



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ  
SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN

PROJETO BÁSICO DE ENGENHARIA PARA  
CONSTRUÇÃO E PAVIMENTAÇÃO

LOCAL: FERNADO GUILHON (DUPLICAÇÃO)  
TRECHO: ENTRONCAMENTO PA-437 / AEROPORTO (SANTARÉM)  
EXTENSÃO: 5,00 Km

VOLUME ÚNICO  
RELATÓRIO DO PROJETO



MARÇO/ 2023

## INDICE

<b>01</b>	<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>03</b>
<b>02</b>	<b>MAPA DE SITUAÇÃO.....</b>	<b>06</b>
<b>03</b>	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>08</b>
<b>04</b>	<b>ESTUDOS REALIZADOS.....</b>	<b>10</b>
<b>05</b>	<b>PROJETOS.....</b>	<b>18</b>
<b>06</b>	<b>QUADRO DE QUANTIDADES.....</b>	<b>95</b>
<b>07</b>	<b>CONSUMO DE MATERIAS.....</b>	<b>109</b>
<b>08</b>	<b>QUADRO DE DISTÂNCIA DE TRANSPORTES.....</b>	<b>111</b>
<b>09</b>	<b>CRONOGRAMA FÍSICO.....</b>	<b>113</b>
<b>10</b>	<b>RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS MÍNIMOS.....</b>	<b>115</b>
<b>11</b>	<b>PLANO DE EXECUÇÃO DE OBRAS.....</b>	<b>117</b>
<b>12</b>	<b>ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....</b>	<b>120</b>

# **1. APRESENTAÇÃO**



# PROJETO BÁSICO

## SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN

A Secretaria de Estado de Transportes - SETRAN apresenta o projeto básico de Engenharia para Construção e Pavimentação da rodovia Fernando Guilhon (Duplicação), trecho: Entroncamento da Rodovia PA-457 / Aeroporto de Santarém com extensão de 5,00 Km na região do Baixo Amazonas, sob jurisdição do 3º núcleo regional.



# PROJETO BÁSICO

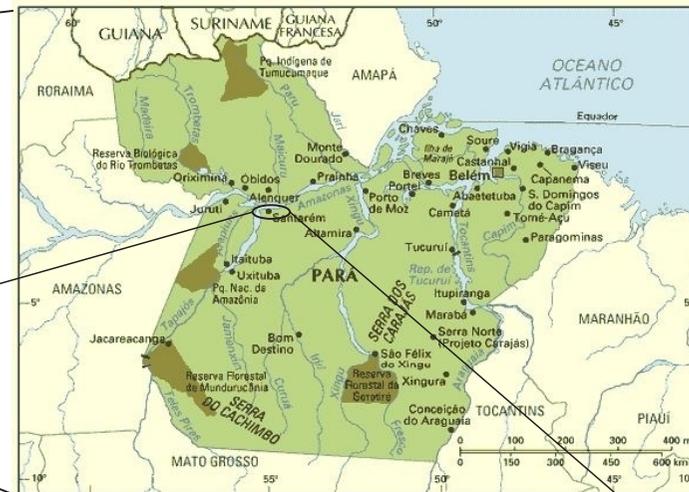
## SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN

PROJETO BÁSICO - ESTÁ APRESENTADO NOS SEGUINTE VOLUMES:

Volume Unico – Relatório do Projeto - Tamanho A-4.

Este volume reúne todas as metodologias que possibilitaram a definição das soluções a serem adotadas nas fases seguintes dos projetos nos diversos itens de serviços. Apresenta, também, todos os estudos preliminares realizados que orientaram as tomadas de decisões com relação às soluções adotadas e as planilhas com estimativas de quantitativos dos serviços a executar que complementam os documentos para concorrência.

## **2. MAPA DE SITUAÇÃO**



<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN		
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO)	
	TRECHO : ENTRONC. PA-457 - AEROPORTO(SANTARÉM) EXTENSÃO: 5,00 Km	
<b>SEÇÃO TIPO - PROJETO GEOMÉTRICO</b>		QD

### **3. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### 3.1 Breve Histórico

A Rodovia Engenheiro Fernando Guilhon é uma via municipal localizada no município de Santarém e no estado do Pará. É um dos principais logradouros da cidade, pois é o único acesso ao Aeroporto Internacional de Santarém, a vários bairros e a todas as praias do município, incluindo o distrito de Alter do Chão. Inicia-se no Viaduto Gerardo Monteiro sobre a Rodovia Santarém-Cuiabá (BR-163) e termina no aeroporto.

### 3.2 Características da Rodovia

A rodovia apresenta plataforma de rolamento com média de 10,00m de largura, o pavimento existente encontra-se desestabilizado em grande parte do segmento em estudo, apresentando um grande número de irregularidades, necessitando de restauração do pavimento com Recapeamento de 3cm. Serão efetuados serviços de duplicação da pista de rolamento em CBUQ, estes serviços são mais bem visualizados nos quadros de dimensionamento da pavimentação no capítulo 5.3 – Projeto de Pavimentação.

### 3.2 Localização

O segmento a ser licitado corresponde o seu início no entroncamento da PA-457 e seu final no aeroporto de Santarém, conforme imagem abaixo..



Localização do trecho a ser licitado - Fonte: Google Earth

## **4. ESTUDOS REALIZADOS**

### 4.1.1 Levantamento topográfico

O Estudo Topográfico foi realizado objetivando o fornecimento das informações necessárias à elaboração do traçado de eixo do projeto geométrico, necessário para subsidiar elementos como terraplenagem, Drenagem e Obras de Arte Correntes além dos segmentos de Construção da rodovia.

Seguindo recomendações da Norma *ABNT 13.133 – Execução de Levantamento Topográfico*, os estudos topográficos para o projeto básico desenvolvem-se em uma única fase, logo após a definição preliminar dos traçados a serem estudados e poderão ser realizados por *Levantamento topográfico convencional (teodolito ou nível) ou Levantamento topográfico eletrônico (Estação Total ou RTK)*.

O levantamento topográfico executado para o trecho em questão por equipamento eletrônico com uso de estação total e RTK obedeceu à sequência indicada a seguir:

### 4.1.2 Implantação de uma rede topográfica básica:

Esta rede topográfica básica constituir-se-á de:

- a) Implantação de uma poligonal planimétrica topográfica com marcos monumentados de lados aproximados de 1 km, ao longo do traçado escolhido para o Projeto Executivo Rodoviário e amarrado a marcos da rede geodésica de 1ª ordem do IBGE.
- b) Implantação de uma linha de nivelamento com RRNN localizadas de 0,5 km em 0,5 km, ao longo do traçado escolhido para o Projeto Rodoviário.

### 4.1.3 Locação e Amarração do Eixo

A locação com início na estaca 0+0,0 localizada no entroncamento da PA-457, desenvolveu-se pelo eixo da rodovia existente finalizando no Aeroporto de Santarém na estaca 250+14,00, totalizando uma extensão de 5,00 km.

O eixo locado foi estaqueado de modo contínuo de 20 em 20 metros, nos trechos em tangente. Nos trechos em curvas, para garantir a precisão do trabalho, o mesmo foi estaqueado em cordas de 10 metros.

### 4.1.4 Levantamento das Seções Transversais

Foram levantadas seções transversais nos segmentos homogêneos, abrangendo o terreno natural e os seguintes pontos da plataforma: eixo, bordos, degraus entre o revestimento e sistemas de drenagens, borda do aterro e off-sets.

### 4.1.5 Lançamento das linhas de exploração:

Estas linhas serão amarradas à rede topográfica básica e obtidas com emprego de equipamentos topográficos tipo estação total ou teodolitos e trenas de aço. A tolerância admitida para erro angular da linha de exploração será o estabelecido pela expressão:

$$e = 10\sqrt{n}$$

Em que:

e = tolerância, em minutos;  
n = número de vértices.

O eixo será piqueteado de 20m em 20m e em todos os pontos notáveis tais como: PI, acidentes topográficos, cruzamentos com estradas, margens de rios e córregos. Em todos os piquetes implantados serão colocadas estacas testemunhas, constituídas de madeira de boa qualidade com cerca de 60 cm de comprimento, providas de entalhe inscrito em tinta a óleo, de cima para baixo o número correspondente.

Todos os piquetes correspondentes aos PI, bem como os piquetes a cada 2 km das tangentes longas, serão amarrados por "pontos de segurança", situados a mais de 20 m do eixo da rodovia.

O processo de amarração será constituído, normalmente, por marcos monumentados, serão organizadas cadernetas de amarrações e registrados os elementos dos pontos amarrados.

As medidas de distância serão feitas a trena de aço, segundo a horizontal para efeito de localização dos piquetes da linha de exploração, entretanto é recomendável utilizar processo estadimétrico para leitura das distâncias entre PI, a fim de se conferir as medidas efetuadas com maior precisão.

#### **4.1.6 Nivelamento e contranivelamento das linhas de exploração:**

O nivelamento e contranivelamento de todos os piquetes das linhas de exploração serão feitos com emprego de níveis de precisão.

O controle do nivelamento e contranivelamento será feito por amarração deste nivelamento com a linha básica de RRNN.

A tolerância nos serviços de nivelamento será de 2 cm/km e a diferença acumulada máxima será inferior ou igual à obtida pela fórmula:

$$e = 12,5\sqrt{n}$$

Em que:

n = quilômetros;  
e = milímetros

Junto ao nivelamento do eixo, serão nivelados e contra-nivelados todos os pontos notáveis das travessias de cursos d'água existentes, quando anotadas, na caderneta de nivelamento, a cota do espelho d'água, data do nivelamento e cota da máxima enchente.

#### **4.1.7 Apresentação dos Resultados**

O Projeto Geométrico, está apresentado em planta na escala 1:2000 (H) no capítulo projeto geométrico.

Os estudos geotécnicos para o projeto básico foram desenvolvidos de acordo com as diretrizes estabelecidas no escopo para elaboração de projeto de engenharia (EB-104) e objetivou o conhecimento dos solos com objetivo de utilização nas camadas de pavimentação e terraplenagem.

Assim como definir os parâmetros físicos e mecânicos do terreno natural, subleito, sub-base e base, intervenientes no dimensionamento do pavimento, bem como as características geotécnicas das ocorrências dos materiais estudados para utilização nos serviços de Terraplenagem, drenagem e Pavimentação.

### 4.2.1 Estudo das ocorrências de materiais

Buscou-se conhecer as características dos seguintes materiais:

- Subleito e pavimento existentes;
- Ocorrências de materiais para subsidiar projetos de pavimentação, obras de arte correntes e especiais, obras complementares, drenagem e Terraplenagem.

Nesta fase de projeto básico, foram identificadas e determinadas a localização de jazidas, pedreiras e areais que serão objeto de estudos das ocorrências de materiais para eventual análise das características e quantidades do solo de modo a suprir as necessidades dos serviços de terraplenagem, drenagem e pavimentação da rodovia.

A seguir comenta-se sobre o resultado obtido para cada tipo de ocorrência.

### 4.2.2 Areal

Pode ser adquirido comercialmente no município de Redenção para os serviços de Drenagem e Obras de Arte Corrente bem como na usina para mistura da massa asfáltica.

### 4.2.3 Pedreira/Seixeira

Os materiais pétreos utilizados na pavimentação (concreto Asfáltico) e drenagem serão fornecidos de pedreiras / seixeiras comerciais fornecidas na região.

### 4.2.4 Jazidas

Foi identificada área com DMT em torno de 20,0Km do local dos serviços em condições de utilização nas camadas de base e sub-base da obra.

## 4.2 - Estudos Hidrológicos

O Estudo Hidrológico visa caracterizar as condições de vazão máxima afluente a cada obra de arte ou de drenagem superficial. O conhecimento dessas descargas permitirá o dimensionamento dos dispositivos de drenagem selecionados.

### 4.2.1 Dados Utilizados

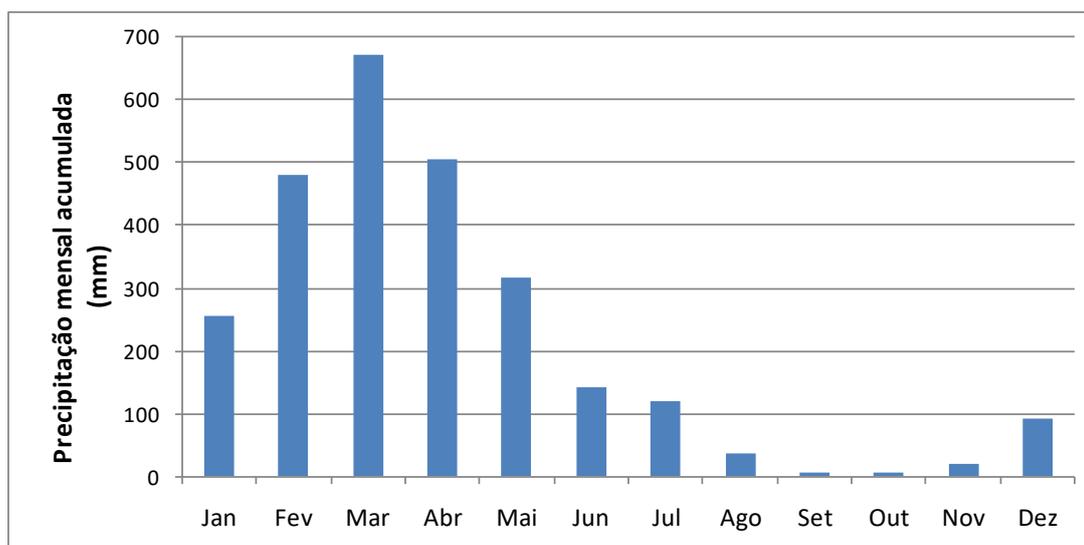
Foram utilizadas as informações provenientes de consulta à carta topográfica que contempla o município de Redenção na escala 1:100.000, produzida pela Diretoria de Serviços Geográficos do Exército Brasileiro e dados publicados pela Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTAM, do Governo do Pará.

Além da cartografia, dados registrados de observações das condições climáticas obtidas por estações meteorológicas, relativos à pluviometria, também foram utilizados. A estação meteorológica Convencional mais próxima ao local do empreendimento foi a localizada no próprio município de Santarém/PA, identificada abaixo:

- Número: 00830000,
- Tipo: Convencional;
- Responsável: ANA;
- Latitude: -02° 26' 24" S;
- Longitude: -54° 42' 28" W.

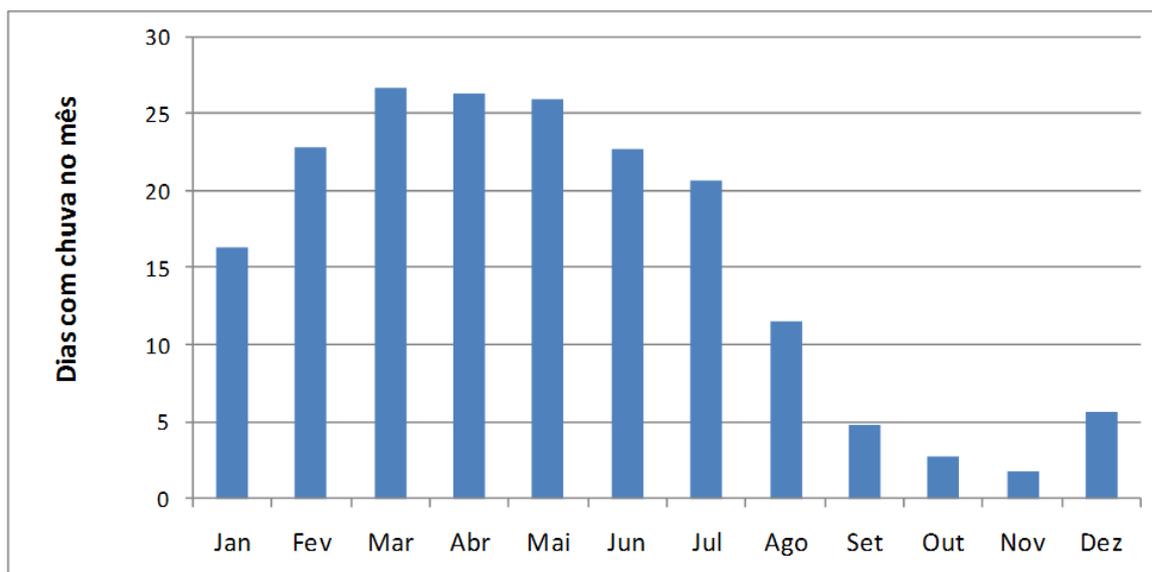
### 4.2.1 Características da Pluviometria

Segundo informações coletadas na planilha “Média das precipitações pluviométricas por Mesoregião Paraense”, publicada pela SECTAM-PA, as chuvas registradas na estação meteorológica convencional, localizada no próprio município, ocorrem com maior intensidade nos meses de janeiro a junho, conforme Figura a seguir, o gráfico apresenta precipitação mensal acumulada média em quase 35 anos de observação na referida estação.



