

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTERIO DOS TRANSPORTES  
AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES-ANTT  
SUPERINTENDENCIA DE EXPLOR. DA INFRAESTRUTURA RODOVIARIA-SUINF**

**Rodovia: BR-040/DF**

**Trecho: DF-495 ATE BR-251**

**Extensão: 5,74 km**

**Códigos PNV/SNV:**

**PROJETO EXECUTIVO PARA CONSTRUÇÃO DE VIA MARGINAL**

**VOLUME 1 – RELATÓRIO  
DE PROJETO**

**PROJETO DE TOPOGRAFIA, GEOMÉTRICO, PROJETO DE TERRAPLENAGEM,  
PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO, SINALIZAÇÃO, OBRAS COMPLEMENTARES,  
INTERFERENCIA E PROJETO DE DRENAGEM.**

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTERIO DOS TRANSPORTES  
AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES-ANTT  
SUPERINTENDENCIA DE EXPLOR. DA INFRAESTRUTURA RODOVIARIA-SUINF**

**Rodovia: BR-040/DF**

**Trecho: DF-495 ATE BR-251**

**Extensão: 5,74 km**

**Códigos PNV/SNV:**

**PROJETO EXECUTIVO PARA CONSTRUÇÃO DE VIA MARGINAL**

**VOLUME 1 – RELATÓRIO  
DE PROJETO**

**PROJETO DE TOPOGRAFIA, GEOMÉTRICO, PROJETO DE TERRAPLENAGEM,  
PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO, SINALIZAÇÃO, INTERFERENCIA E PROJETO DE  
DRENAGEM.**

## ÍNDICE

---

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>2</b>
<b>1. APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>5</b>
<b>2. INFORMAÇÕES GERAIS</b> .....	<b>8</b>
<b>3. RELATÓRIO TOPOGRÁFICO</b> .....	<b>10</b>
3.1. Objeto .....	11
3.2. Origem.....	11
3.3. Descrição .....	12
3.4. Relação da Aparelhagem Utilizada .....	13
3.5. Vértices de Apoio a Obra.....	13
3.6. Monografia dos Marcos .....	14
<b>4. PROJETO GEOMÉTRICO</b> .....	<b>24</b>
4.1. Introdução.....	25
4.2. Características do Projeto Geométrico .....	25
4.3. Definição do Projeto Geométrico.....	25
4.4. Principais Seções Transversais Tipo .....	26
4.5. Apresentação do Projeto Geométrico .....	27
<b>5. PROJETO DE TERRAPLANAGEM</b> .....	<b>28</b>
5.1. Introdução.....	29
5.2. Áreas de empréstimo .....	29
5.3. Áreas de depósito de materiais excedentes .....	31
5.4. Cálculo e distribuição dos volumes .....	31
5.5. Limpeza de terreno e destocamento .....	31
5.6. Cortes em material de 1ª e 2ª categorias.....	32
5.7. Corpo de aterro .....	32
5.8. Camada final de aterro.....	32
5.9. Reaterro .....	32
<b>6. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO NOVO</b> .....	<b>33</b>
<b>6. OBJETIVO</b> .....	<b>34</b>
<b>7. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>8.0 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS</b> .....	<b>35</b>
8.1 Levantamentos de Campo .....	36
8.1.1 Estudo de Tráfego .....	36
8.1.2 Estudo do Subleito (Sondagens) .....	36
8.1.3 Estudo de Ocorrências (Caixas de Empréstimos) .....	36

<b>8.2 Análise dos Dados Coletados .....</b>	<b>37</b>
<b>9.0 Estudo de Tráfego.....</b>	<b>38</b>
<b>9.1 Contagem de Tráfego – Sentido: Valparaíso/Brasília .....</b>	<b>38</b>
<b>9.2 Cálculo do Número N de Solicitações.....</b>	<b>39</b>
<b>9.2.1 Cálculo do Fator de Veículos (Fv).....</b>	<b>40</b>
<b>9.2.1.1 Fator de Veículos – USACE .....</b>	<b>41</b>
<b>9.2.1.2 Fator de Veículos – AASHTO .....</b>	<b>44</b>
<b>10.0 Estudo do Subleito (Índice de Suporte Califórnia – ISC) .....</b>	<b>47</b>
<b>10.1 Definição do Índice de Suporte do Subleito – ISC (Método DNER) ..</b>	<b>48</b>
<b>10.2 Estudos do Solo das Caixas de Empréstimo .....</b>	<b>51</b>
<b>10.2.1 Estudo de Solo Melhorado com Cimento Portland CP II Z 32 para a Sub-Base .....</b>	<b>51</b>
<b>10.2.2 Estudos de Composição Granulométrica para a Camada de Base ..</b>	<b>52</b>
<b>10.2.3 Substituição de Material Terroso na Camada de Subleito .....</b>	<b>52</b>
<b>11.0 Dimensionamento do Pavimento pelo Método Murillo Lopes de Souza – DNIT .....</b>	<b>52</b>
<b>11.1 Coeficiente de Equivalência Estrutural e Espessuras das Camadas</b>	<b>53</b>
<b>11.2 Determinação das Espessuras das Camadas.....</b>	<b>55</b>
<b>11.3 Definição das Espessuras das Camadas do Pavimento .....</b>	<b>57</b>
<b>12.0 Verificação Mecanicista – Empírica.....</b>	<b>58</b>
<b>12.1 Parâmetros de Resistência dos Materiais.....</b>	<b>63</b>
<b>12.1.1 Módulo de Resiliência do Subleito .....</b>	<b>66</b>
<b>12.1.2 Módulo de Resiliência da Sub-base .....</b>	<b>67</b>
<b>12.1.3 Módulo de Resiliência da Base Estabilizada com Brita 1, Solo Fino Argilo-Arenoso e Cimento Portland .....</b>	<b>67</b>
<b>13.0 Verificação Mecânica das Soluções de Dimensionamento.....</b>	<b>68</b>
<b>13.1 – Solução com Camada de Base composta por: Brita 1-Material Terroso-Cimento e Concreto Asfáltico Convencional – Eng. Murillo Lopes de Souza .....</b>	<b>68</b>
<b>13.2 Solução com Camada de Base composta por Brita Graduada Simples (BGS) – Norma DER-SP – ET-DE-P00/008 – Jul/2005 – Rev. A e Concreto Asfáltico Convencional .....</b>	<b>72</b>
<b>13.3 Solução com Camada de Base em Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) – Norma DER-SP – ET-DE-P00/009 – Jul/2005 – Rev. A e Concreto Asfáltico Convencional.....</b>	<b>73</b>
<b>14.0 Camada Anti-Reflexão de Trincas (CART) em Tratamento Superficial Duplo (TSD).....</b>	<b>75</b>
<b>15.0 Critérios para a Liberação de Trechos Avaliados por Ensaios</b>	

Deflectométricos com Viga Benkelman .....	76
16.0 Resumo das Soluções de Pavimento – Marginal da BR-040.....	77
16.1 Base em Brita 1-Solo-Cimento e CAUQ Convencional – Intervenções Necessárias – Marginal da BR-040 .....	77
16.2 Base em Brita Graduada Simples (BGS e CAUQ Convencional – Intervenções Necessárias – Marginal da BR-040. ....	79
16.3 Base em BGTC e CAUQ Convencional – Intervenções Necessárias – Marginal da BR-040 .....	81
17.Dimensionamento da Pista Principal + Acostamento.....	82
17.1.Resumo das Soluções .....	83
17.2.Controle Deflectométrico .....	87
18.    CADASTRO UNIFICADO DE INTERFERÊNCIA .....	88
19.DRENAGEM .....	89
20.    INTRODUÇÃO .....	89
21.    CÁLCULOS E PROCEDIMENTOS .....	90
22.    INTERFERÊNCIAS .....	91
23.    ESTUDOS TOPOGRÁFICOS .....	91
24.    METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DAS VALETAS.....	91
a.    ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO .....	91
b.    COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C).....	92
c.    CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO .....	94
d.    EQUAÇÃO INTENSIDADE–DURAÇÃO–FREQUÊNCIA DA CHUVA ...	95
e.    PERÍODO DE RECORRÊNCIA .....	95
f.    TEMPO DE CONCENTRAÇÃO.....	95
Equação 4 – Cálculo do tempo de percurso.....	96
g.    VELOCIDADE.....	96
Equação 5 – Cálculo da velocidade no tubo.....	96
h.    VERIFICAÇÃO DA LÂMINA D’ÁGUA .....	96
i.    CÁLCULO DO COMPRIMENTO CRÍTICO.....	97
j.    DISPOSITIVOS PADRÃO DNIT UTILIZADOS.....	97
k.    RESERVATÓRIOS DE ACUMULAÇÃO .....	98
Figura 3 - Aplicação de geogrelha em taludes. ....	98
Equação 7 – Determinação do volume de quantidade para o reservatório. .....	98
25.    SINALIZAÇÃO .....	99

<b>25.1 Sinalização Vertical</b> .....	<b>99</b>
<b>25.1.1 Placas Simples</b> .....	<b>99</b>
<b>25.1.2 Retrorrefletividade</b> .....	<b>100</b>
<b>25.1.3 Fixação e Suportes</b> .....	<b>101</b>
<b>25.2 Sinalização Horizontal</b> .....	<b>101</b>
<b>25.2.1 Pintura de Faixas Inscricões no Pavimento</b> .....	<b>101</b>
<b>26 OBRAS COMPLEMENTARES</b> .....	<b>102</b>
<b>26.1 Defesa Metálica</b> .....	<b>102</b>
<b>26.2 Plantio de Grama</b> .....	<b>103</b>
<b>ANEXO I – DIMENSIONAMENTO DRENAGEM</b> .....	<b>103</b>
<b>ANEXO II – PAVIMENTAÇÃO</b> .....	<b>105</b>
<b>ANEXO III – ART</b> .....	<b>129</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

---

**Rodovia: BR-040/DF**

**Trecho: DF-495 ATE BR-251**

**Extensão: 5,74 km**

**Códigos PNV/SNV:**

**VOLUME 1 – RELATÓRIO  
DE PROJETO**

**PROJETO DE TOPOGRAFIA, GEOMÉTRICO, PROJETO DE TERRAPLENAGEM,  
PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO, SINALIZAÇÃO, INTERFERENCIA E PROJETO DE  
DRENAGEM**

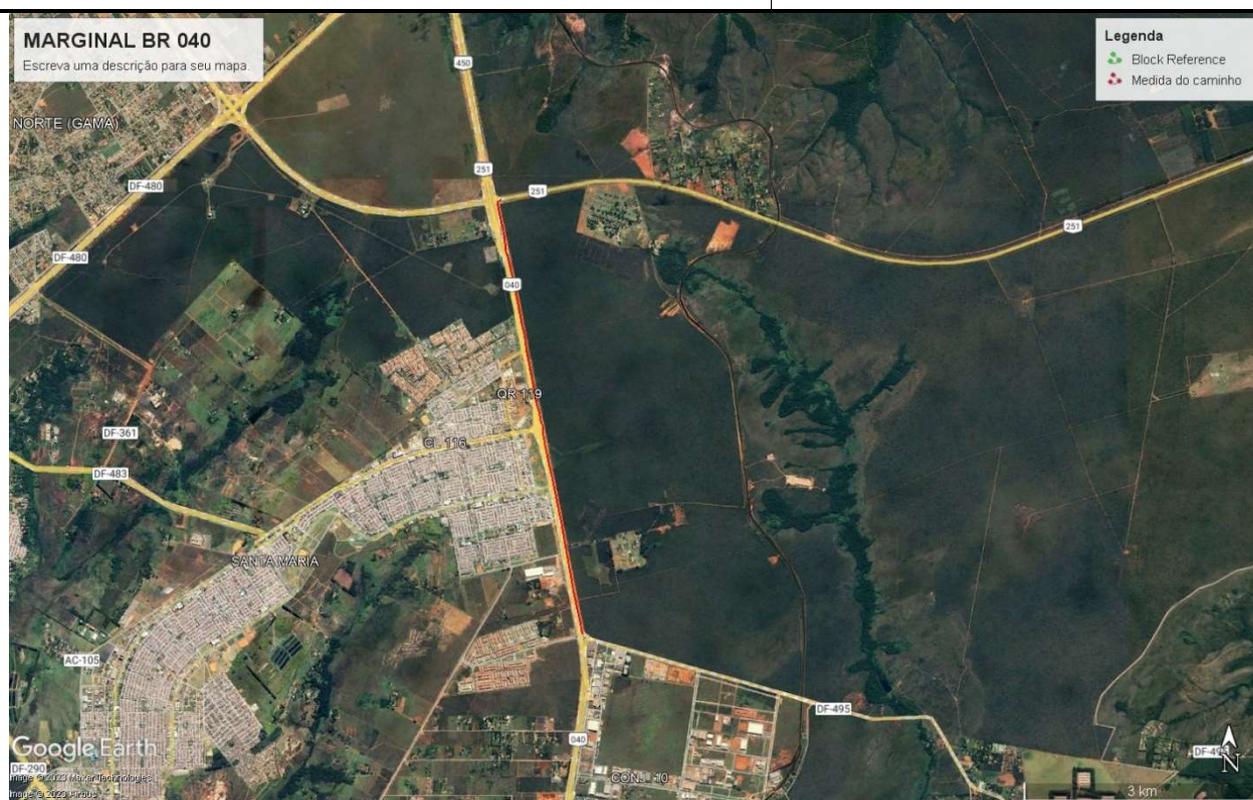
**Rodovia** : BR-040/DF

Elaboração dos Projetos  
Executivos de Engenharia para  
Execução de Pavimentação.

**Extensão** : 5,74 km

**MAPA DE SITUAÇÃO**

**o**



## **2. INFORMAÇÕES GERAIS**

---

O presente relatório tem por objetivo apresentar o Projeto Executivo da Via marginal na BR- 040 no trecho da DF-495 e BR-251.

O desenvolvimento do projeto visa pavimentar a marginal da BR-040, interligando a DF - 4 9 5 a BR - 2 5 1 a malha rodoviária existente e melhorando o fluxo de transito na região.

### **3. RELATÓRIO TOPOGRÁFICO**

---

### 3.1. Objeto

O objeto do presente trabalho é a implantação dos marcos de apoio topográfico para o levantamento planialtimétrico cadastral, vectorização de imagem, pontos de controle e conferências para aerolevanteamento.

### 3.2. Origem

O serviço topográfico teve como origem planimétrico NTRIP, Networked Transport of RTCM via Internet Protocol é uma tecnologia para transporte de dados GNSS que utiliza protocolo TCP-IP para enviar, aos receptores GNSS, dados para operar em modo RTK (Real Time Kinematic), tempo real. É um protocolo de comunicação usado para transmitir correções diferenciais de GPS em tempo real por meio da Internet. As coordenadas geodésicas e as características técnicas dos vértices implantados foram no sistema de referência datum SIRGAS – 2000.

### 3.3. Descrição

Os trabalhos iniciaram-se com a implantação física dos marcos ao longo da faixa do estudo, onde a escolha do local de implantação dos marcos foi feita com objetivo de otimizar os posteriores serviços topográficos, levando-se em conta alguns critérios para facilitação do trabalho e garantia das precisões requeridas, tais como, locais de fácil acesso, porém protegidos e reservados de forma a impedir ou diminuir o risco de destruição dos marcos e horizonte livre para o rastreamento por receptores GNSS, evitando interferências e perda de sinal em função de obstáculos físicos, totalizando 09 pontos de marcos de apoio geodésicos. Em seguida realizou-se o rastreamento destes marcos geodésicos, a do método. Concomitantemente a isso, as cotas de todos os marcos, foram corrigidas a ondulação geoidal através do software Mapgeo 2015 (IBGE), subtraída da altitude elipsoidal, resultando na altitude ortométrica.

Realizou-se, a seguir, a conversão para o PTL (Plano Topográfico Local) marcos, com os seguintes parâmetros:

#### **PTL (Plano Topográfico Local)**

Meridiano	Datum
-45°00'00"	SIRGAS2000

No	Eo	Xo	Yo	Alt. Referência
8.231.270,90	179.870,00	179.870,00	8.231.270,90	1248.280

A partir das poligonais calculadas foram levantados pontos planialtimétricos com drone mavic pro Air 2s, de forma a caracterizar todos os detalhes de interesse para a concepção e elaboração do projeto.

O levantamento planialtimétrico cadastral abrangeu toda a área pertencente à faixa de implantação da rodovia e demais elementos necessários para elaboração do projeto executivo.

### 3.4. Relação da Aparelhagem Utilizada

Os equipamentos utilizados para execução do trabalho em referência estão discriminados abaixo:

- 02 receptores GNSS — I90 pro CHCNAV (receptor L1/L2 Geodésico de alto padrão, 600 canais, precisão (3mm + 0,5 ppm));
- 2 conjuntos de bastões e prismas;
- 1 Dronre mavic pro air 2S.
- Software Mapgeo (2015) 1.0;
- Software Topograph versão 4.03;
- AutoCAD Civil 3D versão 2023.
- Agisoft Metashape.

### 3.5. Vértices de Apoio a Obra

Marcos de Coordenadas UTM, Sistema (SIRGAS 2000).

Nome	Descrição	Norte	Este	Altitude
STP04		8.231.270,90	179.870,00	1.248,280
MGN06		8.229.369,26	180.472,50	1.236,657
MGN07		8.229.993,10	180.341,40	1.241,354
MGN08		8.230.641,33	180.201,14	1.247,454
MGN09		8.231.210,82	180.068,11	1.245,400
MGN05		8.228.695,56	180.615,16	1.232,146
MGN04		8.227.927,62	180.780,72	1.225,598
MGN2		8.226.520,81	181.079,36	1.241,268
MGN01		8.225.901,38	181.216,11	1.234,179

### Marcos Topográficos implantado no Trecho.

Nome	Descrição	Norte	Este	Cota
STP04		8.231.270,90	179.870,00	1.248,280
MGN06		8.229.370,53	180.472,12	1.236,657
MGN07		8.229.993,96	180.341,10	1.241,354
MGN08		8.230.641,75	180.200,93	1.247,454
MGN09		8.231.210,86	180.067,98	1.245,400
MGN05		8.228.697,28	180.614,69	1.232,146
MGN04		8.227.929,86	180.780,14	1.225,598
MGN2		8.226.523,97	181.078,56	1.241,268
MGN01		8.225.904,95	181.215,21	1.234,179

### **3.6. Monografia dos Marcos**

A seguir é apresentada a monografia dos marcos, subdividida em Marcos Geodésicos, provenientes do processamento dos dados obtidos por GNSS, e Marcos Topográficos, provenientes dos cálculos das poligonais topográficas apoiadas nos marcos geodésicos anteriormente calculados.

**MONOGRAFIA DE MARCOS**

Vértice: MGN01	Ponto Visado:	Contrato / Ano:		
Estado: Distrito Federal	Município: Brasília	Local: BR 040		
Origem:	Elipsóide: GRS 80	Datum: SIRGAS 2000	MC: -45	
<b>Coordenadas Geodésicas</b>				
Latitude: -16°01'33,536536"	Longitude: -47°58'43,547585"	Altitude geométrica (h): 1.234,18		
<b>Coordenadas UTM</b>				
Norte: 8.225.901,38	Este: 181.216,11	Altitude ortométrica (H):		
<b>Coordenadas do Plano Topográfico Local</b>				
X: 8238705,875	Y: 152007,310	Altitude (H): 1.234,18		
<b>Origem Plano Topográfico Local</b>				
STP04	Lat.: -15°58'38,392493"	X0 = 8.231.270,90	Ht = 1.248,280	
	Long.: -47°59'26,185857"	Y0 = 179.870,00	Rotação: 0°00'00,00"	

**DESCRIÇÃO**

Marco de concreto de formato tronco piramidal medindo 17 x 40 x 25 cm, contendo no topo uma chapa de alumínio.

**ITINERÁRIO**

Partindo da DF- 495 sentido Brasília a 30 m, cravado na borda da cerca da área da Marinha do Brasil.

**CROQUI**



**FOTO**

<b>MONOGRAFIA DE MARCOS</b>			
Vértice: MGN02	Ponto Visado:	Contrato / Ano:	
Estado: Distrito Federal	Município: Brasília	Local: BR 040	
Origem:	Elipsóide: GRS 80	Datum: SIRGAS 2000	MC: -45
<b>Coordenadas Geodésicas</b>			
Latitude: -16°01'13,340518"	Longitude: -47°58'47,844000"	Altitude geométrica (h): 1.241,27	
<b>Coordenadas UTM</b>			
Norte: 8.226.520,81	Este: 181.079,36	Altitude ortométrica (H):	
<b>Coordenadas do Plano Topográfico Local</b>			
X: 8238705,875	Y: 152007,310	Altitude (H): 1.241,27	
<b>Origem Plano Topográfico Local</b>			
STP04	Lat.: -15°58'38,392493"	X0 = 8.231.270,90	Ht = 1.248,280
	Long.: -47°59'26,185857"	Y0 = 179.870,00	Rotação: 0°00'00,00"
<b>DESCRIÇÃO</b>			
Marco de concreto de formato tronco piramidal medindo 17 x 40 x 25 cm, contendo no topo uma chapa de alumínio.			
<b>ITINERÁRIO</b>			
Partindo da DF- 495 sentido Brasília a 655 m, cravado na borda da cerca da área da Marinha do Brasil.			
<b>CROQUI</b>			
			
<b>FOTO</b>			

### MONOGRAFIA DE MARCOS

Vértice: MGN04	Ponto Visado:	Contrato / Ano:		
Estado: Distrito Federal	Município: Brasília	Local: BR 040		
Origem:	Elipsóide: GRS 80	Datum: SIRGAS 2000	MC: -45	
<b>Coordenadas Geodésicas</b>				
Latitude: -16°00'27,478004"	Longitude: -47°58'57,200291"	Altitude geométrica (h): 1.225,60		
<b>Coordenadas UTM</b>				
Norte: 8.227.927,62	Este: 152007,310	Altitude ortométrica (H):		
<b>Coordenadas do Plano Topográfico Local</b>				
X: 8238705,875	Y: 180.780,72	Altitude (H): 1.225,60		
<b>Origem Plano Topográfico Local</b>				
STP04	Lat.: -15°58'38,392493"	X0 = 8.231.270,90	Ht = 1.248,280	
	Long.: -47°59'26,185857"	Y0 = 179.870,00	Rotação: 0°00'00,00"	

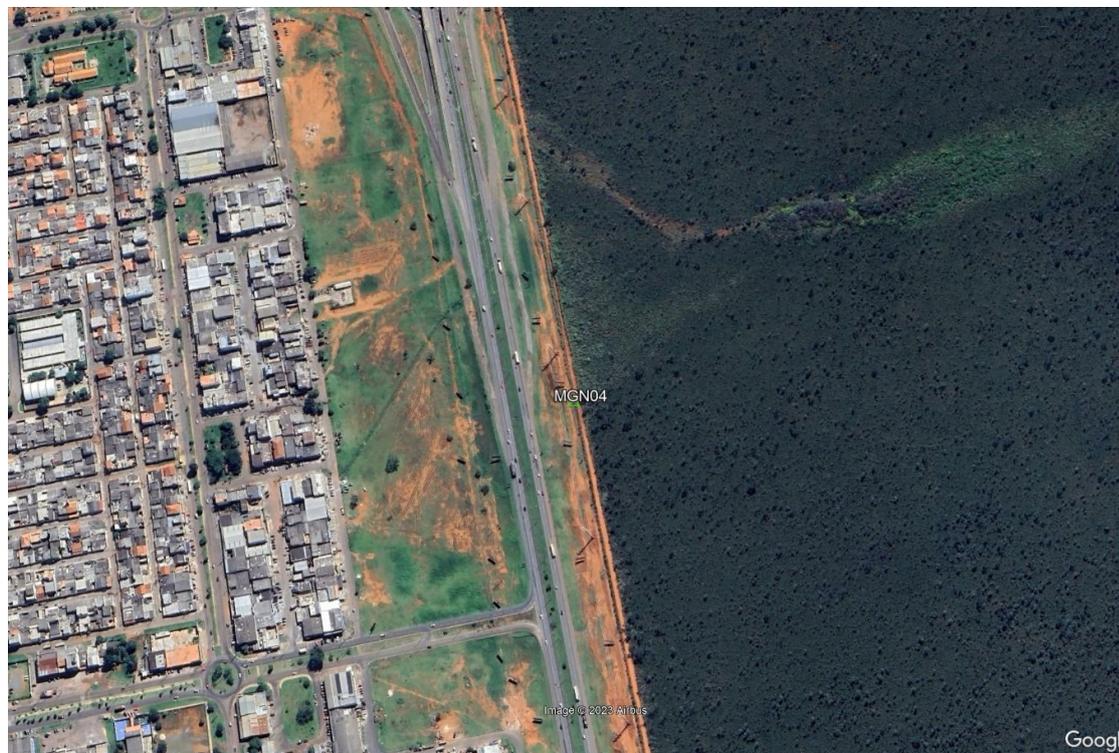
### DESCRIÇÃO

Marco de concreto de formato tronco piramidal medindo 17 x 40 x 25 cm, contendo no topo uma chapa de alumínio.

