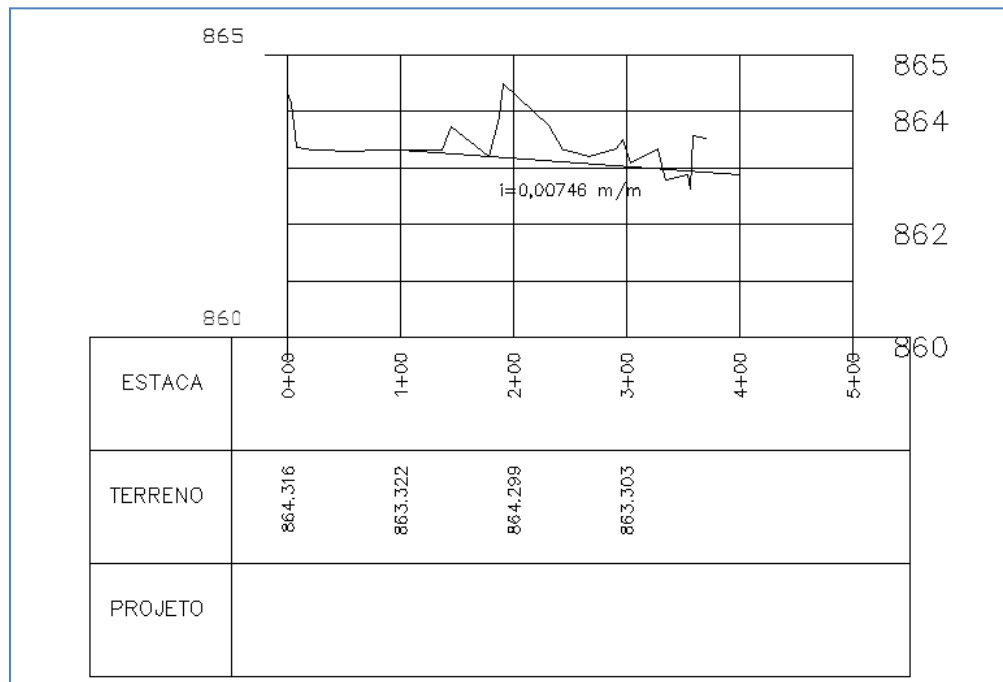


Figura 8.4 - Declividade ao longo do Ribeirão Santana

#### 8.4 Dados da Bacia do Ribeirão Santana

Conforme o estudo hidrológico estima-se as seguintes vazões de para o ribeirão Santana.

Tabela 9.1 – Resultado das vazões de pico pelos métodos analisados

Bacia	Vazão de Pico (m <sup>3</sup> /s) TR=100 anos
	Ribeirão Santana
Características da Bacia	A=85,27 km <sup>2</sup> L=14,6 km S=0,0192 m/m
Método SCS	<b>155,85 m<sup>3</sup>/s</b>
Método CUHP	<b>187,60 m<sup>3</sup>/s</b>

Conforme já descrito no estudo hidrológico, a área da bacia do ribeirão Santana, que tem influência direta sob a ponte que atravessa a rodovia DF-140, é estimada em 8.527,08 ha. A cabeceira da bacia inicia nas proximidades da DF-001, também conhecida como via Estrada Parque Contorno (EPCT), por volta da cota 1144,000, e junto a ponte sob o ribeirão Santana atinge a cota 863,000.

As principais características dessa bacia são de ocorrências de cerrado e grandes porções de pasto e plantações com algumas áreas de exploração de cascalheira, predominando assim texturas mais permeáveis (70%). A outra porção é constituída por loteamentos urbanos como Barreiro e condomínios residenciais como Santa Mônica, que somados aos loteamentos urbanos **que se vislumbram na região em futuros projetos urbanísticos**, tornarão essas áreas mais impermeáveis (30%). Como resultado chegou-se a um número de curva CN=63.

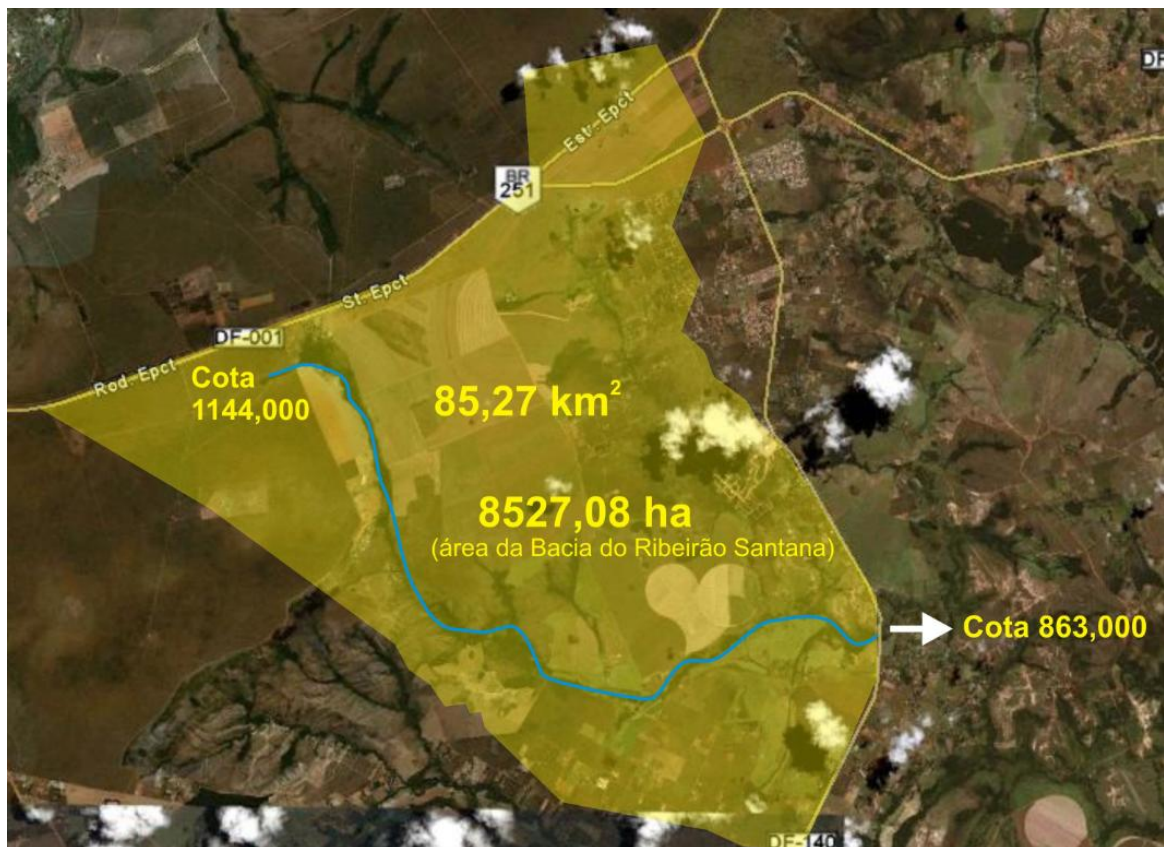
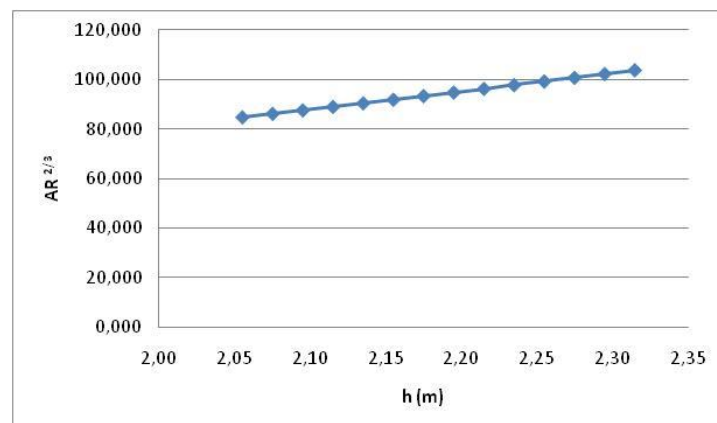
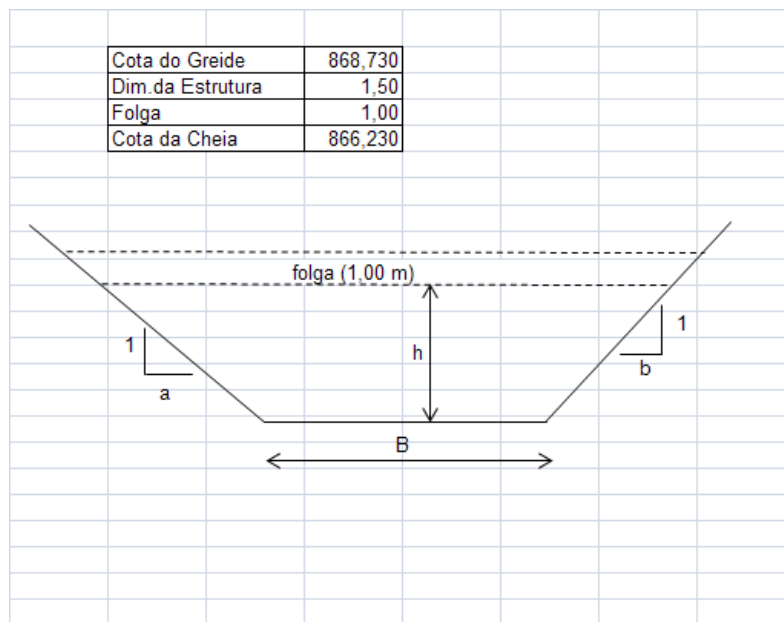


Figura 8.5 – Área bacia do ribeirão Santana

## 8.5 Resultados

Determinação do NA máximo em canal trapezoidal										
Q(m <sup>3</sup> /s)	187,6	(Vazão de projeto)			B(m)	25,00				
nadotado	0,045	(Coef. de Manning)			a	1,50				
l(m/m)	0,00746	(Declividade do canal)			b	1,50				
Qn/l <sup>1/2</sup>	97,74081	(=AR <sup>2/3</sup> )			Cota do fundo	864,00				
h	A	P	R	AR <sup>2/3</sup>	Velocidade	Verificação	Cota	Cota + folga	Diferença	
(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)		m/s		Cheia	(1,00 m)	Estrutura	
2,06	57,710	32,409	1,781	84,781	3,251	-12,960	866,055	867,055	0,175	
2,08	58,333	32,482	1,796	86,186	3,216	-11,554	866,075	867,075	0,155	
2,10	58,959	32,554	1,811	87,602	3,182	-10,139	866,095	867,095	0,135	
2,12	59,585	32,626	1,826	89,027	3,148	-8,714	866,115	867,115	0,115	
2,14	60,212	32,698	1,841	90,461	3,116	-7,279	866,135	867,135	0,095	
2,16	60,841	32,770	1,857	91,906	3,083	-5,835	866,155	867,155	0,075	
2,18	61,471	32,842	1,872	93,360	3,052	-4,380	866,175	867,175	0,055	
2,20	62,102	32,914	1,887	94,825	3,021	-2,916	866,195	867,195	0,035	
2,22	62,734	32,986	1,902	96,299	2,990	-1,442	866,215	867,215	0,015	
2,24	63,368	33,058	1,917	97,782	2,960	0,041	866,235	867,235	-0,005	
2,26	64,003	33,131	1,932	99,276	2,931	1,535	866,255	867,255	-0,025	
2,28	64,638	33,203	1,947	100,779	2,902	3,038	866,275	867,275	-0,045	
2,30	65,276	33,275	1,962	102,292	2,874	4,551	866,295	867,295	-0,065	
2,32	65,914	33,347	1,977	103,814	2,846	6,074	866,315	867,315	-0,085	



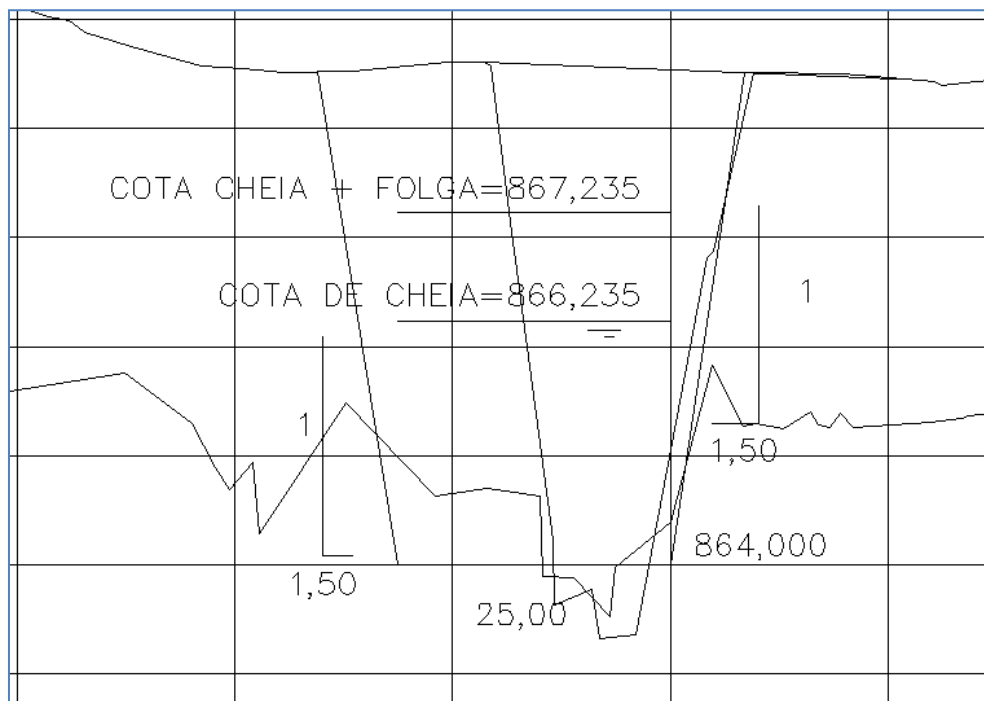
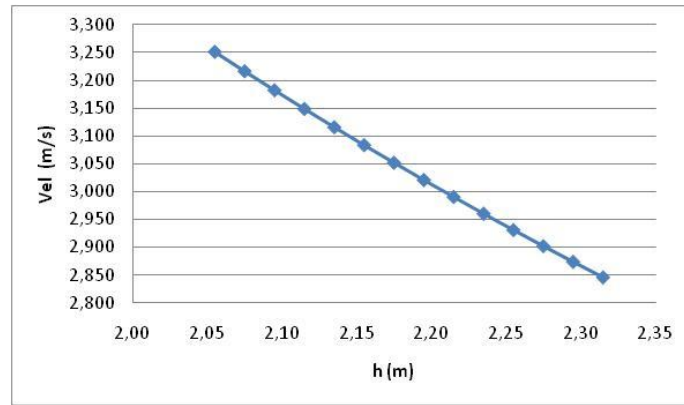


Figura 8.6 - Cota de Cheia e Folga de Projeto

**Observação:** a ponte existente foi avaliada quanto à capacidade de escoamento da vazão de projeto, e, em uma análise preliminar indicou que se fazendo algumas intervenções nos encontros da ponte, especificamente, nas inclinações de seus taludes, ampliando-se a sua seção hidráulica, deverá atender à vazão de projeto. Como as vazões calculadas nesse projeto são estimadas e deverão ocorrer no futuro, em face da impermeabilização prevista na bacia do ribeirão Santana, a decisão de ajustar a seção da atual ponte poderá ser avaliada oportunamente pelo cliente, no momento que entender necessário.

## 9. PROJETO GEOMÉTRICO

## PROJETO GEOMÉTRICO

### 9.1 Classificação Funcional

Inicialmente, deve-se considerar a DF-140, como integrante do corredor sudeste. Esse eixo de transportes é formado pelas rodovias DF-027, DF-001 e DF-140 e tem como principal função a interligação entre as regiões administrativas.

Nesse sentido, o eixo, como um todo, por seu papel de interligação, e favorecimento ao fluxo de passagem, pode ser classificado como via arterial principal.

Por outro lado, considerando a implantação do Anel Rodoviário, a DF-140 pode também exercer a função de captação e de alimentação do anel e, portanto, classificada como via arterial primária.

Finalmente, tendo em vista sua função estruturante, ao longo da qual se desenvolve a ocupação urbana, a DF-140 também irá desempenhar um papel de eixo local. Como tal, a rodovia também terá que ser dotada de acessos e pode ser classificada como rodovia local.

Considerando essa tripla função, a rodovia deverá ser apta a receber tanto o fluxo de passagem, que favoreça a mobilidade, quanto o fluxo local, que favoreça a acessibilidade.

Assim, classifica-se a DF-140 como rodovia de Classe I-A.

### 9.2 Elementos de projeto

Será adotado o veículo Semi-Reboque (SR) do Manual de Projeto Geométrico, do DNIT, conforme figura 10.1.

O terreno, na região, possui rampas que variam de 0% a 7%, e, portanto, pode ser classificado como ondulado.

Para uma rodovia Classe I-A, com terreno ondulado, temos as seguintes características:

- Nível de serviço: C;
- Velocidade diretriz: 80 km/h;
- Distância de visibilidade de parada mínima desejável: 140 m;
- Distância de visibilidade de parada mínima absoluta: 110 m;
- Raio mínimo de curva horizontal: 210 m;
- Rampa máxima: 4,5% (nesse caso, dada maior ondulação do trecho intermediário da rodovia, serão admitidas rampas mais elevadas, por uma questão de economia e compatibilização com a pista existente);
- K mínimo desejável para curvas verticais convexas: 48;
- K mínimo absoluto para curvas verticais convexas: 29;
- K mínimo desejável para curvas verticais côncavas: 32;
- K mínimo absoluto para curvas verticais côncavas: 24;
- Largura da faixa de rolamento: 3,6 m;

- Largura do acostamento externo: 2,5 m;
- Largura do acostamento interno: 0,6 m; e
- Gabarito mínimo vertical: 5,5 m.