*Precipitação mensal acumulada (média de 35 anos, estação Santarém/PA)*

Da estação meteorológica convencional foram obtidas ainda as informações relativas ao número de dias com chuvas na região. Os dados coletados e disponíveis no site do INMET estão apresentados no gráfico abaixo.



*Dias de chuva por mês (média 2010-2020) - estação Santarém/PA*

Além das informações descritas nos gráficos, foi possível obter da série de 30 anos das Normais Climatológicas (1984-2014) e das informações da SECTAM, referentes às estações meteorológicas em estudo, as seguintes informações:

<b>Informação</b>	<b>Estação Redenção</b>
Média de precipitação acumulada em um ano	3000,0 mm
Chuva máxima acumulada em 24h no mês mais chuvoso	139,0 mm (12mar2008)
Dias de chuva por ano (média dos últimos 8 anos)	188 dias

*Dados pluviométricos da Estação Santarém/PA*

#### **4.2.2 Determinação da Equação das Chuvas – Método das Isozonas**

Foram obtidas na página da Internet do INMET e nas Normais Climatológicas as informações relativas à altura máxima de chuva de 24 horas ocorridas anualmente. Os valores estão descritos na tabela a seguir.

Ano	Precipitação máxima acumulada de 24h
1984	89,8
1985	133,0
1986	112,1
1987	75,0
1988	103,8
1989	126,8
1990	81,0
1980	119,4
1991	138,4
1992	125,4
1993	73,9
1994	91,2
1995	143,0

Para o cálculo da equação das chuvas a ser aplicada na região de Redenção, foram considerados os dados da estação meteorológica acima referida. Pelo método das isozonas para a determinação da equação das chuvas, recomendado pela Diretoria de Engenharia da Aeronáutica- DIRENG calcula-se primeiramente a média e o desvio padrão dos dados relativos à altura máxima de chuva de 24 horas anuais.

- $\bar{I} = 108,7$  mm
- $sI = 24,5$  mm
- $n = 13$  pontos

Para a determinação da chuva máxima provável para certo tempo de recorrência, é necessário realizar transformações por meio de um método estatístico, no caso foi utilizada a Distribuição de Gumbel descrita nas expressões a seguir.

$$I_t = \bar{I} + k \cdot s_I \quad k = \frac{-\log(-\log\left(1 - \frac{I}{T}\right)) - \mu_y}{\sigma_y} \cdot 1,1$$

Onde:

- $I_t$  = precipitação máxima provável para o tempo de recorrência  $T$ ;
- $\bar{I}$  = média das precipitações estudadas;
- $s_x$  = desvio padrão das precipitações estudadas; e
- $\mu_y$  e  $\sigma_y$  = constantes de Gumbel que dependem do número de dados.

Os fatores de Gumbel para um conjunto de 13 pontos são:

- $\mu_y = 0,5128$
- $\sigma_y = 1,0206$

Com base nestas informações, o valor para a constante  $k$ , para um tempo de recorrência de 10 anos será:

$$k = \frac{-\log(-\log\left(1 - \frac{1}{10}\right)) - 0,5128}{1,0206} \cdot 1,1 = 0,89$$

Concluindo, determina-se a chuva máxima de 24 horas para o tempo de recorrência de 10 anos para a região do projeto básico:

$$I_t = \bar{I} + k \cdot s_I = 108,7 + 0,89 \cdot 24,5 = 130,5 \text{ mm}$$

No passo seguinte do método das isozonas, faz-se a transformação de chuva de 24 horas para as chuvas de 6 minutos e de 1 hora. Do mapa, infere-se que o município de Redenção encontra-se numa isozona C, de onde pode-se obter os valores de transformação para um  $T_r$  (tempo de recorrência) de 10 anos: 39,7% para chuvas de 1 hora e 9,8% para chuvas de 6 minutos.

Em seguida determinam-se as alturas e intensidades de chuva para os tempos solicitados de 6 minutos, 1 hora e 24 horas.

Para 6 minutos:

$$I_{6min} = 130,5 \cdot 0,098 = 12,79 \text{ mm}$$

$$i_{6min} = 12,8 \cdot 60 / 6 = 127,9 \text{ mm/h}$$

Para 1 hora:

$$I_{1h} = 130,5 \cdot 0,397 = 51,81 \text{ mm}$$

$$i_{1h} = 51,81 \cdot 60 / 60 = 51,8 \text{ mm/h}$$

Para 24 horas:

$$I_{24h} = 130,5 \text{ mm}$$

$$i_{24h} = 130,5 \cdot 1 / 24 = 5,4 \text{ mm/h}$$

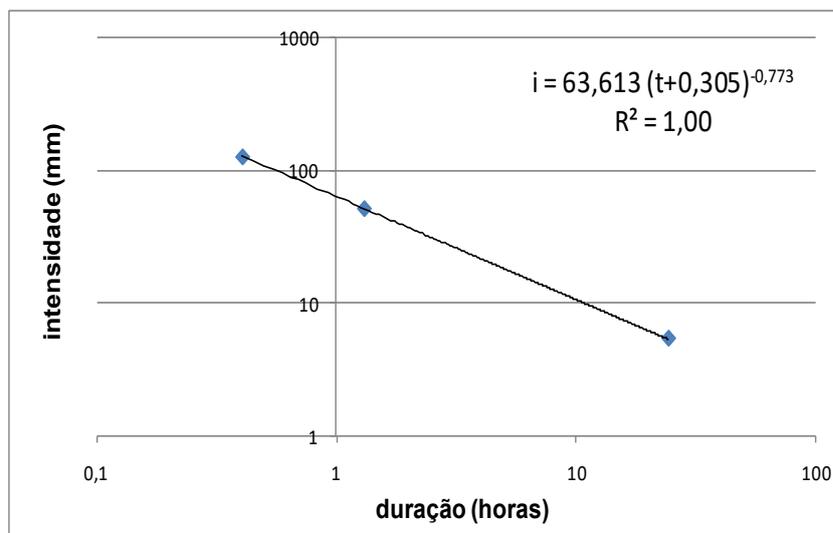
De forma usual, a relação intensidade- duração- freqüência das precipitações é representada por equações do tipo:

$$i = C \cdot (t + t_0)^{-n}$$

onde:

- $i$ : intensidade pluviométrica média máxima para a duração  $t$ , em mm/h;
- $t$ : duração da chuva em horas;
- $C, n, t_0$ : parâmetros a determinar.

Com as intensidades de chuvas para 6 min, 1 hora e 24 horas, determinadas para o tempo de recorrência de 10 anos, é possível determinar a equação das chuvas, que está representada no gráfico a seguir:



*Equação das chuvas para Santarém/PA*

Expressão final da equação das chuvas para a região do empreendimento, obtida pelo método das isozonas e considerando um tempo de retorno de 10 anos.

$$i = 63,613 \cdot (t + 0,305)^{-0,773}$$

## **5. PROJETO**

## 5.1 – Projeto Geométrico

### 5.1.1. Diretrizes do Projeto

O projeto geométrico foi elaborado com base nos levantamentos topográficos, estudos de traçado, hidrológicos, geotécnicos e diretrizes da SETRAN - Secretária de Transportes do Estado do Pará.

Para o desenvolvimento do Projeto Geométrico foram seguidos os parâmetros básicos e normas para projeto de rodovias do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT.

O segmento do trecho tem seu início no entroncamento da PA-457, onde foi demarcada a estaca 0+0,00, e o seu final no aeroporto de Santarém com extensão de 5,00Km.

### 5.1.2. Diretrizes do Projeto

O traçado constante do projeto geométrico teve como diretriz a estrada existente. A situação da geometria atual se enquadra no parâmetro básico adotado para esta via sendo necessário mínimas adequações de algumas curvas e alinhamentos de tangente.

O projeto foi condicionado ainda pelo relevo plano da região, pelos vilarejos existentes e cursos d'água atravessados.

Foram realizadas retificações destinadas a enquadrar o traçado nas características exigidas para a velocidade de 60 Km/h. Na elaboração do projeto, procurou-se aproveitar ao máximo possível o leito da pista existente.

Cabe ressaltar que em alguns segmentos, a velocidade de operação será restringida por se tratar de travessias urbanas em vilarejos e em alguns pontos devido aos raios das curvas não estarem adequados para a velocidade de projeto, para se aproveitar o leito estradal existente.

### 5.1.3. Valores Básicos de Projeto

Foram adotados os seguintes parâmetros básicos para o projeto:

Classe da Rodovia	IV
Velocidade de Projeto	60 Km/h
Distância mínima de visibilidade de parada	85 m
Raio mínimo de curvas horizontais	110,00 m
Rampa máxima longitudinal	4%
Superelevação máxima	4%

#### 5.1.4. Seção Transversal da Rodovia

As dimensões da seção transversal para a implantação dos serviços de restauração e conservação foram assim definidas:

Características Técnicas	Valores
Largura da pista de rolamento	14,00 m (4 x 3,50m)
Largura dos acostamentos	3,00 m (2 x 1,50m)
Faixa de segurança eixo	0,60 m (1 x 0,60m)
Largura da plataforma acabada	17,60 m
Largura da faixa de domínio	30,00 m
Abaulamento da plataforma	-3%
Inclinação do talude de corte	3:2 (V:H)
Inclinação do talude de aterro	2:3 (V:H)

#### 5.1.5. Projeto em Planta

O traçado em planta teve como base os parâmetros de projeto definidos em função da classe da rodovia e da adequação do traçado as condições locais existentes e em função das condições econômicas para a execução da rodovia.

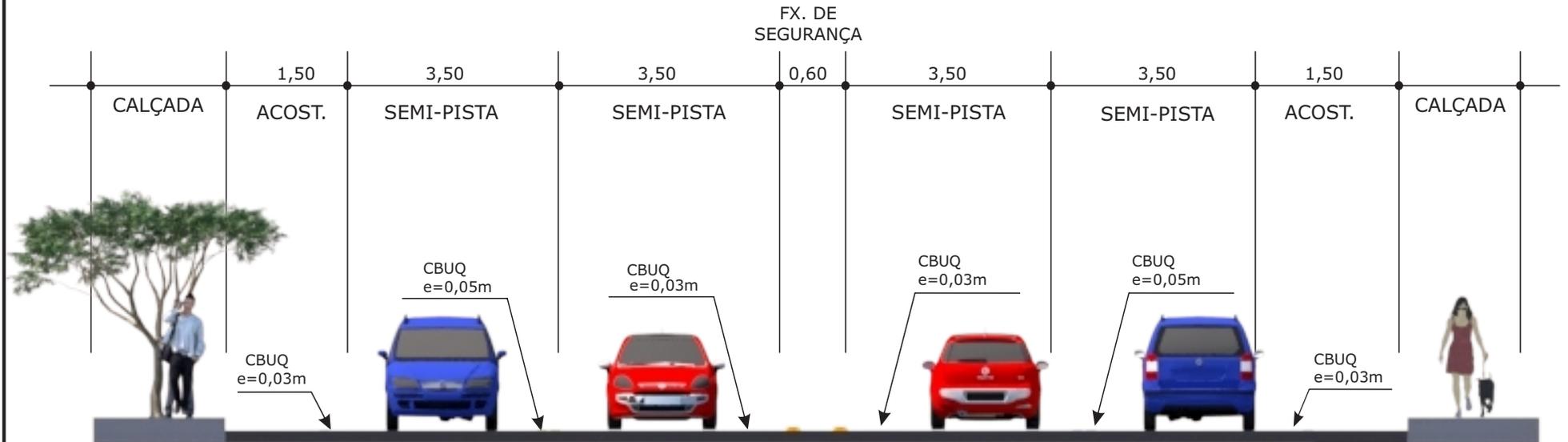
O projeto em planta procurou proporcionar adequadas condições de conforto e segurança aos usuários, tendo sido elaborado a partir de uma análise prévia de sua compatibilização com o alinhamento vertical.

Essa adequada conjugação no traçado em planta além de se traduzir em maior segurança e conforto para os usuários, também procurou dar características de forma que reduzisse seus custos de manutenção e operação.

#### 5.1.6. Resultados obtidos

A seguir é apresentado a seção tipo e o detalhamento em planta do traçado geométrico.

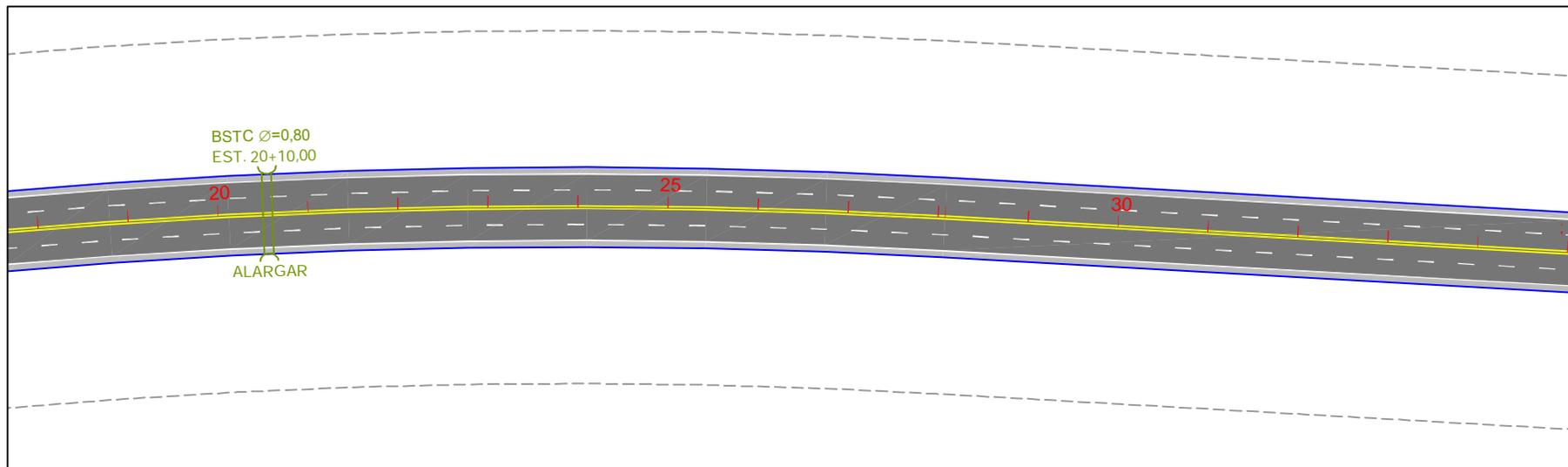
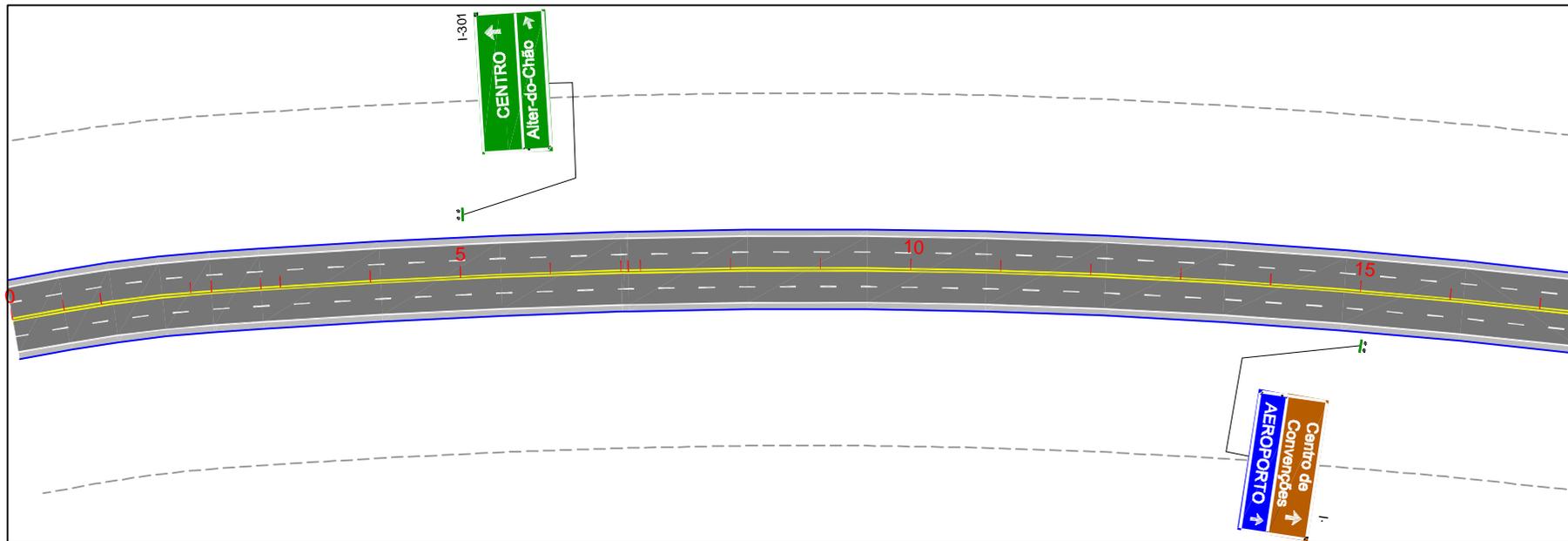
## SEÇÃO TIPO - PROJETO GEOMÉTRICO