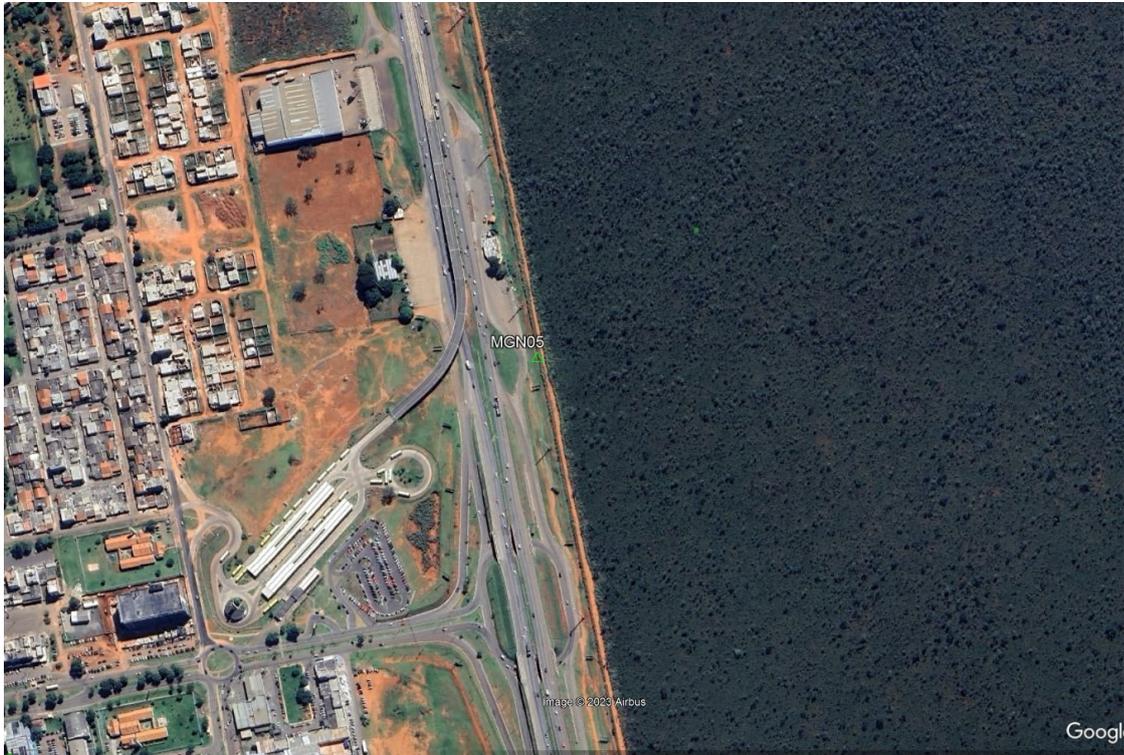
### ITINERÁRIO

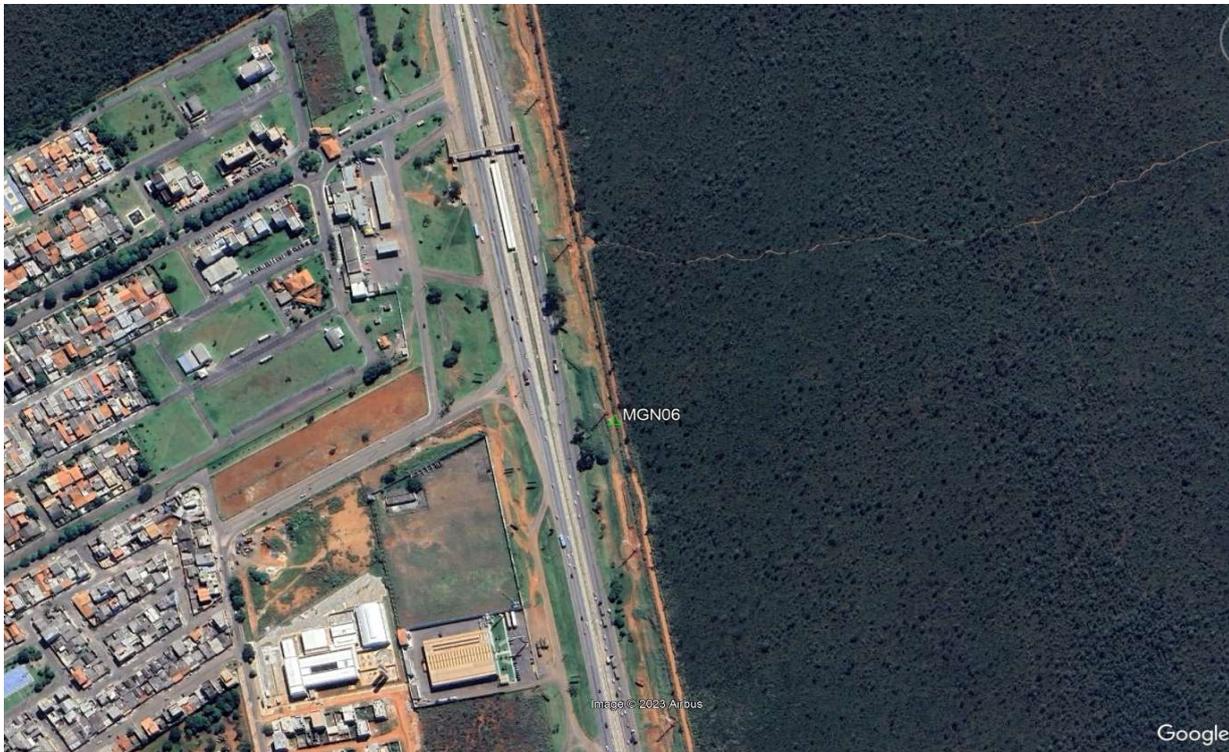
Partindo da DF- 495 sentido Brasília a 2.093 m, cravado na borda da cerca da área da Marinha do Brasil.

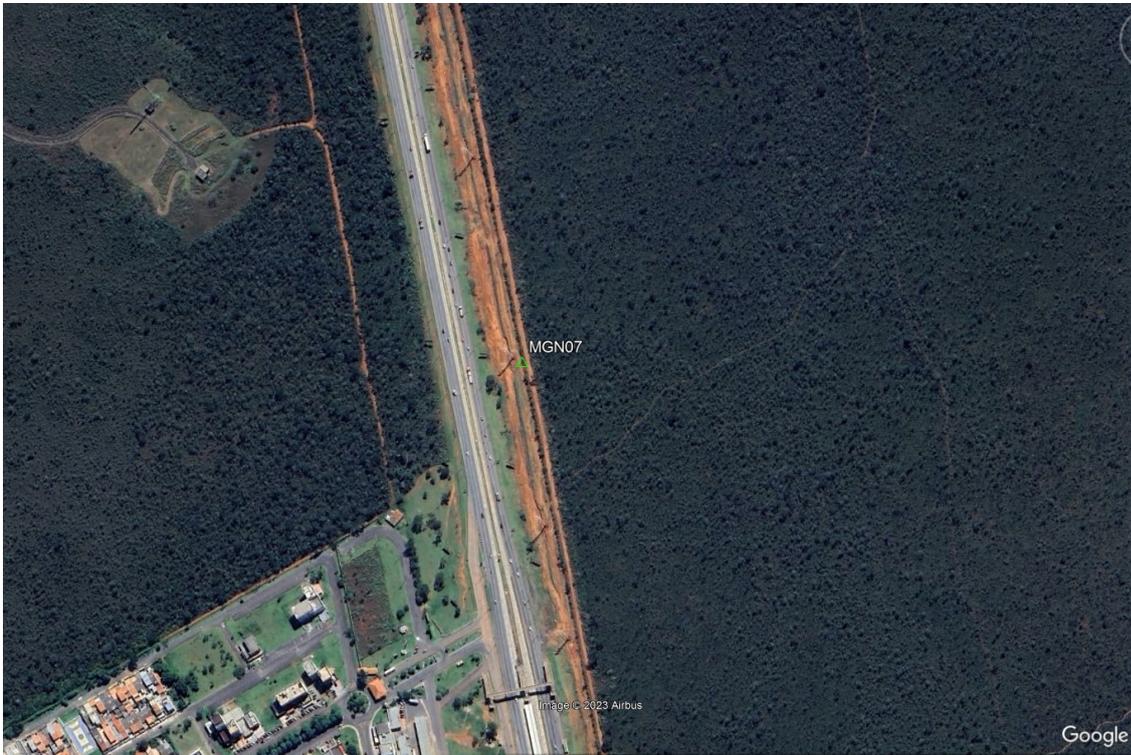
### CROQUI

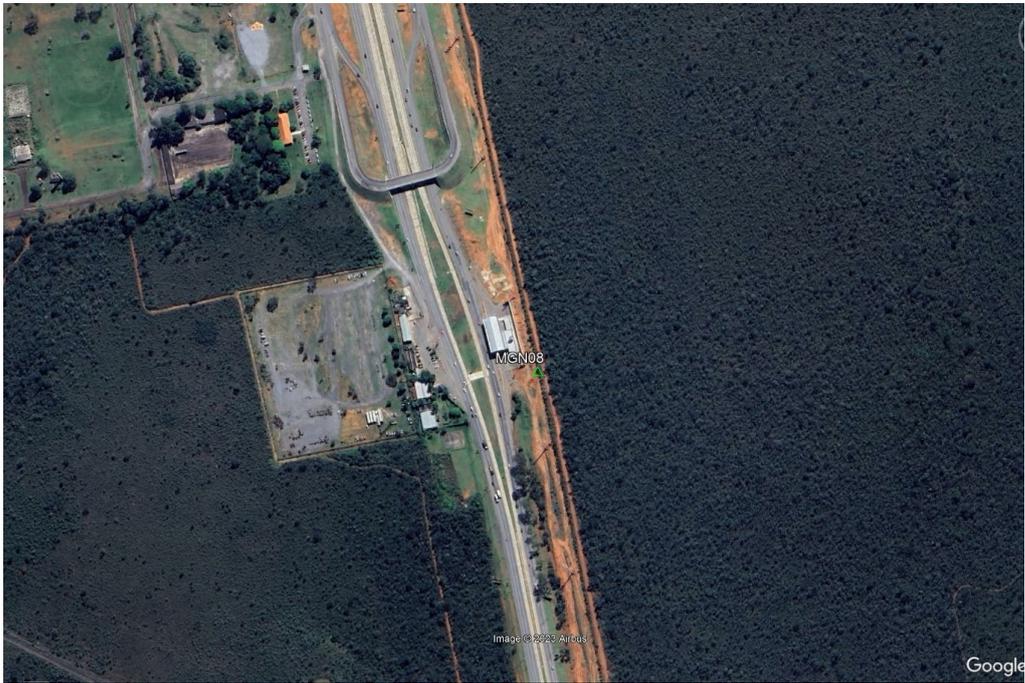


### FOTO

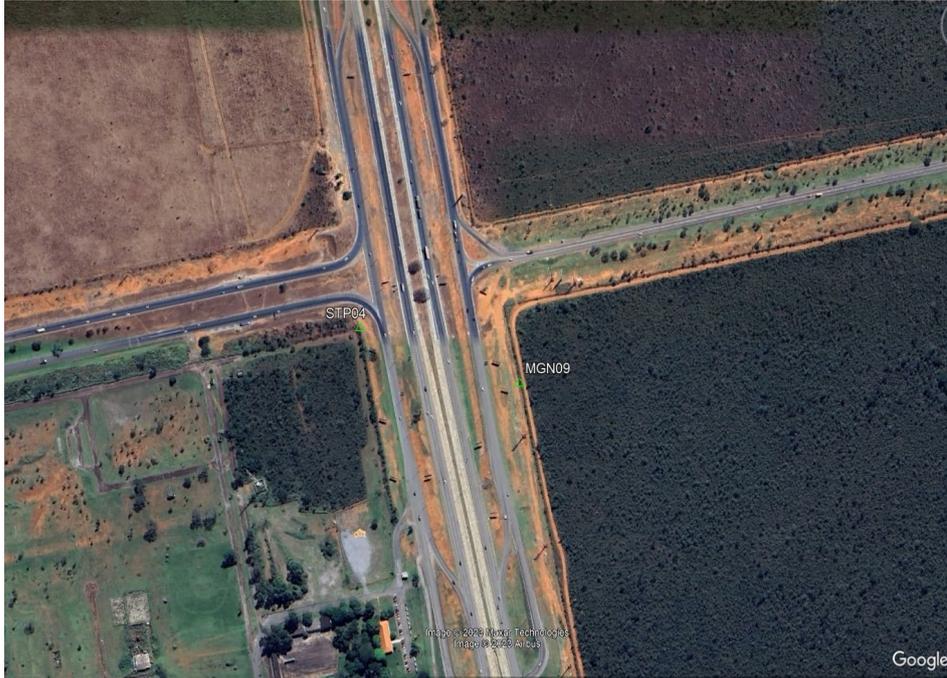
<b>MONOGRAFIA DE MARCOS</b>			
Vértice: MGN05	Ponto Visado:	Contrato / Ano:	
Estado: Distrito Federal	Município: Brasília	Local: BR 040	
Origem:	Elipsóide: GRS 80	Datum: SIRGAS 2000	MC: -45
<b>Coordenadas Geodésicas</b>			
Latitude: -16°00'02,441981"	Longitude: -47°59'02,392584"	Altitude geométrica (h): 1.232,15	
<b>Coordenadas UTM</b>			
Norte: 8.228.695,56	Este: 180.615,16	Altitude ortométrica (H):	
<b>Coordenadas do Plano Topográfico Local</b>			
X: 8238705,875	Y: 152007,310	Altitude (H): 1.232,146	
<b>Origem Plano Topográfico Local</b>			
STP04	Lat.: -15°58'38,392493"	X0 = 8.231.270,90	Ht = 1.248,280
	Long.: -47°59'26,185857"	Y0 = 179.870,00	Rotação: 0°00'00,00"
<b>DESCRIÇÃO</b>			
Marco de concreto de formato tronco piramidal medindo 17 x 40 x 25 cm, contendo no topo uma chapa de alumínio.			
<b>ITINERÁRIO</b>			
Partindo da DF- 495 sentido Brasília a 2.879 m, cravado na borda da cerca da área da Marinha do Brasil.			
<b>CROQUI</b>			
			
<b>FOTO</b>			

<b>MONOGRAFIA DE MARCOS</b>			
Vértice: MGN06	Ponto Visado:	Contrato / Ano:	
Estado: Distrito Federal	Município: Brasília	Local: BR 040	
Origem:	Elipsóide: GRS 80	Datum: SIRGAS 2000	MC: -45
<b>Coordenadas Geodésicas</b>			
Latitude: -15°59'40,479400"	Longitude: -47°59'06,861051"	Altitude geométrica (h): 1.236,66	
<b>Coordenadas UTM</b>			
Norte: 8.229.369,26	Este: 180.472,50	Altitude ortométrica (H):	
<b>Coordenadas do Plano Topográfico Local</b>			
X: 8238705,875	Y: 152007,310	Altitude (H): 1.236,657	
<b>Origem Plano Topográfico Local</b>			
STP04	Lat.: -15°58'38,392493"	X0 = 8.231.270,90	Ht = 1.248,280
	Long.: -47°59'26,185857"	Y0 = 179.870,00	Rotação: 0°00'00,00"
<b>DESCRIÇÃO</b>			
Marco de concreto de formato tronco piramidal medindo 17 x 40 x 25 cm, contendo no topo uma chapa de alumínio.			
<b>ITINERÁRIO</b>			
Partindo da DF- 495 sentido Brasília a 3.562 m, cravado na borda da cerca da área da Marinha do Brasil.			
<b>CROQUI</b>			
			
<b>FOTO</b>			

MONOGRAFIA DE MARCOS			
Vértice: MGN07	Ponto Visado:	Contrato / Ano:	
Estado: Distrito Federal	Município: Brasília	Local: BR 040	
Origem:	Elipsóide: GRS 80	Datum: SIRGAS 2000	MC: -45
Coordenadas Geodésicas			
Latitude: -15°59'20,142671"	Longitude: -47°59'10,964654"	Altitude geométrica (h): 1.241,35	
Coordenadas UTM			
Norte: 8.229.993,10	Este: 180.341,40	Altitude ortométrica (H):	
Coordenadas do Plano Topográfico Local			
X: 8238705,875	Y: 152007,310	Altitude (H): 1.241,354	
Origem Plano Topográfico Local			
STP04	Lat.: -15°58'38,392493"	X0 = 8.231.270,90	Ht = 1.248,280
	Long.: -47°59'26,185857"	Y0 = 179.870,00	Rotação: 0°00'00,00"
DESCRIÇÃO			
Marco de concreto de formato tronco piramidal medindo 17 x 40 x 25 cm, contendo no topo uma chapa de alumínio.			
ITINERÁRIO			
Partindo da DF- 495 sentido Brasília a 4.204 m, cravado na borda da cerca da área da Marinha do Brasil.			
CROQUI			
			
FOTO			

Vértice: MGN08		Ponto Visado:		Contrato / Ano:	
Estado: Distrito Federal		Município: Brasília		Local: BR 040	
Origem:		Elipsóide: GRS 80		Datum: SIRGAS 2000	
				MC: -45	
<b>Coordenadas Geodésicas</b>					
Latitude: -15°58'59,009068"		Longitude: -47°59'15,364249"		Altitude geométrica (h): 1.247,45	
<b>Coordenadas UTM</b>					
Norte: 8.230.641,33		Este: 180.201,14		Altitude ortométrica (H):	
<b>Coordenadas do Plano Topográfico Local</b>					
X: 8238705,875		Y: 152007,310		Altitude (H): 1.247,454	
<b>Origem Plano Topográfico Local</b>					
STP04	Lat.: -15°58'38,392493"		X0 = 8.231.270,90		Ht = 1.248,280
	Long.: -47°59'26,185857"		Y0 = 179.870,00		Rotação: 0°00'00,00"
<b>DESCRIÇÃO</b>					
Marco de concreto de formato tronco piramidal medindo 17 x 40 x 25 cm, contendo no topo uma chapa de alumínio.					
<b>ITINERÁRIO</b>					
Partindo da DF- 495 sentido Brasília a 4.864 m, cravado na borda da cerca da área da Marinha do Brasil.					
<b>CROQUI</b>					
					
<b>FOTO</b>					

<b>MONOGRAFIA DE MARCOS</b>		
Vértice: MGN09	Ponto Visado:	Contrato / Ano:

Estado: Distrito Federal		Município: Brasília		Local: BR 040	
Origem:		Elipsóide: GRS 80		Datum: SIRGAS 2000	
MC: -45					
<b>Coordenadas Geodésicas</b>					
Latitude: -15°58'40,437914"		Longitude: -47°59'19,558871"		Altitude geométrica (h): 1.245,40	
<b>Coordenadas UTM</b>					
Norte: 8.231.210,82		Este: 180.068,11		Altitude ortométrica (H):	
<b>Coordenadas do Plano Topográfico Local</b>					
X: 8238705,875		Y: 152007,310		Altitude (H): 1.245,400	
<b>Origem Plano Topográfico Local</b>					
STP04	Lat.: -15°58'38,392493"		X0 = 8.231.270,90		Ht = 1.248,280
	Long.: -47°59'26,185857"		Y0 = 179.870,00		Rotação: 0°00'00,00"
<b>DESCRIÇÃO</b>					
Marco de concreto de formato tronco piramidal medindo 17 x 40 x 25 cm, contendo no topo uma chapa de alumínio.					
<b>ITINERÁRIO</b>					
Partindo da DF- 495 sentido Brasília a 5.451 m, cravado na borda da cerca da área da Marinha do Brasil.					
<b>CROQUI</b>					
					
<b>FOTO</b>					

<b>MONOGRAFIA DE MARCOS</b>		
Vértice: STP04	Ponto Visado:	Contrato / Ano:

Estado: Distrito Federal		Município: Brasília		Local: BR 040	
Origem:		Elipsóide: GRS 80		Datum: SIRGAS 2000	
MC: -45					
<b>Coordenadas Geodésicas</b>					
Latitude: -15°58'38,392493"		Longitude: -47°59'26,185857"		Altitude geométrica (h): 1.248,28	
<b>Coordenadas UTM</b>					
Norte: 8.231.270,90		Este: 179.870,00		Altitude ortométrica (H):	
<b>Coordenadas do Plano Topográfico Local</b>					
X: 8238705,875		Y: 152007,310		Altitude (H): 1.248,280	
<b>Origem Plano Topográfico Local</b>					
STP04	Lat.: -15°58'38,392493"		X0 = 8.231.270,90		Ht = 1.248,280
	Long.: -47°59'26,185857"		Y0 = 179.870,00		Rotação: 0°00'00,00"
<b>DESCRIÇÃO</b>					
Marco de concreto de formato tronco piramidal medindo 17 x 40 x 25 cm, contendo no topo uma chapa de alumínio.					
<b>ITINERÁRIO</b>					
Partindo da DF-001 no entroncamento de acesso a BR-040, no canto de cerca da área do DNIT.					
<b>CROQUI</b>					
					
<b>FOTO</b>					

## **4. PROJETO GEOMÉTRICO**

---

#### **4.1. Introdução**

O projeto geométrico utilizou como base os elementos resultantes dos Estudos de Tráfego, Topográficos, Geotécnicos, Hidrológicos e Ambientais, além de visitas ao trecho com objeto de reconhecimento das atuais condições e de possíveis interferências edificadas ao longo do trecho.

O desenvolvimento do projeto geométrico visa pavimentar a estrada de acesso denominada via Marginal que dá acesso, interligando a malha rodoviária existente e melhorando o tráfego rodoviário na região.

Os documentos normativos utilizados para o projeto geométrico foram os seguintes:

- Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais, DNER, 1999;
- Manual de Projeto de Interseções, DNIT, 2005;
- Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas, DNIT, 2010;
- IS-207 – Estudos Preliminares para Rodovias, DNIT;
- Manual de Sinalização Urbana, da CET SP, 2014;

#### **4.2. Características do Projeto Geométrico**

O projeto do Eixo via marginal inicia-se na (estaca 0+0,000), entroncamento com a DF-495, local que será proposto dispositivo de ligação em nível. O projeto desenvolve-se sobre o leito natural, respeitando a faixa de domínio da rodovia com seção tipo de duas faixas de rolamento de 3,60 m, um acostamento de 2,50 m e meio fio com sarjeta uma extremidade da seção.

#### **4.3. Definição do Projeto Geométrico**

O traçado horizontal da via marginal foi desenvolvido obedecendo aos limites da faixa de domínio da rodovia, reduzindo o impacto nas desapropriações e equilibrar os volumes de terraplenagem.

Em função da topografia do trecho, classificada como plana, os greides projetados atingem rampas de até  $i=7,36\%$ . A velocidade diretriz de projeto foi obtida analisando-se as características planialtimétricas da via existente, sobretudo quanto aos raios de curva horizontal e rampas máximas empregadas. Após a pavimentação do eixo principal, a rodovia passará a ser uma rodovia de classe 1-B, pista simples, com velocidade diretriz de 60km/h.

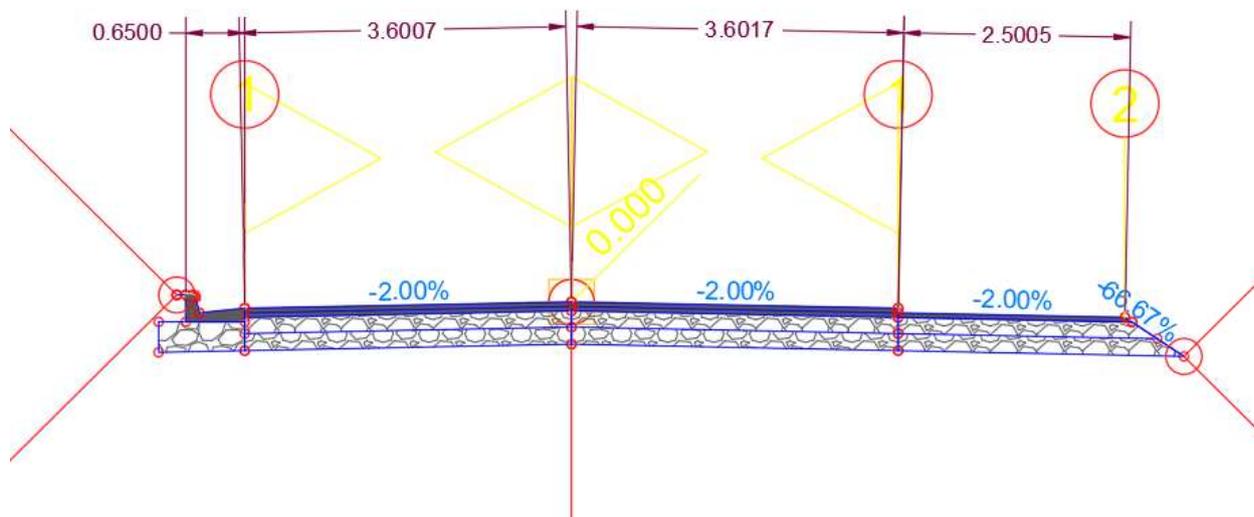
A seção transversal proposta para o eixo principal, possui uma seção distinta, sendo

Seção 1 - Faixa de rolamento de 3,60 m para cada lado e um acostamento de 2,50 m, faixas de drenagem de 0,65m e taludes de corte e aterro sendo, corte 1:1 e aterro 1.5:1.

Para a elaboração do traçado vertical procurou-se reduzir o impacto de grandes maciços de aterro e conservando a altura de greide existente e manter a mesma altura da BR-040, e atender as inclinações mínimas dentro das normas para a melhor solução do projeto de drenagem.

#### **4.4. Principais Seções Transversais Tipo**

##### **Eixo principal**



Observação:

% - declividade transversal da pista.

#### 4.5. Apresentação do Projeto Geométrico

O Projeto geométrico é apresentado no Volume 2 — Projeto de Execução, em pranchas de desenho contendo planta e perfil, nas escalas horizontal 1:1000 e vertical 1:100. São indicadas estacas a cada 20 metros e em pontos notáveis das curvas.