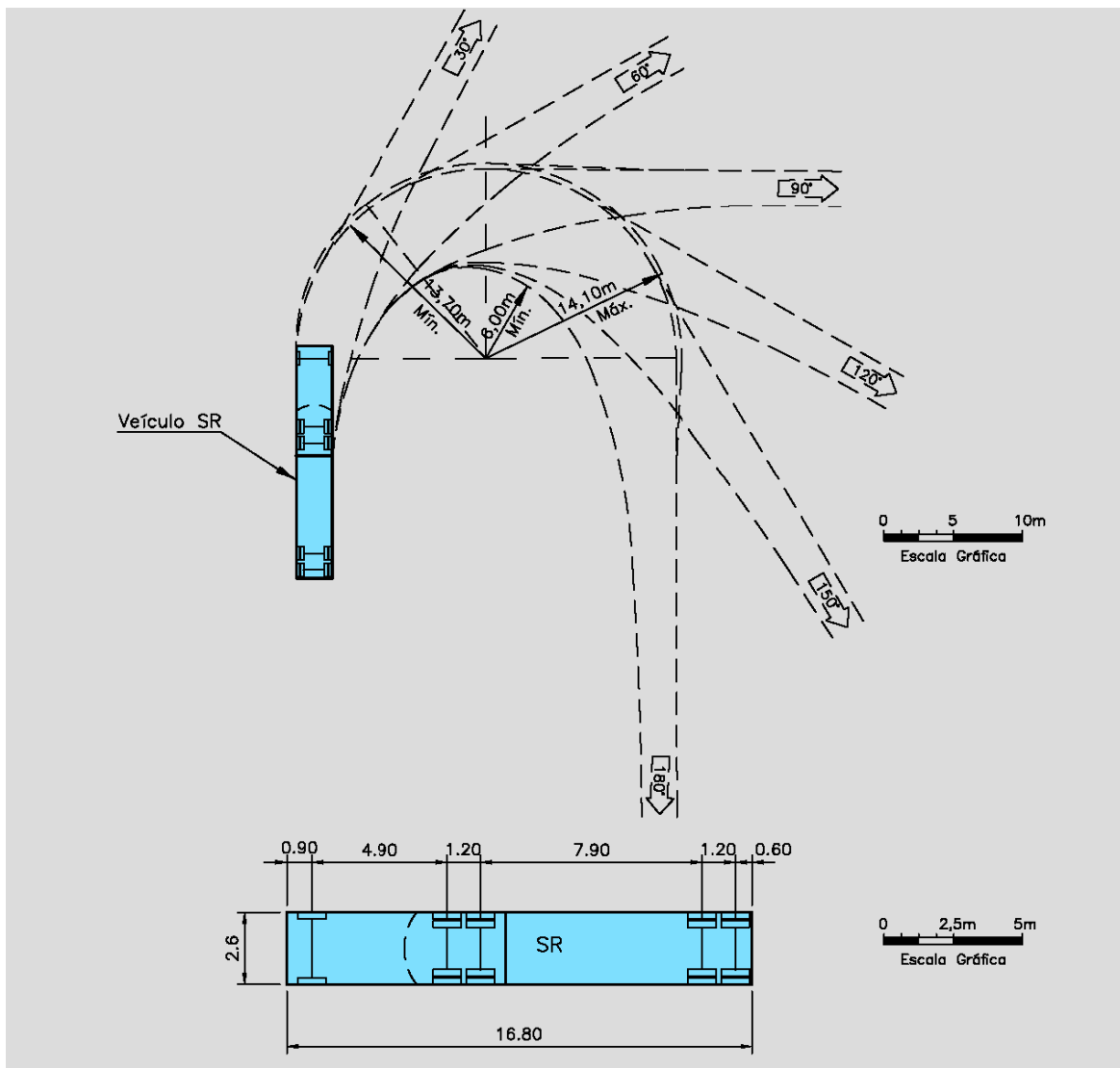


Figura – 9.1 – Veículo de projeto SR

### 9.3 Faixas de aceleração e desaceleração

O dimensionamento das faixas de aceleração e desaceleração será feito de acordo com a tabela 48 – comprimento das faixas de mudança de velocidade, do Manual de Projeto de Interseções, do DNIT.

Velocidade diretriz = 80 km/h

Velocidade de manobra = 0 km/h

Para greide até 2%:

Faixa de aceleração = 230 m

Faixa de desaceleração = 130 m



Comprimento do taper = 70m

### 9.4 Largura do Canteiro Central

Para que não seja necessário o uso de barreiras de contenção, de acordo com a figura 5.7.6.2, do Manual de Projeto Geométrico, do DNIT, propõe-se a largura mínima do canteiro central de 9,0 m.

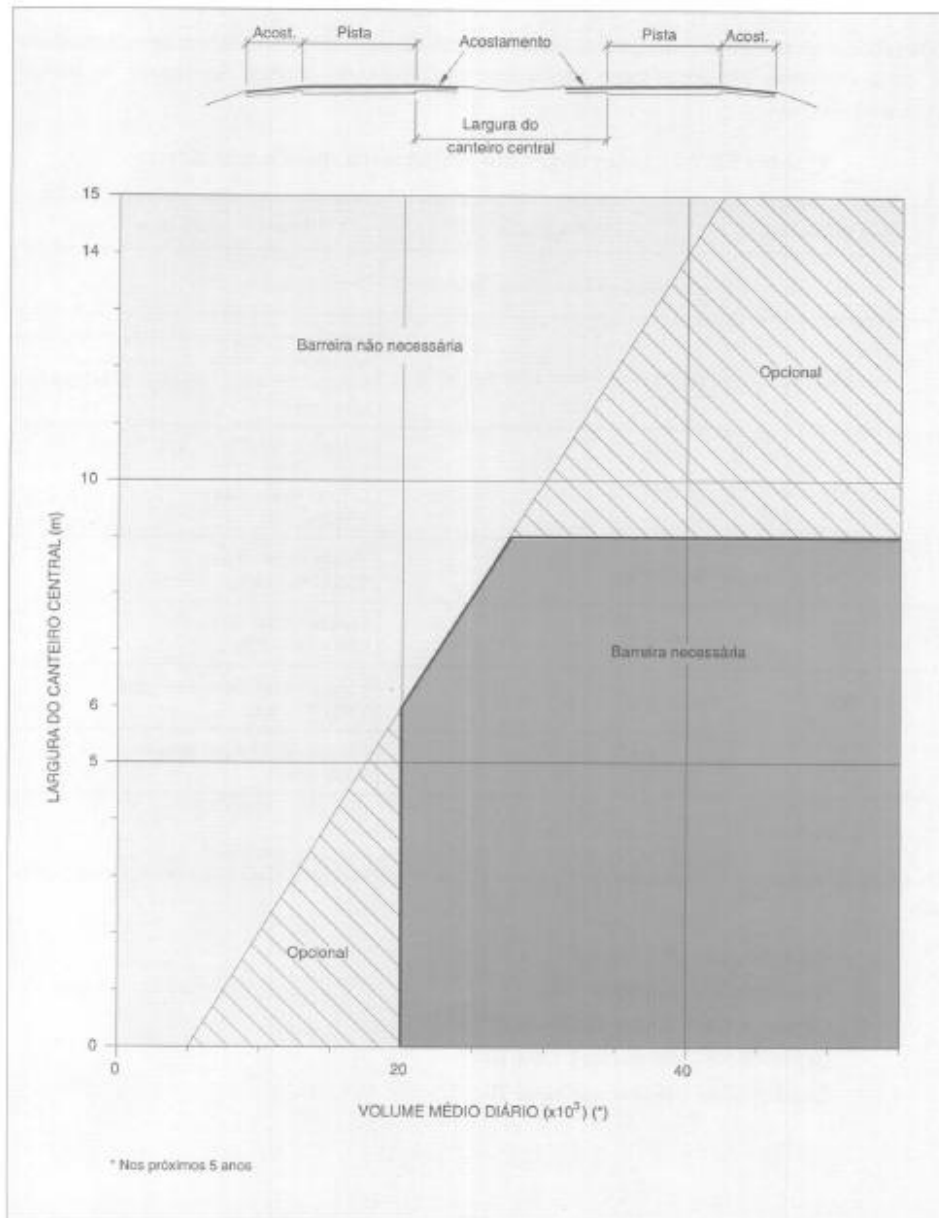


Figura 5.7.6.2 - Necessidade de defesa ou barreira rígida em canteiros centrais

Figura 9.2 – Necessidade de barreiras

## 9.5 Seção Típica

Considerando os parâmetros acima, a seção típica assume a seguinte configuração.

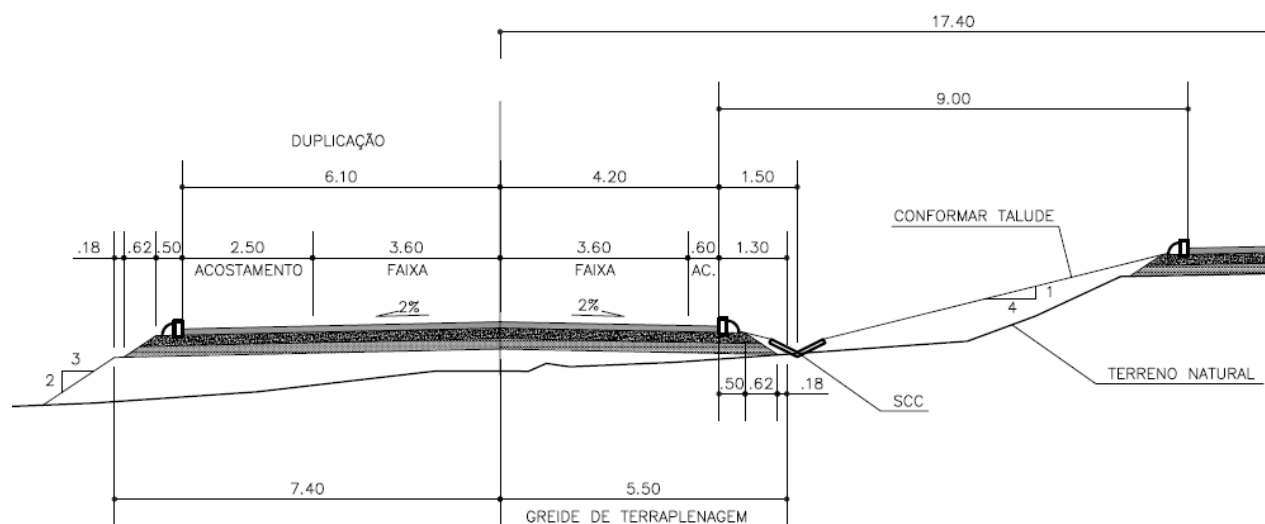


Figura 9.3 – Seção típica para a duplicação

## 9.6 Retornos

Devido à sua função de promover acesso às propriedades, sem, contudo, perder sua função de escoamento, a rodovia DF-140 deverá ser dotada de retornos adequadamente posicionados.

Os retornos terão faixa de aceleração e desaceleração, com comprimento conforme dimensionado acima e largura de 3,60 m e acostamento interno de 0,60 m.

O retorno terá forma ogival, composta por 3 curvas com raios de 30, 6 e 30 m.

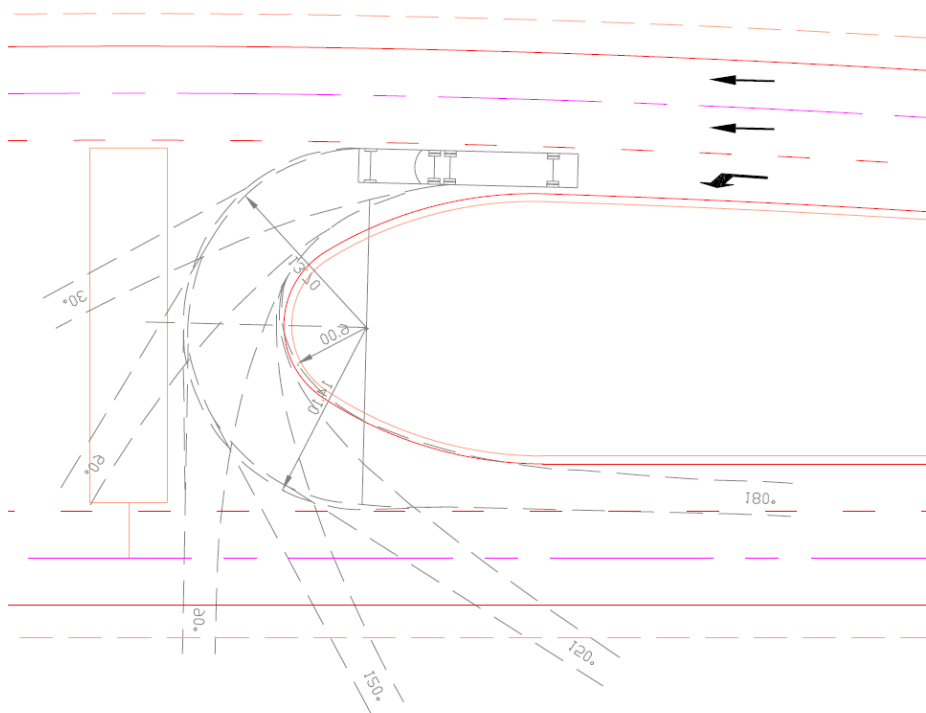


Figura 9.4 – Adequação do Retorno para o veículo SR

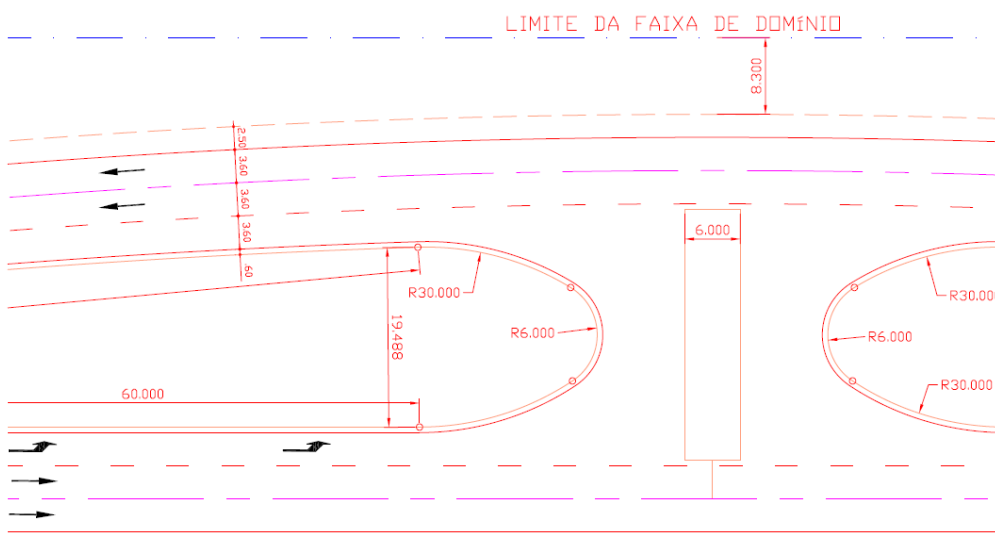


Figura 9.5 – Retorno com forma ogival

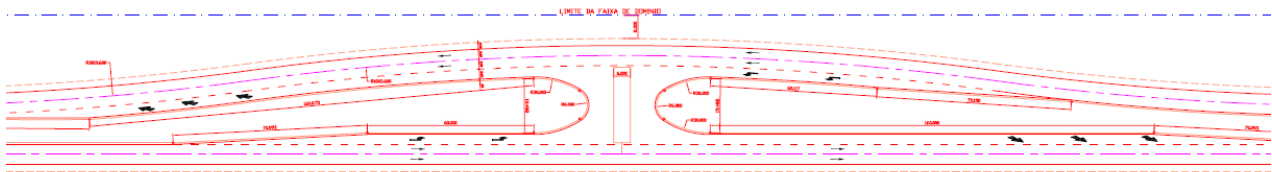


Figura 9.6 – Retorno típico

São propostos cinco retornos no projeto da duplicação. Para sua locação foram levadas em conta as ocupações lindeiras e a conseqüente demanda, bem como as condições geométricas tanto em planta quanto em perfil.

Em planta, os retornos foram sempre posicionados em tangente, em trecho com boa visibilidade. A distância média entre os retornos é cerca de 2,5 km, exceto entre os retornos 3 e 4, que é 3,7 km, devido às condições geométricas.

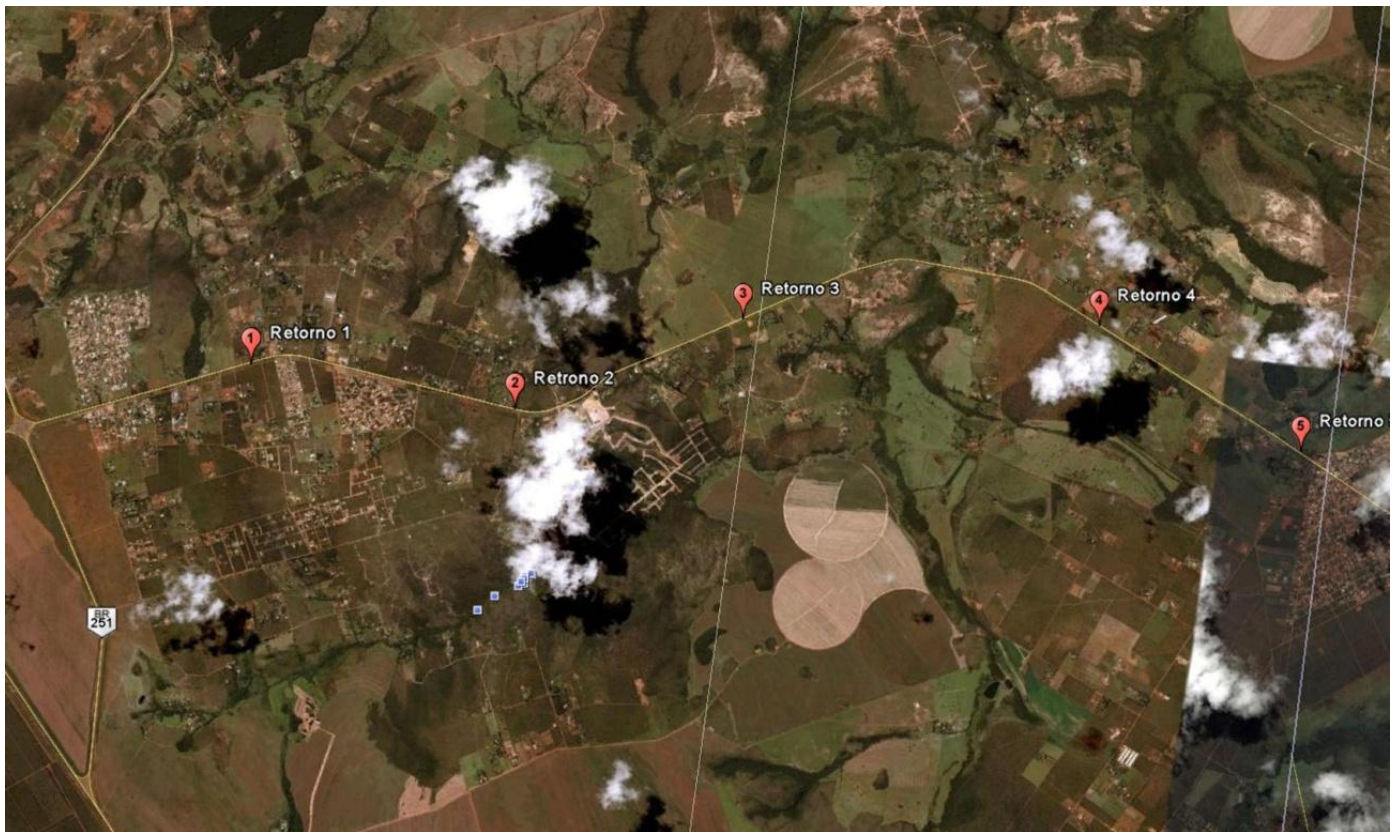


Figura 9.7 - Posicionamento dos retornos

## 9.7 Estudo de Traçado

Por se tratar de um projeto de duplicação, de certa forma, o traçado da pista nova deve ficar atrelado ao traçado da pista existente, respeitando-se os limites da faixa de domínio.