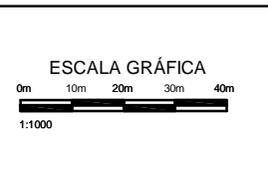
### OBSERVAÇÃO:

- 1 - DIMENSÕES EM METRO.
- 2- VER CONFORME MEMÓRIA EM ANEXO DO PROJETO

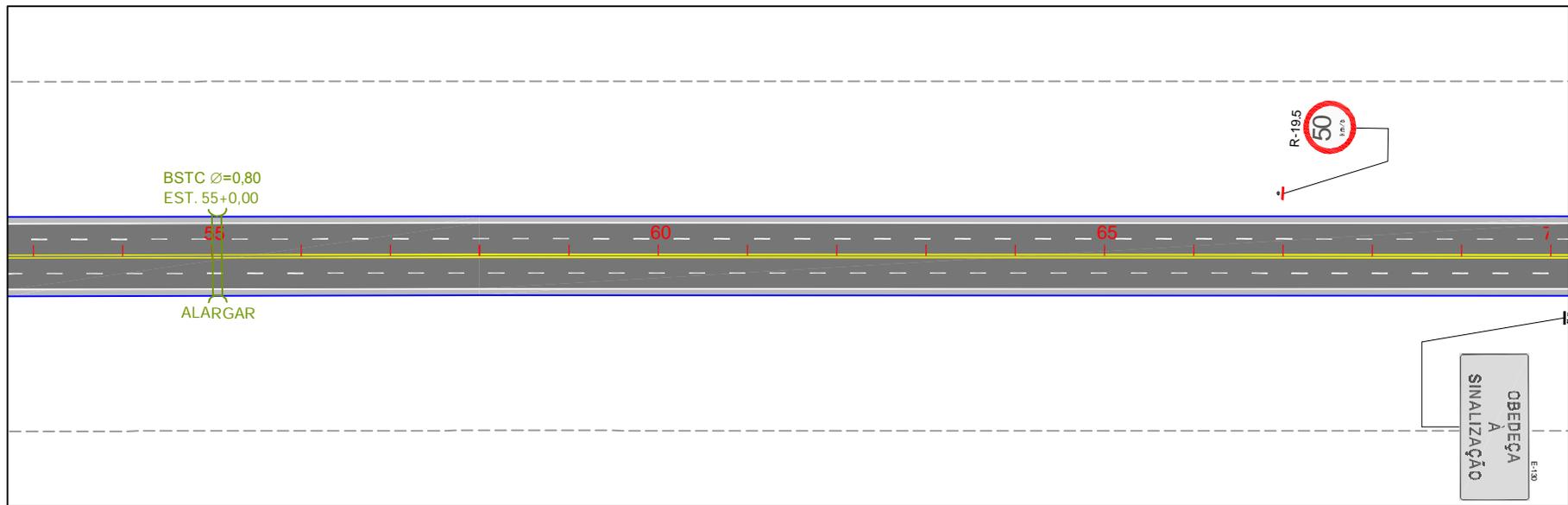
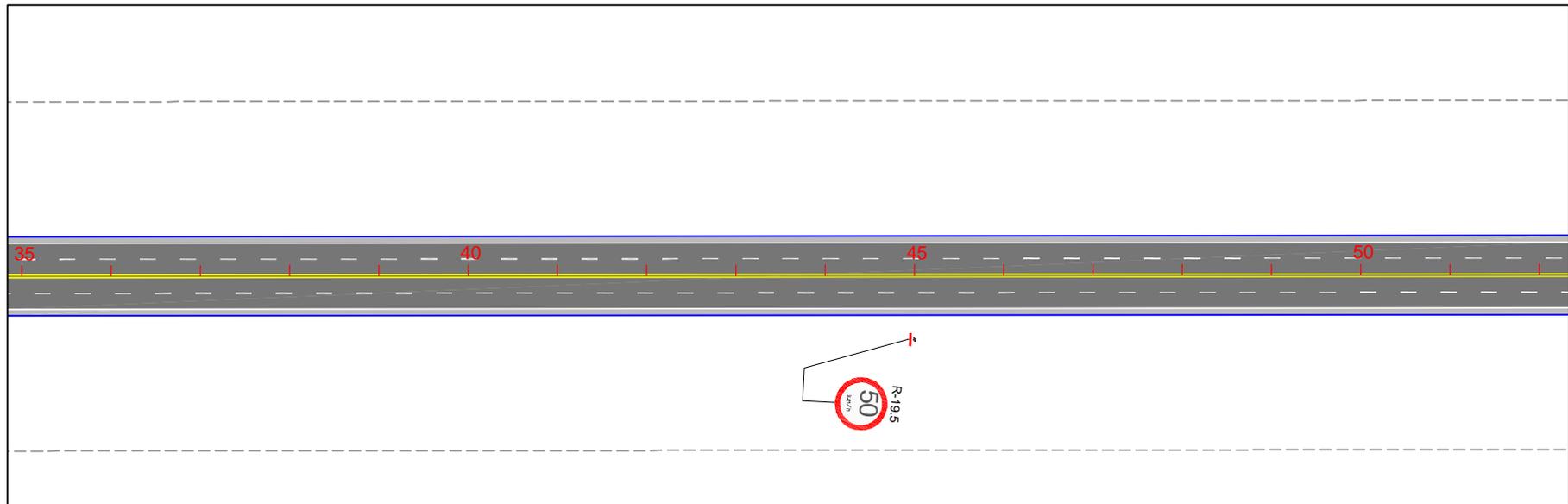
<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN</b>	
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO : ENTRONC. PA-457 - AEROPORTO(SANTARÉM) EXTENSÃO: 5,00 Km
<b>SEÇÃO TIPO - PROJETO GEOMÉTRICO</b>	
	
QD	



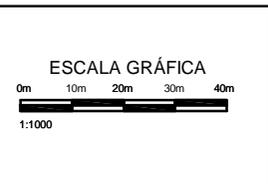
0 5 10	EIXO DE PROJETO		LINHAS SIMPLES SECCIONADA (LFO-2)	DE CIMA	DE FRENTE		PLACA DE REGULAMENTAÇÃO	DE CIMA	DE FRENTE		PLACA INDICATIVA
	MARCADOR DE OBSTÁCULO		LINHA CONTÍNUA (LFO-3)			PLACA DE ADVERTÊNCIA			PLACA INDICATIVA		PLACA EDUCATIVA
	DEFENSAS		LINHAS CONTÍNUA/SECCIONADA (LFO-4)			MARCO RODOVIÁRIO - ESTADUAL			PLACA EDUCATIVA		



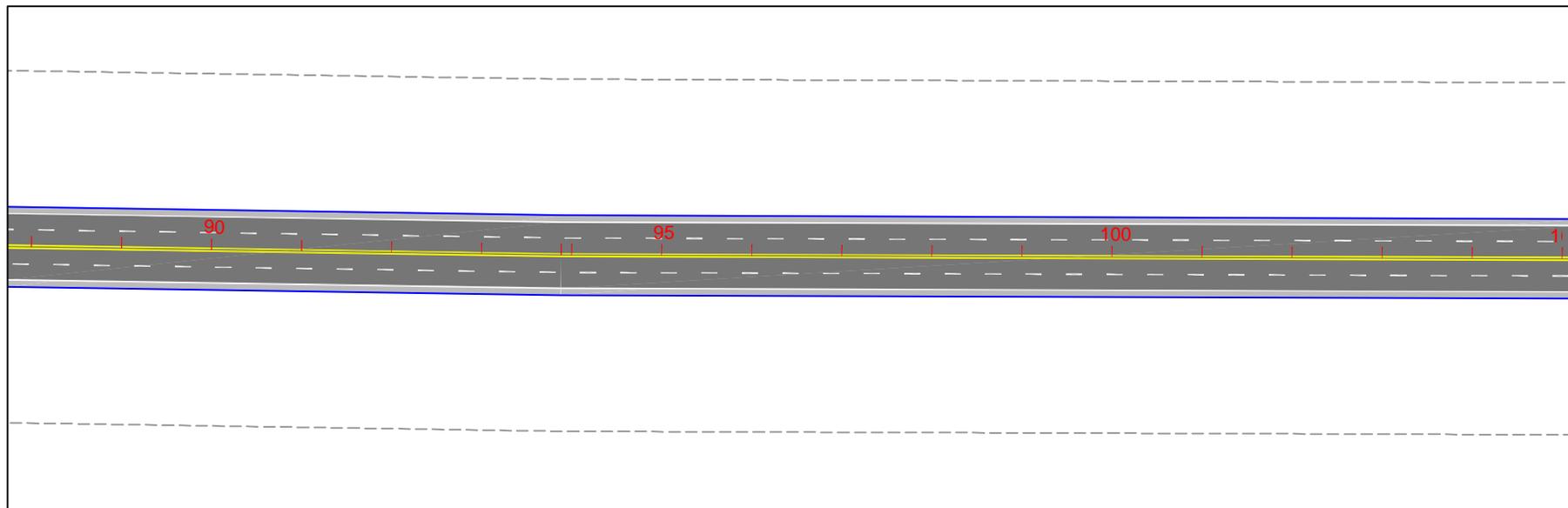
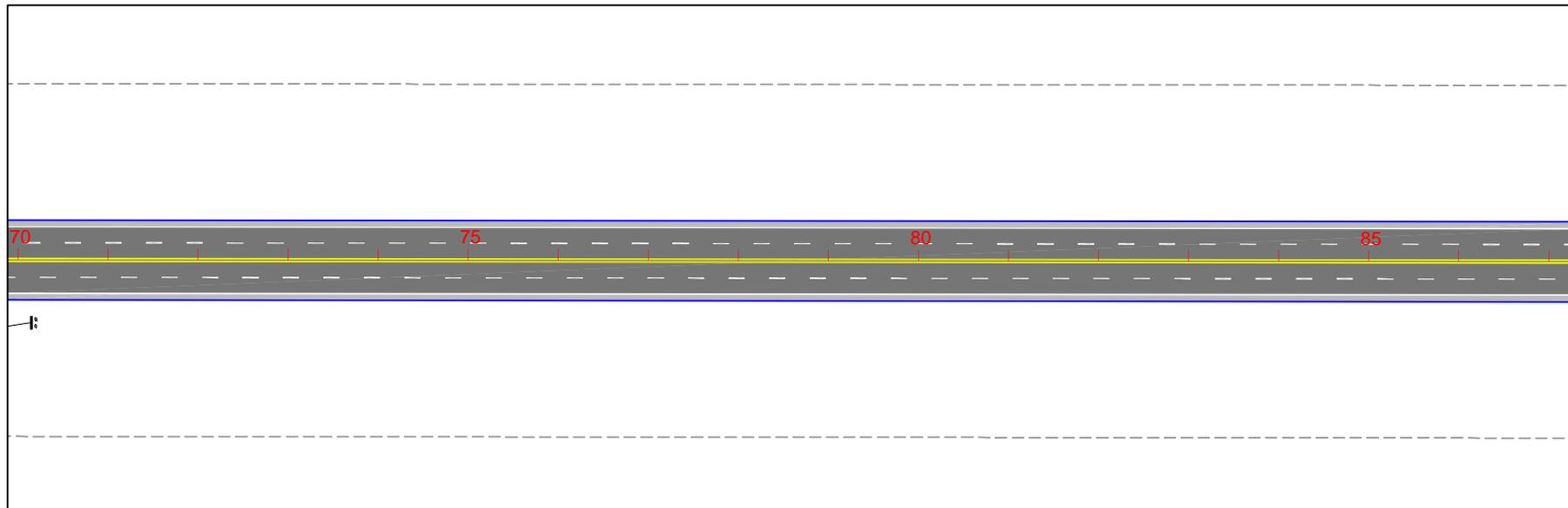
<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES</b>		
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO: ENTROC. PA-457 - AEROPORTO (SANTAREM) EXTENSÃO: 5,00 Km	
PROJETO DE SINALIZAÇÃO		DES.:



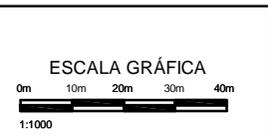
0 5 10 EIXO DE PROJETO	LINHAS SIMPLES SECCIONADA (LFO-2)	DE CIMA DE FRENTE 	PLACA DE REGULAMENTAÇÃO	DE CIMA DE FRENTE 	PLACA INDICATIVA
MARCADOR DE OBSTÁCULO	LINHA CONTÍNUA (LFO-3)		PLACA DE ADVERTÊNCIA		PLACA INDICATIVA
DEFENSAS	LINHAS CONTÍNUA/SECCIONADA (LFO-4)		MARCO RODOVIÁRIO - ESTADUAL		PLACA EDUCATIVA



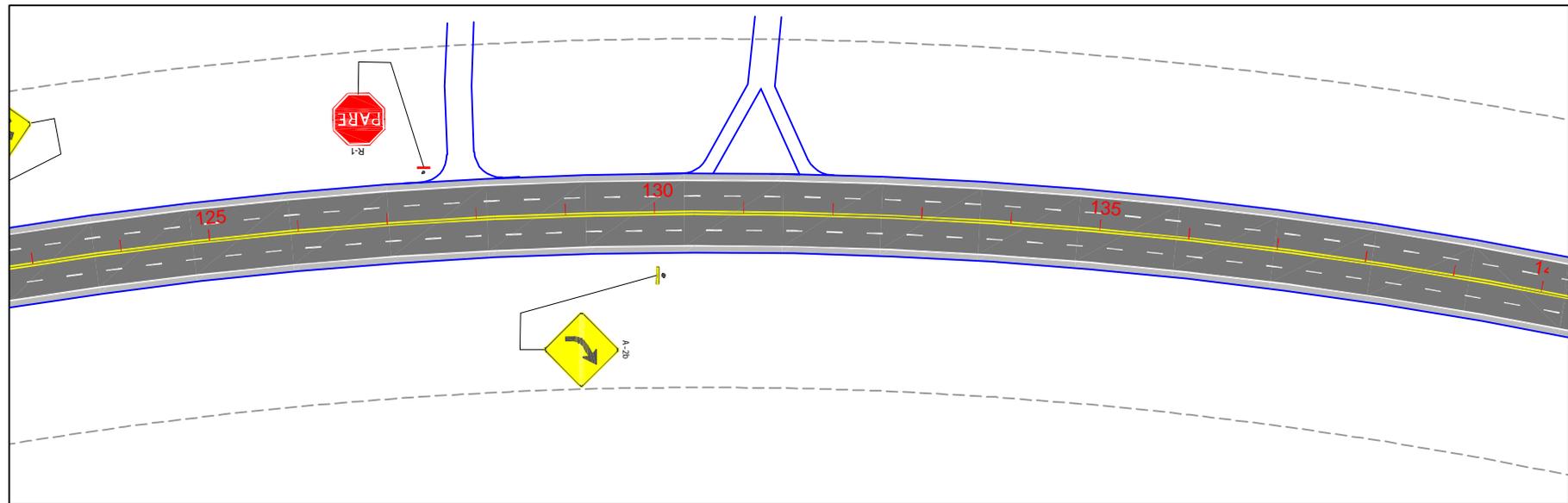
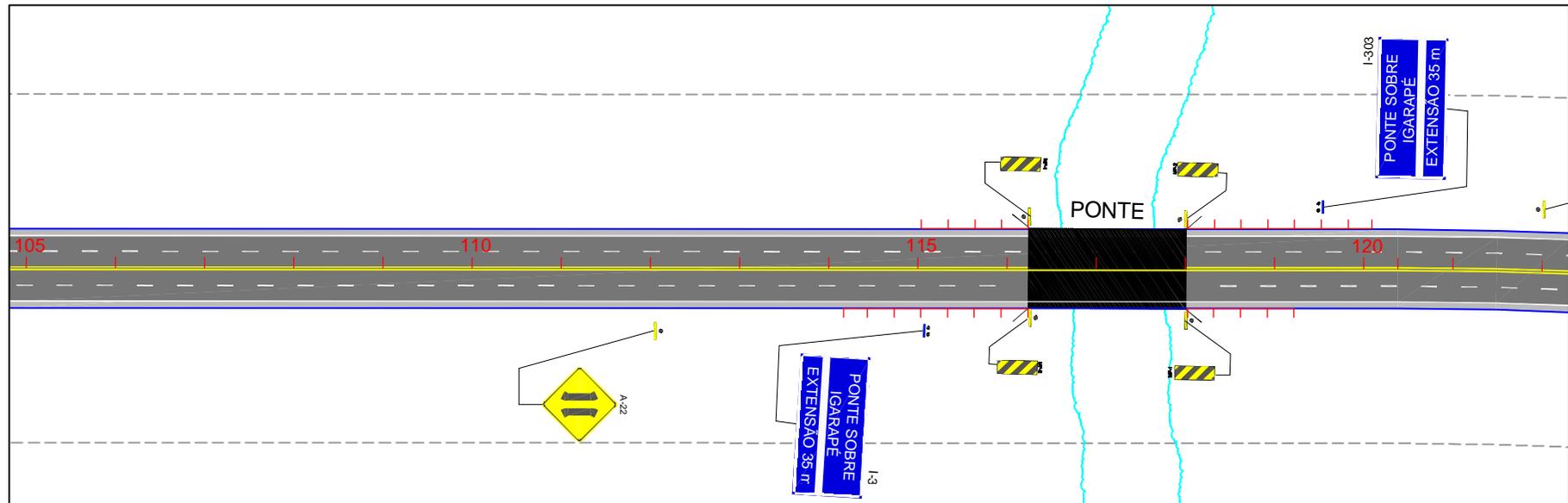
<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES</b>		
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO: ENTROC. PA-457 - AEROPORTO (SANTAREM) EXTENSÃO: 5,00 Km	
PROJETO DE SINALIZAÇÃO		DES.:



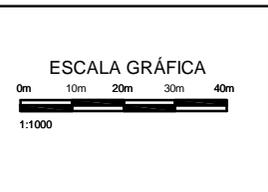
 EIXO DE PROJETO	 LINHAS SIMPLES SECCIONADA (LFO-2)	 DE CIMA DE FRENTE	 DE CIMA DE FRENTE	 PLACA DE REGULAMENTAÇÃO	 DE CIMA DE FRENTE	 DE CIMA DE FRENTE	 PLACA INDICATIVA
 MARCADOR DE OBSTÁCULO	 LINHA CONTÍNUA (LFO-3)	 DE CIMA DE FRENTE	 DE CIMA DE FRENTE	 PLACA DE ADVERTÊNCIA	 DE CIMA DE FRENTE	 DE CIMA DE FRENTE	 PLACA INDICATIVA
 DEFENSAS	 LINHAS CONTÍNUA/SECCIONADA (LFO-4)	 DE CIMA DE FRENTE	 DE CIMA DE FRENTE	 MARCO RODOVIÁRIO - ESTADUAL	 DE CIMA DE FRENTE	 DE CIMA DE FRENTE	 PLACA EDUCATIVA



<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES</b>		
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO: ENTROC. PA-457 - AEROPORTO (SANTAREM) EXTENSÃO: 5,00 Km	
PROJETO DE SINALIZAÇÃO		DES.:



0 5 10 EIXO DE PROJETO	LINHAS SIMPLES SECCIONADA (LFO-2)	DE CIMA DE FRENTE PLACA DE REGULAMENTAÇÃO	DE CIMA DE FRENTE PLACA INDICATIVA
MARCADOR DE OBSTÁCULO	LINHA CONTÍNUA (LFO-3)	DE CIMA DE FRENTE PLACA DE ADVERTÊNCIA	DE CIMA DE FRENTE PLACA INDICATIVA
DEFENSAS	LINHAS CONTÍNUA/SECCIONADA (LFO-4)	DE CIMA DE FRENTE MARCO RODOVIÁRIO - ESTADUAL	DE CIMA DE FRENTE PLACA EDUCATIVA

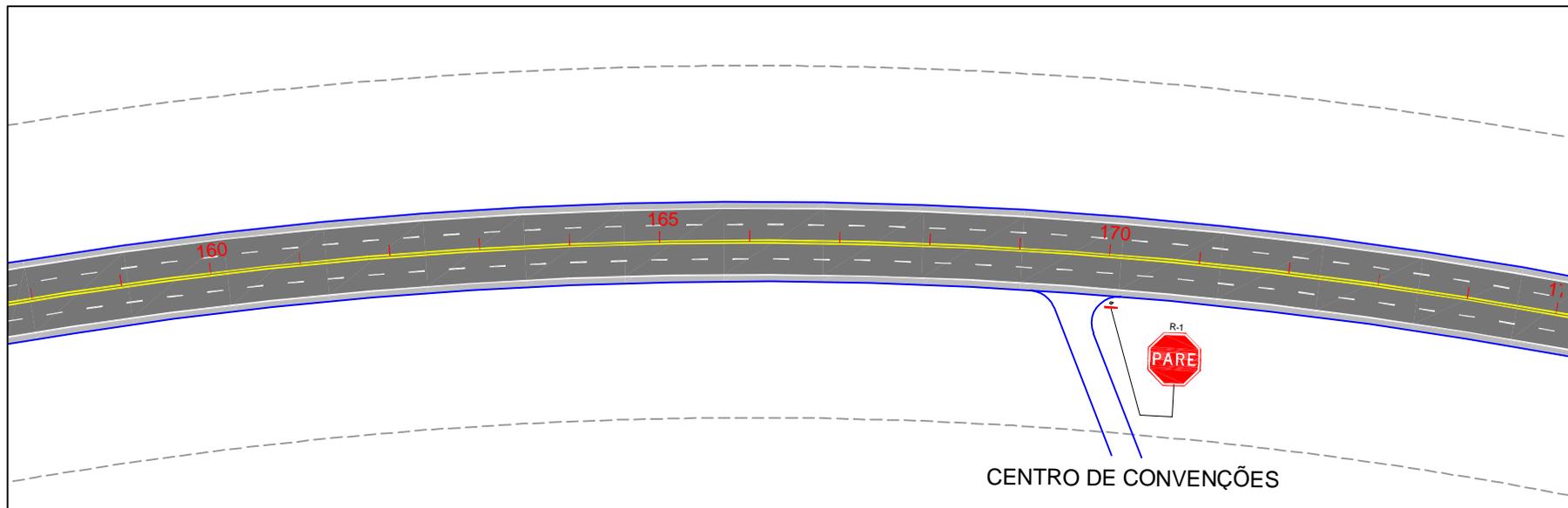
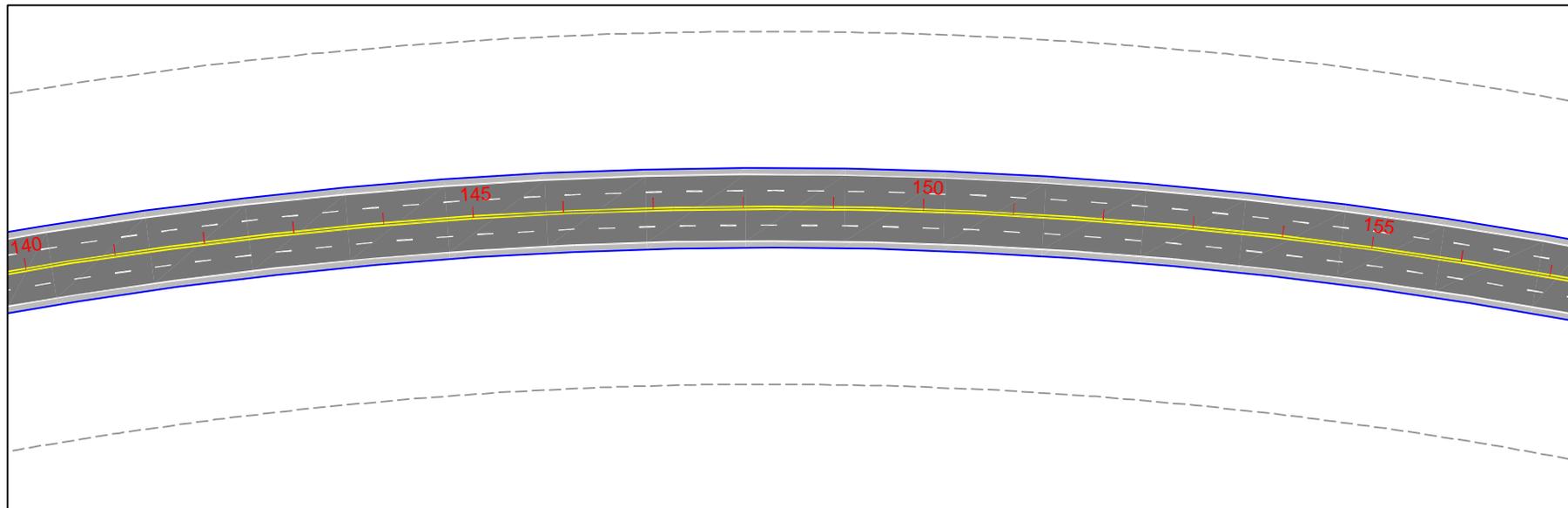


**GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES**

LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO)  
TRECHO: ENTROC. PA-457 - AEROPORTO (SANTARÉM)  
EXTENSÃO: 5,00 Km

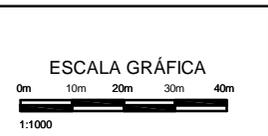
PROJETO DE SINALIZAÇÃO

DES.:

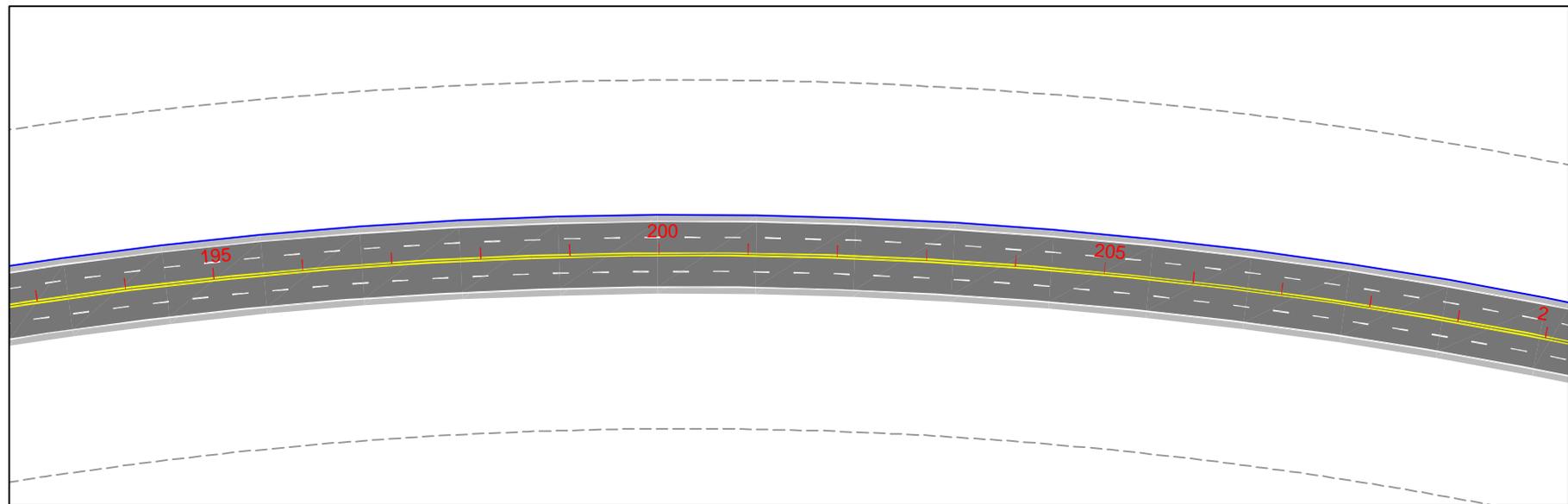
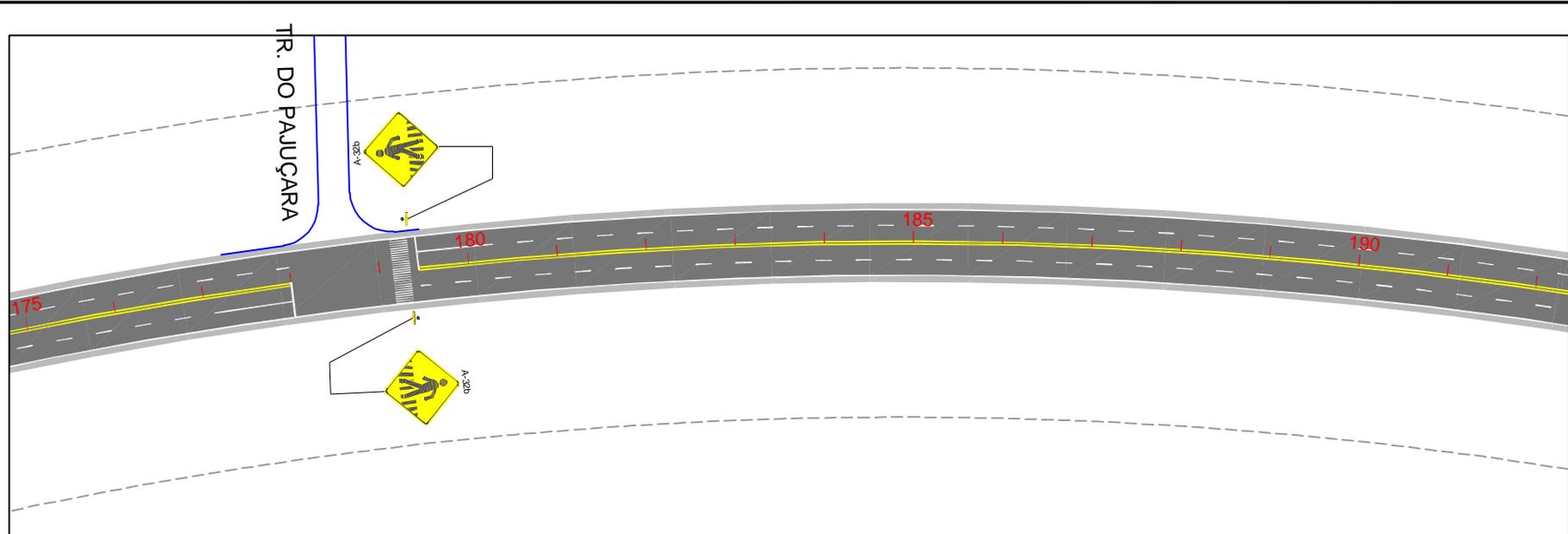


CENTRO DE CONVENÇÕES

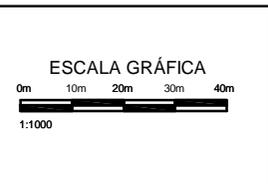
0 5 10	EIXO DE PROJETO		LINHAS SIMPLES SECCIONADA (LFO-2)	DE CIMA	DE FRENTE		PLACA DE REGULAMENTAÇÃO	DE CIMA	DE FRENTE		PLACA INDICATIVA
	MARCADOR DE OBSTÁCULO		LINHA CONTÍNUA (LFO-3)				PLACA DE ADVERTÊNCIA				PLACA INDICATIVA
	DEFENSAS		LINHAS CONTÍNUA/SECCIONADA (LFO-4)				MARCO RODOVIÁRIO - ESTADUAL				PLACA EDUCATIVA