Nos desenhos serão apresentados os limites, bordos projetados e taludes.

## **5. PROJETO DE TERRAPLANAGEM**

---

## 5.1. Introdução

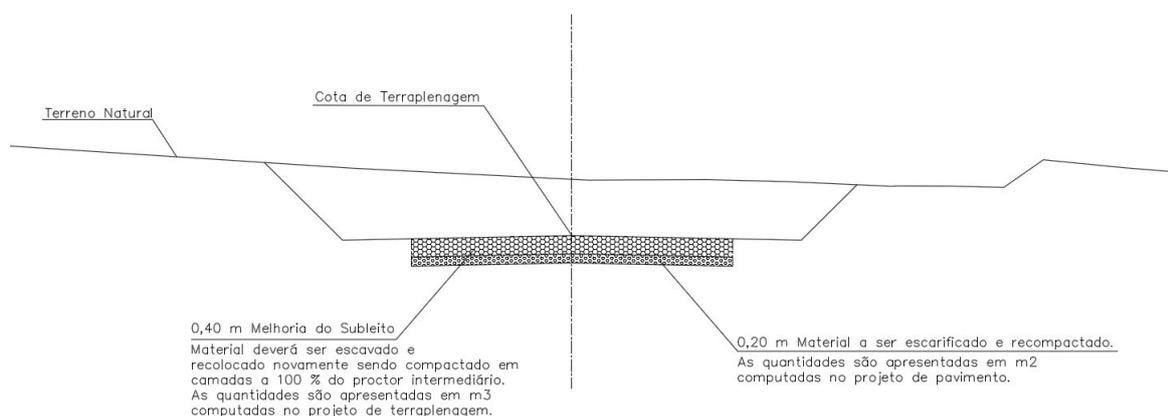
O projeto de terraplenagem fundamentou-se nos estudos geotécnicos, e nos projetos geométrico, de pavimentação e de drenagem, através dos quais foram possíveis a definição das características dos materiais e a quantificação dos volumes a movimentar.

O greide apresentado no projeto geométrico é o de pavimento acabado. O de terraplenagem é obtido pela subtração da espessura das camadas do pavimento. As cotas de implantação da terraplenagem, referentes ao eixo das estacas, encontram-se nas notas de serviço.

Os serviços de terraplenagem serão compostos de escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria e compactação de aterros.

Os taludes gerados terão a inclinação de 1:1 (um metro na vertical para um na horizontal) nos cortes em solo, e de 1,5:1 nos aterros.

Nas seções em corte, conforme previsto na Especificação do DNIT 106/2009-ES, item 5.3.4, C) que cita: considerando o preconizado no projeto de engenharia, devem ser verificadas as condições do solo “in natura” nas camadas superficiais em termos de grau de compactação. Para o projeto foi proposto uma melhoria nas camadas superficiais (0,60 m superiores,



equivalente à camada final do aterro).

Os corpos de aterro deverão ser compactados na energia 100% do proctor normal e a camada final a 100% do proctor intermediário.

## 5.2. Áreas de empréstimo

Visando a otimização das distâncias de transporte, os aterros por sua maioria foram compensados lateralmente/longitudinalmente. Desta forma, os aterros

que não foram supridos, serão compensados com caixas de empréstimos laterais localizadas dentro da faixa de domínio da DF-495. Os materiais provenientes da limpeza deverão ser depositados na recomposição das

caixas de empréstimos e ou espalhados ao longo do trecho caso o volume seja superior ao empréstimo.

### **5.3.Áreas de depósito de materiais excedentes**

As áreas para depósito de materiais excedentes serão localizadas dentro dos limites da faixa de domínio da rodovia e área adjacente. Os locais previstos estão indicados neste relatório.

Anteriormente à utilização das áreas deverá ser realizada a limpeza dessas, e o material proveniente da limpeza deverá ser acondicionado ao lado para posterior espalhamento assim que for finalizada a utilização da área.

Os DMEs deverão ser objeto de acabamento adequado, não se admitindo a execução em forma de monte. O acabamento constituirá no esparrame do material, de modo que a superfície final obtida pareça pertencer ao terreno primitivo.

Sobre o DME deverá ser realizado o plantio de revestimento vegetal através de enleivamento e hidrossemeadura.

### **5.4.Cálculo e distribuição dos volumes**

Os volumes de terraplenagem foram calculados a partir das seções transversais. Após definição do greide de projeto, as seções foram gabaritadas de acordo com a seção transversal tipo, possibilitando a planimetria das áreas correspondentes de corte e aterro. Pelo produto da soma das áreas acumuladas de seções contíguas e a semi-distância entre as mesmas, obtiveram-se os volumes.

A distribuição dos volumes foi realizada de modo a otimizar a distância média de transporte, com a compensação entre volumes de corte e aterro.

### **5.5.Limpeza de terreno e destocamento**

Foram consideradas, na área a ser terraplenada, a roçada, remoção de árvores, arbustos, tocos, galhos, o destocamento, empilhamento, carga, transporte, descarga e espalhamento em locais definidos para depósito de

material excedente. A profundidade média de limpeza considerada é de 20 cm.

### **5.6. Cortes em material de 1ª e 2ª categorias**

Compreendem os solos em geral, ou seja, todos os materiais que podem ser escavados por tratores escavo-transportadores de pneus ou por escavadeiras hidráulicas. Esses materiais estão dispostos na área de abrangência da plataforma da rodovia e também nas laterais adjacentes em forma de alargamento de corte, aterro de suporte da estrutura de pavimento ou remoção de terraplenagem até alcançar a cota final de terraplenagem.

### **5.7. Corpo de aterro**

Segmentos de rodovia cuja implantação requer depósito de materiais, provenientes de cortes, no interior dos limites das seções de projeto (off-sets) que definem o corpo estradal. A porção referente ao corpo de aterro situa-se entre o terreno natural até 0,60 m abaixo da cota

correspondente ao greide de terraplenagem. Os solos devem possuir capacidade de suporte  $ISC > 2\%$  e expansão menor que 4%. A compactação deverá ser de 100% PN.

### **5.8. Camada final de aterro**

Parte do aterro constituído de material selecionado dentre os melhores disponíveis, situado entre o greide de terraplenagem e o corpo do aterro, na espessura de 60 cm. Não é permitido o uso de solos com expansão maior do que 2%. A compactação deverá ser de 100% PI.

### **5.9. Reaterro**

Consiste nos acabamentos do terraplanagem, executados durante e/ou após a construção dos pavimentos e das drenagens, de modo a conferir a concepção final da plataforma da rodovia. Após a conclusão dos reaterros é realizado o revestimento vegetal.

## **6.DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO NOVO**

---

## 6. OBJETIVO

O presente documento tem como objetivo indicar os parâmetros a serem utilizados para a realização do Projeto de Pavimentação Asfáltica referente a Pista Marginal da Rodovia BR-040, no trecho compreendido entre a DF-495 até a DF-001 (BR-251), com extensão aproximada de 5,5 km, tendo sido motivado por meio do **Despacho DER-DF/DG/SUTEC documento SEI (99518275) - Processo SEI 0113-00017186/2022-91**.

**Figura 1 – Localização do Trecho a ser Pavimentado**



**- Marginal da BR-040, trecho entre a DF-495 e a DF-001 (BR-251)**

## **7. INTRODUÇÃO**

A Pista Marginal da Rodovia BR-040, no trecho compreendido entre a DF-495 até a DF-001 (BR-251), terá características de tráfego médio a intenso, englobando veículos de passeio e leves, médios, pesados, semirreboques, reboques e ônibus.

Vale ressaltar que os volumes de tráfego que delimitam algumas das classes de projeto são apenas indicativos de ordem de grandeza, não se justificando precisões absolutas, especialmente tratando-se de projeções de tráfego.

As restrições econômicas para a implantação desta classe de rodovia, usualmente, orientam seus projetos para atividades de regularização e melhorias nos caminhos de circulação não pavimentados, já utilizados pela população local. Sendo assim, as soluções propostas devem privilegiar o aproveitamento dos caminhos de circulação pré-existentes, concentrando-se na regularização da geometria e na melhoria das condições de drenagem.

As normas utilizadas para elaboração deste projeto de pavimentação (implantação) foram:

- DNIT-ME 172/2016 – Determinação do Índice de Suporte Califórnia Utilizando Amostras não Trabalhadas;
- DNER-ME 164/2013 – Compactação Utilizando Amostras não Trabalhadas;
- IPR – 719/2006 – Manual de Pavimentação;
- IPR – 742/2010 – Manual de Implantação Básica de Rodovia;
- IP – DE-P00/001 Instrução de Projeto de Pavimentos do DER-SP;
- Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis Pelo Método DNER 1976/1981;
- IP – 08/2004 – Análise Mecanicista à Fadiga de Estruturas de Pavimento (SP).

## **8.0 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**

As atividades foram divididas de acordo com os seguintes estudos preliminares e de campo:

- a) Levantamentos de Campo:
  - Estudo de Tráfego;
  - Estudo do Subleito;
  - Estudo de Ocorrências (Caixas de Empréstimos).

- Estudos de Ocorrências de materiais para as camadas de sub-base e base;
  - Estudos de estabilização de química com Cimento Portland para a camada de sub-base;
  - Estudos de estabilização granulométrica e química para a camada de base;
- b) Análise dos Dados Coletados;
- c) Verificações Mecanicistas (software AEMC);
- d) Soluções Adotadas.

## 8.1 Levantamentos de Campo

### 8.1.1 Estudo de Tráfego

A contagem manual foi realizada por técnicos do Núcleo de Pesquisa e Coleta de Dados (NUPCD/SUTRAN/DER-DF), no dia 04/06/2022, no km 02 da BR-040, sentido Valparaíso/Brasília. O período de contagem corresponde ao intervalo de 06hs às 19h 45. O registro de veículos foi feito por porte veicular a cada 15 minutos **Anexo A**.

### 8.1.2 Estudo do Subleito (Sondagens)

Objetivando a determinação da resistência do material constituinte da camada de subleito, foram realizados estudos de campo e de laboratório para a obtenção das características físicas e mecânicas do material em duas situações distintas: nas condições reais que prevalecem no campo (in situ) e nas condições ideais de trabalho (em laboratório).

Foram realizadas prospecções do subleito em 27 (vinte e sete) pontos, conforme orientação constante na IS-206: Estudos Geotécnicos, presente no Manual de Diretrizes Básicas para a Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (Publicação DNIT – IPR 726/2006). e também de acordo com o Manual de Pavimentação DNIT (Publicação DNIT – IPR 719/2006).

Os boletins de sondagem, nos quais constam os locais de prospecção (estacas), posição em relação ao eixo, profundidades sondadas e classificação expedita dos materiais das camadas.

**Anexo E.**

### 8.1.3 Estudo de Ocorrências (Caixas de Empréstimos)

Foram verificadas as possibilidades de aproveitamento de áreas de empréstimos na rodovia DF-495, onde foram realizados furos de sondagem nas caixas de empréstimo 1, 2 e 4. Foram

realizados ensaios para a verificação do Índice de Suporte Califórnia (ISC), tendo com menor valor 9,3% e maior valor igual a 17,5% e valores de Expansão volumétrica entre 0,00% até 0,14%. Baseado nos resultados dos ensaios laboratoriais realizados nas amostras de solos, bem como da viabilidade de exploração da área, dentro dos limites da ocorrência selecionada, foram executados furos de sondagens, coletando amostras suficientes para a realização de todos os ensaios geotécnicos de caracterização, tanto in natura quanto estabilizado química e granulometricamente para serem usadas como camada de base e camada de sub-base. **Anexo B.**

## 8.2 Análise dos Dados Coletados

O volume de tráfego coletado pelo NUCPD/SUTRAN/DER-DF abrangeu somente o período das 06hs às 19h45, sendo necessária a expansão dos dados para 24 horas, a qual foi realizada pela GESET/SUTRAN/DER-DF. Pelo estudo da estimativa de crescimento geométrico de tráfego destinada aos veículos comerciais de carga realizado pela GESET/SUTRAN/DER-DF, foi definida a taxa de crescimento geométrico de 4,69%. **(Anexo A).**

A expansão da contagem manual foi executada pelo Núcleo de Pesquisa e Coleta de Dados (NUPCD), DER-DF, considerando os veículos comerciais de carga divididos em: Médios, Pesados, Semirreboques, Reboques e Ônibus. A contagem de tráfego foi realizada no sentido Valparaíso/Brasília, para apurar a quantidade de cada veículo que será utilizada no desenvolvimento do Projeto de Restauração foram utilizados os números apurados no Estudo de Tráfego considerando as 24 horas. Como isto, o Projeto de Implantação do Pavimento da Via Marginal da BR-040, trecho compreendido entre a DF-495 e a DF-001 (BR-251), será desenvolvido para a rodovia em questão levando em consideração o sentido de tráfego citado acima, para os devidos os cálculos, levando em consideração os veículos comerciais de carga e os ônibus.

Aplicando-se a taxa de crescimento anual geométrico de 4,69%, foram obtidos os seguintes números “N acumulado” ao final de uma vida útil de 10 anos, adotando-se o ano de 2033, considerado em virtude do tempo atual e do período demandado para a realização da licitação e da própria obra (em torno de 12 meses), será utilizado o ano de 2023 para a execução dos processos citados acima. Assim, uma previsão mínima de liberação do tráfego após a execução dos serviços de pavimentação da Marginal da BR-040, trecho compreendido entre a DF-495 e a DF-001 (BR-251), ocorrerá no ano de 2024.

## 9.0 Estudo de Tráfego

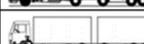
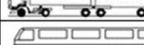
### 9.1 Contagem de Tráfego – Sentido: Valparaíso/Brasília

**Tabela 1 – Quantidades de veículos comerciais de carga – Sentido: Valparaíso/Brasília**

Fonte: do Autor

De acordo com a contagem de tráfego fornecida pelo Núcleo de Pesquisa e Coleta de Dados (NUPCD), onde os veículos foram separados pelas características de carga e não pela tipologia de cada veículo, diante disto, foram realizadas observações em campo e a critério do Projetista foi feita a seguinte divisão, detalhando os tipos de veículos que serão utilizados, bem como a quantidade de eixos que cada um possui, conforme a tabela a seguir:

**Tabela 2 – Tipos de Veículos Comerciais e Quantidade de Eixos**

<b>Médios</b>	<b>Pesados</b>	<b>Semirreboques</b>	<b>Reboques</b>	<b>Ônibus</b>				
<b>1184</b>	<b>596</b>	<b>454</b>	<b>321</b>	<b>1342</b>				
<b>Veículos</b>			<b>Quantidade de Eixos</b>					
			<b>ESRS</b>	<b>CED</b>	<b>ESRD</b>	<b>TD</b>	<b>TT</b>	<b>TD(6p)</b>
<b>Médios</b>		<b>2C</b>	1		1			
<b>Pesados</b>		<b>3C</b>	1			1		
		<b>4CD</b>		1		1		
<b>Semi-reboques</b>		<b>2S2</b>	1		1	1		
		<b>2S3</b>	1		1		1	
		<b>3S2</b>	1			2		
		<b>3S3</b>	1			1	1	
<b>Reboques</b>		<b>2C3</b>	1		2	1		
		<b>3C3</b>	1		1	2		
		<b>3D4</b>	1			3		
		<b>2J4</b>	1		3	1		
<b>Ônibus</b>		<b>2CB</b>	1		1			
		<b>3CB</b>	1					1

Fonte: do Autor

Com o intuito em dar prosseguimento ao presente Relatório que traz o Projeto de Pavimentação da Via Marginal da BR-040, trecho compreendido entre a DF-495 e a DF-001 (BR-251), de modo a possibilitar o desenvolvimento dos cálculos foi necessário fazer uma divisão percentual de cada tipo de veículo dentro de sua classificação. Com isto, a divisão ficou da seguinte maneira: **Médios: 2C = 100%; Pesados: 3C = 50% e 4CD = 50%; Semirreboques: 2S2 = 15%, 2S3 = 15%, 3S2 = 35% e 3S3 = 35%; Reboques: 2C3 = 35%, 3C3 = 35%, 3D4 = 15% e 2J4 = 15%; Ônibus: 2CB = 80% e 3CB = 20%**, conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Percentuais de cada tipo de veículo

Classificação	Veículos	Percentual
Médios	2C	100%
Pesados	3C	50%
	4CD	50%
Semirreboques	2S2	15%
	2S3	15%
	3S2	35%
	3S3	35%
Reboques	2C3	35%
	3C3	35%
	3D4	15%
	2J4	15%
Ônibus	2CB	80%
	3CB	20%

Fonte: do Autor

## 9.2 Cálculo do Número N de Solicitações

O tráfego é considerado no dimensionamento de pavimentos através do conceito de equivalência de carga, onde se transformam todas as solicitações no número de passagens de um eixo padrão de 8,2 tf, também conhecido como Número “N”. Essa transformação normalmente é feita através da aplicação do fator de veículo ao volume previsto para o período de projeto.

Para o cálculo do Número N, necessita-se agrupar todos os eixos pesados em simples, duplos e triplos, para então aplicar os fatores de equivalência de carga, já que esses dependem do tipo de eixo e nível de carga.

As equações de equivalência de carga utilizadas foram aquelas propostas pelo: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) e Corpo de Engenheiros do Exército Americano (USACE). Conforme demonstradas a seguir:

**Tabela 4 – Fatores de Equivalência de Carga: AASHTO e USACE**

AASHTO		
Tipos de eixo	Equações (P em tf)	
Simples de rodagem simples	$FC = (P / 7,77)^{4,32}$	
Simples de rodagem dupla	$FC = (P / 8,17)^{4,32}$	
Tandem duplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 15,08)^{4,14}$	
Tandem triplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 22,95)^{4,22}$	

P = Peso bruto total sobre o eixo

USACE		
Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	$\geq 8$	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo	0 – 11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	$\geq 11$	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo	0 – 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	$\geq 18$	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

P = peso bruto total sobre o eixo

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego – DNIT – Publicação IPR – 723/2006

### 9.2.1 Cálculo do Fator de Veículos (Fv)

O fator de veículos (Fv) é um multiplicador que permite a determinação do número de eixos equivalentes ao eixo padrão a partir do volume de veículos que trafega durante o período de projeto. O fator de veículos é calculado a partir da seguinte expressão:

$$Fv = FE \times FC$$

Onde:

**FE = fator de eixo;**

**FC = fator de equivalência de carga.**

Para proceder a composição do fluxo de veículos comerciais de carga na faixa de projeto, o mesmo será dividido em: 70% com carregamento máximo legal, 20% sem carga (vazios) e 10% com excesso de peso, de acordo com Resolução do CONTRAN.

Ressalta-se que o carregamento máximo permitido pela Lei da Balança (Código de Trânsito Brasileiro - Lei nº 9.053, de 23.09.1997 – Resolução nº 12 de 06/02/1998) é de 6,0 tf no eixo simples dianteiro e de 10,0 tf, 17,0 tf e 25,5 tf para os eixos simples de rodagem dupla, tandem duplo e tandem triplo traseiros, respectivamente. E, também contemplando a Lei 14.229/2021. Pode-se então calcular o fator de veículo da amostra através do cálculo dos fatores individuais de veículo, ponderados em função da percentagem de cada um dos tipos de veículos.

### 9.2.1.1 Fator de Veículos – USACE

**Tabela 5 – Fator de Veículos USACE – 70% com Carregamento Máximo Legal**

<b>Cálculo do FV - USACE (Veículos Carregados) - Marginal BR-040 - Trecho: DF-495/BR-251 (DF-001)</b>										
Veículos		Quantidade de Eixo por Veículo						FV	% de Veículos	FV*%/100
		ESRS	CED	ESRD	TD	TT	TD(6p)			
Médios	2C	0,2779		3,2895				3,5674	30,38	1,0839
Pesados	3C	0,2779			8,5488			8,8267	7,65	0,6750
	4CD		0,5558		8,5488			9,1046	7,65	0,6962
Semi-reboques	2S2	0,2779		3,2895	8,5488			12,1162	1,75	0,2117
	2S3	0,2779		3,2895		9,2998		12,8672	1,75	0,2249
	3S2	0,2779			17,0976			17,3755	4,08	0,7085
	3S3	0,2779			8,5488	9,2998		18,1265	4,08	0,7391
Reboques	2C3	0,2779		6,5789	8,5488			15,4056	2,88	0,4441
	3C3	0,2779		3,2895	17,0976			20,6650	2,88	0,5958
	3D4	0,2779			25,6464			25,9243	1,24	0,3203
	2J4	0,2779		9,8684	8,5488			18,6951	1,24	0,2310
Ônibus	2CB	0,2779		3,2895				3,5674	27,55	0,9828
	3CB	0,2779					2,4148	2,6927	6,89	0,1855
<b>TOTAL</b>								<b>165,3669</b>	<b>100,00</b>	<b>7,0987</b>
<b>70% do Total</b>										<b>4,9691</b>

**Tabela 6 – Fator de Veículos – USACE – 20% Vazios (sem carga)**

Cálculo do FV - USACE (Veículos Vazios) - Marginal BR-040 - Trecho: DF-495/BR-251 (DF-001)										
Veículos		Quantidade de Eixo por Veículo					FV	% de Veículos	FV*%/100	
		ESRS	CED	ESRD	TD	TT				TD(6p)
Médios	2C	0,0172		0,0431				0,0603	30,38	0,0183
Pesados	3C	0,0172			0,0801			0,0973	7,65	0,0074
	4CD		0,0343		0,0801			0,1144	7,65	0,0088
Semi-reboques	2S2	0,0172		0,0431	0,0801			0,1404	1,75	0,0025
	2S3	0,0172		0,0431		0,1278		0,1880	1,75	0,0033
	3S2	0,0172			0,1602			0,1774	4,08	0,0072
	3S3	0,0172			0,0801	0,1278		0,2250	4,08	0,0092
Reboques	2C3	0,0172		0,0862	0,0801			0,1835	2,88	0,0053
	3C3	0,0172		0,0431	0,1602			0,2205	2,88	0,0064
	3D4	0,0172			0,2403			0,2575	1,24	0,0032
	2J4	0,0172		0,1293	0,0801			0,2266	1,24	0,0028
Ônibus	2CB	0,0172		0,0431				0,0603	27,55	0,0166
	3CB	0,0172					0,0425	0,0597	6,89	0,0041
TOTAL								1,9504	100,00	0,0950
20% do Total										0,0190

Tabela 7 – Fator de Veículos - USACE – 10% Carregado com excesso de peso.

Cálculo do FV - USACE (Veículos Carregados - Lei 14.229 de 2021) - Marginal BR-040 - Trecho: DF-495/BR-251 (DF-001)										
Veículos		Quantidade de Eixo por Veículo					FV	% de Veículos	FV*%/100	
		ESRS	CED	ESRD	TD	TT				TD(6p)
Médios	2C	0,4595		7,8839				8,3434	30,38	2,5349
Pesados	3C	0,4595			16,4262			16,4262	7,65	1,2561
	4CD	0,9190			16,4262			17,3452	7,65	1,3264
Semi-reboques	2S2	0,4595		7,8839	16,4262			24,7696	1,75	0,4328
	2S3	0,4595		7,8839		17,9847		26,3282	1,75	0,4601
	3S2	0,4595			32,8524			33,3119	4,08	1,3583
	3S3	0,4595			13,5923	14,1716		28,2235	4,08	1,1508
Reboques	2C3	0,4595		15,7678	16,4262			32,6535	2,88	0,9414
	3C3	0,4595		5,9704	27,1846			33,6145	2,88	0,9691
	3D4	0,4595			49,2786			49,7381	1,24	0,6145
	2J4	0,4595		23,6517	16,4262			40,5374	1,24	0,5009
Ônibus	2CB	0,4595		7,8839				8,3434	27,55	2,2986
	3CB	0,4595					4,6276	5,0871	6,89	0,3504
TOTAL								316,3786	100,00	14,1943
10% do Total										1,4194

**6,4075**

Como o volume de tráfego coletado por técnicos do Núcleo de Pesquisa e Coleta de Dados (NUPCD), aplicando-se a taxa de crescimento geométrico anual de 4,69%, foi considerado que os anos de 2023 e 2024 serão destinados a elaboração do projeto de engenharia, processo licitatório e execução das obras de restauração da infraestrutura do pavimento da referida rodovia, e que a abertura da rodovia ao tráfego, ocorrerá em 2024. Sendo que o ano de 2033 será o final do horizonte de projeto.