Assim, o problema do estudo de traçado consiste, basicamente, nas seguintes questões:

- a) Escolha do lado da duplicação;
- b) Compatibilização do greide da duplicação com o greide da pista existente.

### 9.7.1 Escolha do lado da duplicação

A escolha do lado da duplicação deve levar em conta:

- a) O conceito de traçado constituído por entidades tridimensionais contínuas, de fluente e gradativa mudança de direção, de acordo com o Manual de Projeto Geométrico, do DNIT;
- b) A inserção na topografia e a adaptação à paisagem;
- c) A segurança viária;
- d) A redução dos impactos ambientais;
- e) A redução dos volumes de terraplenagem;
- f) A minimização das interferências com redes de serviços públicos;
- g) A minimização das interferências com propriedades.

Todos esses critérios devem ser ponderados sob o ponto de vista econômico.

O traçado da pista existente apresenta boas condições geométricas e se insere de forma suave na topografia levemente ondulada da região. Dessa forma, qualquer que seja o lado da duplicação, as três primeiras condições acima serão atendidas.

Ressalva-se apenas a última curva vertical, junto à Divisa GO, que apresenta o parâmetro K incompatível com a velocidade de projeto de 80 km/h. Entretanto, a proximidade da área urbana do conjunto ABC, forçosamente, implicará na redução da velocidade operacional, fato que justifica a manutenção do traçado nessa região.

Atendidas as três primeiras condições, a escolha do traçado deve se deter, portanto, na redução dos custos com terraplenagem, na redução de interferências com redes de serviços públicos e propriedades, e minimização dos impactos ambientais.

Nos primeiros cinco quilômetros da rodovia, nota-se o greide da pista existente ligeiramente elevado em relação ao terreno natural. Essa elevação é mais visível do lado esquerdo (sentido Divisa GO), que via de regra é o lado jusante da macrobacia de drenagem. Contudo, do ponto de vista micro, essa configuração de escoamento foi localmente alterada, tanto pela construção da rodovia, como pela ocupação lindeira.

Na foto 9.1, nota-se a elevação da pista em relação ao terreno. O lado apresentado é o lado direito (foto em sentido inverso ao estaqueamento) que, teoricamente seria o lado montante da bacia de drenagem.



Foto 9.1 – Elevação da pista em relação ao terreno. (foto em sentido inverso)

A foto 9.2 apresenta a mesma configuração de elevação da pista em relação a terreno natural, no sentido do estaqueamento.

Assim, nesses primeiros cinco quilômetros, as alternativas para o lado esquerdo ou direito não apresentam diferenças significativas em termos de volume de terraplenagem.



Foto 9.2 – Elevação da pista em relação ao terreno. (foto no sentido do estaqueamento).

No trecho seguinte, a rodovia apresenta traçado praticamente perpendicular às curvas de nível, o que permite a livre escolha do lado da duplicação sem que apareçam diferenças significativas em termos de volume de terraplenagem.

Desse modo, o fator decisivo na escolha do lado da duplicação será a ocupação da faixa de domínio.

Do lado direito da rodovia, verifica-se a ocupação da faixa por uma linha de transmissão de alta tensão com torres a, aproximadamente, 400 m de distância uma das outras, e afastadas do bordo da rodovia entre 10 e 20 m, conforme mostra a foto 9.3 a seguir.



Foto 9.3 – Proximidade da torre de AT (lado direito).

Do lado esquerdo da rodovia, verifica-se a proximidade das cercas do bordo da rodovia. A distância média entre o bordo e as cercas é de, aproximadamente, 15 m. Na maioria dos casos a ocupação da faixa de domínio ocorre apenas com cercas. Em alguns casos, porém, existem algumas edificações.



Foto 9.4 – Ocupação da faixa de domínio do lado esquerdo.

Pode-se perceber, em algumas propriedades, a presença de duas cercas. Uma próxima ao bordo da rodovia e outra, aproximadamente, no limite da faixa de domínio, fotos 9.5 e 9.6.



Foto 9.5 – Duas linhas de cerca: bordo e ao fundo.





Foto 9.6 – Duas linhas de cerca (foto perpendicular à rodovia, lado esquerdo).

Além disso, verifica-se em campo que o DER-DF está implantando um acostamento do lado direito da rodovia que originalmente não contava com acostamento. Essa obra indica a opção do Departamento, de duplicar a rodovia pelo lado esquerdo.



Foto 9.7- Obras do acostamento do lado direito.

Da análise desses fatos, verifica-se que a duplicação pelo lado direito seria dificultada pela presença das torres. Como não seria viável, removê-las ou relocá-las, a duplicação para esse lado, teria um espaço muito limitado o que não permitiria a utilização de canteiro central.

Nessa configuração, seria exigida a utilização de barreiras de concreto em toda a extensão da via, que além de aumentar significativamente o custo de implantação e manutenção, dificultaria o posicionamento de retornos.

A proximidade da pista nova e das torres também seria um fator de redução da segurança, o que exigiria a implantação de barreiras em todas as torres.

Entretanto, a duplicação para o lado esquerdo, apesar das interferências com as propriedades (em que pese estarem na faixa de domínio), permitirá a implantação de canteiro central adequado, retornos, dispositivos de drenagem, além de permitir a melhor acomodação do greide, conseqüente redução do volume de terraplenagem, como veremos na próxima seção.

Pelo exposto, optou-se por implantar a pista nova pelo lado esquerdo, como demonstrado na figura 9.8.

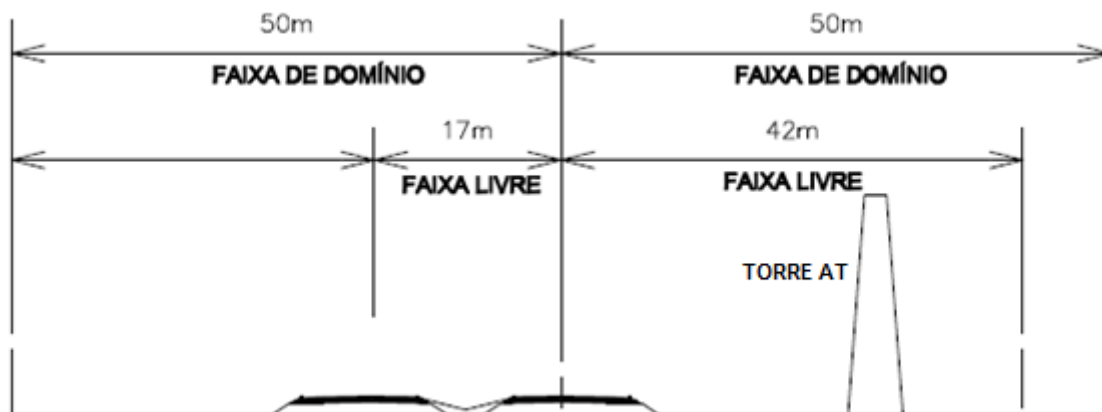


Figura 9.8 – SEÇÃO TÍPICA - Duplicação pelo lado esquerdo.

Excetua-se desse critério de duplicação para o lado esquerdo o trecho na tangente do Ribeirão Santana.

Devido à sinuosidade do curso d'água, haveria forte impacto do corpo estradal sobre o ribeirão, caso a duplicação ocorresse para o lado esquerdo, foto 9.8. Nesse caso, seria necessária a mudança do curso do rio, solução ambientalmente inviável, ou a criação de uma ponte com cerca de 180 m.



Foto 9.8 – Sinuosidade do Ribeirão Santana.

Diante disso, optou-se pela reversão da duplicação para o lado direito, pontualmente, no trecho do Ribeirão Santana, como visto na Figura 9.9. Essa reversão é facilitada pela configuração geométrica do trecho que é composto por uma tangente, com curvas à direita, tanto na entrada quanto na saída, as quais permitirão que a inversão de lado da duplicação ocorra de maneira quase imperceptível ao usuário.

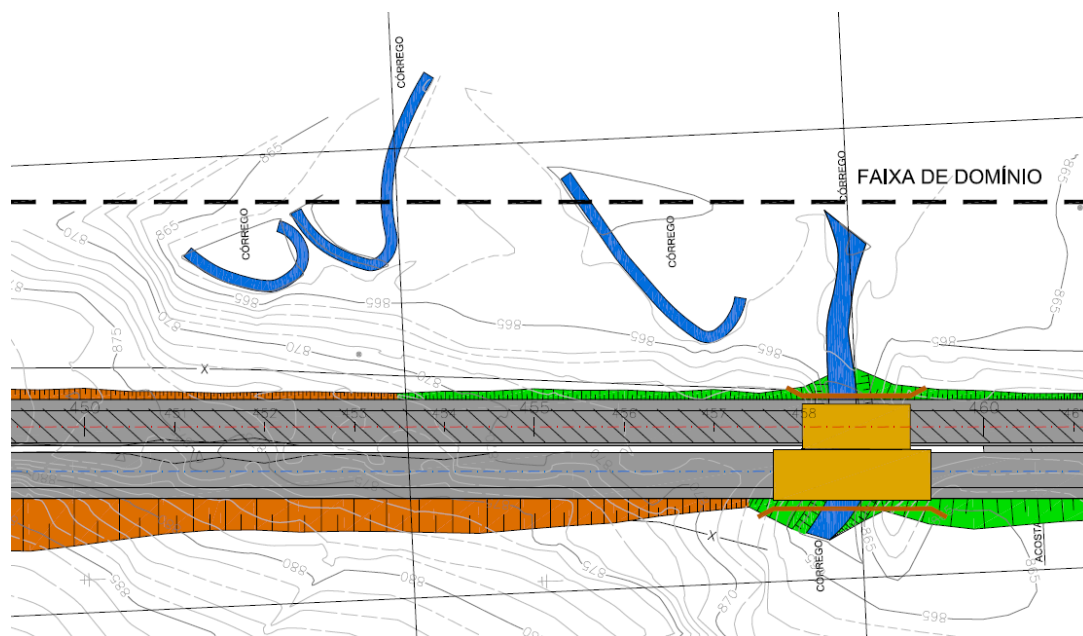


Figura 9.9 – Inversão da duplicação para o lado direito.

Essa opção irá aproximar a nova pista das torres de alta tensão, o que demandará a instalação de barreiras de contenção para a proteção das torres.

Também, como consequência da reversão do lado da duplicação, logo na curva de entrada, haverá a interferência do talude de corte com a torre de alta tensão, foto 9.9. Como solução, propõe-se a implantação de cortina atirantada, para estabilização da fundação da torre, foto 9.10.



Foto 9.9 – Início da reversão (note-se a torre de AT ao fundo)



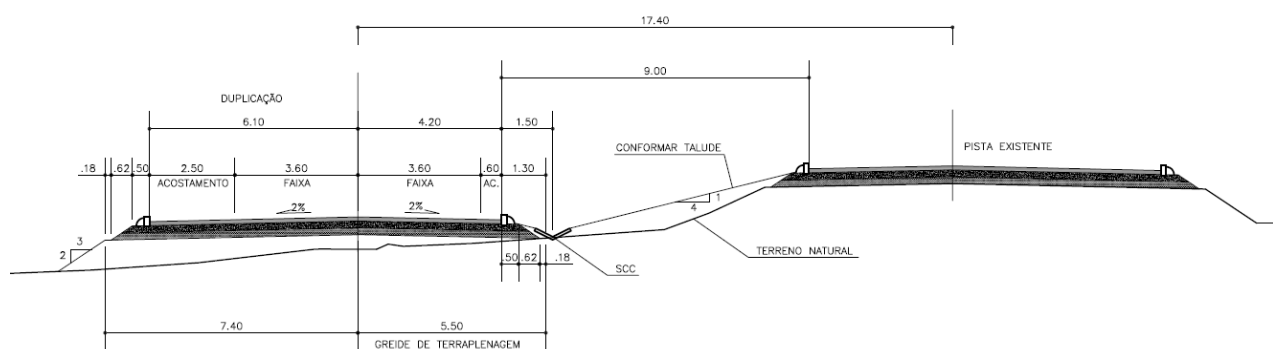
Foto 9.10 – Torre sobre a qual incidirá o talude de corte.

### 9.7.2 Compatibilização do greide da duplicação com o existente

A fim de compatibilizar o greide da duplicação com o greide da pista existente, procurou-se mantê-los paralelos.

Foi admitido um desnível de até 1,90 m entre as pistas, configuração que permite a implantação de um talude com declividade de 1V:4H, para a qual é dispensado o uso de barreiras de contenção. Dessa forma, é possível manter o paralelismo entre as duas pistas e, ao mesmo tempo, reduzir os custos com terraplenagem.

Entretanto, procurou-se utilizar como valor desejável o desnível de 1,50 m, de modo a proporcionar maior conforto visual ao usuário.



SEÇÃO TÍPICA EM ATERRO

Figura 9.10 – Desnível entre as pistas para redução da terraplenagem

No Volume 1 Tomo II Anexo 3D – Projeto Geométrico são apresentados os relatórios de curvas horizontais e verticais dos eixos 1, 2 e reversão.

## 10. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

## **PROJETO DE TERRAPLENAGEM**

As seções transversais, em geral a cada 20 m, visaram subsidiar o entendimento das seções de terraplenagem, em corte ou aterro, ao longo do traçado da rodovia DF-140 a ser duplicada.

No Volume 1 Tomo II Anexo 3E – Projeto de Terraplenagem são apresentadas as planilhas de Notas de Serviço de Terraplenagem para os eixos 1, 2 e reversão.

## **11. PROJETO DE DRENAGEM**



## **PROJETO DE DRENAGEM**

O sistema de drenagem previsto ao longo da DF-140 é composto das seguintes unidades.

- Canaletas de canteiro central;
- Canaletas de corte;
- Canaleta externa;
- Sarjetas de aterro;
- Bueiros de Greide;
- Descidas d'águas;
- Dissipadores; e
- Drenos profundos.

### **11.1 Sistema de Drenagem**

#### **11.1.1 Cadastro do sistema de drenagem existente**

Através do levantamento topográfico e cadastramento de campo, foram identificados bueiros existentes ao longo da rodovia. Além disso, também foram cadastrados alguns elementos de drenagem, como canaletas de cortes, dispositivos de saídas de águas, entre outros elementos.

#### **11.1.2 Sistema proposto**

O sistema de drenagem proposto neste projeto é constituído dos seguintes elementos principais:

- a) Ao longo da implantação da duplicação da DF-140 buscou-se manter, na medida do possível, o sistema originalmente existente na rodovia, qual sejam sistemas de coleta das águas pluviais (sarjetas, canaletas, etc) que conduzem a água de chuva pelos canteiros e bordo da plataforma, cujas descargas destas águas, são feitas através de bueiros colocados em locais específicos;
- b) O projeto identificou alguns pontos de necessidade de implantação de bueiros, para transposição de algumas bacias levantadas.

### **11.2 Parâmetros de Projeto**

#### **11.2.1 Método de Cálculo**

O cálculo das descargas de projeto, para fins de dimensionamento foi feito segundo o "Método Racional", que estabelece uma relação direta do deflúvio e a precipitação pluviométrica.

Segundo a CETESB (1979) a aplicação do método racional requer a adoção de algumas premissas básicas, são elas:

- O pico do deflúvio superficial direto, relativo a um dado ponto do projeto, é função do tempo de concentração respectivo, assim como da intensidade da chuva, cuja duração, é suposta como sendo igual ao tempo de concentração em questão;
- As condições de permeabilidade das superfícies permanecem constantes durante a ocorrência da chuva;
- O pico do deflúvio direto ocorre quando toda a área de drenagem, a montante do ponto de projeto, passa a contribuir no escoamento;
- Após a definição do “layout” da rede de drenagem pretendida, foi traçada a área de contribuição, a fim de proceder ao seu dimensionamento.

O “Método Racional” utilizado tanto para o cálculo das descargas para fins de dimensionamento das bocas de lobo, como das redes coletoras é representado pela seguinte equação:

$$Q = C \times i \times A \times n$$

Onde:

Q - vazão (l/s);

C - coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

I - intensidade da chuva crítica (l/s/ha);

A - área da bacia que contribui para a seção (ha);

n - coeficiente de distribuição da chuva.

### **11.2.2 Coeficiente de Escoamento Superficial “C”**

O coeficiente de escoamento superficial, que expressa a parcela da precipitação que não evaporou, não se infiltrou, não ficou retida nas depressões do terreno, não foi interceptada pelos vegetais e que não evapotranspirou, foi determinada com base nos seguintes valores:

- 0,90 para as áreas calçadas ou impermeabilizadas;
- 0,70 para as áreas intensamente urbanizadas e sem áreas verdes;
- 0,40 para as áreas residenciais com áreas jardinadas;
- 0,25 para as áreas com características naturais.

Considerando que grande parte da área de contribuição considerada no projeto corresponde às vias projetadas mais as áreas internas dos lotes, adotou-se os seguintes coeficiente de escoamento superficial: áreas com características de contribuição residencial  $c=0,40$  e áreas com características naturais, mas com alguma possibilidade de ocupação ainda que baixa, adotou-se  $c=0,25$ .

### 11.2.3 Equação de Chuva Crítica e Período de Recorrência

Utilizou-se a curva de intensidade versus duração de chuva, elaborada para a região de Brasília e entorno (inclusive a Cidade de Formosa), pelo Eng.º Francisco J. S. Pereira, que tem a seguinte expressão:

$$i = \frac{21,7 \times F^{0,16}}{(Tc + 11)^{0,815}} \times 166,7$$

Onde:

- i - Intensidade de chuva crítica (mm/min.);
- F - Tempo de recorrência (anos);
- Tc - Tempo de concentração (min);
- 166,7 - Coeficiente da transformação de mm\min. em l/s\ha
- F = Tr = 5, 10 e 25 anos

Os períodos de recorrência serão fixados pelos tipos de obras conforme indicado na tabela 11.1.