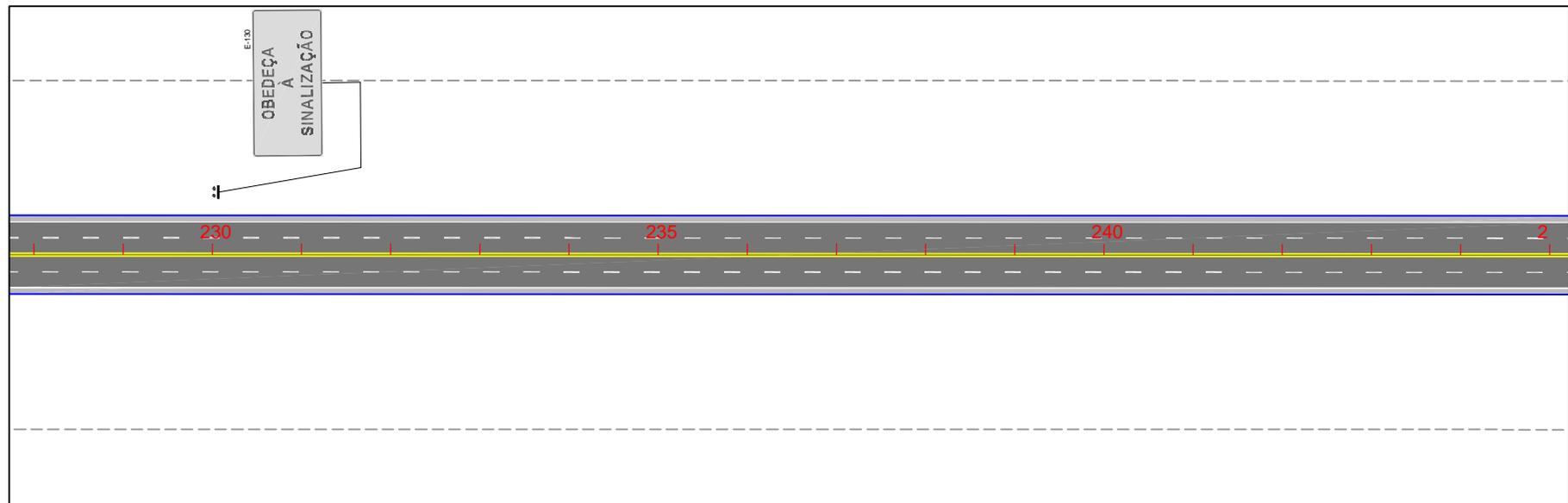
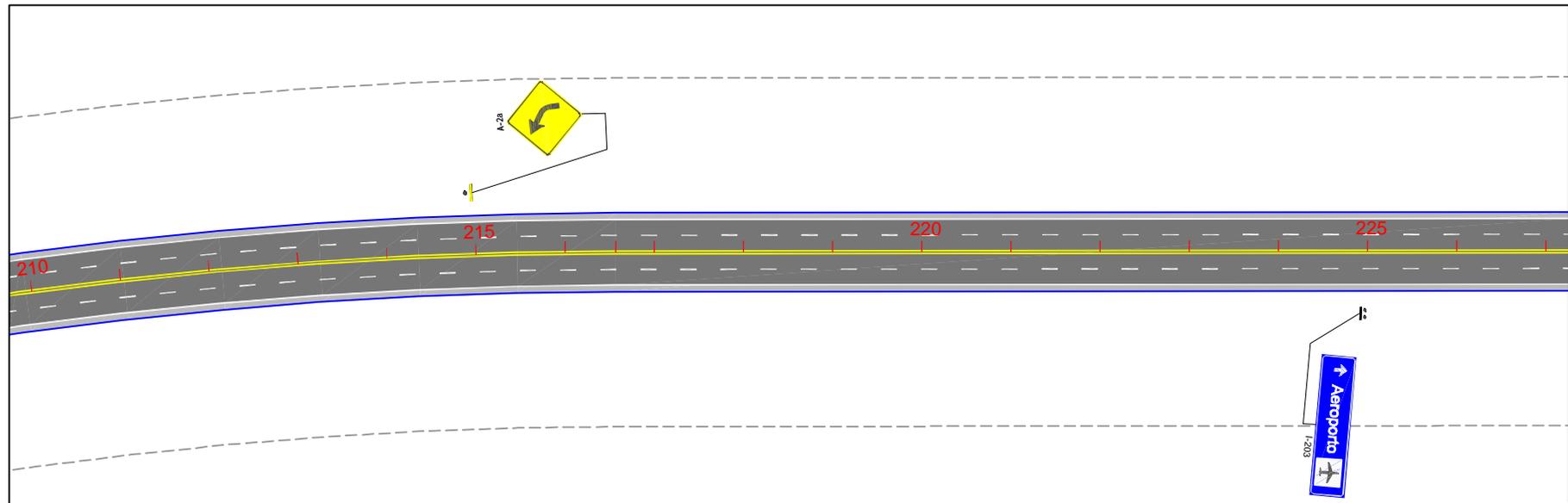
<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES</b>		
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO: ENTROC. PA-457 - AEROPORTO (SANTAREM) EXTENSÃO: 5,00 Km	
PROJETO DE SINALIZAÇÃO		DES.:



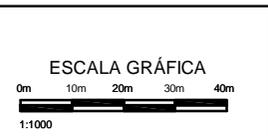
0 5 10 EIXO DE PROJETO	LINHAS SIMPLES SECCIONADA (LFO-2)	DE CIMA DE FRENTE PLACA DE REGULAMENTAÇÃO	DE CIMA DE FRENTE PLACA INDICATIVA
MARCADOR DE OBSTÁCULO	LINHA CONTÍNUA (LFO-3)	DE CIMA DE FRENTE PLACA DE ADVERTÊNCIA	DE CIMA DE FRENTE PLACA INDICATIVA
DEFENSAS	LINHAS CONTÍNUA/SECCIONADA (LFO-4)	DE CIMA DE FRENTE MARCO RODOVIÁRIO - ESTADUAL	DE CIMA DE FRENTE PLACA EDUCATIVA



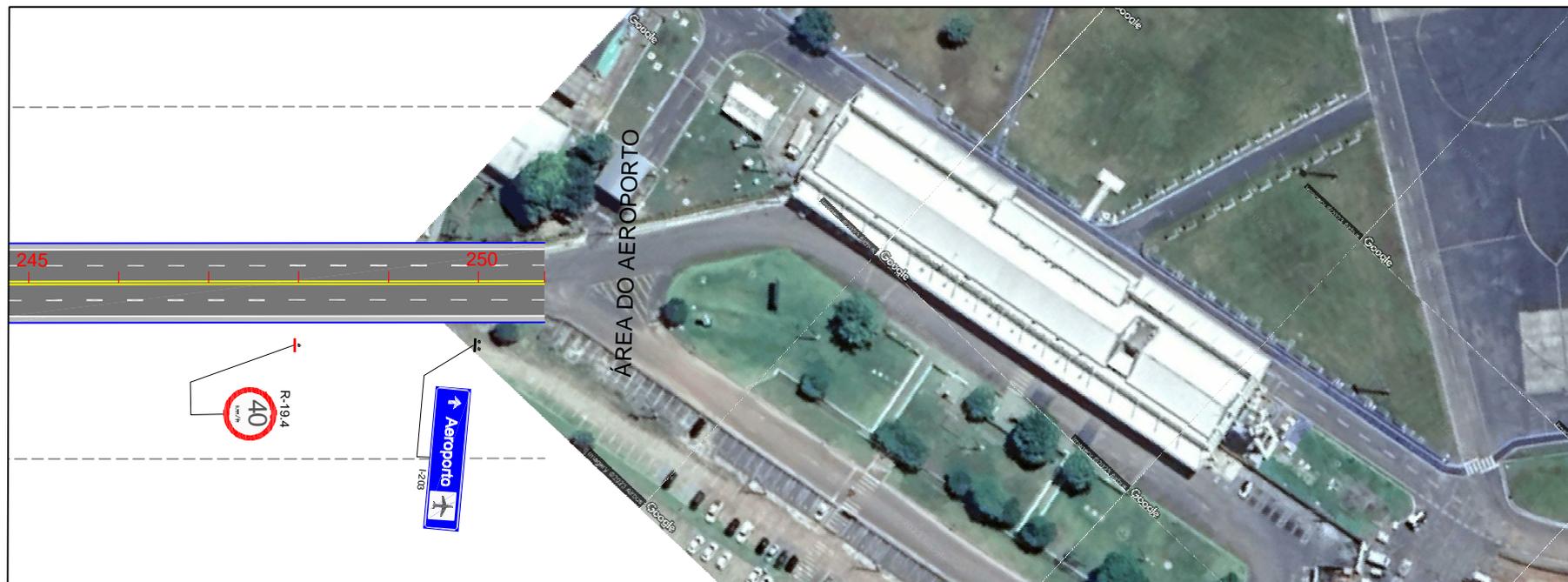
<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES</b>		
LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO: ENTROC. PA-457 - AEROPORTO (SANTAREM) EXTENSÃO: 5,00 Km		
PROJETO DE SINALIZAÇÃO		DES.:



0 5 10 	EIXO DE PROJETO		LINHAS SIMPLES SECCIONADA (LFO-2)	DE CIMA DE FRENTE 	DE FRENTE 	PLACA DE REGULAMENTAÇÃO	DE CIMA DE FRENTE 	DE FRENTE 	PLACA INDICATIVA
	MARCADOR DE OBSTÁCULO		LINHA CONTÍNUA (LFO-3)	DE CIMA DE FRENTE 	DE FRENTE 	PLACA DE ADVERTÊNCIA	DE CIMA DE FRENTE 	DE FRENTE 	PLACA INDICATIVA
	DEFENSAS		LINHAS CONTÍNUA/SECCIONADA (LFO-4)	DE CIMA DE FRENTE 	DE FRENTE 	MARCO RODOVIÁRIO - ESTADUAL	DE CIMA DE FRENTE 	DE FRENTE 	PLACA EDUCATIVA



<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES</b>		
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO: ENTROC. PA-457 - AEROPORTO (SANTAREM) EXTENSÃO: 5,00 Km	
PROJETO DE SINALIZAÇÃO		DES.:



0 5 10 EIXO DE PROJETO	LINHAS SIMPLES SECCIONADA (LFO-2)	DE CIMA DE FRENTE PLACA DE REGULAMENTAÇÃO	DE CIMA DE FRENTE PLACA INDICATIVA
MARCADOR DE OBSTÁCULO	LINHA CONTÍNUA (LFO-3)	DE CIMA DE FRENTE PLACA DE ADVERTÊNCIA	DE CIMA DE FRENTE PLACA INDICATIVA
DEFENSAS	LINHAS CONTÍNUA/SECCIONADA (LFO-4)	DE CIMA DE FRENTE MARCO RODOVIÁRIO - ESTADUAL	DE CIMA DE FRENTE PLACA EDUCATIVA



<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES</b>		
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO: ENTROC. PA-457 - AEROPORTO (SANTAREM) EXTENSÃO: 5,00 Km	
PROJETO DE SINALIZAÇÃO		DES.:

## 5.2 – Projeto de Terraplenagem

---

O projeto básico de Terraplenagem foi elaborado seguindo as recomendações contidas na IS-209 (Instruções de Serviço para Projeto de Terraplenagem) do manual de diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários, subsidiado pelo projeto Geométrico e Estudos Geotécnicos, constatou-se a necessidade de materiais para execução dos aterros e a verificação "in loco" da drenagem do terrapleno existente na época de maiores precipitações pluviométricas.

### 5.2.1 Elementos Básicos

Os elementos básicos utilizados para a elaboração deste projeto foram obtidos do projeto geométrico e dos estudos geotécnicos. O projeto geométrico forneceu as informações que permitiram a determinação do volume de terraplenagem.

Os estudos geotécnicos forneceram os elementos referentes à qualidade dos materiais existentes no subleito / terreno natural, através de suas características físico-mecânicas obtidas nos ensaios de laboratório, isso permitiu um conhecimento sobre os solos que constituirão os corpos de aterros, assim como, a definição dos locais de empréstimos.

### 5.2.2 Definições Básicas

Os elementos básicos empregados no projeto foram:

- ✓ Geometria do traçado em planta definido no projeto geométrico;
- ✓ Largura de plataforma (L) em função da espessura de pavimento (h):
  - Corte:  $L - 2h$
  - Aterro:  $L + 3h$
- ✓ Inclinação da pista em tangente: 3%;
- ✓ Inclinação máxima em curva: 8%;

Geometria dos taludes ficou assim definida:

- ✓ Taludes de corte: inclinação: 3 (V) : 2 (H);
- ✓ Taludes de aterro: inclinação: 2 (V) : 3 (H).

### 5.2.3 Distribuição de Materiais

A obra em si apresenta considerável movimentação de terras devido às características existentes da rodovia

No quadro resumo de distribuição de Terraplenagem apresenta-se a movimentação de terra com os resultados da escavação, carga e transporte para os diversos horizontes de DMT dos materiais escavados, conforme sua classificação, definindo o plano de execução de terraplenagem.

#### **5.2.4 Camada final do aterro e acabamento de terraplenagem**

Todo o material destinado à camada final de aterro e acabamento de terraplenagem provém de escavações devidamente analisados que possuem características geotécnicas adequadas, isto se repete ao corpo de aterro.

Deverá ser procedida a compactação do acabamento de terraplenagem nos últimos 60 cm de aterro com energia de 100% do Próctor normal dividida em camadas de, no máximo 20 cm.

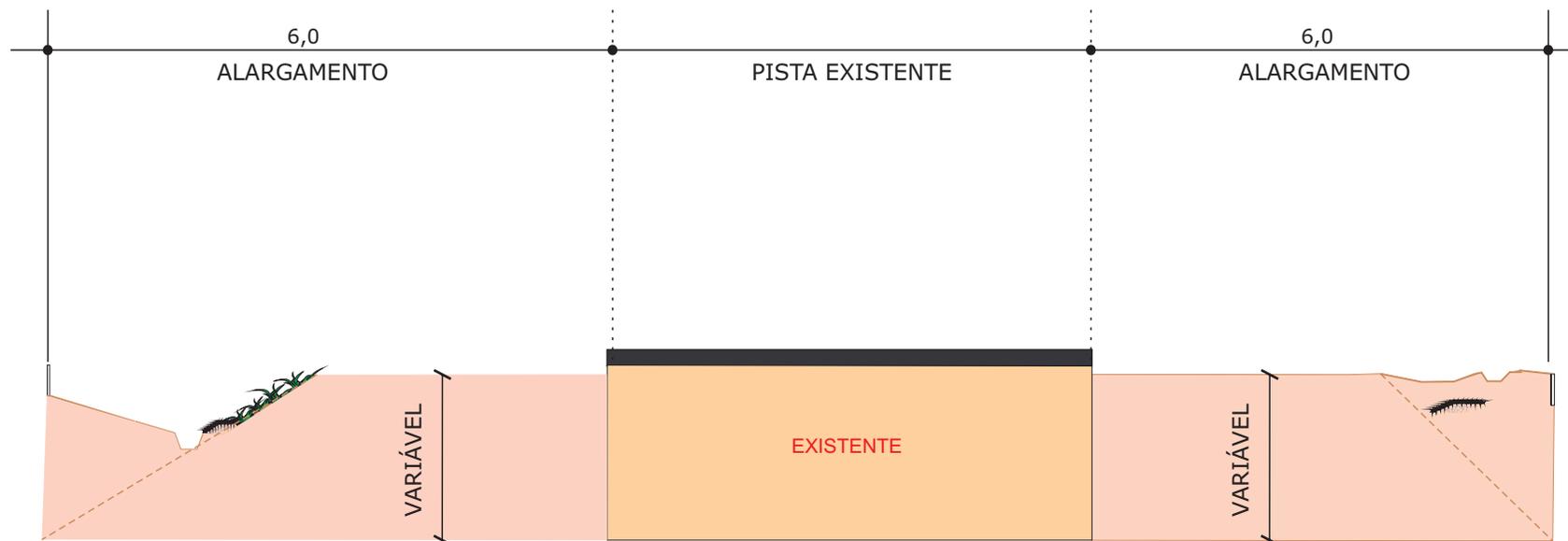
As distancias de transporte foram calculadas com base na posição do centro de gravidade dos maciços tornando-se a distância real definida pelas condições geométricas do perfil.

Foram também observadas na distribuição as características geotécnicas dos solos a serem empregados nos aterros, tendo em vista o valor do ISC (Índice Suporte Califórnia) de projeto adotado no dimensionamento do pavimento e a expansão dos materiais.