Seguiu-se, então, com a determinação dos valores do número “N”, a ser utilizado na Marginal da BR-040, no Sentido: Valparaíso/Brasília, tendo em vista a metodologia preconizada pela USACE, calculado pela seguinte expressão:

$$N = 365 \times VDM \times Fv \times Fr$$

Onde:

N = número equivalente de operações do eixo padrão;

VDM = volume diário médio de tráfego;

Fv = fator de veículo;

Fr = fator climático regional (FR = 1,0);

**Tabela 8 – Número N – USACE – Sentido: Valparaíso/Brasília**

Projeção de Tráfego e Cálculo do Número N - USACE - Marginal BR-040 - Trecho: DF-495/BR-251 (DF-001)																				
Ano	Volume Diário Médio (VDM)													VDM Comer cial	FV	FR	N	N Acumulado		
	Médios			Pesados				Semirreboques				Reboques							Ônibus	
	2C	3C	4CD	2S2	2S3	3S2	3S3	2C3	3C3	3D4	2J4	2CB	3CB							
2022	1184	298,0	298,0	68,10	68,10	158,90	158,90	112,35	112,35	48,15	48,15	1073,6	268,4	3897	6,4075	1,0	9,11E+06	9,11E+06		
2023	1239,53	311,98	311,98	71,29	71,29	166,35	166,35	117,62	117,62	50,41	50,41	1123,95	280,99	4080	6,4075	1,0	9,54E+06	1,87E+07		
2024	1297,66	326,61	326,61	74,64	74,64	174,15	174,15	123,14	123,14	52,77	52,77	1176,67	294,17	4271	6,4075	1,0	9,99E+06	2,86E+07		
2025	1358,52	341,93	341,93	78,14	78,14	182,32	182,32	128,91	128,91	55,25	55,25	1231,85	307,96	4471	6,4075	1,0	1,05E+07	3,91E+07		
2026	1422,24	357,96	357,96	81,80	81,80	190,87	190,87	134,96	134,96	57,84	57,84	1289,62	322,41	4681	6,4075	1,0	1,09E+07	5,01E+07		
2027	1488,94	374,75	374,75	85,64	85,64	199,83	199,83	141,29	141,29	60,55	60,55	1350,11	337,53	4901	6,4075	1,0	1,15E+07	6,15E+07		
2028	1558,77	392,33	392,33	89,66	89,66	209,20	209,20	147,91	147,91	63,39	63,39	1413,43	353,36	5131	6,4075	1,0	1,20E+07	7,35E+07		
2029	1631,88	410,73	410,73	93,86	93,86	219,01	219,01	154,85	154,85	66,36	66,36	1479,72	369,93	5371	6,4075	1,0	1,26E+07	8,61E+07		
2030	1708,41	429,99	429,99	98,26	98,26	229,28	229,28	162,11	162,11	69,48	69,48	1549,12	387,28	5623	6,4075	1,0	1,32E+07	9,92E+07		
2031	1788,54	450,16	450,16	102,87	102,87	240,03	240,03	169,71	169,71	72,73	72,73	1621,77	405,44	5887	6,4075	1,0	1,38E+07	1,13E+08		
2032	1872,42	471,27	471,27	107,70	107,70	251,29	251,29	177,67	177,67	76,15	76,15	1697,83	424,46	6163	6,4075	1,0	1,44E+07	1,27E+08		
2033	1960,24	493,37	493,37	112,75	112,75	263,08	263,08	186,01	186,01	79,72	79,72	1777,46	444,36	6452	6,4075	1,0	1,51E+07	1,42E+08		
																	15% do N	2,14E+07		

Fonte: do Autor

Em função da Contagem de Tráfego ter sido executada na BR-040, foi considerado pelo Projetista após observações feitas em campo um percentual igual a 15% do total no Número N, para adotar como tráfego a ser recebido pela via Marginal a ser implantada.

Para o ano de 2033 – Horizonte de Projeto:

$$\underline{N_{USACE} = 2,14 \times 10^7}$$

### 9.2.1.2 Fator de Veículos – AASHTO

Tabela 9 – Fator de Veículos – AASHTO – 70% com Carregamento Máximo Legal

Cálculo do FV - AASHTO (Veículos Carregados) - Marginal BR-040 - Trecho: DF-495/BR-251 (DF-001)										
Veículos		Quantidade de Eixo por Veículo						FV	% de Veículos	FV**%/100
		ESRS	CED	ESRD	TD	TT	TD(6p)			
Médios	2C	0,3273		2,3944				2,7218	30,38	0,8269
	3C	0,3273			1,6424			1,9697	7,65	0,1506
Pesados	4CD		0,6547		1,6424			2,2971	7,65	0,1757
	2S2	0,3273		2,3944	1,6424			4,3642	1,75	0,0763
Semi-reboques	2S3	0,3273		2,3944		2,1453		4,8670	1,75	0,0851
	3S2	0,3273			3,2848			3,6121	4,08	0,1473
	3S3	0,3273			1,6424	2,1453		4,1150	4,08	0,1678
Reboques	2C3	0,3273		4,7888	1,6424			6,7586	2,88	0,1948
	3C3	0,3273		2,3944	3,2848			6,0065	2,88	0,1732
	3D4	0,3273			4,9272			5,2545	1,24	0,0649
	2J4	0,3273		7,1833	1,6424			9,1530	1,24	0,1131
Ônibus	2CB	0,3273		2,3944				2,7218	27,55	0,7498
	3CB	0,3273					0,6324	0,9597	6,89	0,0661
<b>TOTAL</b>								<b>52,0792</b>	<b>100,0</b>	<b>2,9916</b>
<b>70% do Total</b>										<b>2,0941</b>

Fonte: do Autor

Tabela 10 – Fator de Veículos - AASHTO – 20% Vazios (sem carga)

Cálculo do FV - AASHTO (Veículos Vazios) - Marginal BR-040 - Trecho: DF-495/BR-251 (DF-001)										
Veículos		Quantidade de Eixo por Veículo						FV	% de Veículos	FV*/100
		ESRS	CED	ESRD	TD	TT	TD(6p)			
Médios	2C	0,0164		0,1199				0,1363	30,38	0,0414
Pesados	3C	0,0164			0,0220			0,0384	7,65	0,0029
	4CD		0,0328		0,0220			0,0548	7,65	0,0042
Semi-reboques	2S2	0,0164		0,1199	0,0220			0,1583	1,75	0,0028
	2S3	0,0164		0,1199		0,0192		0,1555	1,75	0,0027
	3S2	0,0164			0,0441			0,0604	4,08	0,0025
	3S3	0,0164			0,0220	0,0192		0,0577	4,08	0,0024
Reboques	2C3	0,0164		0,2398	0,0220			0,2782	2,88	0,0080
	3C3	0,0164		0,1199	0,0441			0,1803	2,88	0,0052
	3D4	0,0164			0,0661			0,0825	1,24	0,0010
	2J4	0,0164		0,3596	0,0220			0,3981	1,24	0,0049
Ônibus	2CB	0,0164		0,1199				0,1363	27,55	0,0375
	3CB	0,0164					0,0104	0,0267	6,89	0,0018
<b>TOTAL</b>							<b>1,6272</b>	<b>100,00</b>	<b>0,1174</b>	
<b>20% do Total</b>										<b>0,0235</b>

Fonte: do Autor

Tabela 11 – Fator de Veículos – AASHTO – 10% Carregado com excesso de peso.

Cálculo do FV - AASHTO (Veículos Carregados - Lei 14.229 de 2021) - Marginal BR-040 - Trecho: DF-495/BR-251 (DF-001)										
Veículos		Quantidade de Eixo por Veículo						FV	% de Veículos	FV*/100
		ESRS	CED	ESRD	TD	TT	TD(6p)			
Médios	2C	0,5621		4,3794				4,9415	30,38	1,5013
Pesados	3C	0,5621			2,6890			3,2511	7,65	0,2486
	4CD		1,1242		2,6890			3,8133	7,65	0,2916
Semi-reboques	2S2	0,5621		4,3794	2,6890			7,6306	1,75	0,1333
	2S3	0,5621		4,3794		2,5690		7,5105	1,75	0,1312
	3S2	0,5621			5,3781			5,9402	4,08	0,2422
	3S3	0,5621			2,3308	2,1453		5,0382	4,08	0,2054
Reboques	2C3	0,5621		8,7588	2,6890			12,0100	2,88	0,3462
	3C3	0,5621		3,6142	4,6616			8,8380	2,88	0,2548
	3D4	0,5621			8,0671			8,6292	1,24	0,1066
	2J4	0,5621		13,1382	2,6890			16,3894	1,24	0,2025
Ônibus	2CB	0,5621		4,3794				4,9415	27,55	1,3614
	3CB	0,5621					1,0334	1,5955	6,89	0,1099
<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>						<b>85,5874</b>	<b>100,00</b>	<b>5,1352</b>	
<b>10% do Total</b>										<b>0,5135</b>

Fonte: do Autor

$$FV = FV (70\% \text{ Carregado}) + FV (20\% \text{ Vazios}) + FV (10\% \text{ Carregado com Tolerância}) \rightarrow \underline{FV = 2,6311}$$

Seguiu-se, então, com a determinação dos valores do número “N”, da Marginal da BR-040, trecho compreendido entre a DF-495 e a DF-001 (BR-251), tendo em vista a metodologia preconizada pela AASHTO:

Projeção de Tráfego e Cálculo do Número N - AASHTO - Marginal BR-040 - Trecho: DF-495/BR-251 (DF-001)																			
Ano	Volume Diário Médio (VDM)													VDM Comercial	FV	FR	N	N Acumulado	
	Médios	Pesados			Semi Reboques				Reboques				Ônibus						
	2C	3C	4CD	2S2	2S3	3S2	3S3	2C3	3C3	3D4	2J4	2CB	3CB						
2022	1184	298,0	298,0	68,10	68,10	158,90	158,90	112,35	112,35	48,15	48,15	1073,6	268,4	3897	2,6311	1,0	3,74E+06	3,74E+06	
2023	1239,53	311,98	311,98	71,29	71,29	166,35	166,35	117,62	117,62	50,41	50,41	1123,95	280,99	4080	2,6311	1,0	3,92E+06	7,66E+06	
2024	1297,66	326,61	326,61	74,64	74,64	174,15	174,15	123,14	123,14	52,77	52,77	1176,67	294,17	4271	2,6311	1,0	4,10E+06	1,18E+07	
2025	1358,52	341,93	341,93	78,14	78,14	182,32	182,32	128,91	128,91	55,25	55,25	1231,85	307,96	4471	2,6311	1,0	4,29E+06	1,61E+07	
2026	1422,24	357,96	357,96	81,80	81,80	190,87	190,87	134,96	134,96	57,84	57,84	1289,62	322,41	4681	2,6311	1,0	4,50E+06	2,06E+07	
2027	1488,94	374,75	374,75	85,64	85,64	199,83	199,83	141,29	141,29	60,55	60,55	1350,11	337,53	4901	2,6311	1,0	4,71E+06	2,53E+07	
2028	1558,77	392,33	392,33	89,66	89,66	209,20	209,20	147,91	147,91	63,39	63,39	1413,43	353,36	5131	2,6311	1,0	4,93E+06	3,02E+07	
2029	1631,88	410,73	410,73	93,86	93,86	219,01	219,01	154,85	154,85	66,36	66,36	1479,72	369,93	5371	2,6311	1,0	5,16E+06	3,53E+07	
2030	1708,41	429,99	429,99	98,26	98,26	229,28	229,28	162,11	162,11	69,48	69,48	1549,12	387,28	5623	2,6311	1,0	5,40E+06	4,07E+07	
2031	1788,54	450,16	450,16	102,87	102,87	240,03	240,03	169,71	169,71	72,73	72,73	1621,77	405,44	5887	2,6311	1,0	5,65E+06	4,64E+07	
2032	1872,42	471,27	471,27	107,70	107,70	251,29	251,29	177,67	177,67	76,15	76,15	1697,83	424,46	6163	2,6311	1,0	5,92E+06	5,23E+07	
2033	1960,24	493,37	493,37	112,75	112,75	263,08	263,08	186,01	186,01	79,72	79,72	1777,46	444,36	6452	2,6311	1,0	6,20E+06	5,85E+07	
																	15% do N	8,78E+06	

Tabela 12 – Número N – AASHTO – Sentido: Valparaíso/Brasília

Em função da Contagem de Tráfego ter sido executada na BR-040, foi considerado pelo Projetista após observações feitas em campo um percentual igual a 15% do total no Número N, para adotar como tráfego a ser recebido pela via Marginal a ser implantada.

Para o ano de 2033 – Horizonte de Projeto:

$$N_{AASHTO} = 8,78 \times 10^6$$

## 10.0 Estudo do Subleito (Índice de Suporte Califórnia – ISC)

Os ensaios realizados para camada de subleito estão descritos na sequência:

- Determinação da Umidade Higroscópica de acordo com o método de ensaio DNER-ME 088/94;
- Ensaio de Caracterização (Granulometria por Peneiramento, Limite de Liquidez e Plasticidade) pelos métodos DNER-ME 083/98, 122/94 e 082/94 respectivamente;
- Compactação, de acordo com o método de ensaio DNER-ME 164/2013, sendo 5 (cinco) pontos com energia do Proctor Intermediário para subleito;
- Índice de Suporte Califórnia (ISC) e Expansão, de acordo com a metodologia de ensaio DNER-ME 172/2016, com energia do Proctor Intermediário para subleito. Os estudos foram fixados ao **Anexo E**.

O quadro, a seguir, apresenta os valores limites e algumas recomendações relativas às principais características geotécnicas dos materiais a serem utilizados no pavimento.

**Tabela 13 – Principais Características Geotécnicas**

Camada	ISC	Expansão	IG	LL	IP	Faixa Granulométrica
Base	> 60% <sup>(1)</sup>	< 0,5%	--	≤ 25% ou	≤ 6,0% ou	A, B, C ou D <sup>(1)</sup>
	> 80% <sup>(2)</sup>			EA > 30%	EA > 30%	E ou F <sup>(2)</sup>
Sub-Base	> 20%	≤ 1,0%	0	--	--	--
Subleito	> ISC <sub>SL</sub>	≤ 1,0%	≤ IG <sub>SL</sub>	--	--	--
<b>Observações: EA = Equivalente de Areia</b>						

(1) Para $N \leq 5 \times 10^6$
(2) Para $N > 5 \times 10^6$
Subleito: ISC > 6% e Expansão < 2%
Os materiais deverão ser objeto de especificações particulares.

Fonte: Manual de Pavimentação DNIT IPR 719/2006 (Adaptado)

### 10.1 Definição do Índice de Suporte do Subleito – ISC (Método DNER)

Para a avaliação da capacidade de suporte do subleito e dos materiais que irão compor as camadas do pavimento é utilizado o ensaio *CBR* (*California Bearing Ratio*) ou ISC em amostras deformadas ou moldadas em laboratório, nas condições de serviço e submetidas à imersão em tanque apropriado por quatro dias.

Buscando uma maior segurança, a norma recomenda utilizar o Índice de Suporte (*IS*), que é um *CBR* corrigido em função do Índice de Grupo (*IG*), conforme expressão a seguir:

$$IS = \frac{IS_{CBR} + IS_{IG}}{2}$$

Onde:

$IS_{CBR}$  = índice de suporte numericamente igual ao Índice de Suporte Califórnia (obtido em ensaio e dado em %)

$IS_{IG}$  = índice de suporte derivado do índice de grupo (*IG*), correspondendo, praticamente, a uma inversão de escala em relação ao *IG*, fazendo com que solos de boa qualidade tenham os maiores valores de  $IS_{IG}$ , conforme tabela 02.

**Tabela 14 – Valores de ISC em Função do Índice de Grupo**

Valores do $CBR_{IG}$ em função do <i>IG</i> .	
Índice de grupo ( <i>I.G.</i> )	Índice de suporte ( <i>C.B.R.</i> <sub><i>IG</i></sub> )
0	20
1	18
2	15
3	13
4	12
5	10
6	9
7	8
8	7
9 a 10	6
11 a 12	5
13 a 14	4
15 a 17	3
18 a 20	2

Fonte: Manual de Pavimentação DNIT IPR 719/2006 (Adaptado)

Impõe-se a condição de que o Índice de Suporte seja, no máximo, igual ao ISC, ou seja, quando o cálculo do *IS* resultar num índice maior que o *ISC*, adota-se o valor do *ISC*, como Índice de Suporte, ou seja:

$$IS \leq CBR$$

Diante do que o método impõe e com intuito de um melhor suporte ao pavimento, foram feitas análises estatísticas dos resultados das sondagens feitas no subleito da rodovia em questão, chegando-se aos seguintes valores de Índice de Suporte do subleito:

**Tabela 15 – Índice de Suporte Califórnia do Subleito**

SUBLEITO - Marginal da BR-040 - Trecho DF-495/DF-001 (BR-251)									
EIXO PRINCIPAL									
ORDEM	Km	IG	LL	IP	EXP (%)	ISC (IG)	ISC (Laboratório)	IS=[IS(IG)+IS(LAB)]/2 OU ISC LAB	Situação
1	0+100	11	50,0	13,0	0,05%	5	16,00	10,50	
2	0+300	11	49,0	13,0	0,00%	5	16,50	10,75	
3	0+500	9	43,0	4,0	0,02%	6	13,70	9,85	PRECISA DE REFORÇO DE SUBLEITO
4	0+700	7	33,0	8,0	0,00%	8	13,00	10,50	
5	0+900	4	33,0	9,0	0,00%	12	26,00	19,00	
6	1+100	0	-	-	0,00%	20	20,20	20,10	
7	1+300	3	31,0	8,0	0,00%	13	6,00	6,00	PRECISA DE REFORÇO DE SUBLEITO
8	1+500	9	43,0	10,0	0,19%	6	7,70	6,85	PRECISA DE REFORÇO DE SUBLEITO
9	1+700	8	31,0	8,0	0,05%	7	11,70	9,35	PRECISA DE REFORÇO DE SUBLEITO
10	1+900	10	48,0	9,0	0,00%	6	14,00	10,00	
11	2+200	11	52,0	12,0	0,00%	5	15,00	10,00	
12	2+400	8	33,0	9,0	0,67%	7	7,80	7,40	PRECISA DE REFORÇO DE SUBLEITO
13	2+600	9	46,0	8,0	0,01%	6	17,80	11,90	
14	2+800	9	47,0	10,0	0,00%	6	16,70	11,35	
15	3+000	9	47,0	7,0	0,00%	6	19,00	12,50	
16	3+200	12	50,0	15,0	0,70%	5	9,00	7,00	PRECISA DE REFORÇO DE SUBLEITO
17	3+400	11	50,0	12,0	0,00%	5	18,00	11,50	
18	3+600	10	48,0	11,0	0,04%	6	19,30	12,65	
19	3+800	10	49,0	10,0	0,00%	6	16,40	11,20	
20	4+000	11	49,0	12,0	0,16%	5	15,00	10,00	
21	4+200	10	48,0	12,0	0,00%	6	14,00	10,00	
22	4+400	11	47,0	15,0	0,12%	5	11,30	8,15	PRECISA DE REFORÇO DE SUBLEITO
23	4+600	8	33,0	9,0	0,07%	7	4,00	4,00	SUBSTITUIÇÃO DE MATERIAL OBRIGATORIO
24	4+800	6	34,0	11,0	0,52%	9	5,60	5,60	SUBSTITUIÇÃO DE MATERIAL OBRIGATORIO
25	5+000	4	35,0	10,0	0,12%	12	9,00	9,00	PRECISA DE REFORÇO DE SUBLEITO
26	5+200	7	35,0	9,0	0,71%	8	6,70	6,70	PRECISA DE REFORÇO DE SUBLEITO
27	5+400	10	49,0	13,0	0,56%	6	10,70	8,35	PRECISA DE REFORÇO DE SUBLEITO
<b>ISC - MEDIO</b>								<b>10,01</b>	
<b>ISC - DESVIO PADRÃO</b>								<b>3,52</b>	
<b>Xmáx</b>								<b>13,27</b>	
<b>Xmin</b>								<b>6,74</b>	
<b>ISC - DIMENSIONAMENTO</b>								<b>10,00</b>	

Fonte: do Autor

A partir dos resultados das análises estatísticas do subleito, foi adotado o valor de Índice de Suporte Califórnia para o Subleito igual a:

➤ **ISC<sub>Projeto</sub> = 10,0%**

Observação: Em função do Projeto Geométrico apresentar uma elevação do greide da via Marginal a ser implantada em torno de 1,50 m, como será executada em com a construção de aterro ao longo de sua extensão não haverá a necessidade de promover a substituição de solo com Índice de Suporte Califórnia igual ou superior a 10%, onde este apresentar valor inferior a este.

## **10.2 Estudos do Solo das Caixas de Empréstimo**

### **10.2.1 Estudo de Solo Melhorado com Cimento Portland CP II Z 32 para a Sub-Base**

Quando um material terroso (solo) não possui as características geotécnicas exigidas para suportar a obra projetada, principalmente quanto à sua resistência, torna-se necessário corrigi-lo ou substituí-lo por outro, com a adição ou subtração de componentes, ou com a ação de agentes químicos (orgânicos ou inorgânicos). A escolha da técnica deve ser baseada na economia e ainda na finalidade da obra.

Diante do exposto, foram realizados ensaios pelo NGTEC, no Material Terroso Fino Argiloso localizado nas regiões destinadas a caixas de empréstimo localizadas na rodovia DF-495, conforme orientação da DIMAM, como isso, foram executados ensaios geotécnicos no material terroso em seu estado natural de maneira que foram obtidos os seguintes resultados de Índice de Suporte Califórnia (ISC): Relatório LS – 0109, LS – 0112 e LS – 0120, com resultados variando entre 9,3 e 18,1%, de modo que os resultados obtidos, são insuficientes para a Capacidade de Suporte exigida conforme preconizada no Manual de Pavimentação do DNIT – Publicação – IPR 719/2006, que descreve que o Índice de Suporte Califórnia para a camada de sub-base deve ser igual ou superior a 20%. Com isso, foram realizados ensaios geotécnicos de estabilização química com a utilização do estabilizante Cimento Portland CP II Z 32, nos percentuais de 2,0 e 3,0%, conforme a normativa do DNIT 140/2022 - ES. Após a obtenção dos resultados de acordo com o demonstrado através dos Relatórios, onde trata-se de uma mistura de material terroso fino argilo-arenoso com adição de 2,0%, em massa, de Cimento Portland CP II Z, obtendo como menor resultado um valor de ISC = 23,8%, portanto em acordo com o referido Manual do DNIT que prevê que o resultado deve ser igual ou superior a 20%. **Anexo C.**

***Em hipótese alguma, será aceito para fins de liberação de camada a utilização do***

*Umídímetro SPEEDY, devendo ser realizado, em substituição, o Ensaio de Umidade pelo Método Expedito da Frigideira e/ou Método da Estufa. Caso haja a intenção de utilizar outro método de ensaio, este deve ser apresentado à GETEC/DITEC para emissão de análise e parecer.*

### **10.2.2 Estudos de Composição Granulométrica para a Camada de Base**

Para a constituição da camada de base, foram realizados ensaios utilizando estabilização granulométrica e química, sendo que na mistura foram utilizados os seguintes produtos: Brita 1, Material Terroso Fino Argilo-arenoso, diante da estabilização granulométrica realizada com base na Especificação Técnica DNIT 141/2010 – ES, resultaram nas seguintes proporções de materiais: 52,0% de Brita 1, 48,0% de Material Terroso Fino Argilo-arenoso e 3,0% de Cimento Portland CP II Z 32, esta relação será de 1,1 kg de Brita 1/1,0 kg de Solo, em massa. **Anexo D.** Os materiais foram estabilizados sendo feito enquadramento na Faixa C, da Norma DNIT citada acima.

### **10.2.3 Substituição de Material Terroso na Camada de Subleito**

Em função dos estudos de sondagem realizado no subleito, foram detectados trechos que possuem material terroso do subleito, com capacidade de suporte inferior à exigida para o Índice de Suporte Califórnia determinado para o cálculo das camadas que irão compor a estrutura do pavimento da referida rodovia, com isso, se faz necessária a realização de substituição de solo, justamente na camada de subleito que segundo a especificação técnica DNIT 108/2009, tem espessura igual a 60,0 cm sendo dividida em três camadas de 20,0 cm de espessura cada uma. Os seguintes trechos deverão passar por esta substituição: km 1+200 até o km 1+800, totalizando 600,0 m; km 2+300 até o km 2+500, totalizando 200,0 m; km 3+100 até o km 3+300, totalizando 200,0 m e do km 4+400 até o km 5+400.

## **11.0 Dimensionamento do Pavimento pelo Método Murillo Lopes de Souza – DNIT**

Neste item, será estudado o dimensionamento do pavimento flexível abordando o método de dimensionamento adotado pelo DNIT denominado Método do Engenheiro Murillo Lopes de Souza.

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 Ahlvin, do Corpo de Engenheiros do Exército dos E.E.U.U. 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.

### 11.1 Coeficiente de Equivalência Estrutural e Espessuras das Camadas

Os valores dos coeficientes de equivalência estrutural dependem do tipo de material construtivo utilizado no pavimento.

Cada camada possui um coeficiente de equivalência estrutural ( $k$ ), que relaciona a espessura que a camada deve possuir de material padrão (base granular), com a espessura equivalente do material que realmente irá compor a camada.

São os seguintes os coeficientes de equivalência estrutural para os diferentes materiais constitutivos do pavimento:

**Tabela 16 – Coeficiente de Equivalência Estrutural**

Camada do Pavimento	Coeficiente estrutural (K)
Base ou revestimento de concreto asfáltico	2,0
Base ou revestimento de concreto magro/CCR	2,0
Base ou revestimento de Pré-Misturado a Quente, de graduação Densa / Binder	1,8
Base ou revestimento de Pré-Misturado a Frio, de Graduação Densa	1,4
Base ou revestimento asfáltico por penetração	1,2
Paralelepípedos	1,0
Base de brita graduada simples (BGS) Macadame hidráulico (MH) e estabilizadas granulometricamente	1,0
Sub-bases granulares ou estabilizadas com aditivos	$\leq 1,0$
Reforço do subleito	$\leq 1,0$
Base de solo cimento (SC) ou BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, superior a 4,5 MPa	1,7
Base de BGTC com resistência à compressão aos 7 dias entre 2,8 e 4,5 MPa	1,4
Base de solo cimento (SC), com resistência aos 7 dias, menor que 2,8 e maior ou igual a 2,1 MPa	1,2
Base de solo melhorado com cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,1 Mpa	1,0

Fonte: Manual de Pavimentação IPR/DNIT –719/2006

Os coeficientes estruturais são designados, genericamente, por:

- Revestimento:  $K_R$ ;
- Base:  $K_B$ ;
- Sub-base:  $K_S$ ;
- Reforço:  $K_{Ref}$ .