Tabela 11.1 – Intensidade x Duração de Chuvas

<b>Espécie</b>	<b>Período de recorrência ( anos)</b>
Drenagem superficial	5 a 10
Drenagem subsuperficial	10
Bueiros Tubulares	15 (como canal)
	25 (como orifício)
Bueiro Celular	25 (como canal)
	50 ( como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

Tabela 11.2 – Intensidade x Duração de Chuvas

Tc (min)	Intensidade das Precipitações Pluviais (l/s/ha)			I (mm/h)			I (cm/h)		
	Tr (anos)			Tr (anos)			Tr (anos)		
	5	10	25	5	10	25	5	10	25
1,00	617,48	689,90	798,83	222,27	248,34	287,56	22,2	24,8	28,8
2,00	578,48	646,33	748,38	208,24	232,66	269,40	20,8	23,3	26,9
3,00	544,58	608,45	704,52	196,03	219,02	253,61	19,6	21,9	25,4
4,00	514,80	575,18	666,00	185,31	207,05	239,74	18,5	20,7	24,0
5,00	488,42	545,71	631,87	175,82	196,44	227,46	17,6	19,6	22,7
6,00	464,88	519,40	601,41	167,34	186,97	216,49	16,7	18,7	21,6
7,00	443,72	495,76	574,04	159,73	178,46	206,64	16,0	17,8	20,7
8,00	424,59	474,39	549,29	152,84	170,77	197,73	15,3	17,1	19,8
9,00	407,20	454,96	526,80	146,58	163,77	189,63	14,7	16,4	19,0
10,00	391,33	437,23	506,27	140,87	157,39	182,24	14,1	15,7	18,2
11,00	376,77	420,96	487,43	135,63	151,53	175,46	13,6	15,2	17,5
12,00	363,37	405,98	470,09	130,80	146,14	169,22	13,1	14,6	16,9
13,00	350,98	392,14	454,06	126,34	141,16	163,45	12,6	14,1	16,3
14,00	339,49	379,31	439,20	122,21	136,54	158,10	12,2	13,7	15,8
15,00	328,81	367,38	425,39	118,36	132,25	153,13	11,8	13,2	15,3
16,00	318,85	356,25	412,50	114,78	128,24	148,49	11,5	12,8	14,8
17,00	309,54	345,85	400,46	111,43	124,49	144,15	11,1	12,4	14,4
18,00	300,81	336,10	389,16	108,28	120,98	140,09	10,8	12,1	14,0
19,00	292,62	326,94	378,56	105,33	117,69	136,27	10,5	11,8	13,6
20,00	284,90	318,32	368,58	102,56	114,58	132,68	10,3	11,5	13,3
21,00	277,62	310,18	359,16	99,94	111,66	129,29	10,0	11,2	12,9
22,00	270,75	302,50	350,27	97,46	108,89	126,09	9,7	10,9	12,6
23,00	264,24	295,23	341,85	95,12	106,27	123,06	9,5	10,6	12,3
24,00	258,07	288,34	333,87	92,90	103,79	120,18	9,3	10,4	12,0
25,00	252,21	281,79	326,29	90,79	101,44	117,45	9,1	10,1	11,7
26,00	246,64	275,57	319,08	88,78	99,20	114,86	8,9	9,9	11,5
27,00	241,34	269,65	312,22	86,88	97,06	112,39	8,7	9,7	11,2
28,00	236,28	264,00	305,68	85,06	95,03	110,04	8,5	9,5	11,0
29,00	231,46	258,61	299,44	83,32	93,09	107,79	8,3	9,3	10,8
30,00	226,85	253,45	293,47	81,66	91,24	105,64	8,2	9,1	10,6

#### 11.2.4 Tempo de Concentração

Ao tempo necessário para que toda a bacia passe a contribuir para a seção considerada denomina-se “tempo de concentração”, que corresponde ao tempo necessário para uma gota d’água percorrer a distância compreendida entre o ponto mais afastado da bacia de contribuição até a seção para a qual está sendo calculada a vazão.

Este tempo de deslocamento varia com a distância e com as características do terreno, tais como depressões e granulometria do solo.

O cálculo do tempo de concentração foi efetuado através da seguinte equação:

$$T_c = t_e + t_p$$

Onde:

- Tc - tempo de concentração (min);
- te - tempo de deslocamento superficial ou tempo de entrada na rede (min); e
- tp - tempo de percurso (min).

O tempo de deslocamento superficial ou tempo de entrada, é o tempo gasto pelas águas precipitadas nos pontos mais distantes para atingir a rede através dos acessórios de captação. Para seu cálculo foi adotado a Fórmula Califórnia Culverts Practice, TOMAZ (2002):

$$te = 57 \times L^{1,155} \times H^{-0,385}$$

Onde:

- $te$  = tempo de deslocamento superficial ou tempo de entrada na rede (min);
- $L$  = comprimento do talvegue (km), e
- $H$  = diferença de cotas entre a saída da bacia e o ponto mais alto do talvegue (m)

Nesse sentido foi adotado um tempo de concentração para os poços de visita de início de cada rede o valor de 15 minutos.

O tempo de percurso ( $T_p$ ) é o tempo de escoamento das águas no interior da rede, desde sua entrada até a seção considerada. Este tempo é determinado com base na equação:

$$T_p = \frac{L}{V}$$

Onde:

- $T_p$  - Tempo de percurso (s);
- $L$  - Comprimento do trecho de rede (m);
- $V$  - Velocidade das águas no interior da rede (m/s).

### **11.2.5 Coeficiente de Retardamento**

A concepção básica do Método Racional é a de que a vazão máxima que pode ser provocada por uma chuva de intensidade uniforme ocorre quando toda a bacia passa a contribuir para a seção cujo dimensionamento se pretende e que neste momento continue chovendo. A validade do método consiste, pois em supor a chuva de cálculo estacionária, cobrindo toda a área da bacia considerada, com uma intensidade constante durante toda sua duração, condição que dificilmente ocorre na prática.

Preocupados sobre este aspecto, diversos estudiosos no assunto, introduzem na equação tradicional do Método Racional, um coeficiente que leva em conta o efeito da dispersão da chuva, originando o denominado “Método Racional Modificado”, em geral aplicado para bacias na faixa de 50 a 300 hectares.

O coeficiente de Dispersão é definido como:

$$n = A^{-K}$$

Sendo ( $k$ ) variando conforme o tamanho da área ( $A$ ) da bacia de contribuição de acordo com os seguintes valores:

- $k = 0,00$  para área até 10 ha;
- $k = 0,05$  para área entre 10 e 50 ha;
- $k = 0,10$  para área entre 50 e 150 ha;
- $k = 0,15$  para área entre 150 e 300 ha.

### 11.2.6 Áreas Contribuintes

Após estudo do “lay out” mais adequado para o sistema, foram traçadas e levantadas às áreas contribuintes para cada seção de canaleta, bueiro e sarjeta a ser dimensionado. A figura 12.1 mostra as áreas de contribuições que foram consideradas no projeto de ligação da duplicação da DF-140, mostrando a delimitação do projeto considerado.

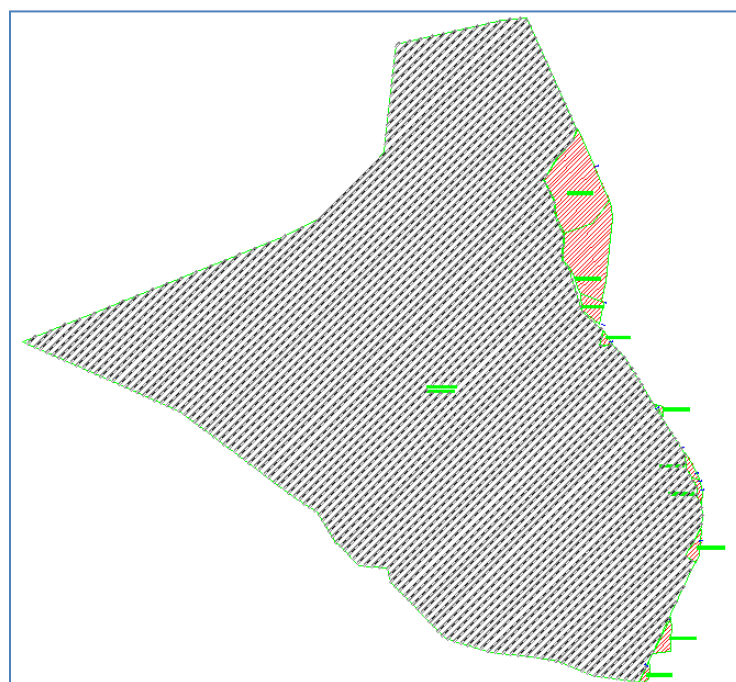


Figura 11.1 – Levantamento de Bacias

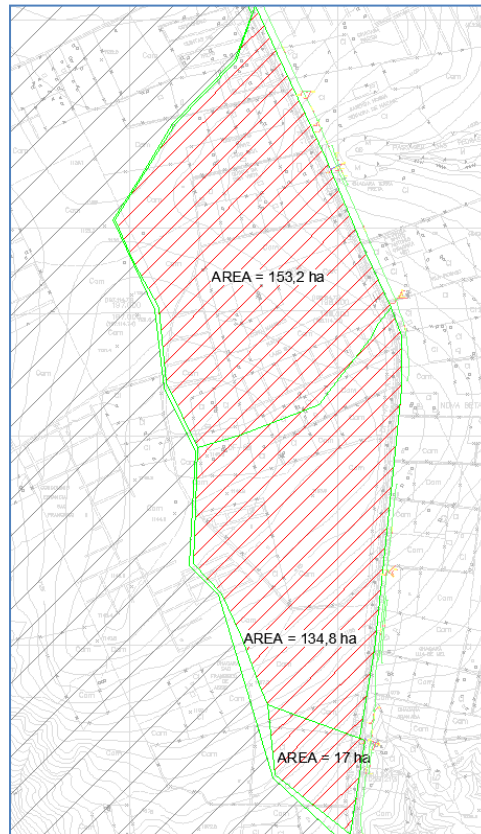


Figura 11.2 – Levantamento de Bacias – Detalhes 01

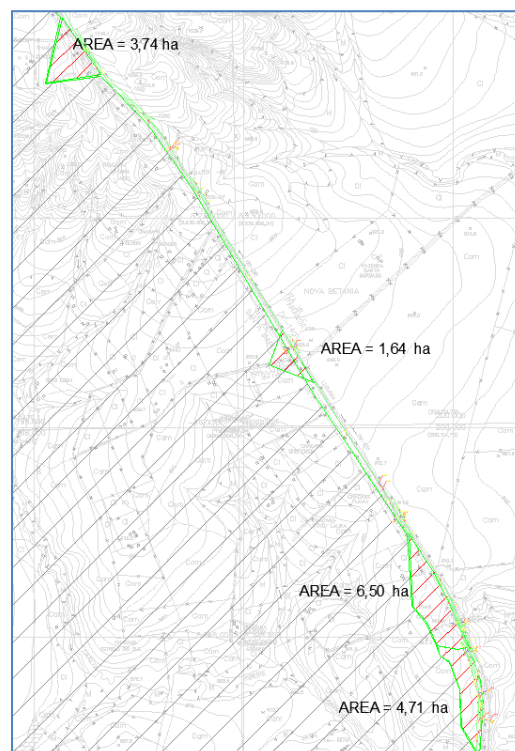


Figura 11.3 – Levantamento de Bacias – Detalhes 02

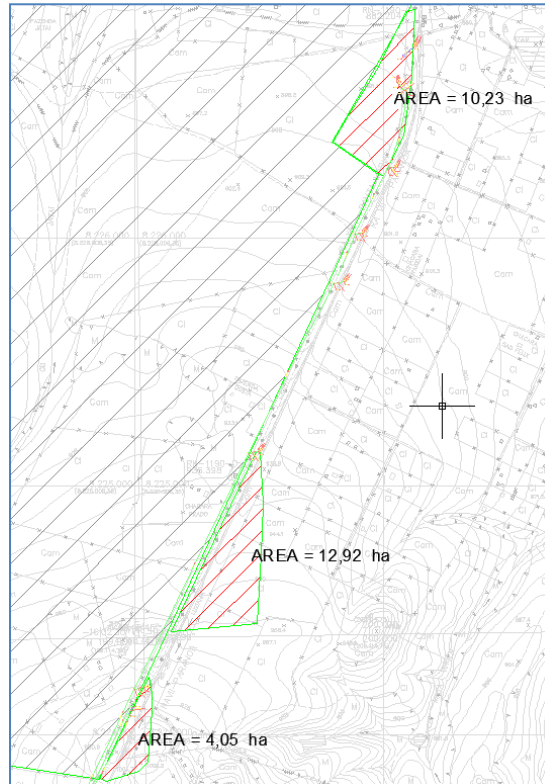


Figura 11.4 – Levantamento de Bacias – Detalhes 03

### **11.2.7 Recobrimento Mínimo**

O recobrimento mínimo adotado para as tubulações será de 1,20m, do pavimento acabado.

### **11.2.8 Declividades Mínimas**

Adotada declividade mínima de 0,50% para diâmetro igual a 600 mm e a necessária velocidade mínima para as demais.

### **11.2.9 Diâmetro Mínimo**

Adotado para bueiros para toda a área de projeto o diâmetro mínimo de 600 mm.

### **11.2.10 Velocidades Limites**

Mínima 1,00 m/s

Máxima = até 8,00m/s para galerias circulares

= até 6,00m/s para canais e canaletas em concreto simples ou armado.

### **11.2.11 Tirante Máximo**

As redes de seções circulares serão dimensionadas para um tirante de no máximo 0,82 do diâmetro da tubulação, e que corresponderá à vazão a seção plena.



### 11.2.12 Materiais dos Coletores

Os materiais usuais para os coletores circulares são:

- Diâmetro de 600 mm - tubo classe CA-1 ou CA-2; e
- Diâmetro de 800mm a 1200 mm - concreto armado classe CA-1, CA-2 ou CA-3 dependendo das profundidades.

## 11.3 Dimensionamento Hidráulico

### 11.3.1 Canaletas e Sarjetas

O dimensionamento hidráulico das canaletas e sarjetas de canteiro, seja interna a plataforma rodoviária quanto externa, consistem de verificar o comprimento crítico desses dispositivos para uma dada área de contribuição e chuva de projeto. A partir do limite do comprimento crítico muda-se a uma seção hidráulica superior que permita continuar conduzindo todo o escoamento do trecho de anterior quanto o trecho da nova seção.

Para o cálculo da descarga de projeto, calcula-se a contribuição por metro linear da rodovia pela aplicação da fórmula racional, de vez que as áreas de contribuição, sendo pequenas, estão dentro do limite de aplicabilidade desse método.

A fórmula básica é:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{36 \times 10^4}$$

Onde:

- Q = descarga por metro linear da rodovia (m<sup>3</sup>/s/m);
- c = coeficiente médio de escoamento superficial (adimensional);
- i = intensidade de precipitação (cm/h);
- A - área de contribuição por metro linear da sarjeta, (m<sup>2</sup>/m); e
- Coeficiente médio de escoamento superficial (c).

A capacidade hidráulica máxima da sarjeta é obtida pela associação das equações de Manning e da continuidade.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \text{ (equação de Manning)}$$

$$V = \frac{Q}{A} \text{ (equação da continuidade)}$$

Resultando em:

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

onde :

- V = velocidade de escoamento; (m/s) ;
- R = raio hidráulico, (m);
- I = declividade da sarjeta, (m/m);
- n = coeficiente de rugosidade, (adimensional);
- Q = vazão máxima admissível, (m<sup>3</sup>/s); e
- A = área molhada da sarjeta, (m<sup>2</sup>);

#### Comprimento crítico (d)

Fixada a seção prévia da sarjeta, passa-se à determinação do seu comprimento crítico para as diversas declividades do greide correspondente aos cortes existentes.

Igualando-se as equações descritas acima e considerando à área de implúvio  $A = L \times d$  (área do retângulo de contribuição), tem-se:

$$\frac{C \times i \times L \times d}{36 \times 10^4} = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$d = 36 \times 10^4 \times \frac{A \times R^{2/3} \times I^{1/2}}{C \times i \times L \times n}$$

#### 11.3.2 Bueiros

Para Dimensionamento hidráulico dos bueiros, utilizou-se a fórmula de Manning, adaptada pelo Engo Eugenio Silveira de Macedo, para condutos livres:

$$V = M \times n^{-\frac{3}{4}} \times Q^{\frac{1}{4}} \times I^{\frac{3}{8}}$$

Onde:

- V - Velocidade d'água na Seção (m/s);
- M – Coeficiente de forma da seção:
  - M = 0,61 para seção circular
  - M = 0,58 para seção retangular
- n - Coeficiente de rugosidade de Manning:
  - n = 0,013 para galeria celular
  - n = 0,015 para tubo
- Q – Vazão em m<sup>3</sup>/s (m); e
- I - Declividade do Coletor (m/m).

É oportuno mencionar que está fórmula leva a valores diferenciados da fórmula original de Manning, da ordem de 5%, mas que não influenciam no resultado do dimensionamento, em se tratando da magnitude das vazões pluviais. Sua praticidade reside no fato dela não depender da obtenção do Raio Hidráulico e evitar a interpolação linear do Fator Hidráulico (FH), para obtenção do Raio Hidráulico e da relação de enchimento (h/D).

A expressão do Fator Hidráulico, advinda das relações geométricas e trigonométricas de uma seção circular, é a seguinte:

$$FH = \frac{Q \times n}{D^{\frac{8}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}}$$

Onde:

- Q - Vazão na Seção (m<sup>3</sup>/s);
- n - Coeficiente de rugosidade de Manning:
  - n = 0,013 para galeria celular ou canais
  - n = 0,015 para tubo
- D – Diâmetro do tubo em metros; e
- I - Declividade do Coletor (m/m).

No dimensionamento hidráulico foi considerada a lâmina máxima de 82% do diâmetro (FH = 0,3118), correspondendo a vazão à seção plena para redes tubulares e, uma folga de 10cm na altura, para as galerias, ou seja 90% de enchimento máximo.

Para o cálculo direto da lâmina de água em tubos circulares, foram utilizadas as fórmulas desenvolvidas pelos Engenheiros Ludovico Ivanissevich Machado e João Antônio Gachido, obtido do ajuste matemático da função do Fator Hidráulico supracitado. (Revista Construção Pesada – Julho/79).

$$h/D = 1,14 (Q.n)^{0,482} / D^{1,285} \cdot I^{0,241} \text{ para } h/D \leq 0,30 \text{ ou } FH \leq 0,061 \quad (1)$$

$$h/D = 1,97107 \cdot Q.n/D^{8/3} \cdot I^{1/2} + 0,19066 \text{ para } 0,30 < h/D \leq 0,86 \text{ ou } 0,061 < FH \leq 0,3118 \quad (2)$$

As fórmulas (1) e (2) permitem o cálculo direto com um erro menor que 1%, erro da mesma magnitude que aquele obtido da interpolação linear do Fator Hidráulico em tabelas existentes.

A declividade mínima adotada foi àquela capaz de garantir uma velocidade superior a 1,00 m/s, suficiente para evitar depósitos de sedimentos na rede, cujo valor calculado, quando inferior a 0,5% foi arredondado para este valor, para facilidades construtivas. As velocidades máximas foram limitadas a 7,00 m/s para as seções circulares.

As dimensões dos dispositivos hidráulicos referentes a cada uma das áreas contribuintes estão detalhadas na planilha de cálculo anexo a este documento de trabalho.

#### **11.4 Especificações Técnicas**

Deverão ser seguidas as recomendações das especificações técnicas do DER/DF.

A seguir apresentam-se as planilhas de cálculo de canaletas e planilhas de dimensionamento dos bueiros.