#### **5.2.5 Resultados Obtidos**

A seguir é apresentada a seção transversal-tipo de terraplenagem bem como as memórias resultantes do movimento de terras

## SEÇÃO TIPO - PROJETO DE TERRAPLENAGEM

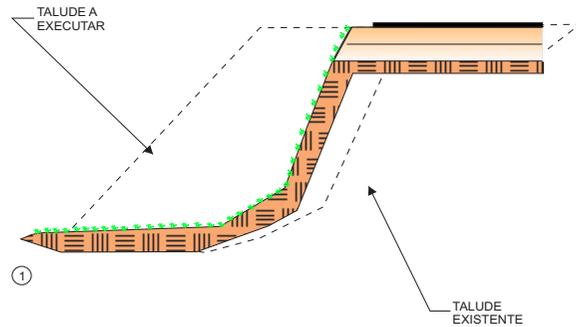


**OBSERVAÇÃO:**

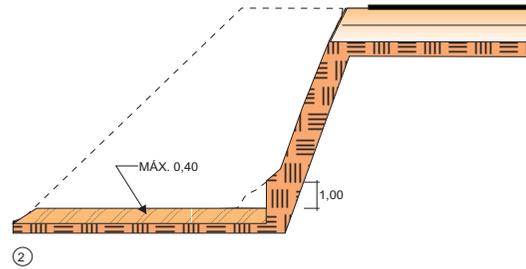
- 1 - DIMENSÕES EM METRO.
- 2- VER CONFORME MEMÓRIA EM ANEXO DO PROJETO

<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN</b>	
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO : ENTRONC. PA-457 - AEROPORTO(SANTARÉM) EXTENSÃO: 5,00 Km
<b>SEÇÃO TIPO - PROJETO DE TERRAPLENAGEM</b>	
QD	

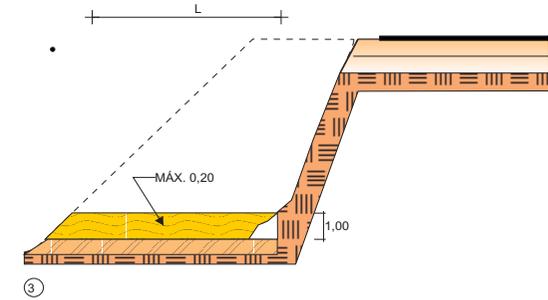
MARCAÇÃO "OFF SET"



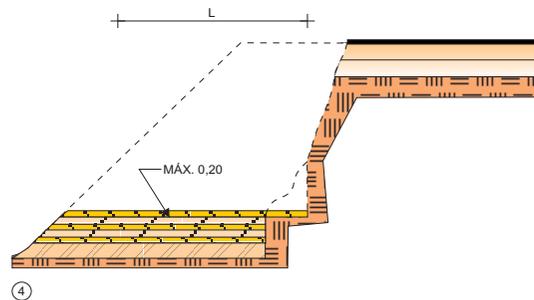
• LIMPEZA DA SAÍDA DO ATERRO E DO TERRENO ONDE SERÁ EXECUTADO O ALARGAMENTO DA PLATAFORMA. CORTE DA SAÍDA E REGULARIZAÇÃO DO TERRENO NATURAL. COMPACTAÇÃO DA 1ª CAMADA.



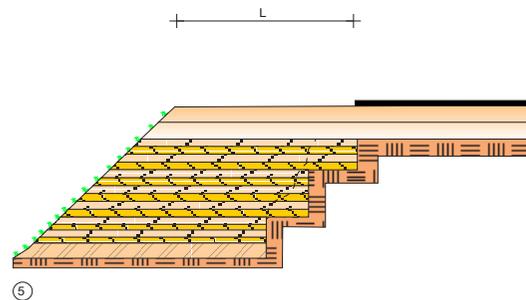
• EXECUÇÃO DA 2ª CAMADA COM MATERIAL DE JAZIDA. PROCESSAMENTO IDÊNTICO ATÉ QUE A LARGURA "L" SEJA A MÍNIMA NECESSÁRIA PARA OPERAÇÃO DE EQUIPAMENTO.



• EXECUÇÃO DE NOVO CORTE NO ATERRO EXISTENTE; PROCESSAMENTO IDÊNTICO ATÉ QUE A LARGURA "L" ATINJA O MÍNIMO PARA O TRABALHO DO EQUIPAMENTO; PROCEGUIMENTO ATÉ ATINGIR AS COTAS DA PLATAFORMA ( NOTAS DE SERVIÇO ).



• REVESTIMENTO VEGETAL DA SAÍDA DO ATERRO



**OBSERVAÇÕES:**

- 1 - TODAS AS DIMENSÕES ESTÃO INDICADAS EM METRO.
- 2 - NA EXECUÇÃO DA PRIMEIRA CAMADA DE REGULARIZAÇÃO SOBRE O TERRENO NATURAL, SERÁ PERMITIDA UMA ALTURA MÁXIMA DE 0,40m APÓS COMPACTAÇÃO.

- 3 - CADA CAMADA SERÁ COMPACTADA.
- 4 - O MATERIAL PROVENIENTE DE CADA CORTE DEVERÁ SER UTILIZADO NAS CAMADAS A COMPACTAR.
- 5 - SOMENTE APÓS A COMPACTAÇÃO DE TODAS AS CAMADAS DE UM DEGRAU É QUE SERÁ EXECUTADO UM NOVO CORTE.

<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN</b>		
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO)	
	TRECHO : ENTRONC. PA-457 - AEROPORTO(SANTARÉM) EXTENSÃO: 5,00 Km	
<b>ALARGAMENTO DA PLATAFORMA</b>		QD



1.	<b>Desmatamento, Destocamento e Limpeza de Árvores de Diâmetro até 0,15 metros.</b>				
	Faixa de construção				48.490,00 m <sup>2</sup>
2.	<b>Roçada Manual</b>				
	Faixa de construção				0,08 há
3.	<b>Origem do Material Escavado</b>				
		CORTE	EMPRÉSTIMO	TOTAL	
		8.765,42 m <sup>3</sup>	23.760,85 m <sup>3</sup>	32.526,27 m <sup>3</sup>	
4.	<b>Destino do Material Escavado</b>				
		ATERRO	BOTA-FORA	TOTAL	
		32.526,27 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	32.526,27 m <sup>3</sup>	
5.	<b>Distribuição do Material Escavado:</b>				
	<b>Escavação Carga e Transporte Com DMT:</b>				
		1ª Categoria	2ª Categoria	3ª Categoria	TOTAL
	De 5001 a	10000 m	32.526,27 m <sup>3</sup>	-	-
		TOTAL	32.526,27 m <sup>3</sup>	-	-
					32.526,27 m <sup>3</sup>
6.	<b>Compactação de aterros:</b>				
	PROCTOR 100% DO NORMAL .....				25.020,21 m <sup>3</sup>
7.	<b>Remoção de Material Inservível (Bota Fora) (DMT = 2500 a 3000m) - m<sup>3</sup></b>				
	Remoção de solo. (m <sup>3</sup> )				4.992,00 m <sup>3</sup>
8.	<b>Camada de drenagem para fundação de aterro com areia - m<sup>3</sup></b>				
	Camada drenante (m <sup>3</sup> )				4.800,00 m <sup>3</sup>
9.	<b>Lastro de pedra de mão ou rachão - espalhamento manual - m<sup>3</sup></b>				
	Camada drenante (m <sup>3</sup> )				9.600,00 m <sup>3</sup>

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN		
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO: ENTRONC. PA-457 - AEROPORTO (SANTARÉM) EXTENSÃO: 5,00 Km	
<b>RESUMO DE TERRAPLENAGEM</b>		QD



## 5.3 – Projeto de Pavimentação

---

O Projeto básico de Pavimentação foi desenvolvido visando à concepção e o dimensionamento das estruturas dos pavimentos novos a serem implantados, capazes de suportar a atuação das cargas do tráfego, através da indicação das espessuras das camadas constituintes e materiais a serem empregados.

O projeto foi desenvolvido a partir dos elementos levantados pelos Estudos Geotécnicos, contemplando basicamente as seguintes atividades:

- Caracterização geométrica e geotécnica através da realização de sondagens a pá e picareta/trado e ensaios rotineiros, de campo e em laboratório, com os materiais integrantes do subleito;
- Pesquisa, identificação e estudos de ocorrências de materiais (jazidas de materiais granulares, areais e pedreiras) para emprego nos serviços de reabilitação do pavimento da pista de rolamento e acostamentos.

### 5.3.1 Dimensionamento dos Pavimentos Novos

Este Capítulo aborda os estudos realizados para o desenvolvimento do Projeto de Pavimentação para a área de implantação.

Para o desenvolvimento do Projeto de Pavimentação, os seguintes tópicos serão abordados:

- Elementos básicos para o desenvolvimento;
- Dimensionamento do pavimento;
- Acostamentos;

### 5.3.2 Elementos Básicos para o Dimensionamento

Os elementos básicos considerados para o desenvolvimento do Projeto de Pavimentação foram fornecidos pelo Estudo Geotécnico, Projeto Geométrico e Projeto de Terraplenagem, conforme o relatado a seguir.

- **Estudos Geotécnicos:** Foram utilizados os resultados dos ensaios do subleito e ocorrências de materiais de jazidas para as camadas de pavimentação;
- **Projeto Geométrico:** Foi definido o traçado das pistas, indicando os locais onde serão construídas as novas estruturas do pavimento;
- **Projeto de Terraplenagem:** Resultaram as soluções adotadas na distribuição dos materiais de corte e aterro que comporão o futuro subleito da rodovia.

### 5.3.3 Dimensionamento de Pavimento

- ✓ Considerações Gerais sobre a Metodologia do DNIT

O método tem como base o trabalho "Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume", da autoria de W. J. Turnbull, C. R. Foster e R. G. Alvin, do Corpo de Engenheiros do Exército dos EE.UU. e conclusões obtidas na pista experimental da AASHTO.

Relativamente aos materiais integrantes do pavimento, são adotados coeficientes de equivalência estrutural tomando por base os resultados obtidos na Pista Experimental da AASHTO, com modificações julgadas oportunas.

A capacidade de suporte do subleito e dos materiais constituintes dos pavimentos é feita pelo CBR, adotando-se o método de ensaio preconizado pelo DNER, em corpos de prova indeformados ou moldados em laboratório para as conclusões de massa específica aparente e umidade especificada para o serviço.

O método determina algumas restrições para utilização dos materiais componentes do subleito e das camadas do pavimento, a saber:

- Os materiais do subleito devem apresentar uma expansão, medida no ensaio CBR, menor ou igual a 2% e um CBR  $\geq 8\%$
- Para os materiais constituintes da sub-base, as exigências são:

- CBR  $\geq 20\%$
- I.G. = 0
- Expansão  $\leq 1\%$  (medida com sobrecarga de 10 lbs).

- Os materiais da base devem apresentar:

- CBR  $\geq 60\%$  ( $N \leq 5 \times 10^6$ );
- Expansão  $\leq 0,5\%$  (medida com sobrecarga de 10 lbs);
- Limite de liquidez  $\leq 25\%$ ;
- Índice de plasticidade  $\leq 6\%$ ;
- Enquadramento nas faixas granulométricas A, B, C, D, E OU F mostradas no Manual de Pavimentação, (IPR-719).

Algumas flexibilizações são permitidas para os materiais constituintes da base, a saber:

- Caso o limite de liquidez seja superior a 25% e/ou índice de plasticidade seja superior a 6%, o material pode ser empregado em base (satisfeitas às demais condições), desde que o equivalente de areia seja superior a 30.
- Para um número de repetições do eixo padrão durante o período de projeto inferior a  $5 \times 10^6$ , podem ser empregados materiais com CBR  $\geq 60\%$  e que se enquadrem nas faixas granulométricas E e F, mostradas no citado Manual.

Outras exigências são feitas para os materiais de base, quais sejam:

- A fração que passa na peneira nº 200 deve ser inferior a 2/3 da fração que passa na peneira nº 40.

- A fração graúda deve apresentar um desgaste Los Angeles igual ou inferior a 50. O método abre exceção para uso de material que apresente um desgaste maior, porém, com comprovada experiência no seu uso.

A estrutura constituída por esses materiais deverá ser dimensionada para proteção de subleito de ações de uma carga representada pelo número de repetições de um eixo padrão de 8,2 t (18.000 lbs). A determinação desta carga utiliza os seguintes parâmetros:

- Número N - Número de repetições da carga de um eixo padrão de 8,2 t (18.000 lbs) na faixa de projeto;
- P - Período de projeto, em anos;
- Vm - Volume médio diário de tráfego durante o período P de projeto, na faixa de tráfego de projeto;
- FE - Fator de eixos que reflete o número médio de eixos da frota de tráfego, ou seja, é um fator que multiplicado pelo número de veículos dá o número de eixos correspondentes;
- F.C. - Fator de equivalência de carga, ou seja, é um fator que transforma a carga de um determinado eixo no equivalente de carga do eixo padrão de 8,2 t. Os fatores de conversão utilizados pelo método baseiam-se nas equivalências da USACE;
- FV = (FE x FC) - Fator de veículos que é a resultante da multiplicação do número de eixos pela equivalência de carga desses eixos em relação ao eixo padrão, ou seja, é um número que, multiplicado pelo número de veículos que operam, dá diretamente o número equivalente ao eixo padrão;
- FR - Fator Climático Regional - Para levar em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano (e que traduz em variações de capacidade de suporte dos materiais) o número equivalente de operações do eixo padrão ou parâmetro de tráfego, N, deve ser multiplicado por um coeficiente (F.R.) que, na pista experimental da AASHTO variou de 0,2 a 5,0. Porém, no Brasil, em função das pesquisas desenvolvidas pelo IPR/DNIT, tem-se adotado um FR = 1,0.

O número N, então, é dado pela expressão:

$$N = 365 \times Vm \times P \times FV \times FR$$

O método também introduz o conceito do Coeficiente de Equivalência Estrutural, que representa em termos estruturais, as diferenças equivalentes entre diferentes tipos de materiais usualmente utilizados para pavimentação e uma base granular.

Os coeficientes estruturais são a seguir mostrados:

<b>COMPONENTES DO PAVIMENTO</b>	<b>COEFICIENTE</b>
– Base ou Revestimento de Concreto Betuminoso	2,00
– Base ou Revestimento Pré-Misturado a quente de Graduação Densa	1,70
– Base ou Revestimento Pré-Misturado a frio de Graduação Densa	1,40
– Base ou Revestimento Betuminoso por Penetração	1,20
– Camadas Granulares	1,00
<b>Solo-Cimento com Resistência a Compressão aos 7 dias superior a:</b>	
→ 45 Kg/cm <sup>2</sup>	1,70
→ 28 Kg/cm <sup>2</sup>	1,40
→ 21 Kg/cm <sup>2</sup>	1,20

Após a introdução desses parâmetros e conceitos, o método demonstra a seqüência de dimensionamento das diversas camadas componentes do pavimento, a saber:

#### 5.3.4 Espessura mínima de revestimento

<b>ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO</b>	<b>N</b>
– Tratamentos Superficiais Betuminosos	$N \leq 10^6$
– Revestimento Betuminoso com 5,0 cm de espessura	$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$
– Concreto Betuminoso com 7,5 cm de espessura	$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$
– Concreto Betuminoso com 10,0 cm de espessura	$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$
– Concreto Betuminoso com 12,5 cm de espessura	$N > 5 \times 10^7$

#### 5.3.5 Demais camadas do pavimento

O método baseou-se no gráfico constante da página 149 do Manual de Pavimentação – 2006, em que se obtêm as espessuras em função do número N e do CBR.

Inicialmente, determina-se a espessura do revestimento conforme tabela mostrada anteriormente. Com a utilização do gráfico obtém-se a espessura necessária em termos de base granular para proteção de sub-base. Para tanto, estipula-se que o CBR da sub-base é de 20%, mesmo que esse valor ultrapasse esse número.

Ter-se-ia, então:

Espessura do revestimento (R) x coeficiente estrutural do revestimento (KR) + espessura em termos granulares da base (B) x coeficiente estrutural da base (KB) ≥ Espessura encontrada no gráfico para um CBR de 20% e o número N de projeto (H20), ou seja:

$$R KR + B KB \geq H20$$

Com a resolução dessa inequação, obtém-se o valor mínimo da espessura da base, uma vez que os demais parâmetros são conhecidos.

Para a obtenção da espessura mínima da sub-base, verifica-se no gráfico qual a espessura necessária para proteger o subleito, que apresenta um valor  $n$  de CBR ( $H_n$ ), desde que seja superior a 2% e resolve-se a inequação:

$$R K_R + B K_B + S B K_{SB} > H_n$$

Pode-se optar, também, por introduzir uma camada de reforço do subleito; desta forma, a espessura mínima da sub-base seria determinada pelo CBR do reforço do subleito e a espessura mínima dessa camada seria determinada em função da espessura mínima necessária para proteger um subleito que apresenta um valor de CBR,  $n$  através da expressão:

$$R K_R + B K_B + S B K_{SB} + R S K_{R_s} \geq H_n$$

Para a camada de Base e Sub-Base está sendo considerado apenas material de Jazida.