Os coeficientes estruturais da sub-base granular e do reforço do subleito serão obtidos pelas equações abaixo. Na adoção de base mista, a camada de *MH*, denominada de sub-base, adota-se coeficiente estrutural = 1,0.

$$K_{SB} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{SB}}{3 * CBR_{REF}}} < 1$$

$$K_{REF} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{REF}}{3 * CBR_{SL}}} < 1$$

Mesmo que o *CBR* do reforço ou da sub-base seja superior a 20%, deverá ser considerado como se fosse igual a 20% para efeito de cálculo das relações acima.

*Obs: O coeficiente de equivalência estrutural da sub-base granular ou do reforço do subleito deverá ser 1,0 toda vez que o CBR desses materiais for igual ou superior a três vezes o CBR do subleito.*

**Tabela 17 – Alguns valores de Coeficiente de Equivalência Estrutural para sub-base granular e reforço do subleito.**

$CBR_1/CBR_2$	$K_{Ref}$ ou $K_s$
1,1	0,72
1,2	0,75
1,3	0,76
1,4	0,78
1,5	0,80
1,6	0,82
1,7	0,83
1,8	0,85
1,9	0,86
2,0	0,88
2,1	0,90
2,2	0,91
2,3	0,92
2,4	0,94
2,5	0,95
2,6	0,96
2,7	0,97
2,8	0,98
2,9	0,99
3,0	1,00

Fonte: Manual de Pavimentação IPR/DNIT –719/2006

A espessura da camada de revestimento asfáltico é, por sua vez, um dos pontos ainda em aberto

na engenharia rodoviária, quer seja para proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, quer seja para evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão. As espessuras recomendadas na figura 02 visam, especialmente, as bases de comportamento puramente granular e são ditadas pelos estudo e experiências já realizados sobre o assunto.

Salienta-se que, no caso da adoção de tratamentos superficiais, as bases granulares devem possuir coesão, pelo menos aparente, seja devido à capilaridade ou ao entrosamento de partículas.

**Tabela 18 – Espessuras do Revestimento Asfáltico**

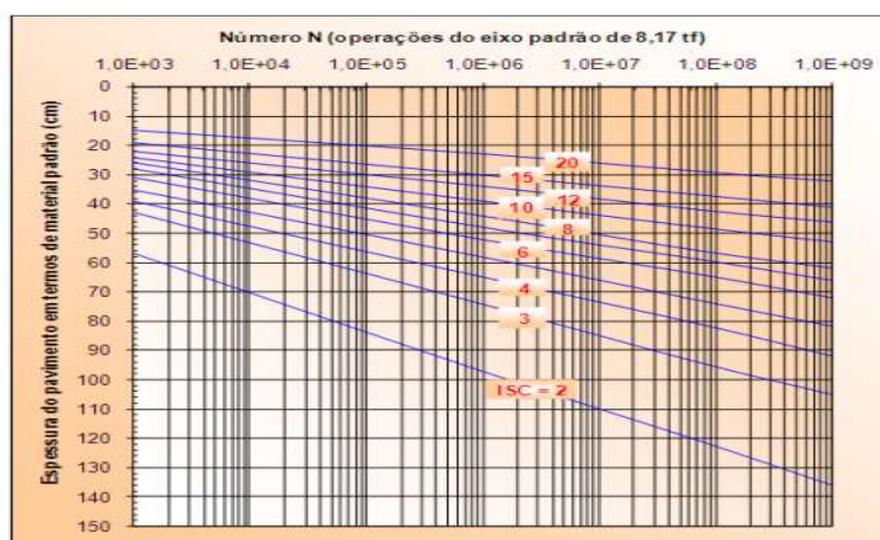
ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO ASFÁLTICO	
NÚMERO N (USACE)	ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO ASFÁLTICO
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais asfálticos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento asfáltico com 5,0cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Revestimento asfáltico com 7,5cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Revestimento asfáltico com 10,0cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Revestimento asfáltico com 12,5cm de espessura

Fonte: Manual de Pavimentação II - DNER - 1/19/2000

## 11.2 Determinação das Espessuras das Camadas

O ábaco na figura 03 apresenta a espessura total do pavimento, em função do número 'N' e do CBR. A espessura fornecida por este ábaco é, em termos de material, com  $K = 1,00$ , isto é, em termos de camada granular. Entrando-se na abscissa com o valor de 'N', procede-se verticalmente até cruzar com a reta representativa da capacidade de suporte – CBR e, procedendo-se horizontalmente, encontra-se, na ordenada, a espessura total do pavimento.

**Figura 2 – Ábaco para Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis – DNER (1981)**



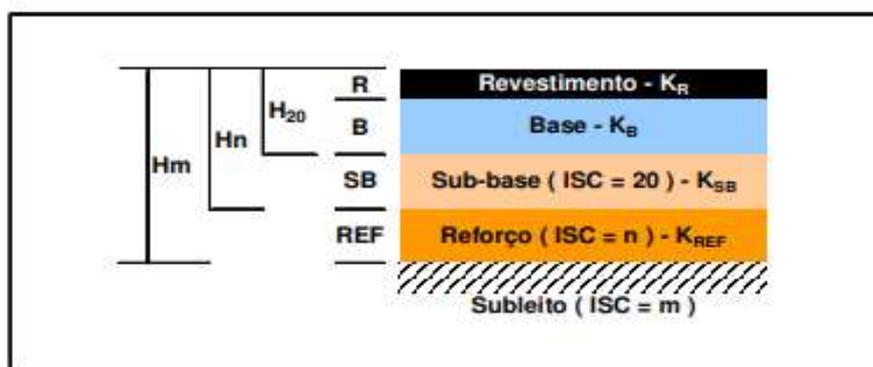
Fonte: Manual de Pavimentação IPR/DNIT –719/2006  
Outro procedimento de obtenção da espessura total do pavimento ( $H_t$ ), em termos de material granular, é por meio da aplicação da equação 04.

$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad (\text{Equação 04})$$

Supõe-se, sempre, que há uma drenagem superficial adequada e que o lençol freático foi rebaixado em, pelo menos, 1,50 m em relação ao greide de regularização projetado.

Na Figura 04, tem-se a simbologia utilizada no dimensionamento do pavimento.

**Figura 3 – Estrutura do Pavimento**



Fonte: Manual de Pavimentação IPR/DNIT –719/2006

Ressalta-se que as letras H (maiúsculo) referem-se às espessuras de várias camadas e h (minúsculo) referem-se à espessura de uma única camada, conforme, a seguir:

- $H_m$  = espessura total do pavimento necessária para proteger um material com CBR = m%. Observa-se que a espessura  $H_m$  é função do CBR do subleito (m%);
- $H_n$  = espessura necessária acima do reforço, ou seja, a espessura da sub-base + base + revestimento, para materiais com coeficiente estrutural ( $K$ ) = 1,00.

Os símbolos  $B$  e  $R$  são respectivamente as espessuras da base e do revestimento. Mesmo que o CBR da sub-base seja superior a 20%, a espessura de pavimento necessária para protegê-la é determinada como se este valor fosse 20% e, por essa razão, usa-se, sempre, os símbolos  $H_{20}$

e  $h_{20}$  (Figura 04) para designar as espessuras de pavimento sobre a sub-base e da sub-base, respectivamente. Assim, para se determinar a espessura  $H_{20}$  utiliza-se o  $CBR$  (sub-base) = 20%, prevalecendo sempre esta condição.

Uma vez determinadas as espessuras  $H_m$ ,  $H_n$  e  $H_{20}$  e a espessura do revestimento, as espessuras da base ( $B$ ), sub-base ( $h_{20}$ ) e reforço do subleito ( $h_n$ ) são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

➤  $R_{KR} + B_{KB} \geq H_{20}$  (1)

➤  $R_{KR} + B_{KB} + h_{20} K_S \geq H_n$  (2)

➤  $R_{KR} + B_{KB} + h_{20} K_S + h_n K_{Ref} \geq H_m$  (3)

### **Importante:**

a) Quando o CBR da sub-base for maior ou igual a 40% e para  $N \leq 10^6$ , admite-se substituir na inequação (1),  $H_{20}$ , por  $0,8 \times H_{20}$ ;

b) Para  $N > 10^7$ , recomenda-se substituir, na inequação (1),  $H_{20}$  por  $1,2 \times H_{20}$ ;

c) Nem toda estrutura de pavimento necessitará de material para reforço de subleito;

d) Quando não forem fornecidas as características dos materiais da base, sub-base e reforço, deve-se utilizar o coeficiente estrutural  $K = 1,0$ . Caso contrário, determiná-lo com a partir da figura 01.

## **11.3 Definição das Espessuras das Camadas do Pavimento**

Conforme subitem 4.2.1.1, o Número “N” de projeto adotado é  $N_{USACE} = 2,14 \times 10^7$ .

Dispondo dos Índices de Suporte do subleito, do reforço do subleito e da sub-base, obtém-se, no ábaco da Figura 03, em primeira aproximação, as espessuras necessárias, respectivamente, acima de cada uma destas camadas.

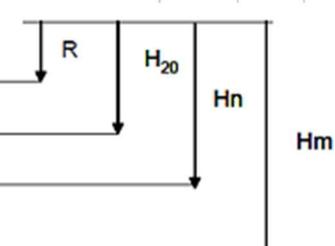
### 6.3.1 Espessuras das Camadas que Compõem o Pavimento Utilizando o Sistema de Inequações

Figura 4 – Estrutura do Pavimento calculado pelo Método DNER/1981 – Eng. Murillo Lopes de Souza

Resolução do Sistema de Equações	Espessuras Mínima	Espessuras Adotada
$RK_R + BK_B \geq H_{20}$	$B_{\min} = 11,3$ cm	$B = 15,0$ cm
$RK_R + BK_B + h_{20} K_S \geq H_n$	$h_{20 \min} = 12,95$ cm	$h_{20} = 13,0$ cm
$RK_R + BK_B + h_{20} K_S + h_n K_{Ref} \geq H_m$	$h_n \min = 0,0$ cm	$h_n = 0,0$ cm

Resumo da Estrutura do Pavimento			
Revestimento = 10,0 cm	R	$K_R$	REVESTIMENTO
15,0 cm	B	$K_B$	BASE
13,0 cm	$h_{20}$	$K_S$	SUB-BASE
0,0 cm	$h_n$	$K_{Ref}$	REFORÇO DO SUBLEITO



Fonte: do Autor

Portanto, a estrutura calculada para a Marginal da BR-040, trecho: DF-495/DF-001 (BR-251), de acordo com o Método DNER (Eng. Murillo Lopes de Souza), deverá ser:

- Camada de Revestimento: CBUQ Faixa C - CAP 50/70, com  $e = 10,0$  cm;
- Camada de Base: 80%BGS + 20%Solo + 2,0% de Cimento Portland, com  $e = 15,0$  cm;
- Camada de Sub-Base: Solo Argiloso com adição de 3,0% de cal com  $e = 13,0$  cm;
- Camada de Subleito: ISC = 10,0%

## 12.0 Verificação Mecanicista – Empírica

Para a realização da análise mecanística das soluções de implantação do pavimento da Marginal da BR-040, trecho compreendido entre a DF-495 e a DF-001 (BR-251), foram consideradas as diretrizes constantes da Instrução de Projeto de Pavimentos do DER-SP (IP-DE-P00/001).

A análise mecânica de pavimentos consiste na avaliação das tensões e deformações em pontos específicos da estrutura, provocadas pelo carregamento do tráfego, e na aplicação de modelos de previsão de desempenho.

De acordo com Medina e Motta (2005), no dimensionamento mecânico, parte-se de espessuras admitidas para as camadas do pavimento e calcula-se o estado de tensões e deformações com o objetivo de comparar com valores limites estabelecidos.

Para o cálculo das tensões, deformações e deslocamentos na estrutura de pavimento admitida são utilizados programas computacionais. Os valores obtidos são então comparados com valores admissíveis calculados por meio dos modelos de fadiga e deformações permanentes disponíveis na literatura, até se chegar a uma estrutura compatível com o tráfego previsto para o período de projeto.

De forma geral, adota-se um modelo estrutural para as camadas do pavimento e para o carregamento do tráfego e, com o auxílio do software específico AEMC – Módulo de Cálculo de Tensões e Deformações – v. 2.4.6 (Abril/2023), programa desenvolvido por Filipe Augusto Cinque de Proença Franco, D. Sc., feito download a partir do site do DNIT – IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias, são calculadas as tensões e deformações em determinados pontos da estrutura. Os valores calculados são então comparados com valores admissíveis obtidos mediante a aplicação de modelos de previsão de desempenho.

Para pavimentos flexíveis normalmente são verificados os seguintes critérios:

- **Deflexão:** verifica-se o deslocamento vertical recuperável na superfície do revestimento;
- **Fadiga do revestimento asfáltico:** verifica-se a deformação específica horizontal de tração na fibra inferior do revestimento asfáltico;
- **Subleito:** verifica-se a deformação específica vertical no topo do solo de fundação (subleito).

No caso de pavimentos semirrígidos, além dos critérios listados anteriormente, verifica-se também o problema do trincamento por fadiga na camada de base cimentada, que costuma ser o problema mais crítico neste tipo de pavimento.

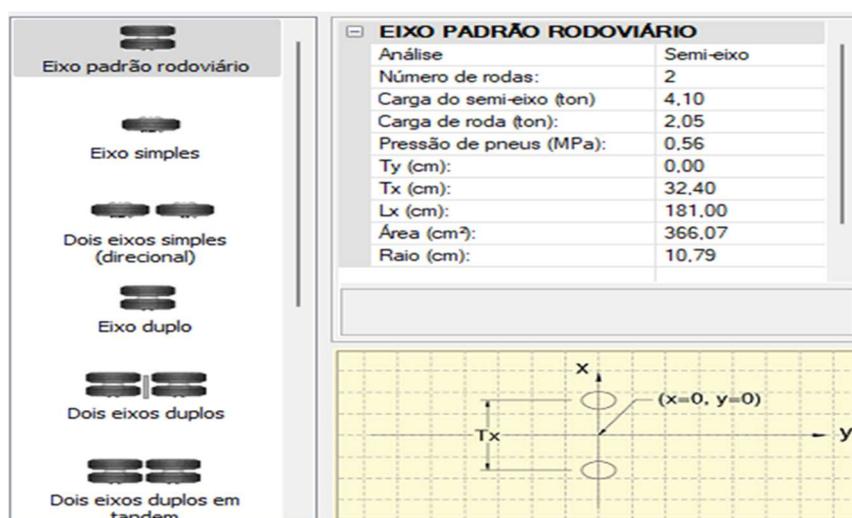
De acordo com a instrução de Projeto de Pavimentação do DER/SP (IP-DE-P00/001), as cargas a serem inseridas na análise mecanicista devem simular o eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN (8,2 toneladas), utilizando quatro pontos de aplicação de carga de 20 kN (2,05

toneladas) cada e pressão de contato pneu pavimento de 0,560 MPa (5,60 kgf/cm<sup>2</sup>).

Para verificação das tensões e deformações na estrutura do pavimento foram tomados quatro pontos de análise.

- Na posição (X=0 cm; Y=0 cm);
- No semi-eixo (X=17 cm; Y=0 cm);

**Figura 5: Tipo de Carregamento – Eixo Padrão**



Fonte: Quadro Software ALMO

Na Tabela 18, é apresentada a relação entre o ponto analisado e o tipo de defeito que se quer avaliar na estrutura do pavimento.

**Tabela 19 – Pontos Analisados/Defeitos**

Localização do Ponto	Resultado de Interesse	Defeito Avaliado
Topo da superfície da camada de revestimento	Deslocamento/Deflexão (D)	Trincamento do revestimento por fadiga
Fibra inferior da camada de revestimento	Tensão ou deformação de tração ( $\sigma_t$ e $\epsilon_t$ )	Trincamento do revestimento por fadiga
Fibra inferior da camada de base cimentada	Tensão de deformação de tração (Base cimentada.) - ( $\sigma_t$ e $\epsilon_t$ )	Trincamento da camada de base cimentada por fadiga
Topo da superfície da camada de subleito	Tensão ou deformação de compressão ( $\sigma_v$ e $\epsilon_v$ )	Deformação permanente

Fonte: do Autor

Nesta análise será utilizado o programa AEMC para o cálculo das tensões e deformações solicitantes na estrutura do pavimento. A rotina de análise original do AEMC, foi desenvolvida por Filipe Augusto Cinque de Proença Franco, D. Sc., e disponibilizado pelo site do DNIT – IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Trata-se de um programa desenvolvido com base teoria das camadas elásticas e no método das diferenças finitas, considerando modelagem do tipo elástico linear. Neste tipo de modelagem os valores dos módulos de resiliência dos materiais são constantes, isto é, não variam com o estado de tensões aplicado.

Para a seleção dos modelos de avaliação de desempenho considerados nas análises, recorreu-se às orientações da Instrução de Projeto de Pavimentação do DER/SP (IP-DE-P00/001 – Jan/2016). Assim, foram selecionados os seguintes modelos:

#### **a) Deslocamento Vertical Recuperável (Deflexão).**

O deslocamento vertical recuperável máximo da superfície do pavimento que também é denominado deflexão. Para a verificação deste critério foi considerada a equação do método **DNER-PRO 11/79**.

– **DNER-PRO 11/79**

$$\log D_{Adm} = 3,01 - 0,176 \times \log N^{(USACE)}$$

Sendo:

**N** = número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto, segundo a metodologia do **USACE**;

**D<sub>Adm</sub>** = deflexão admissível, em 0,01 mm.

#### **b) Deformação Específica de Tração ( $\epsilon t$ ) da Fibra Inferior da Camada de Concreto Asfáltico.**

Dentre as inúmeras equações de fadiga desenvolvida por pesquisadores em estudos nacionais e internacionais, recomenda-se para a camada de revestimento de concreto asfáltico o emprego de umas das expressões matemáticas cujos parâmetros são indicados nas seguintes equações:

$$N = K \times (1 / \epsilon t)^n$$

Onde:

**N**: número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto;

**$\epsilon_t$** : deformação específica horizontal na tração;

**K e n**: coeficientes determinados por regressões lineares.

– **FHWA (1976)**

$$N = 1,092 \times 10^{-6} \times (1/\epsilon_t)^{3,512}$$

Obs: Deve-se considerar que o número **N** resultante é o obtido pela metodologia da **AASHTO**.

### c) Deformação Específica de Tração ( $\epsilon_t$ ) da Fibra Inferior da Camada Cimentada.

Para a base ou sub-base de Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC), as deformações horizontais de tração,  $\epsilon_t$ , ou tensões horizontais de tração,  $\sigma_t$ , na fibra inferior da camada de BGTC, causadas pelos carregamentos na superfície dos pavimentos, podem causar sua ruptura por fadiga se forem excessivas. Para a análise mecânica recomenda-se utilização de equação de fadiga quanto à flexão de misturas de BGTC desenvolvida por Balbo (1993), apresentada a seguir:

$$N = 10^{(17,137 - 19,608 \times SR)}$$

Onde:

**N**: número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto (Utilizar o  $N_{USACE}$ );

**SR**: relação entre tensões de tração na fibra inferior da camada cimentada e a resistência a tração na flexão do material aos 28 dias;

Deve-se considerar que o número “N” resultante é o obtido pela metodologia da **USACE**.

### d) Deformação Vertical no Topo da Camada de Subleito.

Para análise da deformação específica vertical de compressão atuante no topo do subleito foi utilizada a equação desenvolvida por *Dormon & Metcalf* (1965), constante da Instrução de Pavimentação do DER-SP, expressos pelas seguintes equações:

$$N = K \times (1/ \epsilon_v)^n$$

– *Dormon & Metcalf* (1965):

$$N = 6,069 \times 10^{-10} \times (1/ \epsilon_v)^{4,762}$$

Sendo:

**N** = número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 KN. Acumulado para o período de projeto, segundo metodologia do *USACE*;

**$\epsilon_v$**  = deformação específica de compressão no topo do subleito.

## 12.1 Parâmetros de Resistência dos Materiais

O cálculo das tensões e deformações atuantes na estrutura do pavimento, resultantes da aplicação das cargas solicitantes, exige o conhecimento das características elásticas dos materiais, como Módulo de Resiliência e Coeficiente de Poisson.

Estes parâmetros podem ser obtidos por meio da realização de ensaios de laboratório específicos para os materiais constituintes das camadas do pavimento. Entretanto, como não se dispõe dos referidos ensaios para os materiais indicados para a estrutura do pavimento, os valores dos módulos de resiliência e coeficientes de Poisson foram obtidos mediante consulta à valores típicos disponíveis em fontes bibliográficas.

A Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001 - DER/SP – Jan/2006 – apresenta alguns valores típicos de coeficientes de Poisson, também são apresentados valores típicos de módulo de resiliência ou elasticidade para os materiais das camadas de pavimentos, conforme Tabelas 20 e 21.

**Tabela 20 – Valores Usuais de Coeficiente de Poisson**

Material	Intervalo de Valores de Coeficiente de Poisson	Valor Recomendado de Coeficiente de Poisson
Concreto de cimento <i>Portland</i>	0,10 – 0,20	0,15
Materiais estabilizados com cimento	0,15 – 0,30	0,20
Misturas asfálticas	0,15 – 0,45	0,30
Materiais granulares	0,30 – 0,40	0,35
Solos do subleito	0,30 – 0,50	0,40

Fonte:

Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001 - DER/SP – Jan/2006

**Tabela 21 – Valores Típicos de Módulos de Resiliência**

Materiais	Intervalo de Valores de Módulos de Resiliência (Mpa)
<b>Concretos Asfálticos:</b>	
Rev estimento (CAP 50/70)	2000 – 5000
Rev estimento (CAP 30 /45)	2500 – 4500
Binder (CAP 50/70)	2000 – 3000
Binder (CAP 30 /45)	2500 – 4000
<b>Materiais Granulares:</b>	
Brita Graduada	150 – 300
Macadame Hidráulico	250 – 450
<b>Materiais Estab. Quimicamente</b>	
Solo Cimento	5000 – 10000
Brita Graduada Tratada com Cimento	7000 – 18000
Concreto Compactado com Rolo	7000 – 22000
Concreto de Cimento Portland	30000 – 35000
Solos Finos em Base e Sub-base	150 – 300
<b>Solos Finos em Subleito e Reforço do Subleito</b>	
Solos de Comportamento Laterítico LA, LA', LG'	100 – 200
Solos de Comportamento não Laterítico	25 – 75
Solos Finos Melhorados com Cimento para Reforço de Subleito	200 – 400
Concreto de Cimento Portland	28000 – 45000

Na IP-08/2004 PMSP Análise Mecanicista à Fadiga de Estruturas de Pavimento também são apresentados valores típicos de módulo de resiliência ou elasticidade para os materiais das camadas de pavimentos, conforme Tabela 22.

**Tabela 22 – Estimativas dos Módulos de Resiliência**

CAMADAS	TIPOS	ESTIMATIVAS EM MPa
SUBLEITO	LATERÍTICO (LA' e LG')	$E_{SL} = 22,0 (CBR)^{0,8}$
	NÃO LATERÍTICO (NS' e NG')	$E_{SL} = 18,0 (CBR)^{0,64}$
	ARENOSO POUCO OU NÃO COESIVO (LA, NA e NA')	$E_{SL} = 14,0 (CBR)^{0,7}$
REFORÇO	LATERÍTICO (LA' e LG')	$E_{REF} = 22,0 (CBR)^{0,8}$
	NÃO LATERÍTICO (NA' e NG')	$E_{REF} = 18,0 (CBR_{REF})^{0,64} \times \sqrt[3]{\frac{3CBR_{SL}}{CBR_{REF}}}$
SUB-BASE	GRANULAR	$E_{REF} = 18,0 (CBR_{SB})^{0,64} \times \sqrt[3]{\frac{3CBR_{SL}}{CBR_{SB}}}$
BASE	GRANULAR	$100 \leq E_B \leq 500$
	BETUMINOSA	$800 \leq E_B \leq 1.000$
	CIMENTADA (BGTC)	$5.000 \leq E_B \leq 15.000$
MISTURAS BETUMINOSAS	CONCRETO ASFÁLTICO (C.A.)	$3.000 \leq E_{CA} \leq 5.000$
	PRÉ-MISTURADO A QUENTE (PMQ)	$2.000 \leq E_{PMQ} \leq 2.500$
	BINDER	$1.400 \leq E_{BD} \leq 1.800$
	PRÉ-MISTURADO A FRIO (PMF) OU MACADAME BETUMINOSO SELADO	$1.000 \leq E_{PMF} \leq 1.400$

**Fonte:** Prefeitura Municipal de São Paulo – IP-08/2004- PMSP

Para os solos do Subleito a Instrução de Projeto do DER-SP IP-DE-P00/001 de Jan 2006, recomenda as seguintes correlações entre Módulo de Resiliência e Capacidade de Suporte ISC:

– Solos lateríticos arenosos (LA') e lateríticos argilosos (LG'):

$$100 \text{ MPa} \leq MR \leq 200 \text{ MPa}$$

Para os solos que compõem a camada de Sub-base, com a mistura de Material terroso com a adição de 2,0% de Cimento Portland, a Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001 - DER/SP – Jan/2006 – Análise Mecanicista à Fadiga de Estruturas de Pavimento recomenda as seguintes correlações entre módulo de resiliência:

$$150 \text{ MPa} \leq MR \leq 300 \text{ MPa}$$

Para a composição da camada de base, composta por 52,0% de Brita 1 + 48,0% Solo Fino Argilo-Arenoso + 3,0% de Cimento Portland CP II Z 32, em massa, tendo como referência as

informações descritas na Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001 - DER/SP – Jan/2006, tendo como referência valores compreendidos no intervalo de 100 a 500 MPa e também a IP-08/2004-PMSP – Análise Mecanicista à Fadiga de Estruturas de Pavimento recomenda as seguintes correlações entre módulo de resiliência:

$$100 \text{ MPa} \leq MR \leq 500 \text{ MPa}$$

Para o material da camada de base, constituída por Brita Graduada Simples (BGS), compactada na energia do Proctor Modificado, adotou-se o Módulo de Resiliência igual a **200 Mpa**, valor este compreendido entre os limites informados pela Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001 DER/SP (150 a 300 Mpa). Será adotada a Massa Específica Média Aparente Seca igual a 2,2 g/cm<sup>3</sup> e Coeficiente de Poisson igual a 0,35.