## Anexo 1a – Planilha de localização dos Dispositivos - Drenagem Superficial

QUANTITATIVO DO PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL					QUANTITATIVO DO PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL								
CANALETAS - SARIJETAS - MEIO FIOS					BUEIRO DE TRAVESSIA- BUEIRO GREIDE								
Eixo	Dispositivo	Estaca		Extensão (m)	Eixo	Estaca	TIPO BUEIRO	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Dispositivo			
		Inicial	Final							Caixa Coletora (nº x Tipo)	Profundidade (m)	Boca Normal (nº x Tipo)	Dissipador (nº x Tipo)
Eixo 1	SCC 01	10+00	21+00	218,50	Eixo 1	21+00	BSTC	600	35,90	CCS 01	1,00	BSTC	DEB-02
	SCC 02	21+00	51+00	594,80		51+00	BSTC	600	25,70	CCS 01	1,50	BSTC	DEB-02
	SCC 01	51+00	62+00	218,50		62+00	BSTC	600	25,70	CCS 01	2,00	BSTC	DEB-02
QUANTITATIVO DO PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL					QUANTITATIVO DO PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL								
CANALETAS - SARIJETAS - MEIO FIOS					BUEIRO DE TRAVESSIA- BUEIRO GREIDE								
Eixo	Dispositivo	Estaca		Extensão (m)	Eixo	Estaca	TIPO BUEIRO	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Dispositivo			
		Inicial	Final							Caixa Coletora (nº x Tipo)	Profundidade (m)	Boca Normal (nº x Tipo)	Dissipador (nº x Tipo)
Eixo 2	SCC 02	4+00	32+00	559,00	Eixo 2	32+00	BSTC	600	24,50	CCS 01	1,50	BSTC	DEB-02
	SCC 02	32+00	60+00	559,00		60+00	BSTC	600	36,30	CCS 01	1,50	BSTC	DEB-02
	SCC 01	60+00	68+00	154,60		69+00	BSTC	600	36,40	-	-	2xBSTC	-
	SCC 02	70+00	80+00	194,00		80+00	BTTC	1200	51,20	CCS 04	1,90	2xBTTC	3xDEB-11
	MFC 03	75+00	85+00	199,60		-	-	-	-	-	-	-	DAR 02 / DED 01
	SCC 02	80+00	127+00	937,10		-	-	-	-	-	-	-	-
	SCC 02	135+00	127+00	160,00		127+00	BSTC	600	21,10	CCS 01	1,50	BSTC	DEB-02
	SCC 02	160+00	181+00	417,00		181+00	BSTC	600	21,70	CCS 05	2,50	BSTC	DEB-02
	SCC 02	181+00	215+00	660,00		216+00	BSTC	800	35,90	-	-	2xBSTC	-
	STC 02 LD	187+00	202+00	321,00		202+00	BSTC	600	10,00	2XCCS 01	1,50	BSTC	DEB-02
	STC 02 LE	188+00	202+00	300,00		202+00	BSTC	600	63,60	-	-	-	Liga SSC 02
	SCC 02	217+00	222+13	103,60		222+13	BDTC	1200	51,20	CCS 05	2,50	2xBSTC	3xDEB-11
	SCC 02	222+13	245+00	460,00		245+00	BSTC	800	36,80	CCS 02	2,00	2xBSTC	DEB-03
	MFC 03	223+00	230+00	140,00		-	-	-	-	-	-	-	DAR 02 / DED 01
	SCC 02	245+00	257+00	240,00		-	-	-	-	-	-	-	-
	SCC 01	257+00	291+00	680,00		291+00	BSTC	1000	19,30	CCS 03	2,00	BSTC	DEB-10
	STC 02 LE	255+00	285+00	620,00		-	-	-	-	-	-	-	DES-02
	STC 03 LD	257+00	264+00	155,00		-	-	-	-	-	-	-	Liga SCC 01
	STC 03 LD	274+00	287+00	280,00		-	-	-	-	-	-	-	Liga SSC 02
	SCC 01	291+00	347+00	1110,60		347+00	BSTC	800	43,50	CCS 02	1,50	2xBSTC	DEB-03
	MFC 03	300+00	307+00	140,00		-	-	-	-	-	-	-	DAR 02 / DED 01
	MFC 03	344+00	347+00	39,70		-	-	-	-	-	-	-	DAR 02 / DED 01
	MFC 03	347+00	349+00	60,30		-	-	-	-	-	-	-	DAR 02 / DED 01
	SCC 01	347+00	351+00	82,60		-	-	-	-	-	-	-	-
	SCC 02	357+00	385+10	560,00		286+00	BSTC	800	32,60	-	-	2xBSTC	-
	SCC 02	387+00	395+00	153,50		395+00	BSTC	800	37,80	CCS 02	1,50	2xBSTC	DEB-03
	MFC 03	391+00	395+00	60,60		-	-	-	-	-	-	-	DAR 02 / DED 01
	MFC 03	395+00	401+00	97,70		-	-	-	-	-	-	-	DAR 02 / DED 01
	SCC 02	404+00	395+00	178,20		-	-	-	-	-	-	-	-
	STC 03 LE	409+00	418+00	192,00		-	-	-	-	-	-	-	DES-02
	SCC 01	410+00	424+00	280,00		424+00	BSTC	800	51,20	CCS 18	11,00	2xBSTC	DEB-03
	MFC 03 LE	418+00	434+00	320,00		-	-	-	-	-	-	-	DAR 02 / DED 01
	MFC 03 LD	418+00	434+00	320,00		-	-	-	-	-	-	-	DAR 02 / DED 01
	SCC 01	424+00	431+08	140,90		431+08	BSTC	600	36,20	CCS 10	3,00	2xBSTC	DEB-02
	STC 04 LD	428+10	431+08	49,80		-	-	-	-	-	-	-	-
	VPC 03 LD	428+10	431+08	48,80		-	-	-	-	-	-	-	-
	VPC 03 LD	431+08	436+00	98,00		-	-	-	-	-	-	-	-
	VRC 01	431+08	442+00	200,00		442+00	BSTC	600	31,50	CCS 01	2,20	2xBSTC	DEB-02
	STC 04 LD	431+08	442+00	210,00		-	-	-	-	-	-	-	-
	VPC 03 LD	436+00	442+00	103,00		-	-	-	-	-	-	-	-
	VPC 03 LD	442+00	446+00	86,80		-	-	-	-	-	-	-	-
	STC 01 LD	442+00	448+00	120,00		448+00	BSTC	600	10,00	CCS 01	1,50	-	-
	VRC 01	442+00	448+00	121,00		448+00	BSTC	600	38,00	CCS 01	1,50	BSTC	DEB-02
	VPC 03 LD	446+00	458+00	233,00		-	-	-	-	-	-	-	DES-04
	STC 03 LD	448+00	458+00	196,90		-	-	-	-	CCS 01	1,00	-	DAD 01
	MFC 03 LD	459+00	464+00	100,00		-	-	-	-	CCS 01	1,00	-	DAD 01
BUEIRO					491+00	BSTC	800	51,30	-	-	2xBSTC	DEB-03	
VRC 01	499+00	515+00	320,00	499+00	BSTC	600	38,00	2XCCS 01	1,50	BSTC	DEB-02		
SCC 02	515+00	530+00	288,60	515+00	BSTC	600	28,00	CCS 01	1,50	BSTC	DEB-02		
SCC 01	530+00	539+00	178,00	530+00	BSTC	600	28,00	CCS 01	1,50	BSTC	DEB-02		
SCC 02	541+00	579+00	760,00	541+00	BSTC	800	39,60	CCS 01	1,50	BSTC	DEB-03		
SCC 02	579+00	632+00	1060,00	579+00	BSTC	800	39,60	CCS 01	1,50	BSTC	DEB-03		
SCC 02	632+00	647+00	300,00	632+00	BSTC	600	39,60	CCS 01	1,50	BSTC	DEB-02		
STC 02 LE	636+00	647+00	240,00	-	-	-	-	-	-	-	DES-02		
VPC 03 LE	637+00	646+00	179,00	636+00	BSTC	800	21,80	-	-	2xBSTC	DEB-03		
SCC 01	647+00	652+00	95,80	652+00	BSTC	600	39,60	CCS 01	1,50	BSTC	DEB-02		
STC 02 LE	647+00	654+00	164,90	-	-	-	-	-	-	-	DES-02		
VPC 03 LE	646+00	655+00	221,30	-	-	-	-	-	-	-	DES-04		

## ANEXO 1b – Planilha de localização dos Dispositivos - Drenagem Profunda

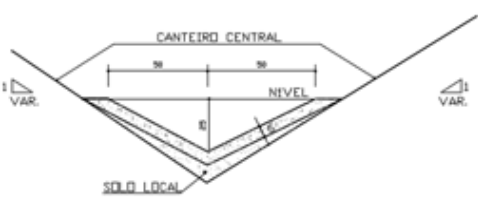
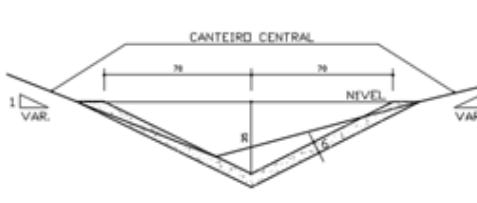
QUANTITATIVO DO PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL					
Eixo	DRENO	DRENO			Dissipador (Tipo)
		Estaca		Extensão (m)	
		Inicial	Final		
EIXO 2	DPS 07 LE	266+00	285+00	400,00	BSD 01
	DPS 07 LD	270+00	287+00	594,80	BSD 01
	DPR 01 LD	435+00	442+00	133,50	BSD 01
	DPR 01 LD	442+00	458+00	313,70	BSD 01
	DPS 07 LE	647+00	635+00	244,80	BSD 01
	DPS 07 LE	647+00	654+00	164,90	BSD 01

## ANEXO 1c – Planilha de Quantidades – Drenagem Superficial e Profunda

QUANTITATIVO DO PROJETO DE DRENAGEM DA DF-140			
Grupo de Serviço: 9003 - Drenagem e Obras de Arte Correntes			
Código	Serviço	Unidade	Quantidade
60005	Bueiro simples tubular de concreto com $\phi$ 0,60 m	m	589,80
60010	Bueiro simples tubular de concreto com $\phi$ 0,80 m	m	390,10
60015	Bueiro simples tubular de concreto com $\phi$ 1,00 m	m	19,30
	Bueiro duplo tubular de concreto com $\phi$ 1,20 m	m	51,20
	Bueiro triplo tubular de concreto com $\phi$ 1,20 m	m	51,20
60025	Boca bueiro simples tubular de concreto $\phi$ 0,60 m	un	20
60030	Boca bueiro simples tubular de concreto $\phi$ 0,80 m	un	18
60035	Boca bueiro simples tubular de concreto $\phi$ 1,00 m	un	1
	Boca bueiro duplo tubular de concreto $\phi$ 1,20 m	un	2
	Boca bueiro triplo tubular de concreto $\phi$ 1,20 m	un	2
60090	Descida d' água de aterros em degraus DAD 01	m	10,00
60100	Descida d' água tipo rápida - canal retangular DAR-02	m	224,54
	Dissipador de energia DED-01	un	9
60115	Dissipador de energia DES-02	un	4
	Dissipador de energia DES-04	un	2
60125	Dissipador de energia DEB-02	un	16
60130	Dissipador de energia DEB-03	un	8
	Dissipador de energia DEB-10	un	1
	Dissipador de energia DEB-11	un	6
60164	Caixa Coletor de Sarjeta CCS 01	un	21
60165	Caixa Coletor de Sarjeta CCS 02	un	3
60166	Caixa Coletor de Sarjeta CCS 03	un	1
	Caixa Coletor de Sarjeta CCS 04	un	1
	Caixa Coletor de Sarjeta CCS 05	un	2
	Caixa Coletor de Sarjeta CCS 10	un	1
	Caixa Coletor de Sarjeta CCS 18	un	1
60190	Sarjeta de canteiro central de concreto SCC-01	m	3.159,50
60195	Sarjeta de canteiro central de concreto SCC-02	m	8.184,80
60201	Sarjeta triangular de concreto STC-01	m	120,00
60205	Sarjeta triangular de concreto STC-02	m	1.645,90
60206	Sarjeta triangular de concreto STC-03	m	823,90
60210	Sarjeta triangular de concreto STC-04	m	259,80
	Valeta retangular de corte VRC-01	m	641,00
60216	Valea de proteção de corte concreto VPC-03	m	969,90
60225	Meio fio premoldado padrão NOVACAP	m	1.477,90
60231	Assentamento de meios fios padrão NOVACAP, incluindo escoramento com bolas de concreto e rejuntamento	m	1.477,90
	Dreno Profundo tipo DPS 07	m	1.404,50
	Dreno Profundo tipo DPR 01	m	447,20
	Boca de saída para dreno BSD 01	un	6

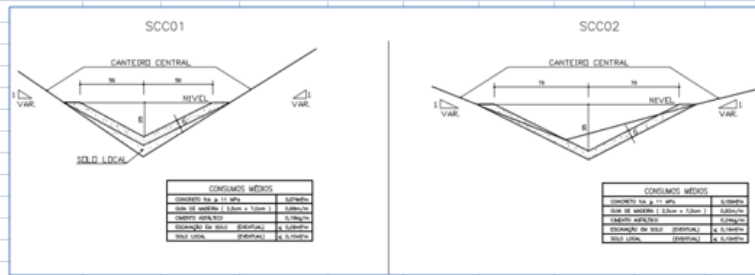
## ANEXO 2 – Dimensionamento das Canaletas

### TIPO SCC

Sarjeta de Canteiro Central																		
Seção Triangular																		
SCC01																		
																		
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONSUMOS MÉDIOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CONCRETO 150 x 150</td> <td>0,100/m</td> </tr> <tr> <td>DOSE DE ASFALTO ( 2,50m x 7,50m )</td> <td>0,800/m</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO 400x400</td> <td>0,100/m</td> </tr> <tr> <td>ESPAÇADOR DE SOLO (EVENTUAL)</td> <td>0,100/m</td> </tr> <tr> <td>SOLO LOCAL (EVENTUAL)</td> <td>0,100/m</td> </tr> </tbody> </table>			CONSUMOS MÉDIOS		CONCRETO 150 x 150	0,100/m	DOSE DE ASFALTO ( 2,50m x 7,50m )	0,800/m	CONCRETO 400x400	0,100/m	ESPAÇADOR DE SOLO (EVENTUAL)	0,100/m	SOLO LOCAL (EVENTUAL)	0,100/m				
CONSUMOS MÉDIOS																		
CONCRETO 150 x 150	0,100/m																	
DOSE DE ASFALTO ( 2,50m x 7,50m )	0,800/m																	
CONCRETO 400x400	0,100/m																	
ESPAÇADOR DE SOLO (EVENTUAL)	0,100/m																	
SOLO LOCAL (EVENTUAL)	0,100/m																	
			SCC02															
																		
			<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONSUMOS MÉDIOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CONCRETO 150 x 150</td> <td>0,100/m</td> </tr> <tr> <td>DOSE DE ASFALTO ( 2,50m x 7,50m )</td> <td>0,800/m</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO 400x400</td> <td>0,100/m</td> </tr> <tr> <td>ESPAÇADOR DE SOLO (EVENTUAL)</td> <td>0,100/m</td> </tr> <tr> <td>SOLO LOCAL (EVENTUAL)</td> <td>0,100/m</td> </tr> </tbody> </table>				CONSUMOS MÉDIOS		CONCRETO 150 x 150	0,100/m	DOSE DE ASFALTO ( 2,50m x 7,50m )	0,800/m	CONCRETO 400x400	0,100/m	ESPAÇADOR DE SOLO (EVENTUAL)	0,100/m	SOLO LOCAL (EVENTUAL)	0,100/m
CONSUMOS MÉDIOS																		
CONCRETO 150 x 150	0,100/m																	
DOSE DE ASFALTO ( 2,50m x 7,50m )	0,800/m																	
CONCRETO 400x400	0,100/m																	
ESPAÇADOR DE SOLO (EVENTUAL)	0,100/m																	
SOLO LOCAL (EVENTUAL)	0,100/m																	
				Area Contribuinte														
$\eta$	0,015			L	20,00													
$i$ (cm/h)	19,64			cmédio	0,90													
Tipo da Canaleta	b1	b2	h	A	P	Rh												
Unidade	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m												
SCC01	0,50	0,50	0,25	0,13	1,12	0,11												
SCC02	0,70	0,70	0,35	0,25	1,57	0,16												
Decliv.	Q cap(m <sup>3</sup> /s)		V(m/s)		Comp. Crít. (m)													
i (m/m)	SCC01	SCC02	SCC01	SCC02	SCC01	SCC02												
0,0025	0,097	0,237	0,77	0,97	97,7	240,0												
0,0050	0,137	0,335	1,09	1,37	138,2	339,4												
0,0075	0,167	0,411	1,34	1,68	169,3	415,7												
0,0100	0,193	0,474	1,55	1,94	195,5	480,0												
0,0125	0,216	0,530	1,73	2,16	218,5	536,7												
0,0150	0,237	0,581	1,89	2,37	239,4	587,9												
0,0175	0,256	0,628	2,05	2,56	258,6	635,0												
0,0200	0,274	0,671	2,19	2,74	276,4	678,8												
0,0225	0,290	0,712	2,32	2,90	293,2	720,0												
0,0250	0,306	0,750	2,45	3,06	309,1	759,0												
0,0275	0,321	0,787	2,57	3,21	324,2	796,0												
0,0300	0,335	0,822	2,68	3,35	338,6	831,4												
0,0325	0,349	0,855	2,79	3,49	352,4	865,3												
0,0350	0,362	0,887	2,89	3,62	365,7	898,0												
0,0375	0,375	0,919	3,00	3,75	378,5	929,5												
0,0400	0,387	0,949	3,09	3,87	390,9	960,0												
0,0425	0,399	0,978	3,19	3,99	403,0	989,6												
0,0450	0,410	1,006	3,28	4,11	414,7	1018,3												
0,0475	0,422	1,034	3,37	4,22	426,0	1046,2												
0,0500	0,432	1,061	3,46	4,33	437,1	1073,3												
0,0525	0,443	1,087	3,55	4,44	447,9	1099,8												
0,0550	0,454	1,113	3,63	4,54	458,4	1125,7												
0,0600	0,474	1,162	3,79	4,74	478,8	1175,8												

# TIPO SCC

Sarjeta de Canteiro Central  
Seção Triangular  
Sarjeta de Canteiro Central  
Seção Triangular

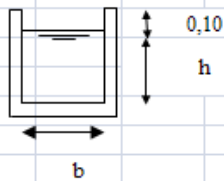


Tipo da Canaleta	b1	b2	h	A	P	Rh	$\eta$	i (cm/h)
Unidade	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m		
SCC01	0,50	0,50	0,25	0,13	1,12	0,11		19,64
SCC02	0,70	0,70	0,35	0,25	1,57	0,16		0,90
							cm <sup>2</sup>	