### 5.3.6 Acostamentos

Conforme o Manual de Pavimentação – 2006, não se pode dispor de dados seguros para o dimensionamento dos acostamentos, sendo que sua espessura está condicionada a da pista de rolamento, podendo ser feita reduções de espessura, praticamente apenas na camada de revestimento. A solicitação de cargas é diferente e pode haver solução estrutural diversa da pista de rolamento.

A adoção nos acostamentos da mesma estrutura da pista de rolamento tem efeitos benéficos no comportamento desta última e simplifica os problemas de drenagem. Geralmente, na parte correspondente às camadas de reforço e sub-base, adota-se, para acostamento e pista de rolamento, a mesma solução, procedendo-se de modo idêntico para a parte correspondente à camada de base, quando o custo desta camada não é muito elevado. O revestimento dos acostamentos pode ser, sempre, de categoria inferior ao da pista de rolamento.

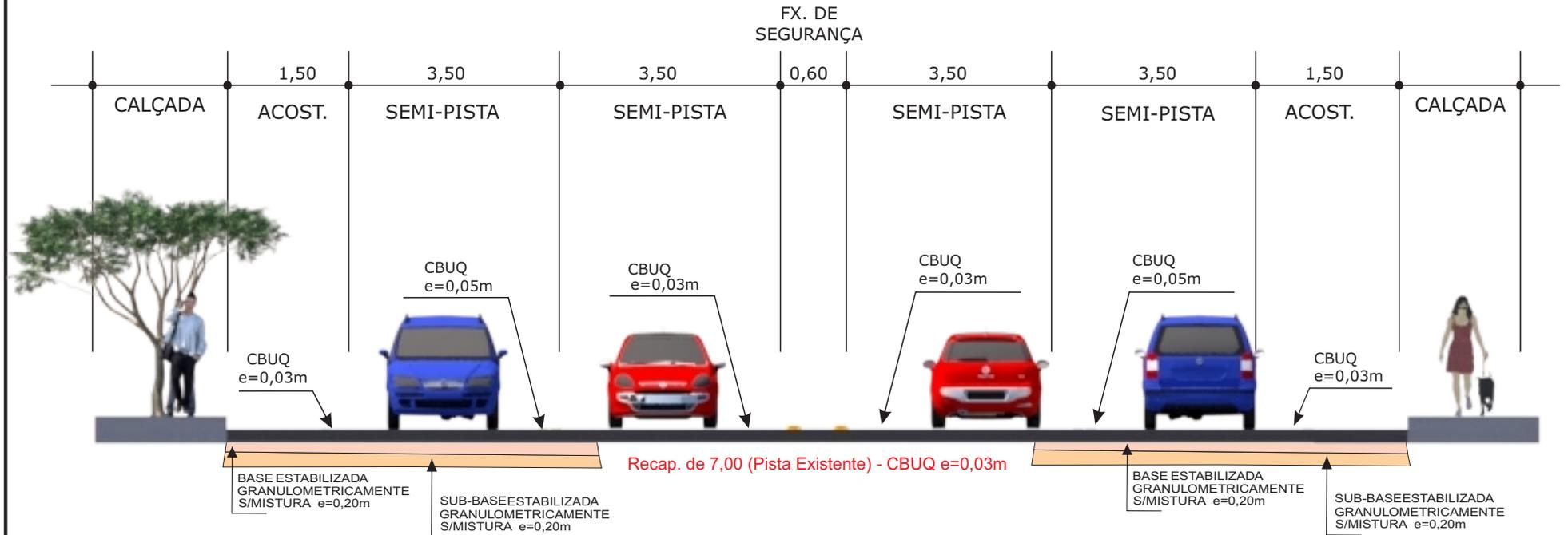
Quando a camada de base é de custo elevado, pode-se dar uma solução de menor custo para os acostamentos.

Algumas sugestões têm sido apontadas para a solução do problema elencado, como:

- a. Adoção, nos acostamentos, na parte correspondente à camada de base, de materiais próprios para sub-base granular de excepcional qualidade, incluindo solos modificados por cimento, cal, etc.
- b. Consideração, para efeito de escolha de revestimento, de um tráfego nos acostamentos da ordem de, até 1% do tráfego na pista de rolamento.

A seguir está apresentado seção-tipo e quadros com dimensionamento da pavimentação.

## SEÇÃO TIPO - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

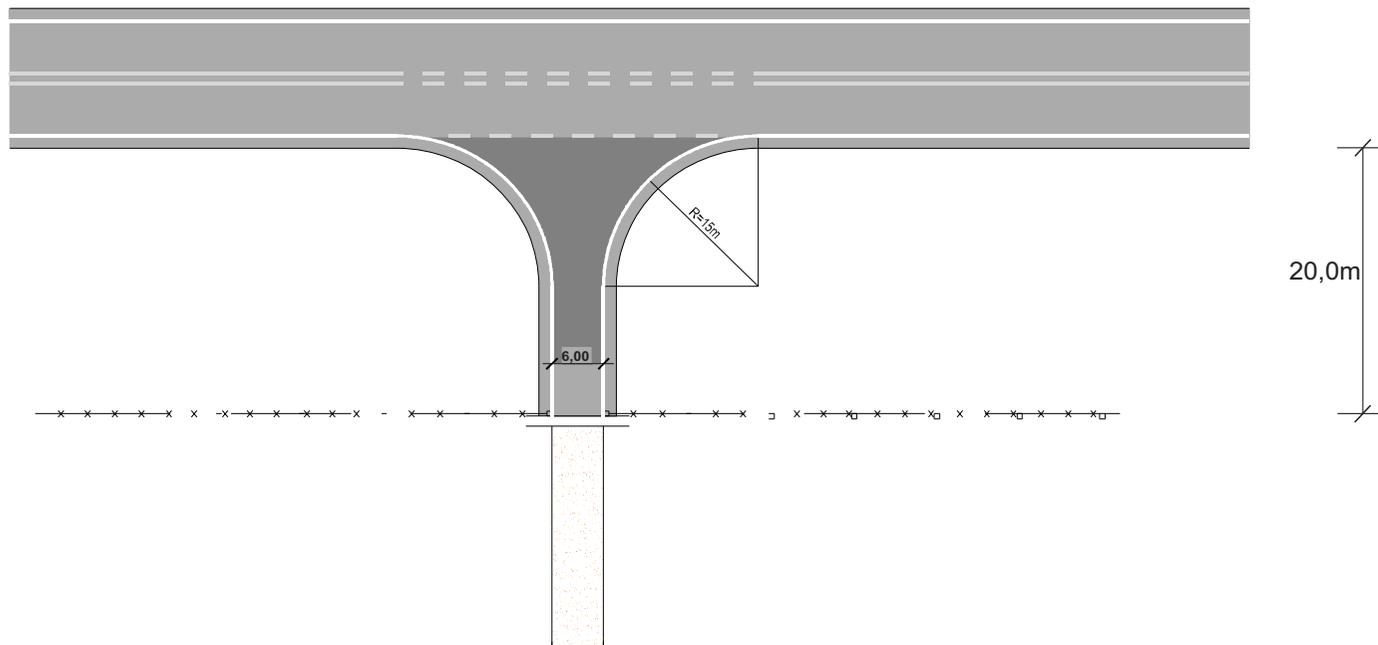


### OBSERVAÇÃO:

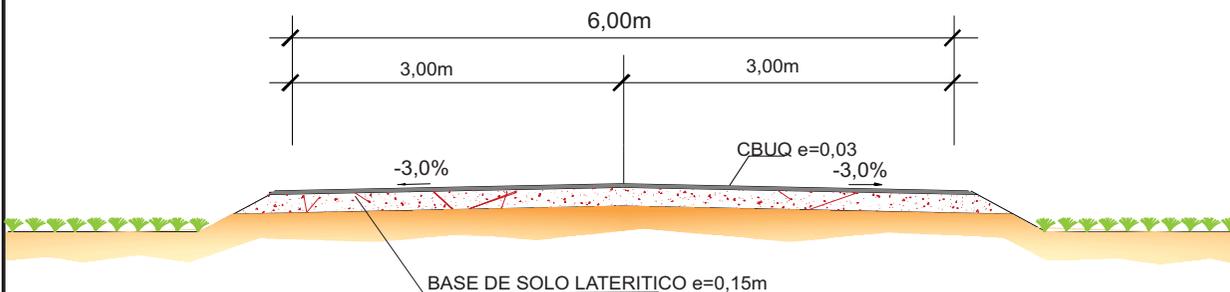
- 1 - DIMENSÕES EM METRO.
- 2- VER CONFORME MEMÓRIA EM ANEXO DO PROJETO

<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN</b>	
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO : ENTRONC. PA-457 - AEROPORTO(SANTARÉM) EXTENSÃO: 5,00 Km
<b>SEÇÃO TIPO - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO</b>	
	
QD	

## ACESSOS SECUNDÁRIOS (LIMPA RODA)



## SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO - LIMPA RODA



<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN</b>	
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO: ENTRONC. PA-457 - AEROPORTO(SANTARÉM) EXTENSÃO: 5,00 Km
	
<b>ACESSOS SECUNDÁRIOS (LIMPA-RODA)</b>	
QD	











SEGMENTO		CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ)							TRANSPORTES						MATERIAL BETUMINOSO					
ESTACA	ESTACA	EXTENSÃO (m)	LARG. (m)	ESP. (m)	VOLUME (m³)	DENS. (t/m³)	UND	QUANT.	MATERIAL	ORIGEM			DEST.	DMT (Km)	UND	QUANT.	TIPO	TAXA DE APLIC. (%)	UND	QUANT.
										OCORR.	ESTACA	D. EIXO								
<b>RECAPEAMENTO</b>																				
2 + 10,00	250 + 14,00	4.964,00	7,00	0,03	1.042,44	2,40	t	2.501,86	CBUQ											
<b>PISTA DE ROLAMENTO NOVA</b>																				
2 + 10,0	250 + 14,0	4.964,00	7,60	0,05	1.886,32	2,40	t	4.527,17	CBUQ											
<b>ACOSTAMENTO</b>																				
2 + 10,0	116 + 5,0	2.275,00	3,00	0,03	204,75	2,40	t	491,40	CBUQ											
118 + 0	250 + 14	2.654,00	3,00	0,03	238,86	2,40	t	573,26	CBUQ											
<b>LIMPA RODAS</b>																				
		100,00	6,00	0,03	18,00	2,40	t	43,20	CBUQ											
<b>ROTATORIA PA-457</b>																				
ALÇA 1		50,00	8,50	0,05	21,25	2,40	t	51,00	CBUQ											
ALÇA 2		50,00	8,50	0,05	21,25	2,40	t	51,00	CBUQ											
							<b>TOTAL</b>	<b>t</b>	<b>8.238,89</b>	<b>CBUQ</b>										

<b>GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN</b>	
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO) TRECHO: ENTRONC. PA-457 - AEROPORTO (SANTARÉM) EXTENSÃO: 5,00 Km
<b>DEMONSTRATIVO DE PAVIMENTAÇÃO</b>	
	
<b>QD</b>	

## 5.4 – Projeto de Drenagem Superficial

---

O Projeto de Drenagem constou da indicação dos dispositivos que se destinam a captar as águas pluviais provenientes das bacias de contribuição, sejam elas localizadas na plataforma da via ou em terrenos a montante, bem como as águas subterrâneas, e encaminhá-las adequadamente de modo a não comprometer os elementos do corpo estradal.

Foram desenvolvidos a partir dos resultados dos Estudos Hidrológicos, e com base nos elementos do Projeto Geométrico, Estudos Geotécnicos, Projeto de Pavimentação e demais estudos e projetos desenvolvidos.

A necessidade da drenagem subterrânea foi definida "in loco", a partir das condições visuais e de observação do nível do lençol freático.

Para termos de apresentação dos trabalhos o projeto foi dividido nos seguintes itens:

- Drenagem superficial;
- Obras-de-arte correntes;

## ✓ Drenagem Superficial

O cadastro realizado em campo detectou que praticamente não existem dispositivos de drenagem superficial e existem algumas drenagens profundas ao longo do trecho que necessitam de substituição e/ou alargamentos. O sistema foi projetado, utilizando a metodologia do Manual de Drenagem de Rodovias, elaborado pelo DNIT com versão para o ano de 2006 e compreendeu os seguintes passos:

- Determinação da vazão de contribuição através do emprego do método racional, expresso pela seguinte fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{3,6 \times 10^6}$$

Onde:

- Q = vazão de contribuição, em m<sup>3</sup>/s;
- C = coeficiente de deflúvio, adimensional;
- I = intensidade de chuva, em mm/h;
- A = área da bacia de contribuição, em m<sup>2</sup>.

- Critérios Adotados:

Para o coeficiente de deflúvio "C", considerado como representativo da parcela do volume precipitado que se transforma em escoamento superficial, foram adotados os valores indicados na tabela apresentada no quadro do Estudo Hidrológico;

Quando a área a ser drenada apresentou superfícies de diversas naturezas, adotou-se para o coeficiente de escoamento superficial a média ponderada dos valores de C, considerando como pesos a áreas correspondentes.

Então:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Onde:

- ✓  $C =$  coeficiente de escoamento médio;
- ✓  $C_1, C_2, \dots, C_n =$  coeficientes de escoamento das áreas  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , respectivamente.

A intensidade de chuva "I" foi obtida para uma duração de 5 minutos e um período de recorrência de 10 anos;

As áreas de contribuição "A" foram definidas a partir das seções transversais tipo.

Dimensionamento hidráulico utilizando a fórmula de Manning e a equação da continuidade, conforme mostrado a seguir:

- Equação da Continuidade:  $Q_a = A \cdot V$
- Fórmula de Manning:  $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$

Onde:

- $Q_a =$  Vazão admissível, em  $m^3/s$ ;
- $A =$  Área molhada, em  $m^2$
- $V =$  Velocidade de escoamento, em  $m/s$ ;
- $n =$  Coeficiente de rugosidade de Manning, adimensional, função do tipo de revestimento adotado (ver tabela apresentada nos quadros a seguir);
- $R =$  Raio hidráulico, em  $m$ ;
- $I =$  Declividade longitudinal de instalação do dispositivo de drenagem.

Verificação da capacidade hidráulica através da comparação entre a vazão de contribuição e a vazão admissível, levando em consideração a velocidade máxima admissível para o tipo de revestimento adotado (ver tabela apresentada).

O objetivo do dimensionamento foi à definição do comprimento crítico de cada estrutura de drenagem, ou seja, o espaçamento máximo suportável por cada seção adotada, em função da sua declividade longitudinal.

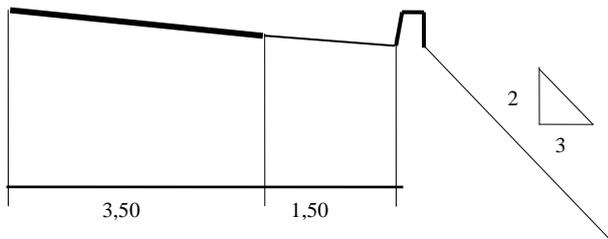
Considerando-se que a forma, dimensões e revestimento dos dispositivos a adotar foram pré-estabelecidos, o dimensionamento consistiu em se determinar seus comprimentos críticos. A seguir são apresentados os resultados obtidos para as sarjetas e banquetas. É importante salientar que os demais dispositivos envolvidos no sistema, tais como: entradas, descidas e saídas d'água, não foi objeto de dimensionamento, uma vez que as vazões solicitantes não possuem magnitude que os justifiquem.

### c) Meios-Fios ou Banquetas

Para o cálculo do espaçamento máximo entre descidas d'água nas banquetas, foi utilizada a mesma metodologia adotada para o cálculo dos comprimentos máximos das sarjetas, exposta na letra a.