Para o material da camada de base constituída por Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) adotou-se módulo de resiliência igual a **7500 MPa**, valor este compreendido entre os limites informados pela Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001 DER/SP – (5000 a 15000 MPa). Será adotada a Massa Específica Média Aparente Seca igual a 2,2 g/cm<sup>3</sup> e Coeficiente de Poisson igual a 0,25.

Para as camadas intermediárias e de rolamento destinadas à execução da obra de pavimentação, com revestimento em Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ) faixa “C” DNIT, adotou-se o Módulo de Resiliência igual a **3500 MPa**, valor este também compreendido entre os limites informados pela Instrução de Projeto de Pavimentos do DER-SP (2000 a 5000 Mpa – CAP 50/70). Será adotada a Densidade igual a 2,4 g/cm<sup>3</sup> e Coeficiente de Poisson igual a 0,30.

### 12.1.1 Módulo de Resiliência do Subleito

Para os solos do Subleito a Instrução de Projeto do DER-SP IP-DE-P00/001 de Jan 2006, recomenda as seguintes correlações entre Módulo de Resiliência e Capacidade de Suporte ISC:  
– Solos lateríticos arenosos (LA') e lateríticos argilosos (LG'):

$$100 \text{ MPa} \leq MR \leq 200 \text{ MPa}$$

$$MR_{\text{Subleito}} = 110 \text{ MPa}$$

Massa Específica Média Aparente Seca igual a 1,470 g/cm<sup>3</sup>.

Coeficiente de Poisson adotado igual a 0,40.

### 12.1.2 Módulo de Resiliência da Sub-base

Para a mistura de solo fino argilo-arenoso com 2,0% de Cimento Portland COP II Z, em massa, que compõe a camada de Sub-base, a Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001 - DER/SP – Jan/2006 – Análise Mecanicista à Fadiga de Estruturas de Pavimento recomenda as seguintes correlações entre módulo de resiliência:

**$MR_{\text{sub-base}} = 200 \text{ MPa}$ .**

Massa Específica Média Aparente Seca igual a 1,657 g/cm<sup>3</sup>.

Coeficiente de Poisson adotado igual a 0,37.

### 12.1.3 Módulo de Resiliência da Base Estabilizada com Brita 1, Solo Fino Argilo-Arenoso e Cimento Portland

Para o material da camada de base, composta por 52,0% de Brita 1 + 48,0% Solo Fino Argilo-Arenoso + 3,0% de Cimento Portland CP II Z 323, em massa, sendo a relação de 1,1 kg de Brita 1/1,0 kg de Solo. Adotou-se o Módulo de Resiliência igual a **350 Mpa**, valor este compreendido entre os limites informados pela Instrução de Projeto de Pavimentação – IP-DE-P00/001-DER/SP (100 a 500 Mpa). Será adotada a Massa Específica Média Aparente Seca igual a 2,05 g/cm<sup>3</sup> e Coeficiente de Poisson igual a 0,35.

**Tabela 23 – Resumo dos Módulos Utilizados Para Esta Análise**

Camada	Material	Módulo de Resiliência (MPa)	Coeficiente de Poisson
Revestimento	CAUQ Faixa C - 30/45	3500	0,30
Base	52,0% de Brita 1 + 48,0%	350	0,35

	de Material Terroso Argilo-Arenoso + 3,0% de Cimento Portland CP-II Z 32		
<b>Base</b>	Brita Graduada Simples (BGS)	200	0,35
<b>Base</b>	Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC)	7500	0,25
<b>Sub-base</b>	Material Terroso Fino Argilo-Arenoso + 2,0% de Cimento Portland CP II Z 32	200	0,37
<b>Subleito</b>	Material Terroso Argilo-arenoso	110	0,40

Fonte: do Autor

### 13.0 Verificação Mecânica das Soluções de Dimensionamento.

#### 13.1 – Solução com Camada de Base composta por: Brita 1-Material Terroso-Cimento e Concreto Asfáltico Convencional – Eng. Murillo Lopes de Souza

Com isso, iniciaremos utilizando a estrutura de pavimento encontrada após a aplicação do Método DNER/1981 – Eng. Murillo Lopes de Souza, com a camada de base composta por 52,0% de Brita 1 + 48,0% Material Terroso Argilo-Arenoso + 3,0% de Cimento Portland CP II Z 32, em massa, a sub-base em composta com solo fino argilo-arenoso com adição de 2,0% de Cimento Portland CP II Z 32, em massa. Obtendo como resultado a seguinte estrutura:

- Revestimento: CAUQ (30/45), Faixa C, com e = 10,0 cm;
- Base: 52,0% Brita 1 + 48,0% Material Terroso + 3,0% de Cimento Portland CP II Z 32, com e = 15,0 cm;
- Sub-base: Solo + 2,0% Cimento Portland CP II Z, com e = 13,0 cm;
- Subleito – ISC = 10,0%.

**Tabela 24 – Verificação Mecanística – Marginal da BR-040 – Eng. Murillo Lopes de Souza – DNER/1981 – Brita 1-Solo-Cimento e CAUQ Convencional**

VERIFICAÇÃO MECANÍSTICA								
N USACE	2,14E+07							
N AASHTO	8,78E+06							
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA-1 - Marginal BR-040 - Eng. Murillo Lopes de Sousa								
<b>CAMADA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESP. (cm)</b>	<b>MR (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Poisson</b>				
Revestimento	CBUQ (FAIXA C)	10,00	35000	0,30				
Base	Brita 1 + Solo + Cimento Portland	15,00	3500	0,35				
Sub-base	Solo + Cimento	13,00	2000	0,37				
Subleito	Argilo-arenoso	Infinita	1100	0,40				
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO								
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação	
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	8,78E+06	2,12E-04	1,97E-04	Aprovado	
2 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO								
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Ev	Verificação	
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	2,14E+07	3,35E-04	4,19E-04	Reprovado	
3 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO								
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm (x0,01 mm)	Solicitante AEMC Daemc	Verificação	
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	2,14E+07	52,46	37,75	Aprovado	

Fonte: do Autor (dados obtidos no software AEMC)

Diante dos resultados apresentados acima, verificou-se que a estrutura obtida através da aplicação do Método DNER/1981 – Eng. Murillo Lopes de Souza, não atendeu, quando avaliada pelo Método Mecanicista Empírico, ao critério de: deformação específica de compressão no topo da camada de subleito.

Serão apresentadas as análises realizadas com a camada de base composta por: 52,0% de Brita 1 + 48,0% Solo Fino Argilo-Arenoso + 3,0% de Cimento Portland CP II Z 32, em massa, a sub-base em composta com Solo Fino Argilo-arenoso com adição de 2,0% de Cimento Portland CP II Z 32, em massa.

Diante do exposto, prosseguiremos com a verificação mecânica da estrutura de pavimento a seguir:

- Revestimento: CAUQ (30/45), Faixa C, com e = 10,0 cm;
- Base: 52,0% Brita 1 + 48,0% Material Terroso + 3,0% de Cimento Portland CP II Z 32, com e = 18,0 cm;
- Sub-base: Solo + 2,0% Cimento Portland CP II Z, com e = 18,0 cm;
- Subleito – ISC = 10,0%.

**Tabela 25 – Verificação Mecânica – Marginal da BR-040 – Brita 1-Solo-Cimento e CAUQ Convencional**

VERIFICAÇÃO MECÂNICA							
N USACE	2,14E+07						
N AASHTO	8,78E+06						
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA-2 - Marginal BR-040 - Base: Brita 1 + Solo + Cimento Portland							
<b>CAMADA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESP. (cm)</b>	<b>MR (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Poisson</b>			
Revestimento	CAUQ (FAIXA C)	10,00	35000	0,30			
Base	Brita 1 + Solo + Cimento Portland	18,00	3500	0,35			
Sub-base	Solo + Cimento	18,00	2000	0,37			
Subleito	Argilo-arenoso	Infinita	1100	0,40			
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO							
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	8,78E+06	2,12E-04	1,90E-04	Aprovado
2 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO							
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Ev	Verificação
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	2,14E+07	3,35E-04	3,38E-04	Reprovado
3 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO							
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm (x0,01 mm)	Solicitante AEMC Daemc	Verificação
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	2,14E+07	52,46	35,90	Aprovado

Fonte: do Autor (dados obtidos no software AEMC)

Diante dos resultados apresentados acima, verificou-se que a estrutura apresentada, não atendeu, quando avaliada pelo Método Mecanicista Empírico, ao critério de: deformação específica de compressão no topo da camada de subleito.

Diante do exposto, prosseguiremos com a verificação mecânica da estrutura de pavimento a seguir:

- Revestimento: CAUQ (30/45), Faixa C, com e = 10,0 cm;
- Base: 52,0% Brita 1 + 48,0% Material Terroso + 3,0% de Cimento Portland CP II Z 32, com e = 18,0 cm;
- Sub-base: Solo + 2,0% Cimento Portland CP II Z, com e = 19,0 cm;
- Subleito – ISC = 10,0%.

**Tabela 26 – Verificação Mecanicista – Marginal da BR-040 – Brita 1-Solo-Cimento e CAUQ**

Verificação Mecanicista							
N USACE	2,14E+07						
N AASHTO	8,78E+06						
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA - 3 - Marginal BR-040 - Base: Brita 1 + Solo + Cimento Portland							
<b>CAMADA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESP. (cm)</b>	<b>MR (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Poisson</b>			
Revestimento	CAUQ (FAIXA C)	10,00	35000	0,30			
Base	Brita 1 + Solo + Cimento Portland	18,00	3500	0,35			
Sub-base	Solo + Cimento	19,00	2000	0,37			
Subleito	Argilo-arenoso	Infinita	1100	0,40			
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO							
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	8,78E+06	2,12E-04	1,90E-04	Aprovado
2 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO							
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Ev	Verificação
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	2,14E+07	3,35E-04	3,26E-04	Aprovado
3 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO							
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm (x0,01 mm)	Solicitante AEMC Daemc	Verificação
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	2,14E+07	52,46	35,76	Aprovado

Fonte: do Autor (dados obtidos no software AEMC)

Diante dos resultados apresentados acima, verificou-se que a estrutura apresentada, atendeu, quando avaliada pelo Método Mecanicista Empírico.

### 13.2 Solução com Camada de Base composta por Brita Graduada Simples (BGS) – Norma DER-SP – ET-DE-P00/008 – Jul/2005 – Rev. A e Concreto Asfáltico Convencional

Serão apresentadas as análises realizadas com a camada de base composta por Brita Graduada Simples – BGS e a sub-base em composta com solo fino argilo-arenoso com adição de 2,0% de Cimento Portland CP II Z 32, em massa. A estrutura de pavimento a ser avaliada:

- Revestimento: CAUQ (30/45), Faixa C, com e = 11,5 cm;
- Base: Brita Graduada Simples (BGS), com e = 15,0 cm;
- Sub-base: Solo + 2,0% Cimento Portland CP II Z, com e = 20,0 cm;
- Subleito – ISC = 10,0%.

**Tabela 27 – Verificação Mecânica – Marginal da BR-040 – Brita Graduada Simples e CAUQ Convencional**

VERIFICAÇÃO MECÂNICA							
N USACE	2,14E+07						
N AASHTO	8,78E+06						
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA - 6 - Marginal BR-040 - Base: BGS							
<b>CAMADA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESP. (cm)</b>	<b>MR (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Poisson</b>			
Revestimento	CAUQ (FAIXA C)	11,50	35000	0,30			
Base	BGS	15,00	2000	0,35			
Sub-base	Solo + Cimento	20,00	2000	0,37			
Subleito	Argilo-arenoso	Infinita	1100	0,40			
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO							
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	8,78E+06	2,12E-04	2,19E-04	Reprovado
2 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO							
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Ev	Verificação
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	2,14E+07	3,35E-04	3,38E-04	Reprovado
3 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO							
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm (x0,01 mm)	Solicitante AEMC Daemc	Verificação
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	2,14E+07	52,46	38,15	Aprovado

Fonte: do Autor (dados obtidos no software AEMC)

Diante dos resultados apresentados acima, verificou-se que a estrutura apresentada, não atendeu, quando avaliado pelo Método Mecanicista Empírico, aos critérios de: deformação específica de tração na fibra inferior do revestimento asfáltico e na deformação específica de compressão no topo da camada de subleito.

Com isso, prosseguimos com a verificação mecânica, por tentativa com a seguinte estrutura de pavimento:

- Revestimento: CAUQ (30/45), Faixa C, com e = 12,0 cm;
- Base: Brita Graduada Simples (BGS), com e = 15,0 cm;
- Sub-base: Solo + 2,0% Cimento Portland CP II Z, com e = 20,0 cm;
- Subleito – ISC = 10,0%.

**Tabela 28 – Verificação Mecânica – Marginal da BR-040 – Brita Graduada Simples e CAUQ Convencional - Aprovada**

VERIFICAÇÃO MECÂNICA							
N USACE	2,14E+07						
N AASHTO	8,78E+06						
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA - 7 - Marginal BR-040 - Base: BGS							
<b>CAMADA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESP. (cm)</b>	<b>MR (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Poisson</b>			
Revestimento	CAUQ (FAIXA C)	12,00	35000	0,30			
Base	BGS	15,00	2000	0,35			
Sub-base	Solo + Cimento	20,00	2000	0,37			
Subleito	Argilo-arenoso	Infinita	1100	0,40			
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO							
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	8,78E+06	2,12E-04	2,11E-04	Aprovado
2 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO							
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Ev	Verificação
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	2,14E+07	3,35E-04	3,27E-04	Aprovado
3 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO							
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm (x0,01 mm)	Solicitante AEMC Daemc	Verificação
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	2,14E+07	52,46	37,32	Aprovado

Fonte: do Autor (dados obtidos no software AEMC)

Pelo resultado exposto acima, verificamos que a estrutura testada foi aprovada e atende aos critérios mecanicistas empíricos.

### 13.3 Solução com Camada de Base em Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) – Norma DER-SP – ET-DE-P00/009 – Jul/2005 – Rev. A e Concreto Asfáltico Convencional.

Serão apresentadas as análises realizadas com a camada de base composta por Brita Graduada Tratada com Cimento – BGTC e a sub-base em composta com Material Terros Argilo-arenoso

com adição de 2,0% de Cimento Portland CP II Z, em massa. A estrutura de pavimento a ser avaliada:

- Revestimento: CAUQ (30/45), Faixa C, com e = 7,0 cm;
- Base: Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC), com e = 18,0 cm;
- Sub-base: Solo + 2,0% Cimento Portland CP II Z, com e = 14,0 cm;
- Subleito – ISC = 10,0%.

**Tabela 29 – Verificação Mecânica – Marginal da BR-040 – Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) e CAUQ Convencional**

VERIFICAÇÃO MECANÍSTICA							
N USACE	2,14E+07						
N AASHTO	8,78E+06						
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA 13 - Marginal BR-040 - Base: BGTC							
<b>CAMADA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESP. (cm)</b>	<b>MR (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Poisson</b>			
Revestimento	CAUQ FAIXA C	7,00	35000	0,30			
Base	BGTC	18,00	75000	0,25			
Sub-base	Solo + Cimento	14,00	2000	0,37			
Subleito	Argilo-arenoso	Infinita	1100	0,40			
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO							
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	8,78E+06	2,12E-04	3,20E-05	Aprovado
2 - TENSÃO DE TRAÇÃO NA FIBRA INFERIOR DA CAMADA CIMENTADA (BGTC)							
Autor	Ano	N Projeto (USACE)	σt Tensão na Flexão de Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )	σt Tensão Admissível (kgf/cm <sup>2</sup> )	σt Tensão Atuante/AEMC (kgf/cm <sup>2</sup> )	Verificação	
Balbo	1993	2,14E+07	10	5,00	5,04	Reprovado	
3 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO							
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Ev	Solicitante AEMC Ev	Verificação
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	2,14E+07	3,35E-04	1,77E-04	Aprovado
4 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO							
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm (x0,01mm)	Solicitante AEMC Daemc	Verificação
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	2,14E+07	52,46	21,91	Aprovado

Fonte: do Autor (dados obtidos no software AEMC)

Diante dos resultados apresentados acima, verificou-se que a estrutura apresentada, não atendeu, quando avaliado pelo Método Mecanicista Empírico, ao critério de deformação específica de tração na fibra inferior da camada cimentada.

Com isso, prosseguimos com a verificação mecânica, por tentativa com a seguinte estrutura de pavimento:

- Revestimento: CAUQ (30/45), Faixa C, com e = 7,5 cm;
- Base: Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC), com e = 18,0 cm;

- Sub-base: Solo + 2,0% Cimento Portland CP II Z,

com e = 14,0 cm;

- Subleito – ISC = 10,0%.

**Tabela 30 – Verificação Mecânica – Marginal da BR-040 – Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) e CAUQ Convencional - Aprovada**

VERIFICAÇÃO MECANÍSTICA							
N USACE	2,14E+07						
N AASHTO	8,78E+06						
DADOS DA ESTRUTURA ANALISADA 14 - Marginal BR-040 - Base: BGTC							
CAMADA	MATERIAL	ESP. (cm)	MR (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Poisson			
Revestimento	CAUQ FAIXA C	7,50	35000	0,30			
Base	BGTC	18,00	75000	0,25			
Sub-base	Solocal	14,00	2000	0,37			
Subleito	Argilo-arenoso	Infinita	1100	0,40			
1 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE TRAÇÃO (ET) DA FIBRA INFERIOR DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO							
Autor	Ano	K	n	N-AASHTO	Admissível Modelo Et	Solicitante AEMC Et	Verificação
FHWA (1976)	1976	1,092E-06	3,512	8,78E+06	2,12E-04	2,92E-05	Aprovado
2 - TENSÃO DE TRAÇÃO NA FIBRA INFERIOR DA CAMADA CIMENTADA (BGTC)							
Autor	Ano	N Projeto (USACE)	$\sigma$ Tensão na Flexão de Ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ Tensão Admissível (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ Tensão Atuante/AEMC (kgf/cm <sup>2</sup> )	Verificação	
Balbo	1993	2,14E+07	10	5,00	4,91	Aprovado	
3 - DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA DE COMPRESSÃO (EV) DO TOPO DA CAMADA DE SUBLEITO							
Autor	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Ev	Solicitante AEMC Ev	Verificação
Dormon & Metcalf	1965	6,069E-10	4,762	2,14E+07	3,35E-04	1,72E-04	Aprovado
4 - DEFLEXÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO							
Procedimento	Ano	K	n	N-USACE	Admissível Modelo Dadm (x0,01mm)	Solicitante AEMC Daemc	Verificação
DNER - PRO 11/79	1979	3,01	0,176	2,14E+07	52,46	22,22	Aprovado

Pelo resultado exposto acima, verificamos que a estrutura testada foi aprovada e atende aos critérios mecanicistas empíricos.

#### 14.0 Camada Anti-Reflexão de Trincas (CART) em Tratamento Superficial Duplo (TSD)

A Camada Anti-Reflexão de Trincas tem a função de conter e postergar as trincas advindas da camada cimentada (BGTC) subjacente. Será executada em Tratamento Superficial Duplo – TSD, formado por duas aplicações de ligante asfáltico e duas aplicações de agregado mineral, sucessivas e alternadas.

A referida camada será executada conforme Especificação do DNIT, DNER – ES 392/99, utilizando como ligante betuminoso, a emulsão asfáltica modificada por polímero – SBS, tipo RR-1C-E.

Deverá ser executada duas camadas de Tratamento Superficial, a primeira camada de tratamento superficial constituída de uma aplicação de ligante betuminoso, taxa de 1,2 a 1,8 l/m<sup>2</sup>, coberta por camada de agregado, com taxa variando de 20 a 25 kg/m<sup>2</sup>, sendo enquadrado na Faixa Granulométrica “A” e submetida a compressão. A segunda camada de tratamento superficial será constituída de uma aplicação de ligante betuminoso, taxa de 0,8 a 1,2 l/m<sup>2</sup>, coberta por camada de agregado, com taxa variando de 10 a 12 kg/m<sup>2</sup>, sendo enquadrado na Faixa Granulométrica “B” e submetida a compressão.

### **15.0 Critérios para a Liberação de Trechos Avaliados por Ensaio Deflectométricos com Viga Benkelman**

Os ensaios visando a obtenção das deflexões recuperáveis, deverão ser executados nas camadas onde houver parâmetros para tal. Os ensaios deflectométricos deverão ser executados em todas as faixas de rolamento e em todas as estacas (ou seja a cada 20 (vinte) metros), devendo ser observado o posicionamento do eixo simples de roda dupla do veículo a ser utilizado para tal ação, de modo que a leitura da deflexão recuperável em cada estaca, seja realizada na “trilha de roda” mais carregada, para isto deverá ser observado pelo executor/operador do ensaio a inclinação transversal da faixa em que está sendo realizada a medição da deflexão.

Os critérios de aceitação de trecho(s) avaliado(s) serão os seguintes:

- 10% da quantidade de leituras feitas nas estacas ensaiadas, poderão estar acima do valor especificado de deflexão recuperável para a respectiva camada avaliada;
- Desde que o valor(es) que está(ão) acima do valor especificado em projeto, não supere(m) em 15% o valor especificado para a deflexão recuperável para a camada que está sendo avaliada.

## 16.0 Resumo das Soluções de Pavimento – Marginal da BR-040

### 16.1 Base em Brita 1-Solo-Cimento e CAUQ Convencional – Intervenções Necessárias – Marginal da BR-040

**Tabela 31 – Solução de Dimensionamento – Marginal da BR-040 – Base em Brita 1-Solo-Cimento e CAUQ Convencional**

<b>Marginal da BR-040 – Trecho: DF-495/DF-001 (BR-251)</b>
Número N (USACE) = $2,14 \times 10^7$
Número N (AASHTO) = $8,78 \times 10^6$
<b><u>Estrutura do Pavimento</u></b>
- CAUQ Faixa C (30/45) – e = 10,0 cm
- Base em Material Granular (52,0% Brita 1 + 48,0% Solo + 3,0% de Cimento Portland) CP II Z 32, com e = 18,0 cm;
- Sub-base em Material Terroso + 2,0% Cimento Portland CP II Z 32, com e = 19,0 cm;
- Subleito – ISC = 10,0%.
<b><u>Intervenções Necessárias</u></b>
- Executar camada de subleito com 60,0 cm de espessura, sendo 03 camadas de 20,0 cm cada uma, compactadas na Energia Intermediária com GC $\geq 100,0\%$ ; com ISC $\geq 10,0\%$ , conforme a Especificação DNIT 108/2009-ES;

- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **102 centésimos de milímetros**.

- Executar camada de sub-base com 19,0 cm de espessura, sendo executada em Material Terroso Argilo-Arenoso (proveniente das caixas de empréstimo) + 2,0% de Cimento Portland CP II Z 32, compactada na Energia Intermediária com GC  $\geq$  100,0%; ISC  $\geq$  20,0%, conforme a Especificação DNIT 140/2022-ES. Para o cálculo da massa de Cimento Portland CP II Z 32 na mistura, considerar a Massa Específica Aparente Seca do Solo Fino Argiloso igual a 1,657 g/cm<sup>3</sup>. Sugerimos que a distribuição do Cimento Portland, seja realizada por meio de caminhão distribuidor;

- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **85 centésimos de milímetros**.

- Executar camada de base com 18,0 cm de espessura, estabilizada granulometricamente e quimicamente, com 52,0% de Brita 1 + 48,0% de Material Terroso Argilo-Arenoso (proveniente das caixas de empréstimo) + 3,0% de Cimento Portland CP II Z 32, em massa, compactada na Energia Modificada com GC  $\geq$  100,0%, ISC  $\geq$  80,0%, com a Granulometria da Mistura enquadrada na Faixa C, com a relação de 1,1 kg de Brita 1/1,0 kg de Solo Argilo-Arenoso, com a granulometria sendo enquadrada de acordo com a Especificação DNIT 141/2022-ES. Para o cálculo da massa de Cimento Portland a ser adicionada a mistura, considerar a Massa Específica Aparente Seca igual a 2,05 g/cm<sup>3</sup>. Sugerimos que a distribuição da Brita 1 e do Cimento Portland, sejam realizados por meio de caminhão distribuidor;

- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **65 centésimos de milímetros**.

- Execução de Imprimação com Emulsão Asfáltica Imprimante (EAI), taxa de aplicação de 0,9 a 1,3 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 144/2014 – ES.

- Executar Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa de aplicação de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,4 e 0,5 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES.