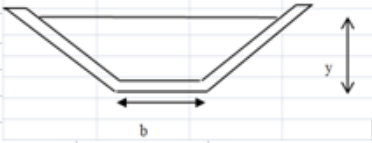
Eixo	Estaca		Extensão (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Decliv. i (m/m)	Q cap (m <sup>3</sup> /s)		V (m/s)		Comp. Crít. (m)		Canaleta Adotada	Limite da Estaca da Saída
	inicial	final					SCC01	SCC02	SCC01	SCC02	SCC01	SCC02		
Eixo 1	0	5	100	23,00	2.300	0,0049	0,135	0,331	1,08	1,35	118,6	291,3	SCC1	15
	5	21	320	23,00	7.360	0,0094	0,188	0,460	1,50	1,88	164,9	404,9	SCC2	25
	21	60	780	23,00	17.940	0,0190	0,266	0,653	2,13	2,67	234,1	574,9	SCC2	50
	60	66	120	23,00	2.760	0,0211	0,281	0,689	2,25	2,81	246,8	606,2	SCC1	90
	0	7	140	23,00	3.220	0,0177	0,257	0,631	2,06	2,58	226,3	555,6	SCC1	28
	7	32	500	23,00	11.500	0,0206	0,278	0,681	2,22	2,78	244,0	599,2	SCC2	37
	32	59	540	23,00	12.420	0,0337	0,355	0,871	2,84	3,55	312,0	766,1	SCC2	70
	59	75	320	23,00	7.360	0,0375	0,375	0,919	3,00	3,75	329,2	808,5	SCC1	99
	75	87	240	23,00	5.520	0,0010	0,061	0,150	0,49	0,61	53,8	132,0	SCC2	82
	87	115	560	23,00	12.880	0,0249	0,305	0,748	2,44	3,05	268,1	658,4	SCC2	120
Eixo 2	115	135	400	23,00	9.200	0,0319	0,345	0,847	2,76	3,46	303,5	745,4	SCC2	152
	135	160	500	23,00	11.500	0,0010	0,061	0,150	0,49	0,61	53,8	132,0	SCC2	142
	160	181	420	23,00	9.660	0,0335	0,354	0,869	2,83	3,54	311,2	764,2	SCC2	198
	181	217	720	40,00	28.800	0,0578	0,465	1,140	3,72	4,65	234,9	576,9	SCC2	210
	217	240	460	40,00	18.400	0,0443	0,407	0,998	3,26	4,08	205,7	505,1	SCC2	242
	240	257	340	20,00	6.800	0,0208	0,279	0,684	2,23	2,79	281,6	691,6	SCC2	275
	257	269	240	20,00	4.800	0,0708	0,515	1,263	4,12	5,15	520,2	1277,5	SCC1	321
	269	273	80	23,00	1.840	0,0549	0,453	1,111	3,62	4,54	398,2	977,8	SCC1	318
	273	303	600	23,00	13.800	0,0766	0,535	1,313	4,28	5,36	470,6	1155,5	SCC2	331
	303	314	220	23,00	5.060	0,0367	0,370	0,909	2,96	3,71	325,6	799,5	SCC1	343
	314	342	560	23,00	12.880	0,0593	0,471	1,155	3,77	4,72	414,0	1016,5	SCC2	365
	342	347	100	23,00	2.300	0,0010	0,061	0,150	0,49	0,61	53,8	132,0	SCC2	349
	347	351	80	23,00	1.840	0,0074	0,166	0,407	1,33	1,66	145,8	358,1	SCC1	365
	351	357	120	23,00	2.760	0,0010	0,061	0,150	0,49	0,61	53,8	132,0	SCC2	358
	357	382	500	23,00	11.500	0,0328	0,350	0,858	2,80	3,50	307,6	755,4	SCC2	395
	382	394	240	23,00	5.520	0,0174	0,255	0,625	2,04	2,55	223,9	549,8	SCC2	409
	394	404	200	23,00	4.600	0,0147	0,235	0,575	1,88	2,35	206,2	506,2	SCC1	419
	404	410	120	23,00	2.760	0,0010	0,061	0,150	0,49	0,61	53,8	132,0	SCC2	411
	410	423	260	23,00	5.980	0,0620	0,482	1,182	3,85	4,82	423,4	1039,6	SCC1	462
	423	434	220	23,00	5.060	0,0010	0,061	0,150	0,49	0,61	53,8	132,0	SCC2	430
	434	455	420	23,00	9.660	0,0646	0,492	1,206	3,93	4,92	432,1	1061,0	SCC1	487
	455	464	180	23,00	4.140	0,0010	0,061	0,150	0,49	0,61	53,8	132,0	SCC2	462
	464	476	240	23,00	5.520	0,0421	0,397	0,973	3,17	3,97	348,8	856,4	SCC1	507
	476	508	640	23,00	14.720	0,0191	0,267	0,655	2,14	2,67	234,6	576,1	SCC2	505
	508	534	520	23,00	11.960	0,0279	0,323	0,792	2,58	3,23	283,8	696,8	SCC2	543
	534	543	180	23,00	4.140	0,0184	0,262	0,643	2,10	2,63	230,4	565,9	SCC1	562
	543	574	620	23,00	14.260	0,0401	0,387	0,949	3,10	3,88	340,2	835,4	SCC2	585
	574	594	400	23,00	9.200	0,0153	0,239	0,587	1,92	2,40	210,5	516,8	SCC2	600
	594	616	440	23,00	10.120	0,0316	0,344	0,843	2,75	3,44	302,0	741,5	SCC2	631
	616	643	540	23,00	12.420	0,0603	0,475	1,164	3,80	4,75	417,2	1024,5	SCC2	667
	643	648	100	23,00	2.300	0,0010	0,061	0,150	0,49	0,61	53,8	132,0	SCC2	650
	648	652	80	23,00	1.840	0,0010	0,061	0,150	0,49	0,61	53,8	132,0	SCC2	655
	652	656	80	23,00	1.840	0,0266	0,315	0,773	2,52	3,16	277,0	680,2	SCC1	686



**TIPO VRC**

Sarjeta Triangular de Concreto				Area Contribuinte								
$\eta$	0,015			L	10,00							
$i$ (cm/h)	19,6	d	?	c	0,90							
Tipo da Canaleta	b1	b2	h	A	P	Rh						
Unidade	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m						
VRC 01	0,00	0,40	0,30	0,12	1,00	0,12						
VRC 02	0,00	0,40	0,35	0,14	1,10	0,13						
VRC 03	0,00	0,40	0,40	0,16	1,20	0,13						
VRC 03	0,00	0,40	0,45	0,18	1,30	0,14						
Decliv.	VRCO1	VRCO2	VRCO3	VRCO4	Velocidade (m/s)				Comprimento Crítico (m)			
$i$ (m/m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	VRCO1	VRCO2	VRCO3	VRCO4	VRCO1	VRCO2	VRCO3	VRCO4
0,005	0,138	0,167	0,197	0,227	1,15	1,19	1,23	1,26	278,3	337,7	398,2	459,4
0,010	0,195	0,236	0,278	0,321	1,62	1,69	1,74	1,78	393,5	477,6	563,1	649,7
0,015	0,238	0,289	0,341	0,393	1,99	2,07	2,13	2,19	482,0	584,9	689,6	795,7
0,020	0,275	0,334	0,394	0,454	2,29	2,39	2,46	2,52	556,5	675,4	796,3	918,8
0,025	0,308	0,373	0,440	0,508	2,56	2,67	2,75	2,82	622,2	755,1	890,3	1027,2
0,030	0,337	0,409	0,482	0,556	2,81	2,92	3,01	3,09	681,6	827,2	975,3	1125,3
0,035	0,364	0,442	0,521	0,601	3,03	3,16	3,26	3,34	736,2	893,5	1053,4	1215,5
0,040	0,389	0,472	0,557	0,642	3,24	3,37	3,48	3,57	787,1	955,2	1126,2	1299,4
0,045	0,413	0,501	0,591	0,681	3,44	3,58	3,69	3,79	834,8	1013,1	1194,5	1378,2
0,050	0,435	0,528	0,623	0,718	3,63	3,77	3,89	3,99	880,0	1067,9	1259,1	1452,7
0,055	0,456	0,554	0,653	0,753	3,80	3,96	4,08	4,18	922,9	1120,0	1320,5	1523,7
0,060	0,477	0,578	0,682	0,787	3,97	4,13	4,26	4,37	963,9	1169,8	1379,3	1591,4
0,065	0,496	0,602	0,710	0,819	4,14	4,30	4,44	4,55	1003,3	1217,6	1435,6	1656,4
0,070	0,515	0,625	0,737	0,850	4,29	4,46	4,60	4,72	1041,2	1263,5	1489,8	1718,9
0,075	0,533	0,647	0,762	0,880	4,44	4,62	4,77	4,89	1077,7	1307,9	1542,1	1779,2
0,080	0,550	0,668	0,787	0,908	4,59	4,77	4,92	5,05	1113,1	1350,8	1592,6	1837,6
0,085	0,567	0,688	0,812	0,936	4,73	4,92	5,07	5,20	1147,3	1392,4	1641,6	1894,1
0,090	0,584	0,708	0,835	0,964	4,87	5,06	5,22	5,35	1180,6	1432,7	1689,2	1949,1
0,095	0,600	0,728	0,858	0,990	5,00	5,20	5,36	5,50	1212,9	1472,0	1735,5	2002,5
0,100	0,615	0,747	0,880	1,016	5,13	5,33	5,50	5,64	1244,4	1510,2	1780,6	2054,5
0,105	0,631	0,765	0,902	1,041	5,26	5,47	5,64	5,78	1275,2	1547,5	1824,6	2105,2
0,110	0,646	0,783	0,923	1,065	5,38	5,59	5,77	5,92	1305,2	1583,9	1867,5	2154,8
0,115	0,660	0,801	0,944	1,089	5,50	5,72	5,90	6,05	1334,5	1619,5	1909,5	2203,2

**TIPO VPC**

Canaleta de Concreto						Area Contribuinte		
Seção Trapezoidal						L	200,00	
$\eta$	0,015					d		
i (cm/h)	19,64					d	cmédio	0,25
Tipo da Canaleta	b1	b2	h	A	Rh			
Unidade	m	m	m	m <sup>2</sup>	m			
VPC03	0,60		0,30	0,54	0,27			
VPC04	1,00		0,30	1,3	0,42			
Decliv.	VPC03	VPC04	Velocidade (m/s)		Comprimento Crítico (m)		Area (ha)	
i (m/m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	VPC03	VPC04	VPC03	VPC04	VPC03	VPC04
0,0010	0,476	1,526	0,88	1,17	173,7	557,7	3,47	11,15
0,0015	0,583	1,869	1,08	1,44	212,8	683,1	4,26	13,66
0,0020	0,673	2,158	1,25	1,66	245,7	788,8	4,91	15,78
0,0025	0,753	2,413	1,39	1,86	274,7	881,9	5,49	17,64
0,0030	0,825	2,643	1,53	2,03	300,9	966,0	6,02	19,32
0,0035	0,891	2,855	1,65	2,20	325,0	1043,4	6,50	20,87
0,0040	0,952	3,052	1,76	2,35	347,4	1115,5	6,95	22,31
0,0045	1,010	3,237	1,87	2,49	368,5	1183,1	7,37	23,66
0,0050	1,064	3,413	1,97	2,63	388,5	1247,1	7,77	24,94
0,0055	1,116	3,579	2,07	2,75	407,4	1308,0	8,15	26,16
0,0060	1,166	3,738	2,16	2,88	425,5	1366,2	8,51	27,32
0,0065	1,214	3,891	2,25	2,99	442,9	1422,0	8,86	28,44
0,0070	1,259	4,038	2,33	3,11	459,6	1475,6	9,19	29,51
0,0075	1,304	4,180	2,41	3,22	475,8	1527,4	9,52	30,55
0,0080	1,346	4,317	2,49	3,32	491,4	1577,5	9,83	31,55
0,0085	1,388	4,449	2,57	3,42	506,5	1626,1	10,13	32,52
0,0090	1,428	4,578	2,64	3,52	521,2	1673,2	10,42	33,46
0,0095	1,467	4,704	2,72	3,62	535,4	1719,1	10,71	34,38
0,0100	1,505	4,826	2,79	3,71	549,4	1763,7	10,99	35,27
0,0105	1,543	4,945	2,86	3,80	562,9	1807,3	11,26	36,15
0,0110	1,579	5,062	2,92	3,89	576,2	1849,8	11,52	37,00
0,0115	1,614	5,175	2,99	3,98	589,1	1891,4	11,78	37,83
0,0120	1,649	5,287	3,05	4,07	601,8	1932,1	12,04	38,64

**TIPO STC**

Sarjeta Triangular de Concreto		Seção Triangular		Area Contribuinte	
$\eta$	0,015	$b_1$	$b_2$	L	15,00
$i$ (cm/h)	19,6	$h$		d	?
				cmédio	0,90

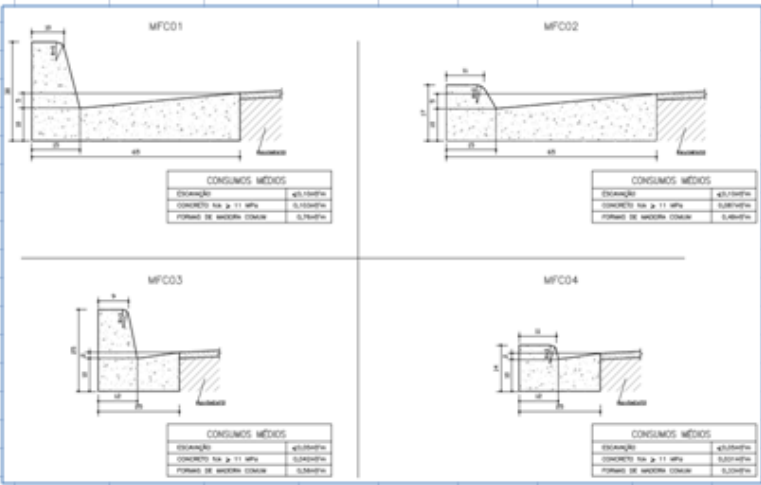
Tipo da Canalet	$b_1$	$b_2$	$h$	A	P	Rh
Unidade	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m
STC1	0,25	1,00	0,25	0,16	1,38	0,11
STC2	0,30	0,70	0,30	0,15	1,19	0,13
STC3	0,30	0,50	0,30	0,12	1,01	0,12
STC4	0,20	0,50	0,20	0,07	0,82	0,09

Decliv.	STC				Velocidade (m/s)				Comprimento Crítico (m)			
	STC1	STC2	STC3	STC4	STC1	STC2	STC3	STC4	STC1	STC2	STC3	STC4
$i$ (m/m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	STC1	STC2	STC3	STC4	STC1	STC2	STC3	STC4
0,005	0,172	0,178	0,137	0,064	1,10	1,19	1,14	0,91	231,8	240,2	184,6	86,0
0,010	0,243	0,252	0,194	0,090	1,56	1,68	1,61	1,29	327,9	339,7	261,1	121,7
0,015	0,298	0,309	0,237	0,111	1,91	2,06	1,98	1,58	401,6	416,1	319,7	149,0
0,020	0,344	0,356	0,274	0,128	2,20	2,38	2,28	1,83	463,7	480,4	369,2	172,1
0,025	0,385	0,398	0,306	0,143	2,46	2,66	2,55	2,04	518,4	537,1	412,8	192,4
0,030	0,421	0,436	0,335	0,157	2,70	2,91	2,80	2,24	567,9	588,4	452,2	210,8
0,035	0,455	0,471	0,362	0,169	2,91	3,14	3,02	2,42	613,4	635,6	488,4	227,6
0,040	0,487	0,504	0,387	0,181	3,11	3,36	3,23	2,58	655,7	679,4	522,1	243,4
0,045	0,516	0,535	0,411	0,192	3,30	3,56	3,42	2,74	695,5	720,7	553,8	258,1
0,050	0,544	0,563	0,433	0,202	3,48	3,76	3,61	2,89	733,1	759,6	583,8	272,1
0,055	0,571	0,591	0,454	0,212	3,65	3,94	3,79	3,03	768,9	796,7	612,3	285,4
0,060	0,596	0,617	0,474	0,221	3,81	4,11	3,95	3,16	803,1	832,1	639,5	298,1
0,065	0,620	0,642	0,494	0,230	3,97	4,28	4,11	3,29	835,9	866,1	665,6	310,2
0,070	0,644	0,667	0,512	0,239	4,12	4,44	4,27	3,42	867,5	898,8	690,7	321,9
0,075	0,666	0,690	0,530	0,248	4,26	4,60	4,42	3,54	897,9	930,4	715,0	333,2
0,080	0,688	0,713	0,548	0,256	4,40	4,75	4,57	3,65	927,4	960,9	738,4	344,2
0,085	0,709	0,735	0,565	0,263	4,54	4,90	4,71	3,76	955,9	990,5	761,1	354,8
0,090	0,730	0,756	0,581	0,271	4,67	5,04	4,84	3,87	983,6	1019,2	783,2	365,0
0,095	0,750	0,777	0,597	0,279	4,80	5,18	4,97	3,98	1010,6	1047,1	804,7	375,0
0,100	0,769	0,797	0,612	0,286	4,92	5,31	5,10	4,08	1036,8	1074,3	825,6	384,8
0,105	0,788	0,817	0,628	0,293	5,05	5,44	5,23	4,18	1062,4	1100,8	845,9	394,3
0,110	0,807	0,836	0,642	0,300	5,16	5,57	5,35	4,28	1087,4	1126,7	865,9	403,6
0,023	0,369	0,382	0,294	0,137	2,36	2,55	2,45	1,96	497,2	515,2	395,9	184,5

**ANEXO 3 – Dimensionamento de Meios Fios de Aterro**

**Sarjeta Tipo Meio Fio**



Tipo da Canaleta	b1	b2	h	A	P	Rh	$\eta$	
Unidade	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m	i (cm/h)	
MFCO1	0,00	0,50	0,10	0,03	0,61	0,04		0,015
MFCO2	0,00	0,70	0,30	0,11	1,06	0,10		19,64
MFCO3	0,00	0,50	0,30	0,08	0,88	0,08	Area Contribuinte	
MFCO4	0,00	0,50	0,20	0,05	0,74	0,07	L	16,00
							c	0,90