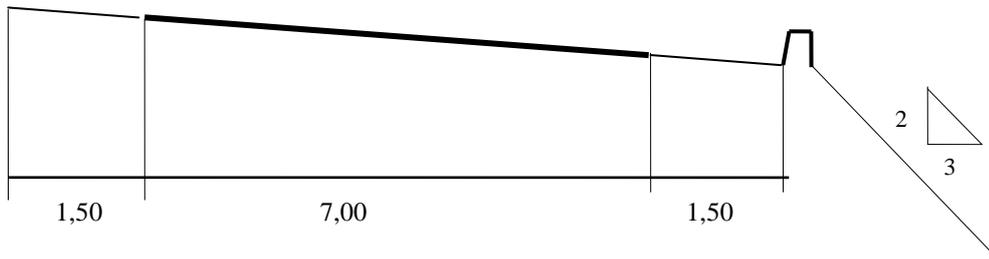
A seção de contribuição considerada para a banqueta foi à seguinte:

#### SEÇÃO EM TANGENTE



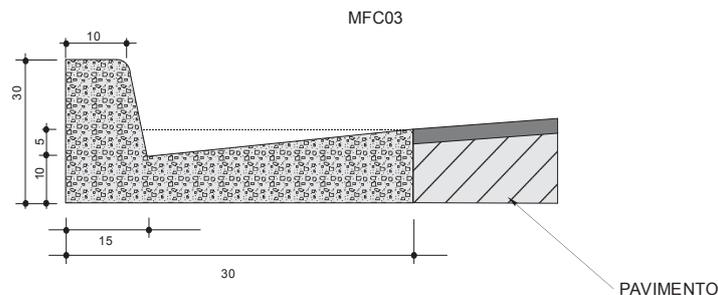
	Pista	Acost.
Largura -L(m)	3,50	1,50
Coef. escoam.(C)	0,85	0,80

#### SEÇÃO EM CURVA



	Acost.	Pista	Acost.
Largura -L(m)	1,50	7,00	1,50
Coef. escoam.(C)	0,80	0,85	0,80

Adotou-se banqueta do tipo MFC-03 do DNIT, apresentada a seguir, e um alagamento máximo de 1,00m no acostamento, para chuva com 10 anos de tempo de recorrência.



A expressão obtida para a distância máxima entre descidas d'água foi à seguinte:

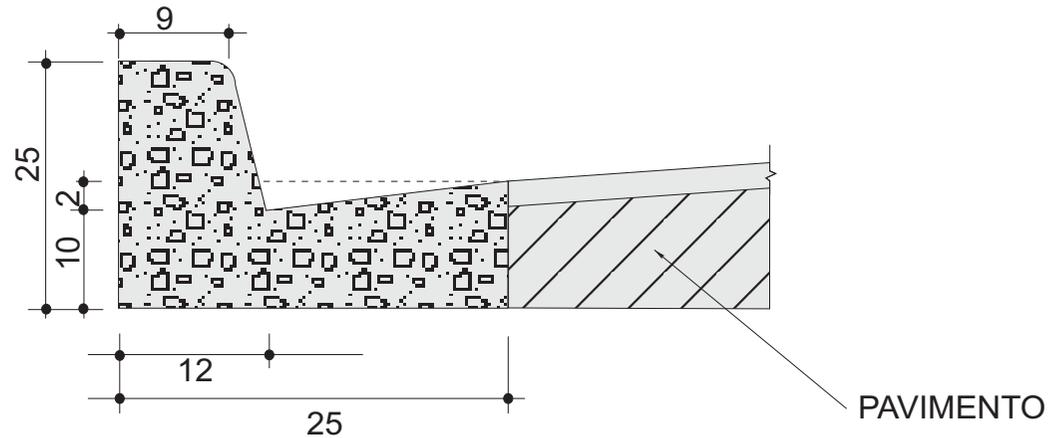
$$d = \frac{3,6 \times 10^6 A R^{2/3} i^{1/2}}{n C I L}$$

- d = Distância entre descidas d'água, em m;
- A = Área molhada, em m<sup>2</sup>;
- R = Raio hidráulico, em m;
- i = Declividade longitudinal do greide, em m/m;
- n = Coeficiente de rugosidade, adimensional (n = 0,015);
- I = Intensidade de chuva p/ tc = 5 minutos e T<sub>R</sub> = 10 anos, (I = 145,97mm/h);
- L = Largura da plataforma que contribui para a banquetta (L<sub>tang</sub> = 5,0m, L<sub>curva</sub> = 10,0m).

Considerando-se os valores de A e R, conforme o tipo de banquetta definida obteve-se os seguintes valores, em função da declividade do greide:

DECLIVIDADE DO GREIDE (%)		0,5	1	2	3	4	5	6
COMPRIMENTO MÁXIMO ENTRE DESCIDAS D'ÁGUA (m)	TANG	108	152	215	264	305	341	373
	CURVA	54	76	108	132	152	170	187
VELOCIDADE (m/s)		0,43	0,60	0,85	1,04	1,21	1,35	1,48

### MEIO-FIO DE CONCRETO - MFC03



CONSUMO MÉDIO	
ESCAVAÇÃO	$\leq 0,05 \text{ m}^3/\text{m}$
CONCRETO $f_{ck} \geq 15\text{MPa}$	$0,042 \text{ m}^3/\text{m}$
FORMAS DE MADEIRA COMUM	$0,505 \text{ m}^2/\text{m}$

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN		
	LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO)	
	TRECHO: ENTRONC. PA-457 - AEROPORTO(SANTARÉM)	
	EXTENSÃO: 5,00 Km	
<b>MEIO-FIO DE CONCRETO - MFC03</b>		QD



#### **5.4.4 Obras de Arte Correntes**

No caso das obras de arte correntes, o cadastro realizado "in loco" verificou a necessidade de implantação de bueiros do tipo BSTC, BDTC e BTTC nos diâmetros de 0,60, 0,80 e 1,00m, conforme quadro abaixo.

O critério adotado neste projeto foi o de distribuir os novos bueiros em função da plataforma de pavimentação, sendo que foi adotado o diâmetro mínimo de 0,80m para os bueiros tubulares objetivando facilitar a limpeza.

A parte do quadro acima foi considerado 30,0m de bueiro de acesso lateral com diâmetro de 0,60m nas entradas das propriedades particulares e acessos ao longo da rodovia.

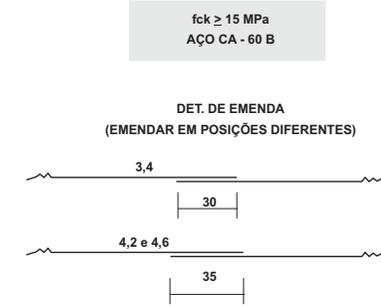
#### **5.4.5 Dimensionamento das Obras como Canal**

Hidraulicamente falando, as obras foram dimensionadas como canal, para um tempo de recorrência de 15 anos, evitando que elas trabalhem com carga a montante, o que pode ocasionar danos ao corpo estradal ou possibilidade de ocorrência de inundações na região. Desta forma, a metodologia adotada baseou-se na teoria do escoamento crítico, na qual a energia específica mínima é tomada como sendo igual à altura do bueiro.

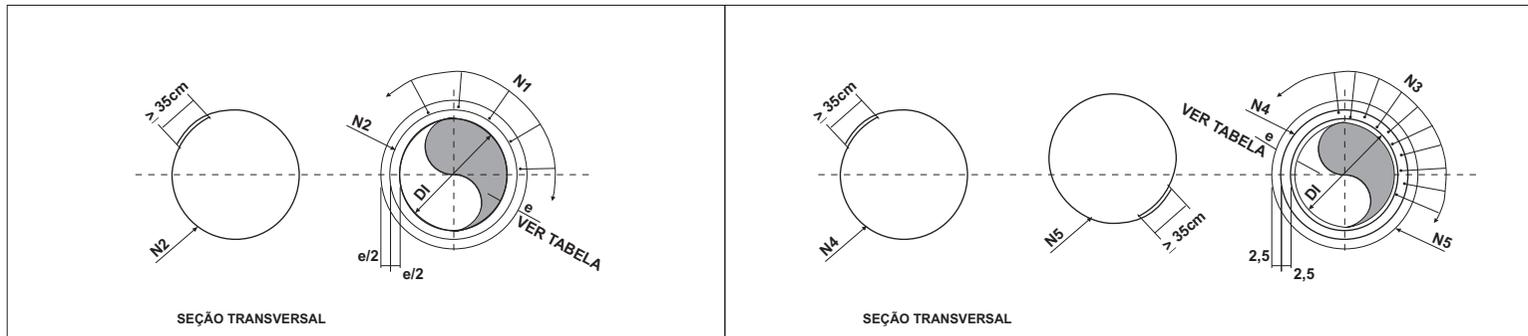
A seguir apresentam-se os quadros de obras de arte corrente com resumo de quantidades e detalhamento destes dispositivos.



TABELAS DE ARMADURAS (POR METRO DE TUBO)																											
TUBOS TIPO CA-1 (ABNT)					TUBOS TIPO CA-2 (ABNT)					TUBOS TIPO CA-3 (ABNT)					TUBOS TIPO CA-3 (ABNT)												
FORMAS		ARMADURAS (CA-60B)			FORMAS		ARMADURAS (CA-60B)			FORMAS		ARMADURAS (CA-60B)			FORMAS		ARMADURAS (CA-60B)										
Di(cm)	e (cm)	N	Ø	ESP.	Q.	COMP.	Di(cm)	e (cm)	N	Ø	ESP.	Q.	COMP.	Di(cm)	e (cm)	N	Ø	ESP.	Q.	COMP.							
60	8	1	3,4	15	14	Corr.	60	8	1	3,4	15	14	Corr.	60	8	3	3,4	15	29	Corr.	60	8	3	3,4	15	29	Corr.
		2	4,6	10	10	240			2	5,0	9	11	240			4	5,0	10	10	260			5	5,0	10	10	240
80	10	1	3,4	15	18	Corr.	80	10	1	4,2	20	14	Corr.	80	10	3	4,2	20	28	Corr.	80	10	3	4,2	20	28	Corr.
		2	5,0	10	10	315			2	6,0	9	11	315			4	6,0	10	10	335			5	6,0	10	10	305
100	12	3	3,4	15	46	Corr.	100	12	3	4,2	20	35	Corr.	100	12	3	4,2	20	35	Corr.	100	12	3	4,6	20	35	Corr.
		4	4,6	10	10	405			4	6,0	12	8	405			4	6,0	9	11	405			5	7,0	11	9	365
120	13	3	3,4	15	56	Corr.	120	13	3	4,2	20	42	Corr.	120	13	3	4,6	20	42	Corr.	120	13	3	4,6	20	42	Corr.
		4	5,0	10	10	475			4	6,0	9	11	475			4	7,0	9	11	475			5	8,0	9	11	425
150	14	3	4,2	20	51	Corr.	150	14	3	4,6	20	51	Corr.	150	14	3	4,6	20	51	Corr.	150	14	3	4,6	20	51	Corr.
		4	6,0	10	10	580			4	7,0	9	11	580			4	8,0	8	12	580			5	8,0	6	16	580



CA-1 (ALTURA DE ATERRO) 1,0 à ≤ 3,5m						CA-2 (ALTURA DE ATERRO) ≤ 5,0m						CA-3 (ALTURA DE ATERRO) ≤ 7,0m						CA-4 (ALTURA DE ATERRO) ≤ 8,5m						
RESUMO DE AÇO						RESUMO DE AÇO						RESUMO DE AÇO						RESUMO DE AÇO						
BITOLA	60	80	100	120	150	BITOLA	60	80	100	120	150	BITOLA	60	80	100	120	150	BITOLA	60	80	100	120	150	
Ø	kg/m	PESO (kg)	PESO (kg)	PESO (kg)	PESO (kg)	Ø	kg/m	PESO (kg)	PESO (kg)	PESO (kg)	PESO (kg)	Ø	kg/m	PESO (kg)	PESO (kg)	PESO (kg)	PESO (kg)	Ø	kg/m	PESO (kg)	PESO (kg)	PESO (kg)	PESO (kg)	
3,4	0,071	1	1	4	4	3,4	0,071	1	-	-	-	3,4	0,071	2	-	-	-	3,4	0,071	2	-	-	-	
4,2	0,109	-	-	-	6	4,2	0,109	-	2	4	5	4,2	0,109	-	3	4	-	4,2	0,109	-	3	-	-	
4,6	0,130	3	-	10	-	4,6	0,130	-	-	-	7	4,6	0,130	-	-	-	6	7	4,6	0,130	-	5	6	7
5,0	0,154	-	5	-	14	5,0	0,154	4	-	-	-	5,0	0,154	8	-	-	-	6,0	0,222	11	-	-	-	
6,0	0,222	-	-	-	24	6,0	0,222	-	8	14	22	6,0	0,222	-	14	19	-	7,0	0,302	-	17	26	-	
						7,0	0,302	-	-	-	37	7,0	0,302	-	-	-	30	-	8,0	0,393	-	-	39	69
												8,0	0,393	-	-	-	52	-						
<b>TOTAIS</b>		4	6	14	18	30		5	10	18	27	44		10	17	23	36	59		13	20	31	45	76



**GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN**



GOVERNO DO  
**PARÁ**  
ESTADO DO PARÁ

LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO)  
TRECHO: ENTRONC. PA-457 - AEROPORTO(SANTARÉM)  
EXTENSÃO: 5,00 Km

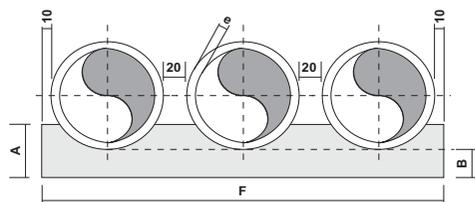
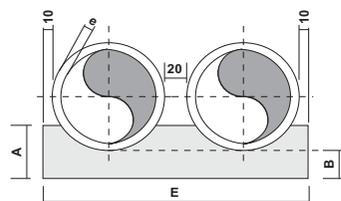
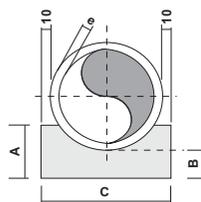


**SETRAN**

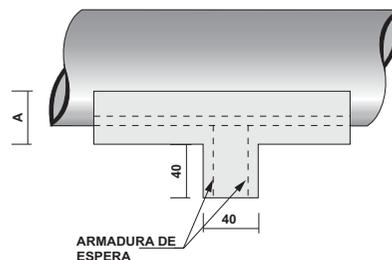
**SEÇÃO TRANSVERSAL DE BUEIRO**

QD

### BERÇOS



### VISTA LATERAL



QUADROS DE DIMENSÕES ( cm )

DIÂMETRO	A	B	C	E	F	e
60	34	15	96	-	-	8
80	45	20	120	-	-	10
100	56	25	144	288	432	12
120	67	30	166	332	498	13
150	83	38	198	396	594	14

QUANTIDADES UNITÁRIAS DOS DENTES

DIÂMETRO (cm)	SIMPLES		DUPLO		TRIPLO	
	CONCRETO (m³)	ARMADURA (kg)	CONCRETO (m³)	ARMADURA (kg)	CONCRETO (m³)	ARMADURA (kg)
60	0,154	1,008	-	-	-	-
80	0,192	1,386	-	-	-	-
100	0,230	1,512	0,461	3,024	0,691	3,780
120	0,266	1,638	0,531	3,276	0,797	4,914
150	0,317	2,759	0,634	4,599	0,950	6,439

QUANTIDADES POR METRO LINEAR DE BERÇO

DIÂMETRO (cm)	SIMPLES		DUPLO		TRIPLO	
	CONCRETO (m³)	FORMA (m²)	CONCRETO (m³)	FORMA (m²)	CONCRETO (m³)	FORMA (m²)
60	0,238	0,68	-	-	-	-
80	0,386	0,90	-	-	-	-
100	0,570	1,12	1,141	1,12	1,711	1,12
120	0,785	1,34	1,570	1,34	2,355	1,34
150	1,157	1,66	2,314	1,66	3,471	1,66

### OBSERVAÇÕES:

- 1 - DIMENSÕES EM cm.
- 2 - OS DENTES DEVERÃO SER CONSTRUÍDOS EM TODOS OS BUEIROS, CUJA DECLIVIDADE DE INSTALAÇÃO SEJA SUPERIOR A 5% E, DEVERÃO SER ESPAÇADOS DE CINCO EM CINCO METROS NA PROJEÇÃO HORIZONTAL.
- 3 - TODOS OS BUEIROS SERÃO EXECUTADOS COM BERÇOS.
- 4 - NOS DENTES SERÃO COLOCADAS ARMADURAS DE ESPERA: 2ø 10mm A CADA 100 UNIDADES COM COMPRIMENTO DE B+35.
- 5 - UTILIZAR NOS BERÇOS CONCRETO CICLÓPICO  $f_{ck} \geq 15$  MPa.

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ  
SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES - SETRAN



LOCAL: AV. ENG. FERNANDO GUILHON (DUPLICAÇÃO)  
TRECHO: ENTRONC. PA-457 - AEROPORTO(SANTARÉM)  
EXTENSÃO: 5,00 Km



ASSENTAMENTO DE TUBOS

QD