- Executar 5,0 cm espessura de CAUQ Convencional – Faixa C – CAP 30/45, em toda a plataforma, conforme Especificações: DNIT 031/2006 – ES e ET-DE P00/027 – Jul/2005 – Rev. A - DER-SP.

- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **50 centésimos de milímetros**.

- Executar Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa de aplicação de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,4 e 0,5 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES.
- Executar 5,0 cm de espessura de CAUQ Convencional – Faixa C – CAP 30/45, nas faixas de rolamento, conforme Especificações: DNIT 031/2006 – ES e ET-DE P00/027 – Jul/2005 – Rev. A - DER-SP.
- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **38 centésimos de milímetros**.

Fonte: do Autor

### 16.2 Base em Brita Graduada Simples (BGS e CAUQ Convencional – Intervenções Necessárias – Marginal da BR-040.

Tabela 32 – Solução de Dimensionamento – Marginal da BR-040 – Base em BGS e CAUQ Convencional

Marginal da BR-040 – Trecho: DF-495/DF-001 (BR-251)
Número N (USACE) = 2,14x10 <sup>7</sup>
Número N (AASHTO) = 8,78x10 <sup>6</sup>
<u>Estrutura do Pavimento</u>
- CAUQ Faixa C (50/70) – e = 12,0 cm
- Base em Brita Graduada Simples (BGS), com e = 15,0 cm;
- Sub-base em Material Terroso + 2,0% Cimento Portland CP II Z 32, e = 20,0 cm;
- Subleito – ISC = 10,0%.
<u>Intervenções Necessárias</u>
- Executar camada de subleito com 60,0 cm de espessura, sendo 03 camadas de 20,0 cm cada uma, compactadas na Energia Intermediária com GC ≥ 100,0%, com ISC ≥ 6,0%, conforme a Especificação DNIT 108/2009-ES;
- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de <b>102 centésimos de milímetros</b> .
- Executar camada de sub-base com 20,0 cm de espessura, sendo executada em Material Terroso Argilo-Arenoso (proveniente das caixas de empréstimo) + 2,0% de Cimento Portland CP II Z 32, compactada na Energia Intermediária com GC ≥ 100,0%, ISC ≥ 20,0%, conforme a Especificação DNIT 140/2022-ES. Para o cálculo da massa de Cimento Portland CP II Z 32 na mistura, considerar a Massa Específica Aparente Seca do Material Terroso Argilo-arenoso igual a 1,657 g/cm <sup>3</sup> . Sugerimos

que a distribuição do Cimento Portland, seja realizada por meio de caminhão distribuidor;

- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **84 centésimos de milímetros**.

- Executar camada de base com 15,0 cm de espessura, utilizando Brita Graduada Simples (BGS), compactada na Energia Modificada com  $GC \geq 100,0\%$ ,  $ISC \geq 100,0\%$  conforme a Especificação Técnica do DER-SP – ET-DE-P00/008 – Jul/2005 – Rev. A;

- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **78 centésimos de milímetros**.

- Execução de Imprimação com Emulsão Asfáltica Imprimante (EAI), taxa de aplicação de 0,9 a 1,3 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 144/2014 – ES.

- Executar Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa de aplicação de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,4 e 0,5 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES.

- Executar 3,0 cm de espessura de CAUQ Convencional – Faixa C – CAP 30/45, em toda a plataforma, conforme Especificações: DNIT 031/2006 – ES e ET-DE P00/027 – Jul/2005 – Rev. A - DER-SP.

- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **56 centésimos de milímetros**.

- Executar Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa de aplicação de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,4 e 0,5 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES.

- Executar 4,0 cm de espessura de CAUQ Convencional – Faixa C – CAP 30/45, em toda a plataforma, conforme Especificações: DNIT 031/2006 – ES e ET-DE P00/027 – Jul/2005 – Rev. A - DER-SP.

- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **44 centésimos de milímetros**.

- Executar Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa de aplicação de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,4 e 0,5 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES.

- Executar 5,0 cm de espessura de CAUQ Convencional – Faixa C – CAP 30/45, nas faixas de rolamento, conforme Especificações: DNIT 031/2006 – ES e ET-DE P00/027 – Jul/2005 – Rev. A - DER-SP.

- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **36 centésimos de milímetros**.

Fonte: do Autor

### 16.3 Base em BGTC e CAUQ Convencional – Intervenções Necessárias – Marginal da BR-040

Tabela 33 – Solução de Dimensionamento – Marginal da BR-040 – Base em BGTC e CAUQ Convencional

Marginal da BR-040 – Trecho: DF-495/DF-001 (BR-251)
Número N (USACE) = $2,14 \times 10^7$
Número N (AASHTO) = $8,78 \times 10^6$
<b><u>Estrutura do Pavimento</u></b>
- CAUQ Faixa C (30/45) – e = 7,5 cm
- Base em Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC), com e = 18,0 cm;
- Sub-base em Material Terroso + 2,0% Cimento Portland CP II Z 32, e = 14,0 cm;
- Subleito – ISC = 10,0%.
<b><u>Intervenções Necessárias</u></b>
- Executar camada de subleito com 60,0 cm de espessura, sendo 03 camadas de 20,0 cm cada uma, compactadas na Energia Intermediária com GC $\geq 100,0\%$ , com ISC $\geq 6,0\%$ , conforme a Especificação DNIT 108/2009-ES;
- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de <b>102 centésimos de milímetros</b> .
- Executar camada de sub-base com 14,0 cm de espessura, sendo executada em Material Terroso Argilo-Arenoso (proveniente das caixas de empréstimo) + 2,0% de Cimento Portland CP II Z 32, compactada na Energia Intermediária com GC $\geq 100,0\%$ , ISC $\geq 20,0\%$ , conforme a Especificação DNIT 140/2022-ES. Para o cálculo da massa de Cimento Portland CP II Z 32 na mistura, considerar a Massa Específica Aparente Seca do Solo Fino Argiloso igual a $1,657 \text{ g/cm}^3$ . Sugerimos que a distribuição do Cimento Portland, seja realizada por meio de caminhão distribuidor;
- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de <b>90 centésimos de milímetros</b> ;
- Executar a camada de base em Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC), com teor de cimento variando de 4,0 a 6,0%, em massa, para fins de Orçamento adotar

o percentual de 6,0%, com espessura de 18,0 cm, sendo compactada na Energia Modificada com Grau de Compactação  $\geq 100\%$ , tendo como base a Especificação Técnica do DER-SP – ET-DE-P00/009 – Jul/2005 – Rev. A., exceto com relação à Energia de Compactação, item 5.5, folha 8/24 da referida Especificação. Deverá apresentar Resistência a Compressão Simples Axial aos 07 dias 3,5 MPa, aos 28 dias 5,0 MPa. Resistência a Tração na Compressão Diametral de 1,0 MPa, aos 28 dias. Para o cálculo da quantidade de Cimento Portland, para fins de Orçamento, considerar a Massa Específica Aparente Seca da BGTC igual a 2.200 kg/m<sup>3</sup>.

- A cura deverá ser realizada com banho de emulsão asfáltica tipo RR-1C, taxa de aplicação de 0,6 a 0,8 l/m<sup>2</sup>, com taxa residual  $\geq 0,3$  l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES;

- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **30 centésimos de milímetros**;

- Executar Tratamento Superficial Duplo (TSD), com emulsão asfáltica modificada por polímero - SBS, tipo RR-1C-E, conforme Especificação DNIT DNER 392/99 – ES;

- Executar Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa de aplicação de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,4 e 0,5 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES.

- Executar 3,0 cm de espessura de CAUQ Convencional – Faixa C – CAP 30/45, em toda a plataforma, conforme Especificações: DNIT 031/2006 – ES e ET-DE P00/027 – Jul/2005 – Rev. A - DER-SP.

- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **25 centésimos de milímetros**;

- Executar Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa de aplicação de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,4 e 0,5 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES.

- Executar 4,5 cm de espessura de CAUQ Convencional – Faixa C – CAP 30/45, nas faixas de rolamento, conforme Especificações: DNIT 031/2006 – ES e ET-DE P00/027 – Jul/2005 – Rev. A - DER-SP.

- A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de **22 centésimos de milímetros**.

## 17.Dimensionamento da Pista Principal + Acostamento

Para o tráfego obtido  $N = 3,68 \times 10^7$ , o Método do DNIT sugere o revestimento asfáltico em CAUQ com 10,0 cm de espessura.

Base: BGS + Solo + 3,0% de Cimento Portland

- CAUQ (C) = 6,0 cm (Faixas de Rolamento)
- Pintura de Ligação (tipo RR-1C, diluída com água na proporção de 1:1, com taxa de aplicação de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,4 e 0,5 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES)
- CAUQ (C) = 4,0 cm (Toda a Plataforma)
- Pintura de Ligação (tipo RR-1C, diluída com água na proporção de 1:1, com taxa de aplicação de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,4 e 0,5 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 145/2014 – ES)
- Imprimação (EAI - taxa de aplicação de 0,9 a 1,3 l/m<sup>2</sup>, conforme Especificação DNIT 144/2014 – ES)
- Base = 18,0 cm (80,0% de Brita Graduada Simples (BGS) – Faixa II – Norma ES-P 05/18 – DER/PR + 20,0% de Solo Fino Argilo-Arenoso + 3,0% de Cimento Portland CP-IV 32-RS, com relação de 4,0 kg de BGS/1,0 kg de solo). Para cálculo do percentual de cimento na mistura, considerar a Massa Específica Aparente Seca igual a 2,10 g/cm<sup>3</sup>)
- Sub-base = 19,0 cm (Solo Fino Argilo-Arenoso (proveniente da caixa de empréstimo) + 4,0% de Cal Hidratada Tipo CH-I – Calcítica. Para cálculo do percentual de Cal Hidratada na mistura, considerar a Massa Específica Aparente Seca do Solo igual a 1,657 g/cm<sup>3</sup>)
- Subleito (ISC  $\geq$  10,0%) (Executar camada de subleito com 60,0 cm de espessura, sendo 03 camadas de 20,0 cm cada uma, compactadas na Energia Intermediária com GC  $\geq$  100,0%, com ISC  $\geq$  10,0%, conforme a Especificação DNIT 108/2009-ES)

### 17.1. Resumo das Soluções

Conforme dimensionado anteriormente, as soluções propostas para este projeto são apresentadas a seguir.

Estrutura 1 - Base de solo + brita + cimento

Camada de Rolamento em CAUQ (30/45) - Faixa C, a ser aplicando na pista de rolamento; e = 5,0 cm;

Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa residual de 0,45 l/m<sup>2</sup>;

Camada de Rolamento em CAUQ (30/45) - Faixa C, a ser aplicando na pista de rolamento e no acostamento; e = 5,0 cm;

Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa residual de 0,45 l/m<sup>2</sup>;

Imprimação com Emulsão Asfáltica Imprimante (EAI), taxa de aplicação de 1,1 l/m<sup>2</sup>;

Base (52,0% de Brita 1 + 48,0% de Solo Fino Argilo-Arenoso + 3,0% de Cimento Portland CP II Z 32, com relação de 1,1 kg de Brita 1/1,0 kg de solo). Para cálculo do percentual de Cimento Portland na mistura, considerar a Massa Especifica Aparente Seca igual a 2,05 g/cm<sup>3</sup>); e = 18,0 cm;

Sub-base em solo melhorado com cimento (Solo Fino Argilo-Arenoso (proveniente das caixas de empréstimo) + 2,0% de Cimento Portland CP II Z 32. Para cálculo do percentual de Cimento Portland, considerar a Massa Especifica Aparente Seca do Solo igual a 1,657 g/cm<sup>3</sup>); e = 19,0 cm;

Subleito em Material Terroso ISC > 10%. Executar camada de subleito com 60,0 cm de

espessura, sendo 03 camadas de 20,0 cm cada uma, compactadas na Energia Intermediária com GC  $\geq$  100,0%, com ISC  $\geq$  10,0% ; e = 60,0 cm;

## Estrutura 2 - Base em BGS

Camada de Rolamento em CAUQ (30/45) - Faixa C, a ser aplicando na pista de rolamento; e = 5,0 cm;

Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa residual de 0,45 l/m<sup>2</sup>;

Camada de Rolamento em CAUQ (30/45) - Faixa C, a ser aplicando na pista de rolamento e no acostamento; e = 4,0 cm;

Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa residual de 0,45 l/m<sup>2</sup>;

Camada de Rolamento em CAUQ (30/45) - Faixa C, a ser aplicando na pista de rolamento e no acostamento; e = 3,0 cm;

Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa residual de 0,45 l/m<sup>2</sup>;

### Imprimação com Emulsão Asfáltica Imprimante

(EAI), taxa de aplicação de 1,1 l/m<sup>2</sup>;

Base em Brita Graduada Simples (considerar a Massa Específica Aparente Seca igual a 2,20 g/cm<sup>3</sup>); e = 15,0 cm;

Sub-base em solo melhorado com cimento (Solo Fino Argilo-Arenoso (proveniente das caixas de empréstimo) + 2,0% de Cimento Portland CP II Z 32. Para cálculo do percentual de Cimento Portland, considerar a Massa Específica Aparente Seca do Solo igual a 1,657 g/cm<sup>3</sup>); e = 20,0 cm;

Subleito em Material Terroso ISC > 10%. Executar camada de subleito com 60,0 cm de espessura, sendo 03 camadas de 20,0 cm cada uma, compactadas na Energia Intermediária com GC ≥ 100,0%, com ISC ≥ 10,0% ; e = 60,0 cm;

### Estrutura 3 - Base em BGTC

Camada de Rolamento em CAUQ (30/45) - Faixa C, a ser aplicando na pista de rolamento; e = 4,5 cm;

Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo RR-1C, taxa residual de 0,45 l/m<sup>2</sup>;

Camada de Rolamento em CAUQ (30/45) - Faixa C, a ser aplicando na pista de rolamento e no acostamento; e = 3,0 cm

Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica diluída com água com proporção de 1:1, tipo

RR-1C, taxa residual de 0,45 l/m<sup>2</sup>;

CART (Camada Anti-Reflexão de Trincas) - Tratamento Superficial Duplo (TSD), com emulsão asfáltica modificada por polímero - SBS, tipo RR-1C-E;

Cura (Pintura com Emulsão Asfáltica - tipo RR-1C, diluída com água na proporção de 1:1, com taxa de aplicação de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup> e taxa residual entre 0,4 e 0,5 l/m<sup>2</sup>;

Base (Considerar a Massa Especifica Aparente Seca igual a 2,20 g/cm<sup>3</sup> e adotar o percentual de 6,0% de cimento Cimento Portland CP II Z 32); e = 18,0 cm;

Sub-base em solo melhorado com cimento (Solo Fino Argilo-Arenoso (proveniente das caixas de empréstimo) + 2,0% de Cimento Portland CP II Z 32. Para cálculo do percentual de Cimento Portland na mistura, considerar a Massa Especifica Aparente Seca do Solo igual a 1,657 g/cm<sup>3</sup>); e = 14,0 cm;

Subleito em Material Terroso ISC > 10%. Executar camada de subleito com 60,0 cm de espessura, sendo 03 camadas de 20,0 cm cada uma, compactadas na Energia Intermediária com GC ≥ 100,0%, com ISC ≥ 10,0% ; e = 60,0 cm;

### **17.2. Controle Deflectométrico**

Para que as camadas dos pavimentos trabalhem adequadamente é necessário que todos os cuidados estabelecidos nas normas e especificações vigentes sejam atendidos.

Recomenda-se que seja realizado o controle complementar de qualidade da execução das camadas do pavimento por meio do levantamento das deflexões máximas

no topo de cada camada executada, com o emprego da viga Benkelman.

## 18. CADASTRO UNIFICADO DE INTERFERÊNCIA

---

O cadastro de interferências foi desenvolvido com o objetivo de identificar e quantificar todos os elementos físicos localizados na área de abrangência do projeto, tanto superficiais quanto subterrâneos.

As interferências foram cadastradas com base no levantamento topográfico da faixa de domínio da rodovia e em consulta aos projetos e cadastros das concessionárias identificadas no trecho (quando houve).

Interferências identificadas no desenho gráfico no volume 2 deste projeto.

## **19.DRENAGEM**

## **20.INTRODUÇÃO**

A Marginal da BR-040, via de ligação entre a DF-495 e DF-251 no 3º Distrito do DER-DF, localiza-se na Região Administrativa de Santa Maria, R. A. XIII – Distrito Federal.

Segundo o Decreto Federal Nº 27.365/2006, que estabelece regulação com relação às medidas das Faixas de Domínio das Rodovias do Sistema Rodoviário do Distrito Federal, a BR-040 está inserida no Grupo I, cujas larguras são de 100 m (cem metros), divididos simetricamente em relação aos eixos dos canteiros centrais.



## Manual de Drenagem e Manejo de Águas

Pluviais Urbanas do Distrito Federal (ADASA, 2018), e;

Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projeto de Sistema de Drenagem Pluvial no Distrito Federal (NOVACAP, 2019).

## **22. INTERFERÊNCIAS**

Apesar de existirem postes de titularidade da CEB, redes de abastecimento de água e de esgotamento sanitário (CAESB) nas proximidades com a pista projetada, não foram detectadas interferências, que inviabilizem a realização da obra.

## **23. ESTUDOS TOPOGRÁFICOS**

O levantamento planialtimétrico cadastral utilizado foi fornecido pela contratante, as complementações de topografia foram extraídas das cartas 1:1.000 denominadas 200-I-4-D, 200-III-2-A, 200-III-5-A, 200-III-5-C, 216-I-2-B, 216-I-2-D, 216-I-5-B, 216-I-5-D, 216-III-2-B, 216-III-3-C.

## **24. METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DAS**

### **VALETAS**

#### **a. ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO**

A área de contribuição do projeto consiste na via e nas áreas adjacentes à pista cujos vetores de caimento apontam para a via. As áreas estão apresentadas nas folhas 01 a 06, são parte integrante deste documento e encontram-se em anexo, no item 0, ANEXO II – .

## b. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C)

O runoff determina a relação entre a quantidade de água que precipita e a que escoar em uma área, com determinado tipo de cobertura de solo. Quanto mais impermeável for a cobertura do solo, maior será o coeficiente. Para a fixação do runoff podem ser usados valores tabelados e intrínsecos ao tipo de uso e ocupação das superfícies. O Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial no Distrito Federal (NOVACAP, 2019) estabelece os seguintes valores de runoff:

Tabela 1 – Coeficientes de escoamento superficial (NOVACAP, 2019)

Tipo de Uso e Ocupação do Solo	Valor correspondente do Runoff (C)
Áreas calçadas ou impermeabilizadas	0,90
Áreas com bloco intertravado maciço	0,78
Áreas urbanizadas com áreas verdes	0,70
Áreas com bloco intertravado vazado com preenchimento de areia ou grama	0,40
Áreas de solo natural com recobrimento de brita	0,30
Áreas com inclinação superior a 5% integralmente gramadas ou com jardins ou vegetação natural	0,20
Áreas com inclinação inferior a 5% integralmente gramadas ou com jardins ou vegetação natural	0,15

No caso em que uma mesma área possui tipos diferentes de coberturas é necessária a compatibilização dos coeficientes. Esta é feita, realizando-se uma média ponderada dos valores, conforme equação.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times C_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Equação 1 – Cálculo do runoff total da área de contribuição

Em que:

A<sub>i</sub> é a área parcial, “i” considerada;

$C_i$  é o coeficiente relacionado à área  $A_i$ .

O escoamento superficial em áreas urbanas é diretamente ligado ao transporte de água em diferentes superfícies, o que influenciará no direcionamento da água superficial e à proteção contra os fenômenos provocados pelo seu deslocamento.

Como conhecido, a precipitação da água que atinge o solo encontra superfícies mais permeáveis, geralmente as mais naturais como vegetação nativa, campos abertos, jardins e gramados, ou encontra superfícies menos permeáveis, geralmente antrópicas como telhados, superfícies concretadas, pavimentações de paralelepípedos ou asfaltadas. Essa permeabilidade do solo influi diretamente na capacidade de infiltração, ou seja, quanto mais cobertura vegetal tiver o solo, maior será a quantidade de água que ele pode absorver, diminuindo assim a ocorrência de excesso de precipitação a ser direcionada.

Para cada uma dessas superfícies é determinado um coeficiente de escoamento superficial, denominado de “C”, definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado. Assim, foram mapeados através do método de fotointerpretação os diferentes tipos de superfície com o mesmo valor de coeficiente de escoamento superficial para se chegar o mais próximo possível dos valores reais de cálculos de drenagem urbana na região.

O método consiste em identificar visualmente os diferentes usos e cobertura do solo conforme proposto pela NOVACAP em seu Termo de Referências para elaboração de estudos e projetos, bem como também do Manual de Drenagem Urbana do Distrito Federal, publicado pela ADASA, ambos coincidente, de onde foi extraída a Tabela 1 anteriormente apresentada.

A partir dos levantamentos anteriormente descritos, foram obtidos os tipos de ocupação para cada uma das 14 sub-bacias que compõem a área de contribuição total. Dessa forma, para cada sub-bacia foi calculado um coeficiente de escoamento superficial.

Tabela 2 – Cálculo do runoff

ID	CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO	VALOR DA ÁREA	VALOR DO RUNOFF
		AC	c
		m <sup>2</sup>	-
	Grama	19,084.165	0.15
	Pavimento CBUq	13,127.821	0.90
	Total	32,211.986	-
		Runoff calculado (C) = 0.46	
		Runoff adotado (C) = 0.50	

A4

ID	CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO	VALOR DA ÁREA	VALOR DO RUNOFF
		AC	c
		m <sup>2</sup>	-
	Grama	962.861	0.15
	Pavimento CBUq	2,655.125	0.90
	Total	3,617.986	-
		Runoff calculado (C) = 0.70	
		Runoff adotado (C) = 0.80	

A4b

ID	CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO	VALOR DA ÁREA	VALOR DO RUNOFF
		AC	c
		m <sup>2</sup>	-
	Grama	1,880.301	0.15
	Pavimento CBUq	2,029.700	0.90
	Total	3,910.000	-
		Runoff calculado (C) = 0.54	
		Runoff adotado (C) = 0.60	

A6

ID	CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO	VALOR DA ÁREA	VALOR DO RUNOFF
		AC	c
		m <sup>2</sup>	-
	Grama	1,612.354	0.15
	Pavimento CBUq	3,350.674	0.90
	Total	4,963.028	-
		Runoff calculado (C) = 0.66	
		Runoff adotado (C) = 0.70	

A7

ID	CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO	VALOR DA ÁREA	VALOR DO RUNOFF
		AC	c
		m <sup>2</sup>	-
	Grama	3,040.875	0.20
	Pavimento CBUq	2,003.821	0.90
	Total	5,044.696	-
		Runoff calculado (C) = 0.48	
		Runoff adotado (C) = 0.50	

A14

ID	CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO	VALOR DA ÁREA	VALOR DO RUNOFF
		AC	c
		m <sup>2</sup>	-
	Grama	18,121.304	0.15
	Pavimento CBUq	10,472.697	0.90
	Total	28,594.000	-
		Runoff calculado (C) = 0.42	
		Runoff adotado (C) = 0.42	

A4a

ID	CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO	VALOR DA ÁREA	VALOR DO RUNOFF
		AC	c
		m <sup>2</sup>	-
	Grama	1,428.742	0.15
	Pavimento CBUq	2,469.145	0.90
	Total	3,897.887	-
		Runoff calculado (C) = 0.63	
		Runoff adotado (C) = 0.70	

A5

ID	CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO	VALOR DA ÁREA	VALOR DO RUNOFF
		AC	c
		m <sup>2</sup>	-
	Grama	336.540	0.15
	Pavimento CBUq	606.014	0.90
	Total	942.554	-
		Runoff calculado (C) = 0.63	
		Runoff adotado (C) = 0.70	

A6a

ID	CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO	VALOR DA ÁREA	VALOR DO RUNOFF
		AC	c
		m <sup>2</sup>	-
	Grama	1,251.433	0.15
	Pavimento CBUq	4,616.867	0.90
	Total	5,868.300	-
		Runoff calculado (C) = 0.74	
		Runoff adotado (C) = 0.80	

A8

### c. CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO

Para o desenvolvimento do cálculo da vazão será adotado o “Método Racional”, tendo em vista que a área a ser drenada é menor que 100 hectares, assim como todas as sub-bacias. O método racional para a determinação da vazão de projeto consiste na aplicação da seguinte equação:

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

Equação 2 – Cálculo da vazão de projeto

Em que:

- Q é a vazão (l/s);
- C é o coeficiente de escoamento superficial (runoff);
- i é a intensidade duração e frequência da chuva (l/s.ha), e;
- A é a área de contribuição (ha).

#### **d. EQUAÇÃO INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA DA CHUVA**

Para determinação da intensidade pluviométrica de projeto será utilizada a equação IDF do Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial no Distrito Federal (NOVACAP, 2019).

$$i = \frac{4374,17 \cdot T^{0,207}}{(T_d + 11)^{0,884}}$$

Equação 3 – Cálculo da intensidade de chuva

Em que:

- i é intensidade-duração-frequência da chuva (l/s.ha);
- T é o período de retorno (anos), e;
- T<sub>d</sub> é a duração da chuva (minutos).

#### **e. PERÍODO DE RECORRÊNCIA**

Para o dimensionamento das estruturas foi adotado um TR de 5 anos.