Decliv. i (m/m)	Q cap(m <sup>3</sup> /s)				Velocidade (m/s)				Comprimento Critico (m)			
	MFCO1	MFCO2	MFCO3	MFCO4	MFCO1	MFCO2	MFCO3	MFCO4	MFCO1	MFCO2	MFCO3	MFCO4
0,010	0,020	0,150	0,097	0,055	0,79	1,43	1,29	1,11	24,9	189,1	121,9	69,8
0,015	0,024	0,183	0,118	0,068	0,97	1,75	1,58	1,36	30,6	231,6	149,3	85,5
0,020	0,028	0,212	0,137	0,078	1,12	2,02	1,82	1,57	35,3	267,4	172,5	98,8
0,025	0,031	0,237	0,153	0,088	1,25	2,25	2,04	1,75	39,4	298,9	192,8	110,4
0,030	0,034	0,259	0,167	0,096	1,37	2,47	2,23	1,92	43,2	327,5	211,2	121,0
0,035	0,037	0,280	0,181	0,104	1,48	2,67	2,41	2,07	46,7	353,7	228,1	130,7
0,040	0,040	0,299	0,193	0,111	1,59	2,85	2,58	2,21	49,9	378,1	243,9	139,7
0,045	0,042	0,318	0,205	0,117	1,68	3,02	2,73	2,35	52,9	401,1	258,7	148,2
0,050	0,044	0,335	0,216	0,124	1,77	3,19	2,88	2,48	55,8	422,8	272,7	156,2
0,055	0,046	0,351	0,227	0,130	1,86	3,34	3,02	2,60	58,5	443,4	286,0	163,8
0,060	0,049	0,367	0,237	0,136	1,94	3,49	3,16	2,71	61,1	463,1	298,7	171,1
0,065	0,051	0,382	0,246	0,141	2,02	3,64	3,28	2,82	63,6	482,0	310,9	178,1
0,070	0,052	0,396	0,256	0,146	2,10	3,77	3,41	2,93	66,0	500,2	322,6	184,8
0,075	0,054	0,410	0,265	0,152	2,17	3,90	3,53	3,03	68,3	517,8	333,9	191,3
0,080	0,056	0,423	0,273	0,157	2,24	4,03	3,64	3,13	70,6	534,8	344,9	197,5
0,085	0,058	0,436	0,282	0,161	2,31	4,16	3,76	3,23	72,7	551,2	355,5	203,6
0,090	0,059	0,449	0,290	0,166	2,38	4,28	3,86	3,32	74,8	567,2	365,8	209,5
0,095	0,061	0,461	0,298	0,171	2,44	4,39	3,97	3,41	76,9	582,7	375,8	215,3
0,100	0,063	0,473	0,305	0,175	2,51	4,51	4,07	3,50	78,9	597,9	385,6	220,9
0,105	0,064	0,485	0,313	0,179	2,57	4,62	4,17	3,59	80,8	612,7	395,1	226,3
0,110	0,066	0,497	0,320	0,184	2,63	4,73	4,27	3,67	82,7	627,1	404,4	231,6
0,115	0,067	0,508	0,328	0,188	2,69	4,84	4,37	3,76	84,6	641,2	413,5	236,8
0,120	0,069	0,519	0,335	0,192	2,75	4,94	4,46	3,84	86,4	655,0	422,4	241,9

## Anexo 4 – Bueiros

PROJETO DE DRENAGEM DA RODOVIA DF-140																				
Planilha de Cálculo de Dimensionamento Bueiro de Greide																				
Tr=		25																		
Bacia	Estaca	Cota Terreno		ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (ha) e Coef. C				Área Acumulada	L (km)	i (%)	Coef. Retard. n	Tempo Concent. (s)	Intensidade Chuva (l/s/ha)	Vazão Estimada (l/s)	Diâmetro (mm)	Qmáx (l/s)	Nº de Bueiros	V (m/s)	Declividade Tubo (m/m)	Solução
		Mont. (m)	Jus. (m)	Externa	Cext	Plataforma	Cplat													
1	80+0,00	1096,727	1091,888	153,00	0,400	0,000	0,000	153,000	1,000	2,600	0,78	1734,19	300,03	14278,51	1200	6572,64	3	6,70	0,0260	BTTCC $\phi$ 1200 mm
2	222+13,00	1063,168	1059,921	134,80	0,400	0,000	0,000	134,800	1,620	5,100	0,78	1939,88	280,54	11837,49	1200	6903,98	2	7,04	0,0510	BOTC $\phi$ 1200 mm
3	245+0,00	1046,290	1044,167	17,00	0,400	0,000	0,000	17,000	0,700	8,300	0,87	842,84	438,53	2588,12	800	3052,46	1	7,00	0,0830	BSTC $\phi$ 800 mm
4	347+0,00	926,000	925,095	6,08	0,250	0,000	0,000	6,080	0,100	2,000	1,00	325,81	618,36	939,90	800	1997,86	1	4,58	0,0200	BSTC $\phi$ 800 mm
5	395+0,00	907,414	907,377	5,57	0,250	0,000	0,000	5,567	0,100	2,000	1,00	325,81	618,36	860,57	800	1997,86	1	4,58	0,0200	BSTC $\phi$ 800 mm
6	424+0,00	896,225	890,795	8,20	0,250	0,000	0,000	8,196	0,400	2,000	1,00	947,44	415,13	850,59	800	1997,86	1	4,58	0,0200	BSTC $\phi$ 800 mm
7	431+8,00	893,819	890,840	2,36	0,250	0,560	0,900	2,915	0,100	2,000	1,00	325,81	618,36	675,71	600	937,70	1	3,82	0,0200	BSTC $\phi$ 600 mm
8	442+0,00	885,300	880,800	2,36	0,250	0,800	0,900	3,155	0,100	2,000	1,00	325,81	618,36	809,27	600	937,70	1	3,82	0,0200	BSTC $\phi$ 600 mm
9	491+0,00	885,300	884,000	10,23	0,250	0,000	0,000	10,230	0,100	2,000	0,89	325,81	618,36	1778,07	800	1997,86	1	4,58	0,0200	BSTC $\phi$ 800 mm

## 12. PROJETO DA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO

## **PROJETO DA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO**

### **12.1 Introdução**

O objeto deste relatório é apresentar a descrição do Projeto de Contenção, em solo grampeado e em cortina atirantada, a ser implantadas na duplicação da DF-140, entre as estacas 18+ 15,85 e 20 + 2,41 do eixo de reversão.

### **12.2 Referências e Normas**

#### **12.2.1 Documentos Consultados**

- Projeto Geométrico da Duplicação da DF-140; e
- Relatório das Sondagens.

#### **12.2.2 Normas Aplicáveis**

- NBR 5929 Execução de tirantes ancorados no terreno;
- NBR 6118 Projeto e execução de obras de concreto armado;
- NBR 6122 Projeto e execução de fundações; e
- NBR 11682 Estabilidade de taludes.

### **12.3 Histórico**

No estudo do traçado para duplicação da DF-140, o projeto sempre buscou evitar a implantação do eixo da rodovia a ser duplicada próximo às torres de energia que acompanham grande parte do traçado da rodovia, ou seja, a opção sempre foi a duplicação pelo lado esquerdo.

Excetua-se desse critério de duplicação para o lado esquerdo o trecho na tangente do Ribeirão Santana. De acordo com o relatório de estudo do traçado, devido à sinuosidade do curso d'água, haveria forte impacto do corpo estradal sobre o ribeirão, caso a duplicação ocorresse para o lado esquerdo. Nesse caso, seria necessária a mudança do curso do rio, solução ambientalmente inviável, ou a criação de uma ponte com cerca de 180 m.

Diante disso, optou-se pela reversão da duplicação para o lado direito, pontualmente, no trecho do Ribeirão Santana. Essa reversão é facilitada pela configuração geométrica do trecho que é composta por uma tangente, com curvas à direita, tanto na entrada quanto na saída, as quais permitirão que a inversão de lado da duplicação ocorra de maneira quase imperceptível ao usuário.

Essa opção irá aproximar a nova pista das torres de alta tensão, o que demandará a instalação de barreiras de contenção para a proteção das torres.

Também, como consequência da reversão do lado da duplicação, logo na curva de entrada, haverá a interferência do talude de corte com a torre de alta tensão. Como solução, propõe-se a implantação de cortina atirantada para estabilização da fundação da torre (ver figura 12.1).

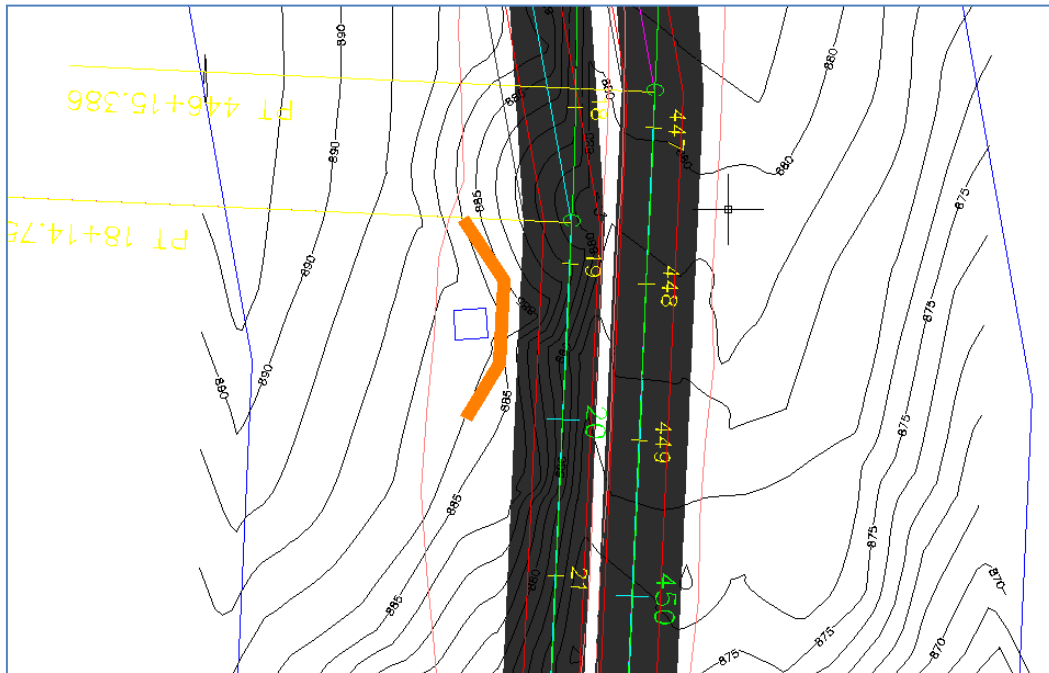


Figura 12.1 – Trecho da reversão do traçado e necessidade de estrutura de contenção junto à Torre de Energia.

## 12.4 Contenções Estruturadas

### Solo grampeado

Na transição dos taludes de corte no trecho com declividade 1H:1V para a face vertical da cortina atirantada, optou-se pela inclusão de contenção do tipo “solo grampeado”, cujo paramento final junto a cortina será de inclinação 1H:4V. Essa solução consiste na implantação de uma estrutura de contenção composta por inclusões chumbadas no terreno o qual é revestido por concreto projetado.

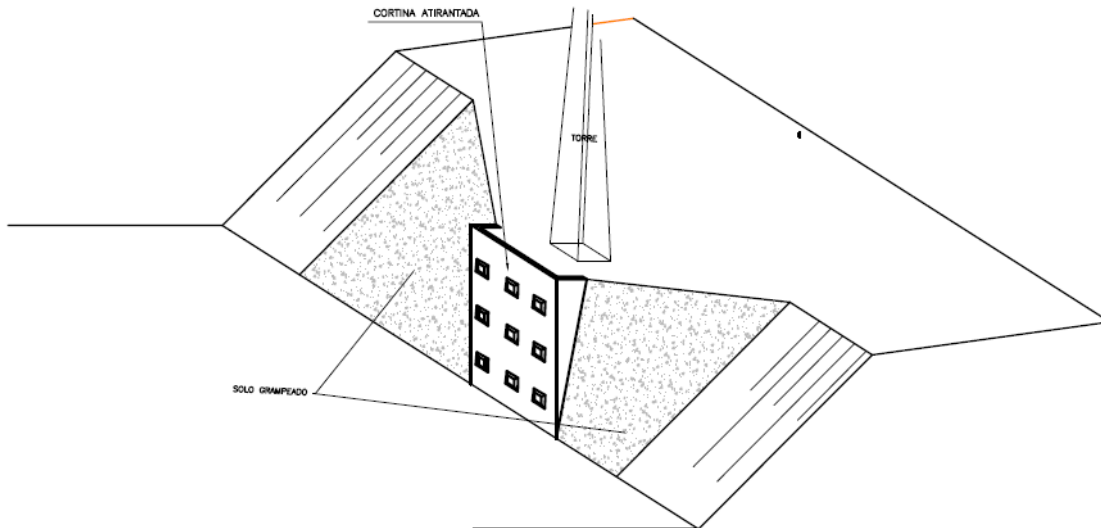
A face dessas contenções não será vertical, terá declividade 1H:4V. A distribuição dos chumbadores, seus comprimentos e diâmetros foram pré-dimensionados com base no método empírico descrito por Abramento et al (1998). Na fase de projeto executivo será feito o detalhamento dessas estruturas.

### Contenção com uso de cortina atirantada

Junto à estrutura da torre de energia foi adotado o sistema de cortina atirantada. O pré-dimensionamento dessas estruturas, compreendendo a distribuição dos tirantes, seu tipo, sua carga de trabalho, seus comprimentos livre e ancorado e as espessuras do anteparo de concreto armado foi efetuado, no projeto básico, com base na experiência de casos semelhantes. Para o projeto executivo, modelos numéricos realistas serão aplicados para otimizar o dimensionamento e permitir o detalhamento das armaduras da cortina.

O desenho final da configuração da contenção junto à torre de energia está apresentado na figura 12.2.





PERSPECTIVA DA CORTINA

S/ESCALA

Figura 12.2 – Perspectiva da cortina e paramento em solo grampeado.

## 13. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

## PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

### 13.1 Dimensionamento

Para dimensionamento do pavimento utilizou-se o método Eng<sup>o</sup> Murillo Lopes de Souza, preconizado no Manual de Projeto de Pavimentos do DNIT.

De acordo com o nível de tráfego, o método recomenda as espessuras mínimas de revestimento betuminoso, mostradas na Tabela 13.1.

Tabela 13.1 - Espessuras mínimas de revestimento

<b>N</b>	<b>Espessura Mínima do Revestimento Betuminoso</b>
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Para o dimensionamento foi considerado que o tráfego atuante nos pavimentos será 4,62 x 10<sup>6</sup> repetições do eixo rodoviário padrão (N) para o período de projeto de 10 anos

O gráfico apresentado no método, reproduzido na

Figura 1, permite o cálculo da espessura total do pavimento em função de N e do ISC do subleito. A espessura total obtida do gráfico é expressa em termos de espessura de material granular, ou seja, de um material que apresente coeficiente de equivalência estrutural igual a um (k=1,0). Alternativamente ao gráfico, pode ser utilizada a equação abaixo:

$$H_R = 77,67 \times N^{0,0482} \times ISC^{-0,598}$$

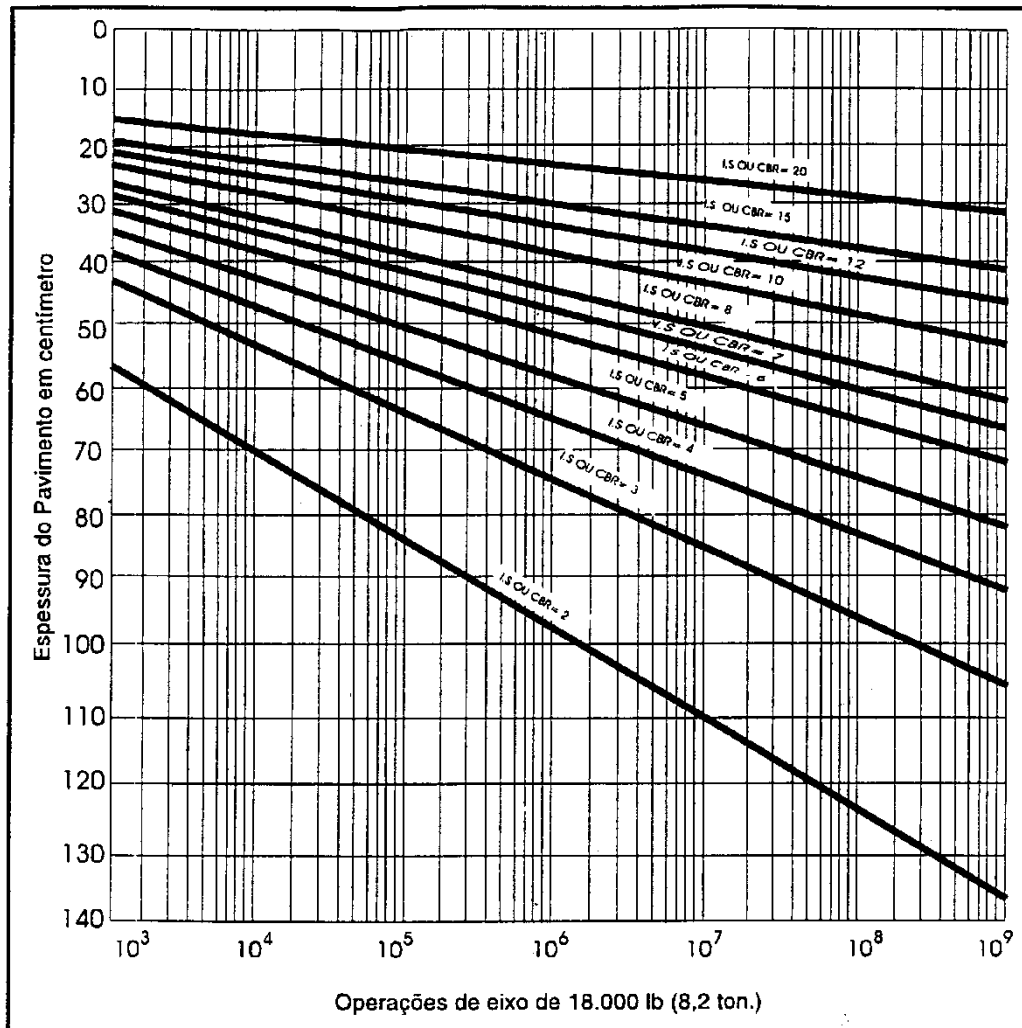


Figura 13.1 - Âbaco para cálculo da espessura do pavimento

Deve-se ressaltar ainda que a espessura mínima para a camada de base granular é de 10 cm.

A figura 13.2 abaixo apresenta a simbologia utilizada na designação das diferentes camadas do pavimento.

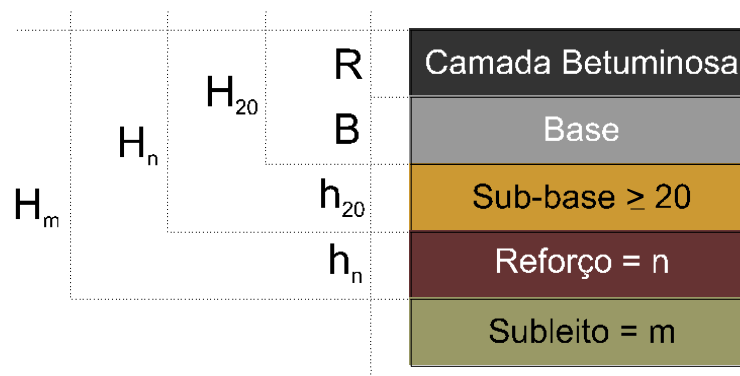


Figura 13.2 – Simbologia utilizada nas diferentes camadas do pavimento

onde:

$H_m$  = espessura total necessária para proteger um material com  $ISC = m$ ;

$H_n$  = espessura da camada de pavimento com  $ISC = n$ ;

$H_{20}$  = espessura de pavimento sobre a sub-base;

$h_{20}$  = espessura da sub-base;

$B$  = espessura da base; e

$R$  = espessura do revestimento.

Determinadas as espessuras  $H_m$ ,  $H_n$ ,  $H_{20}$  e  $R$ , as espessuras da base, sub-base e reforço são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$RK_R + BK_B \geq H_{20};$$

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_s \geq H_n \text{ e}$$

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_s + h_n K_{REF} \geq H_m .$$

Resolvendo-se as inequações acima, considerando-se  $m = 4,8\%$  (ISC do subleito) e  $n = 12$  (ISC do reforço), são obtidas as espessuras mostradas na Tabela 13.1 e Tabela 13.2.

Tabela 13.2 - Espessuras obtidas do dimensionamento

<b>N</b>		4,62E+06
<b>R</b>	mínimo	5,0 cm
	adotado	7,5 cm
<b>H</b>	20	27,3 cm
	n=12	37,0 cm
	m=4,8	64,1 cm
<b>B</b>	mínimo	12,3 cm
	adotado	15,0 cm
<b>h<sub>20</sub></b>	mínimo	7,0 cm
	adotado	20,0 cm
<b>h<sub>ref</sub></b>	mínimo	20,2 cm
	adotado	20,0 cm

As espessuras adotadas na Tabela 13.2 resultaram na estrutura de pavimento representada na Figura 13.2.

<b>CBUQ</b> <b>7,5 cm</b>
<b>Base</b> <b>15 cm</b> <b>(ISC &gt; 80%, 100% Proctor Intermediário)</b>
<b>Sub-base</b> <b>20 cm</b> <b>(ISC &gt; 20%, 100% Proctor Intermediário)</b>
<b>Reforço do Subleito</b> <b>20 cm</b> <b>(ISC &gt; 12%, 100% Proctor Intermediário)</b>
<b>Subleito</b> <b>(100% Proctor Normal)</b>

Figura 13.2 - Estrutura do pavimento

## 13.2 Especificações Técnica de Materiais e Serviços

### 13.2.1 Revestimento em concreto asfáltico

Será executado em concreto betuminoso usinado a quente, com espessura de 7,5 cm.

Os materiais utilizados, os equipamentos necessários, o processo executivo, o controle e a aceitação do serviço serão balizados pela especificação DNIT-ES 313/97.

Dentre as recomendações contidas na especificação, destacam-se as seguintes:

Tabela 13.3 – Condições técnicas para confecção de CBUQ

Material	Especificação	Norma
<b>Ligante</b>	CAP-20	DNER-EM 205/95
<b>Agregados graúdos</b>	Fragmentos são de rochas, escória ou seixo rolado, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas	
Desgaste <i>Los Angeles</i>	Igual ou inferior a 40%	DNER-ME 035/94
Índice de forma	Superior a 0,5	DNER-ME 086/94
Durabilidade	Perda inferior a 12%	DNER-ME 089/94
<b>Agregados miúdos</b>	Areia ou pó de pedra com grãos resistentes, apresentando moderada angulosidade, livres de torrões de argila e substâncias nocivas	
Equivalente de areia	Igual ou superior a 55%	DNER-ME 054/94
<b>Filler</b>	Cimento Portland, cal extinta, pó calcáreo ou cinza volante.	
Granulometria	Ver Tabela 13.4	DNER-ME 083/94
<b>Composição da mistura</b>		
Granulometria e teor de betume	Ver Tabela 13.5	DNER-ME 083/94 DNER-ME 053/94
Porcentagem de vazios	3 a 5%	DNER-ME 043/95
Relação betume/vazios	75 a 82%	
Estabilidade	Maior que 350 kgf (75 golpes) 250 kgf (50 golpes)	
Fluência	Entre 2,0 e 4,5 mm (8 a 18 pol/100)	

Tabela 13.4 - Granulometria do material de enchimento (filler)

Peneira	% mínima passando
N° 40	100
N° 80	95
N° 200	65

Tabela 13.5 - Granulometria e teor de ligante da mistura

Peneira de malha quadrada		% passando, em peso Faixa C	Tolerâncias
Discriminação	Abertura mm		
1 ½"	38,1	100	±7%
1"	25,4	100	±7%
¾"	19,1	100	±7%
½"	12,7	85-100	±7%
3/8"	9,5	75-100	±7%
N° 4	4,8	50-85	±5%
N° 10	2,0	30-75	±5%
N° 40	0,42	15-40	±5%
N° 80	0,18	8-30	±2%
N° 200	0,074	5-10	±2%
Betume solúvel no CS2(+), em %		4,5-9,0	±0,3%



### **13.2.2 *Imprimação betuminosa***

Deverá ser executada sobre a base granular acabada, de acordo com a norma DNER-ES 306/97.

### **13.2.3 *Base de brita graduada***

Será construída com 15 cm de espessura utilizando-se brita graduada.

Os materiais utilizados, os equipamentos necessários, o processo executivo, o controle e a aceitação do serviço serão balizados normas NB-1347 (Sub-base ou base de brita graduada) e EB-2105 (Materiais para sub-base ou base de brita graduada).

Dentre as recomendações contidas nas normas, destacam-se as apresentadas na Tabela 13.6 e na

Tabela 13.7.

Tabela 13.6 - Faixas granulométricas para brita graduada

Peneira de malha quadrada		% passando, em peso das faixas	
Discriminação	Abertura mm	Graduação A	Graduação B
2"	50	100	100
1 ½"	38,1	90-100	100
1"	25,4	-	100
¾"	19,1	50-85	90-100
3/8"	9,5	34-60	80-100
Nº 4	4,8	25-45	35-55
N 40	0,42	8-22	8-25
N 200	0,074	2-9	2-9

Tabela 13.7 - Propriedades dos agregados para brita graduada

Propriedade	Limites	Norma
Durabilidade	20% no sulfato de sódio 30% no sulfato de magnésio	ASTM C88
Abrasão	Perda inferior a 40%	MB-170
Equivalente de areia	Maior do que 35%	MB-3389
Índice de forma	Inferior ou igual a 2	MB-1776
Índice de suporte Califórnia	Superior ou igual 80%	MB-2545
Expansão	Inferior ou igual a 0,5%	MB-2545

#### 13.2.4 Sub-base

Será executada com 20 cm de espessura, utilizando-se solo fino laterítico adicionado de cal, com teor suficiente para proporcionar à mistura um ISC maior ou igual a 20%.

Os materiais utilizados, os equipamentos necessários, o processo executivo, o controle e a aceitação do serviço serão balizados pela Especificação Técnica ET-DE-P00/005, emitida pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, em abril de 2006.

•

#### 13.2.5 Reforço do subleito

Será constituído de solo selecionado, cujo ISC seja maior ou igual a 12%, compactado com energia semelhante àquela de ensaio *proctor intermediário*, com espessura de 20 cm.

Os materiais utilizados, os equipamentos necessários, o processo executivo, o controle e a aceitação do serviço serão balizados pela especificação DNER-ES 300/97 – *Reforço do subleito*.

•

#### 13.2.6 Subleito

Deve ser compactada a 100% da energia do ensaio *proctor normal*, com material cujo ISC seja superior ou igual ao valor de projeto, possua expansão inferior a 2%. Caso seja encontrado um solo com características diferentes das especificadas, deverá ser realizado um estudo específico do local, avaliando-se a possibilidade de substituição de material ou execução de camada de reforço.

### 13.3 Projeto de Pavimentação

As seções transversais ao longo do traçado da rodovia DF-140 a ser duplicada estão contempladas no Volume 2 – Projeto de Execução.

## 14. PROJETO DE OBRA DE ARTE ESPECIAL

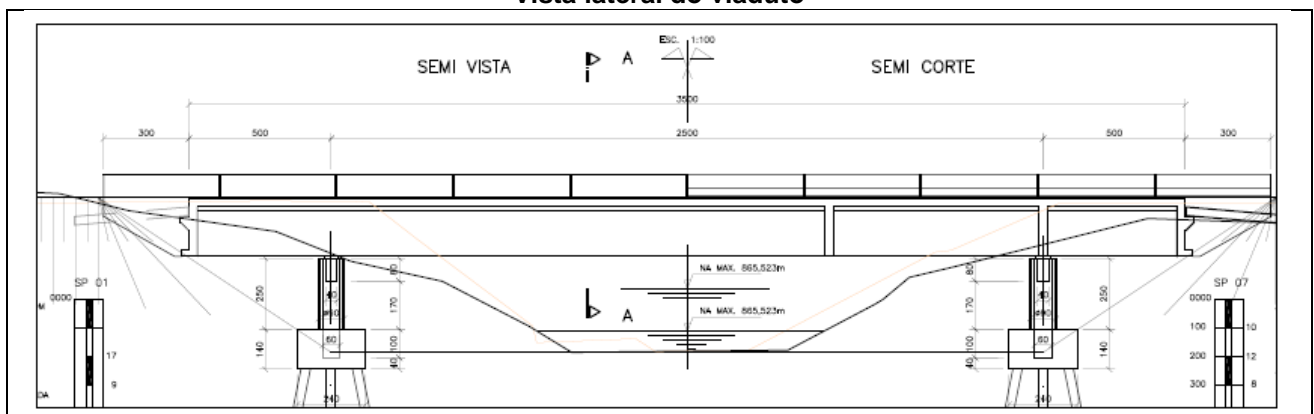
## DUPLICAÇÃO DA PONTE SOBRE O RIBEIRÃO SANTANA

### 14.1 Características Gerais

Ponte rodoviária com capacidade de suportar o trem-tipo TB 45 destinado à transposição do Ribeirão Santana, na DF 140, no trecho Brasília - São Sebastião, km 09, com uma extensão total de 35 m.

Em decorrência das condicionantes de ordem geométrica da rodovia e topologia da região a obra se desenvolverá em tangente e será constituída de um vão central com extensão de 25 m e dois balanços extremos com extensão de 5 m.

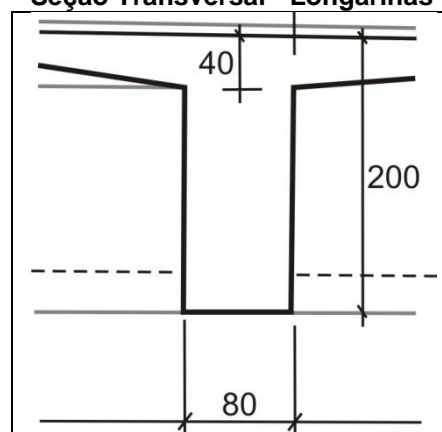
Vista lateral do viaduto



### 14.2 Características da Superestrutura

A superestrutura será formada por um tabuleiro em concreto armado com 11,60 m de largura e 2,00 m de altura total, o qual será composto por 2 longarinas isostáticas com seção transversal em forma de "T", as quais terão um comprimento de 35,0 m.

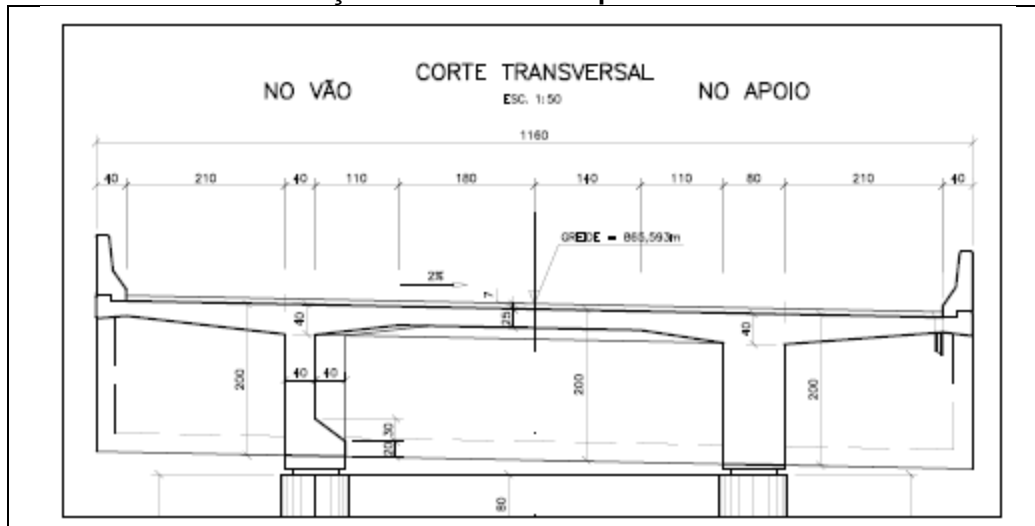
Seção Transversal - Longarinas



As longarinas terão espessura da alma de 40 cm no vão e 80 cm nos apoios entre serão ligadas por laje superior que suportará o tráfego rodoviário, executada em concreto armado moldado com espessura de variável entre 25 cm e 40 cm.

O estrado da superestrutura será enrijecido, tanto pela laje superior, como por transversinas que solidarizarão as longarinas, sendo que, as transversinas de apoio terão também a capacidade de suportar a elevação do estrado para eventual substituição dos aparelhos de apoio.

### Seção Transversal – Superestrutura



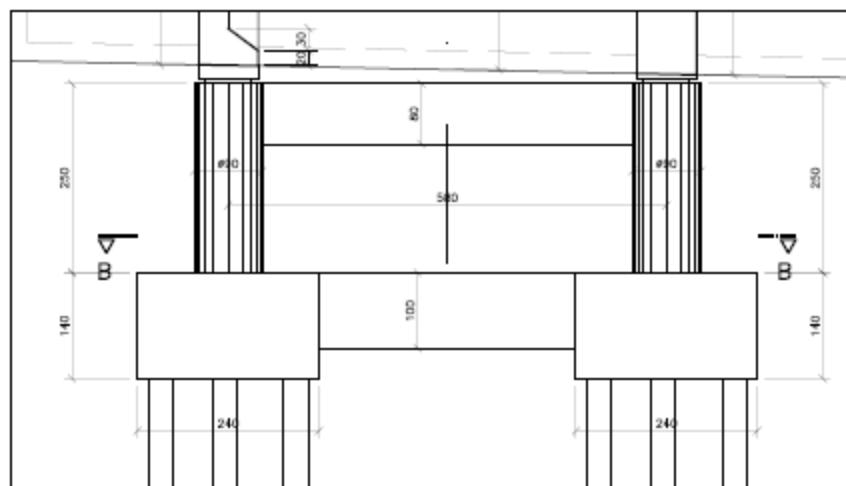
#### 14.2.1 Características da meso-estrutura

A meso-estrutura será composta por pilares em concreto armado com seção circular com diâmetro de 90 cm dotados de aparelhos de apoio em neoprene fretado para suportarem a superestrutura.

#### 14.2.2 Características da infraestrutura

A infraestrutura será composta por conjuntos de estacas de concreto armado centrifugado com diâmetro de 60 cm solidarizadas por blocos de coroamento destinados a promoverem a ligação dos conjuntos de estacas à meso-estrutura da obra.

### Pilares/ Bloco de Estacas



### **14.2.3 Carregamento móvel da estrutura - trem-tipo**

A estrutura tem a capacidade de suportar ações decorrentes do trânsito rodoviário conforme o trem-tipo TB\_45.

### **14.2.4 Materiais da estrutura**

Os principais materiais estruturais empregados na estrutura são:

- concreto  $f_{ck} = 25$  MPa
- aço CA 50

### **14.2.5 Classe de agressividade da estrutura**

A estrutura, em decorrência de suas condições executivas e localização, está classificada na Classe de Agressividade Ambiental II.

### **14.2.6 Substituição dos aparelhos de apoio**

Na eventualidade de necessidade de substituição dos aparelhos de apoio tal procedimento deverá ser feito com base nos requisitos a seguir indicados.

- *Força de elevação da superestrutura:*

Os dispositivos para elevação da superestrutura, no caso de substituição ou manutenção dos aparelhos de apoio, deverão ter capacidade para suportar um peso total de, no mínimo, 320 t no extremo dos vãos.

- *Quantidade e local de colocação dos dispositivos:*

Os dispositivos, em número de dois para cada extremidade de vão (um por longarina), deverão ser colocados nos topos dos pilares, sob as transversinas de apoio, e junto às faces internas das longarinas.

- *Procedimento de elevação:*

Os dispositivos deverão estar sincronizados de modo a produzirem a elevação conjunta das extremidades das longarinas e em altura mínima, suficiente para a remoção e recolocação dos aparelhos de apoio.

- *Suporte dos dispositivos de elevação:*

Os dispositivos serão suportados pelos próprios pilares de apoio da estrutura.

### **14.2.7 Referência Bibliográfica**

As estruturas foram projetadas de acordo com as normas, manuais, especificações e literatura a seguir relacionadas.

- *Normas*

NBR 6118 - Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento - ABNT.

NBR 6122 - Projeto e Execução de Fundações - ABNT.

NBR 7187 - Projeto de Pontes de Concreto Armado e Protendido – Procedimento - ABNT.

NBR 7188 - Cargas móveis em ponte rodoviária e passarela de pedestre – Procedimento - ABNT.

NBR 7189 - Cargas móveis para projeto estrutural de obras ferroviárias - Procedimento - ABNT.

NBR 8681 - Ações e Segurança nas estruturas - ABNT.

NBR 9062 - Projeto e execução de concreto pré-moldado - ABNT.

NBR 10839 - Execução de obras especiais em concreto armado e concreto protendido - ABNT.

- *Manuais e Especificações*

Instrução de serviço para projeto de obras de arte especiais - DNIT.

Manual projeto obras de arte especiais - DNIT.

- *Literatura*

Bridge Bearings and Expansion Joints - D. Lee.

Concreto Armado - Eu te amo - H. B. Campos.

Concreto Armado - M. Moraes.

Concreto armado - Volume 1 - W. Pfeil.

Concreto armado - Volume 2 - W. Pfeil.

Concreto Armado - Volume I - A. Moreira. da Rocha.

Concreto Armado - Volume II - A. Moreira da Rocha.

Concreto Armado e Protendido - H. Rüsçh.

Concreto armado e protendido - J. Masson

Construções de concreto armado - F. Leonhardt.

Curso de Concreto Armado - Volume I - J.C. Süssekind.

Curso de Concreto Armado - Volume II - J.C. Süssekind.

Dimensionamento do concreto armado - W. Pfeil.

Hormigón Armado - J. Montoya.

Pontes em concreto armado - W. Pfeil

Pontes metálicas e mistas em viga reta: projeto e calculo - J. Masson.

Pontes superestrutura - C. O'Connor.

Prestressed Concrete Bridges - C. Basileia, 1990.

Técnica de armar as estruturas de concreto - P. Fusco.



## 15. TERMO DE ENCERRAMENTO

## **Termo de Encerramento**

O presente volume 1, Relatório de Projeto Básico, tomo I, referente à elaboração do Projeto Executivo de Engenharia para Duplicação da rodovia DF-140, objeto do Contrato N° 053/2009, processo n° 113.003.948/2009 e Instrução de Serviço N° 041/2009, contém 129 folhas e é acompanhado dos tomos II e III, sendo:

### **TOMO II – ANEXOS**

- Anexo 3A – Levantamento Topográfico – 300 folhas;
- Anexo 3B – Estudos Geológicos – 36 folhas;
- Anexo 3C – Estudos Geotécnicos – 194 folhas;
- Anexo 3D – Projeto Geométrico – 21 folhas; e
- Anexo 3E – Projeto de Terraplenagem – 59 folhas.

### **TOMO III – ESTUDOS DE TRÁFEGO**

Brasília, 10 de agosto de 2010  
STE – Serviços Técnicos de Engenharia S/A