#### **f. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO**

O tempo de concentração consiste no espaço de tempo que as águas pluviais levarão para alcançar a seção do dispositivo de drenagem que está sendo considerado. Este tempo de deslocamento varia com a distância e as características do terreno, tais como depressões e granulometria do solo. Os tempos de concentração foram adotados como sendo 5 minutos, que é a recomendação para drenagem superficial. Já para o cálculo de rede considerou-se 15 minutos, conforme TR (NOVACAP, 2019), e para o tempo de percurso considerou-se a seguinte equação:

$$T_c = \frac{S}{V}$$

Equação 4 –  
Cálculo do tempo de percurso

Em que:

- $T_c$  é o tempo de percurso da rede (s);
- $S$  é o comprimento do segmento de rede (m), e;
- $V$  é a velocidade no trecho (m/s).

### g. VELOCIDADE

A velocidade pode ser obtida por meio da seguinte equação:

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2}$$

Equação 5 –  
Cálculo da velocidade no tubo

Em que:

- $V$  é a velocidade no trecho (m/s);
- $n$  é a rugosidade de Manning, tabelado segundo TR (NOVACAP, 2019) ( $m^{-1/3}.s$ );
- $R_h$  é o raio hidráulico (m);
- $S$  é a declividade do segmento do trecho de tubulação (m/m).

Para velocidade máxima nos dispositivos adotou-se 6,0 m/s.

### h. VERIFICAÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA

O cálculo pela Equação de Manning é crucial para determinar a lâmina d'água no dispositivo, e realizar a verificação hidráulica em função dos parâmetros estabelecidos pelos instrumentos norteadores.

$$Q = \frac{1}{n} \times A^{5/3} \times P^{-2/3} \times S^{1/2}$$

Equação 6 –  
Cálculo da vazão no tubo

Em que:

- $Q$  é a vazão no trecho ( $m^3/s$ );
- $n$  é a rugosidade de Manning, tabelado segundo TR (NOVACAP, 2019) ( $m^{-1/3}.s$ );
- $A$  é a área molhada ( $m^2$ );
- $P$  é o perímetro molhado (m), e;

- S é a declividade do segmento do trecho de tubulação (m/m).

As planilhas de dimensionamento hidráulico das redes encontram-se em anexo.

### **i. CÁLCULO DO COMPRIMENTO CRÍTICO**

Para o posicionamento das saídas de água foi realizado o cálculo do comprimento crítico, que consiste na divisão da vazão da área de contribuição pela vazão máxima admissível segundo os critérios estabelecidos pelo projeto. A planilha de dimensionamento encontra-se em anexo, item 0, ANEXO I – DIMENSIONAMENTO.

### **j. DISPOSITIVOS PADRÃO DNIT UTILIZADOS**

Para os dispositivos de captação de drenagem superficial foram utilizadas as entradas para descidas d'água EDA (EDA-01), desenho 1.12 do Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem.

Para os dispositivos de condução de drenagem superficial foram utilizados sarjetas triangulares em concreto (STC 125-27, e STC 73-15), do desenho 1.3 do Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem.

Para o transporte do deflúvio nos taludes foram escolhidos os dispositivos descidas d'água de aterros em degraus (DAD-02), do desenho 1.17 do Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem.

Para a dissipação da energia do escoamento foram escolhidos os dissipadores aplicáveis às saídas de bueiros tubulares (DEB-04), desenho 1.19, e dissipadores DIS-III, desenho 1.20 do Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem.

Ao término das DAD's não foram considerados dissipadores em função das estruturas já serem um tipo de dissipador em degraus.

No caso desse projeto, algumas das sarjetas foram conduzidas até o dissipador de energia DES, e posteriormente à mini-bacia de acumulação. Os dispositivos adotados nesse projeto possuem o seu revestimento em concreto.

Os dispositivos foram locados por meio de estaqueamento fornecido pelo Contratante. O estaqueamento está presente tanto nas planilhas de dimensionamento hidráulico quanto nos desenhos técnicos.

O dimensionamento foi realizado conforme recomendação do Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006), por meio do Método Racional, Equação de

Manning, entre outras. O dimensionamento completo pode ser encontrado no referido manual.

As planilhas em anexo apresentam o dimensionamento e a locação dos dispositivos.

### k. RESERVATÓRIOS DE ACUMULAÇÃO

Para evitar problemas como processos erosivos e de alagamentos foram dimensionados reservatórios de acumulação ao longo da pista.

Tais dispositivos serão executados completamente em corte, com crista externa no nível do terreno natural. Em locais onde a altura do corte for superior a 1,5 m, com o intuito de se promover a segurança viária local, recomenda-se a instalação de defensas metálicas. Os taludes de corte deverão ser executados com a implantação de geogrelha juntamente com o plantio de grama da espécie batatais para evitar processos erosivos. Sugere-se que seja realizado o plantio de grama e de vegetação ao longo de toda a faixa de domínio da estrada vicinal.



Figura 2 - Aplicação de geogrelha em taludes.

O dimensionamento dos reservatórios foram realizados segundo os critérios da Resolução nº 9 da ADASA estabelece que o volume de armazenamento dos reservatórios de quantidade.

Equação 7 –

$$V = 4,705 . A_i . A_c$$

Determinação do volume de quantidade para o reservatório.

Em que:

- $V$  é o volume de quantidade do reservatório a ser implantado ( $m^3$ );
- $A_i$  é o percentual da média ponderada;
- $A_c$  é a área de contribuição (ha).

## **25. SINALIZAÇÃO**

O projeto abrange a sinalização horizontal e vertical para a marginal da BR-040. A sinalização vertical compreende a instalação de placas. A sinalização horizontal constitui-se de linhas, dizeres e pictogramas pintados no pavimento. A execução da sinalização deverá obedecer ao projeto a ser fornecido pelo DER/DF e ainda, estar de acordo com os Manuais de Sinalização de Trânsito do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) e especificações vigentes no DNIT.

### **25.1 Sinalização Vertical**

Compõem-se de grupo de sinais destinados à regulamentação, advertência, informação e educação. A implantação das placas deverá ser executada conforme as instruções contidas no Anexo II do Código de Trânsito Brasileiro (CTB). As placas deverão ser diagramadas de acordo com o Manual de Sinalização Rodoviária, Volume III, do DER-SP, e confeccionadas de acordo com a especificação DNIT 101/09 – ES, com as seguintes particularidades:

#### **25.1.1 Placas Simples**

Conforme as Diretrizes Técnicas para Serviços Rodoviários elaboradas pelo DNIT, as placas instaladas na rodovia, deverão ser de chapa de aço zincado especial, com o mínimo de 270 gramas de zinco por metro quadrado, material encruado, aplainado, semimanufaturado, na espessura 1,25 mm, pintado por sistema contínuo e curado à temperatura de 350 °C, com

tratamento à base de cromo e pintura com 05 micra de primer epóxi em cada face mais 20 micra de poliéster preto na face anterior, conforme o tratamento abaixo:

- Imersão em vapor de tricloroetileno;
- Imersão em solução alcalina;
- Imersão em solução de 6% a 8% de ácido fosfórico a 38 °C, lavado em seguida com água fria corrente e, após, quente;
- Tinta base – aplicação de cromato de zinco. Tinta de acabamento com tinta de resina sintética de secagem em estufa a 140 °C (podendo ser usadas outras resinas, mantendo-se o mesmo padrão de qualidade); e
- Uma das faces será pintada de preto e a outra será revestida de película refletiva tipo III (ABNT), na cor base do sinal.

A estrutura de sustentação das placas térreas será com perfil em “L” e em tubo de aço galvanizado de 2 ½" de diâmetro interno, e com 3,0 mm de parede.

Os dispositivos de fixação deverão ser em aço carbono SAE 1008/1020 e submetidos à galvanização das partes internas e externas.

As películas refletivas deverão ser do tipo III (ABNT).

Obs.: A execução da sinalização deverá obedecer ao projeto a ser fornecido pelo DER/DF.

### **25.1.2 Retrorrefletividade**

Todos os sinais devem ser retrorrefletivos, exceto as partes de cor preta, sempre opacas, que aparecerão por contraste. A retrorrefletividade do sinal é obtida utilizando-se películas retrorrefletivas, apropriadas a cada tipo de utilização, aplicadas como fundo do sinal.

As letras, números, orlas, tarjas, símbolos e legendas podem ser obtidos por:

- Montagem com películas retrorrefletivas recortadas;
- Impressão em silk-screen, com pasta translúcida colorida;
- Aplicação de película translúcida colorida sobre o fundo branco, com recorte eletrônico da mensagem.

Nota: Os sinais devem apresentar as mesmas características de forma, dimensão e cor determinada no manual do DER-SP, tanto na presença de luz natural quanto sob refletorização.

O serviço de sinalização vertical será medido conforme a categoria da placa, seja por unidade(und) ou metros quadrados (m<sup>2</sup>).

### **25.1.3 Fixação e Suportes**

Os suportes das placas de sinalização devem ser fixados de modo a mantê-las permanentemente na posição apropriada, evitando que balancem com o vento ou que sejam giradas ou deslocadas. As placas colocadas ao lado ou em projeção sobre a rodovia devem possuir suportes próprios de fixação: colunas simples; colunas duplas; semipórticos simples ou duplos.

A estrutura das obras de arte pode, também, ser utilizada como suporte para a fixação de sinais, desde que seja observada a altura destinada à passagem dos veículos e permita o correto posicionamento dos sinais.

Os suportes serão contabilizados por unidade (und) conforme a especificação das placas.

## **25.2 Sinalização Horizontal**

Consiste na execução de marcas viárias no pavimento da rodovia de acordo com os projetos a serem fornecidos pelo DER-DF, utilizando-se os materiais especificados nos itens a seguir. Os serviços de sinalização horizontal deverão ser executados imediatamente após a liberação (pela Fiscalização do DER/DF) dos trechos de pista finalizados e deverão obedecer à especificação DNIT 100/09 – ES, com as seguintes particularidades:

### **25.2.1 Pintura de Faixas Inscrições no Pavimento**

Na rodovia será empregada material termoplástico na pintura das linhas de bordo e de delimitação de faixas, contínuas ou tracejadas, nas linhas de

retenção, nas cores branca ou amarela, conforme o projeto. Será utilizado material termoplástico tipo “spray”, com espessura de 1,5mm, em conformidade com a norma DNER-EM 372/2000. A pintura das inscrições no pavimento da rodovia deverá ser feita com material termoplástico, com microesferas de vidro, mediante a utilização de equipamentos, ferramentas e gabaritos adequados. A espessura úmida da tinta a ser aplicada deve ser de 0,6 mm. A pintura será manual, na cor indicada no projeto executivo.

Deverá ser atendida a especificação DNER – EM 371/97.

## **26 OBRAS COMPLEMENTARES**

### **26.1 Defesa Metálica**

Defensa é um dispositivo ou sistema de proteção contínuo, construído com perfis metálicos, maleável, implantado ao longo das vias públicas, de forma, resistência e dimensões adequadas de modo que haja a máxima absorção de energia cinética, na colisão com veículos desgovernados, pela deformação do dispositivo.

Serão implantadas defensas metálicas com dimensões especificadas no projeto executivo a ser fornecido pelo DER/DF, atendendo a especificação NBR 6971 - Defensas metálicas - Projeto e implantação e DNIT 144/2018 - ES.

Tipo semi-maleável simples com:

- guia de deslizamento em perfil W-ABNT;
- poste em perfil C-150;
- espaçador;
- calço;
- plaqueta;
- parafusos M16x25 com porcas e arruelas;
- balizador refletivo;
- parafuso M16x50 com porcas e arruelas.

Os postes deverão ser espaçados de quatro metros, e deverão ser chumbados no solo com concreto fck=20MPa.

As guias de deslizamento deverão ser instaladas com altura do seu bordo superior, a 750 mm do solo. Defesa com Terminal Enterrado, composto por 4 módulos de defesa, variando na altura desde a posição de projeto até a extremidade totalmente enterrada, que deve ser firmemente fixada ao solo, através de peça apropriada.

## 26.2 Plantio de Grama

Os taludes de aterro deverão ser revegetados com grama batatais em mudas, conforme indicado no projeto fornecido pelo DER/DF.

## ANEXO I – DIMENSIONAMENTO DRENAGEM

CÁLCULO DO COMPRIMENTO CRÍTICO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	27		
ESTACA INICIAL	COTA INICIAL MONTANTE	ESTACA FINAL	COTA FINAL JUSANTE	ID. ÁREA	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE DE MANNING	DECLIVIDADE TRANSVERSAL DO SOBRAMANTO DE TETO DE VIA	ALTURA DA LÂMINA D'ÁGUA	ÁREA MOLHADA DA SARETA E PISTA	PERÍMETRO MOLHADO DA SARETA E PISTA	RAIO HIDRÁULICO DA SARETA	EXTENSÃO DO TETO	DIFERENÇA DE ALTURA	DECLIVIDADE LONGITUDINAL DO TETO DE VIA	VAZÃO MÁXIMA DA SARETA	TEMPO DE RETORNO	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DA CHUVA	COEFICIENTE DE ESCORRIMENTO SUPERFICIAL	VAZÃO DA ÁREA	COMPRIMENTO CRÍTICO	COMPRIMENTO CRÍTICO ADOPTADO	NÚMERO DE SAÍDAS DE ÁGUA	EXTENSÃO ENTRE SAÍDAS DE ÁGUA		
m	m	m	m	-	m <sup>2</sup>	ha	-	m/m	m	m <sup>2</sup>	m	m	m	m	m/m	m <sup>3</sup> /s	anos	min	mm/h	-	m <sup>3</sup> /s	m	m	unid	m		
Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF		Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF		Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF		Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF		Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF		Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF		Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF		Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF		Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF		Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF		Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF		Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF		Determinação por meio do Software ANEXO I DER DF			
EI	CM	EF	CJ	Ai	AC	AC	c	i'	h	AM	PM	RH	L	H	i	Q	TR	Tc	i	c	Q'	d	d	N	EXT S		
36	+ 7,880	1.254,723	5	+ 0,000	1.248,130	A1	2.564,62	0,2565	0,016	0,02	0,10	0,082	1,81	0,05	627,88	6,59	0,0105	0,07	5	5,00	3,16	0,90	0,0020	32,00	20,00	31,39	
36	+ 7,880	1.254,723	57	+ 10,000	1.252,856	A2	1.731,94	0,1732	0,016	0,02	0,10	0,082	1,81	0,05	422,12	1,87	0,0044	0,04	5	5,00	3,16	0,90	0,0014	31,52	31,00	14,00	30,15
58	+ 1,500	1.252,796	114	+ 16,517	1.238,555	A3	4.653,38	0,4653	0,016	0,02	0,10	0,082	1,81	0,05	1135,02	14,24	0,0125	0,07	5	5,00	3,16	0,90	0,0037	19,76	19,00	60,00	18,92
185	+ 3,000	1.250,275	162	+ 10,000	1.249,213	A9	1.925,43	0,1925	0,016	0,02	0,10	0,082	1,81	0,05	453,00	1,06	0,0023	0,03	5	5,00	3,16	0,90	0,0015	20,64	20,00	23,00	19,70
210	+ 7,500	1.254,893	185	+ 3,000	1.250,275	A10	2.144,05	0,2144	0,016	0,02	0,10	0,082	1,81	0,05	504,50	4,62	0,0092	0,06	5	5,00	3,16	0,90	0,0017	36,63	36,00	15,00	33,63
241	+ 2,239	1.261,491	210	+ 7,500	1.254,893	A11	2.612,889	0,2613	0,016	0,02	0,10	0,082	1,81	0,05	614,74	6,60	0,0107	0,07	5	5,00	3,16	0,90	0,0021	32,55	32,00	20,00	30,74
0	+ 0,000	1.261,491	15	+ 6,910	1.260,136	A12	1.345,88	0,1346	0,016	0,02	0,10	0,082	1,81	0,05	306,91	1,36	0,0044	0,04	5	5,00	3,16	0,90	0,0011	40,52	40,00	8,00	38,36
242	+ 15,000	1.261,419	246	+ 14,184	1.261,175	A13	554,78	0,0555	0,016	0,02	0,10	0,082	1,81	0,05	79,18	0,24	0,0031	0,04	5	5,00	3,16	1,90	0,0009	38,90	38,00	3,00	26,39
249	+ 17,432	1.261,892	246	+ 14,184	1.261,175	A14	1.977,48	0,1977	0,016	0,02	0,10	0,082	1,81	0,05	63,25	0,72	0,0113	0,07	5	5,00	3,16	2,90	0,0050	13,72	13,00	5,00	12,65
273	+ 10,00	1.252,262	283	+ 10,000	1.245,297	A16	644,25	0,0644	0,016	0,02	0,10	0,082	1,81	0,05	200,00	6,96	0,0348	0,12	5	5,00	3,16	0,90	0,0005	237,76	237,00	1,00	200,00

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DE REDES DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

DADOS DOS POÇOS DE VISITA NO TRECHO								HIDROLOGIA								DADOS DA REDE PLUVIAL NO TRECHO							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
DISPOSITIVO INICIAL	COTA DE TOPO	COTA DE FUNDO	ALTURA DO DISPOSITIVO	DISPOSITIVO FINAL	COTA DE TOPO	COTA DE CHEGADA	DEGRAU	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO PRIMÁRIA DO TRECHO	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIA DO TRECHO	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO ACUMULADA	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	TEMPO DE PERCURSO Tp	TOTAL ACUMULADO	PERÍODO DE RETORNO	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA	VAZÃO DE PROJETO	COMPRIMENTO	DECLIVIDADE	DIÂMETRO	V/D	LÂMINA D'ÁGUA	VELOCIDADE	OBSERVAÇÃO
	m	m	m		m	m	m	ha	ha	ha	-	min	min	anos	L/s/ha	m³/s	m	m/m	m	%	m	m/s	
TCC-01	-	-	-	DEB-04	-	-	-	3,2212	0,0000	3,2212	0,50	0,08	5,00	5	526,187	0,847	10,00	0,0075	0,80	71,04%	0,568	2,22	
TCC-01	-	-	-	DEB-04	-	-	-	0,3898	0,0000	0,3898	0,70	0,14	5,00	5	526,187	0,144	10,00	0,0050	0,80	28,55%	0,128	1,22	
TCC-01	-	-	-	DEB-04	-	-	-	0,3910	0,0000	0,3910	0,60	0,14	5,00	5	526,187	0,123	10,00	0,0050	0,80	26,39%	0,211	1,17	
TCC-01	-	-	-	DEB-04	-	-	-	0,0943	0,0000	0,0943	0,70	0,03	5,00	5	526,187	0,035	2,00	0,0095	0,80	12,02%	0,096	1,00	
TCC-01	-	-	-	DEB-04	-	-	-	0,5868	0,0000	0,5868	0,80	0,20	5,00	5	526,187	0,247	17,00	0,0050	0,80	37,88%	0,303	1,42	

PLANILHA DIMENSIONAMENTO DE SARJETA TRAPEZOIDAL

ESTACA INICIAL	ESTACA FINAL	DISPOSITIVO INICIAL	DISPOSITIVO FINAL	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO TRECHO (ha)	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO ACUMULADA (ha)	RUNOFF	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (min)	TEMPO DE PERCURSO (min)	TEMPO DE RETORNO (anos)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/min)	VAZÃO (m³/s)	DECLIVIDADE (m/m)	DIMENSÕES			DIMENSIONAMENTO			TIPO DE REVESTIMENTO	OBS.		
													BASE (m)	ALTURA (m)	COMPRIMENTO (m)	VELOCIDADE (m/s)	LÂMINA (m)					
110	+ 10,000	114	+ 16,517	STC-02	TCC-01	2,8594	2,8594	0,42	5,00	0,88	5,00	3,157	0,639	0,0035	1,00	0,30	85,61	1,620	0,30	CONCRETO	PROJETADO	
120	+ 10,000	114	+ 16,517	STC-04	TCC-01	0,3618	0,3618	0,80	5,00	0,90	5,00	3,157	0,152	0,0211	0,70	0,20	110,28	2,034	0,09	CONCRETO	PROJETADO	
127	+ 4,612	131	+ 1,684	STC-04	TCC-01	0,3898	0,3898	0,70	5,00	0,68	5,00	3,157	0,144	0,0190	0,70	0,20	79,09	1,929	0,09	CONCRETO	EXISTENTE	
136	+ 15,000	132	+ 15,000	STC-04	TCC-01	0,3910	0,3910	0,60	5,00	0,72	5,00	3,157	0,123	0,0171	0,70	0,20	75,79	1,766	0,09	CONCRETO	EXISTENTE	
142	+ 0,000	139	+ 10,518	STC-04	TCC-01	0,0943	0,0943	0,70	5,00	0,71	5,00	3,157	0,035	0,0171	0,70	0,20	48,48	1,141	0,04	CONCRETO	PROJETADO	
143	+ 16,795	138	+ 16,613	STC-04	TCC-01	0,4963	0,4963	0,70	5,00	0,51	5,00	3,157	0,183	0,0736	0,70	0,20	100,66	3,267	0,07	CONCRETO	EXISTENTE	
258	+ 15,000	268	+ 6,303	STC-04	EDA-02	0,5045	0,5045	0,50	5,00	1,58	5,00	3,157	0,133	0,0236	0,70	0,20	190,62	2,017	0,08	CONCRETO	PROJETADO	

## ANEXO II – PAVIMENTAÇÃO



RELATÓRIO Nº :	LS - 0109/2023	RESUMO DE ESTUDO DE:	CAIXA DE EMPRÉSTIMO
CONTRATO Nº :	PARA: 3º D.R.		
Rodovia:	DF 495	Trecho:	BR 040 / ÁGUAS CORRENTES
Interessado:	DIREP	Data de Coleta:	12/07/20232
		Data de Liberação:	17/07/2023
		Tipo de material:	ARGILA
		Chefe do NULSO:	SÉRGIO EUGÊNIO
		Visto Engº:	

REGISTRO	ESTACA	FURO	PEN E I R A S	GRANULOMETRIA (% PASSANDO)										LIMITE		CLASSIFICAÇÃO		ENERGIA AASHO INTERMEDIÁRIO						
				PEDREGULHO				AREIA			FINOS			PEDR (%)	AREIA (%)	FINOS (%)	LL	IP	IG	HRB	MEAS(máx) (Kg/m³)	UMIDADE ÓTIMA (%)	ISC (%)	EXP (%)
				2" 50mm	1" 25mm	3/4" 19mm	3/8" 9,5mm	4 4,75mm	10 2,0mm	40 0,42mm	200 0,075mm													
0210/2023		08						100,0	99,9	98,3	60,9	0,0	39,1	60,9	34	07	05	A-4	1.643	22,5	12,3	0,00		
0211/2023		06						100,0	99,9	98,1	44,8	0,0	55,2	44,8	28	07	02	A-4	1.724	17,5	16,8	0,14		
0212/2023		04							100,0	98,8	84,1	0,0	15,9	84,1	42	13	09	A-7-6	1.444	28,8	17,0	0,09		
0213/2023		02						100,0	99,9	99,1	66,4	0,0	33,6	66,4	35	08	06	A-4	1.595	21,7	12,0	0,07		
0214/2023		01						100,0	97,0	90,6	54,3	0,0	45,7	54,3	31	05	04	A-4	1.588	23,6	9,3	0,09		

### OBSERVAÇÕES:

REG 0210 2023 FURO 08 ARGILA AMARELA COORDENADA:16°2'6,735"S 47°56'52,993"W

REG 0211 2023 FURO 06 ARGILA AMARELA COORDENADA:16°2'4,813"S 47°56'59,742"W

REG 0212 2023 FURO 04 ARGILA VERMELHA COORDENADA:16°2'2,828"S 47°57'6,223"W

REG 0213 2023 FURO 02 ARGILA VERMELHA COORDENADA:16°2'1,044"S 47°57'14,107"W

REG 0214 2023 FURO 01 ARGILA ESCURA COORDENADA:16°1'59,175"S 47°57'19,174"W

CAIXA DE EMPRÉSTIMO 01 E 02



Sérgio Eugênio da Silva  
Chefe do Nulso  
DITEC/SUTEC/DER-DF

DER DF		BOLETIM DE SONDAGEM					CONTRATO N°	
Rodovia:	DF 495	Trecho: BR 040 / ÁGUAS CORRENTES						
Interessado:	DIREP	Local de Coleta: FAIXA DE DOMÍNIO			Visto: Eng°		Data: 12/07/2023	
Distrito Rodoviário:		3° D.R.			Camada:		CAIXA DE EMPRÉSTIMO	
Operador:	FERNANDO							
Saco	Registro	Estaca	Posição	Furo	Profundidade (m)		Classificação Expedita	
077	0210/2023			08	0,00	1,20	ARGILA AMARELADA	
539							AASHTO INTERMEDIÁRIO	
072	0211/2023			06	0,00	1,50	ARGILA AMARELADA	
577							AASHTO INTERMEDIÁRIO	
575	0212/2023			04	0,00	1,60	ARGILA AVERMELHADA	
586							AASHTO INTERMEDIÁRIO	
202	0213/2023			02	0,00	3,00	ARGILA AVERMELHADA	
015							AASHTO INTERMEDIÁRIO	
235	0214/2023			01	0,00	1,50	ARGILA ESCURA	
079							AASHTO INTERMEDIÁRIO	
 Sérgio Eugênio da Silva Chefe do Nulso DITEC/SUTEC/DER-DF								
Observações: MATERIAL PARA MAGINAL DA BR 040								
CAIXA DE EMPRÉSTIMO 01 E 02								
RELATÓRIO N° = LS - 0109/2023								

REG 0210 2023 SONDAGEM DE SUBLEITO ARGILA FUROS 01 02 04 06 08



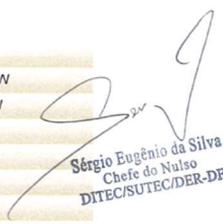
**DIRETORIA DE TECNOLOGIA  
NÚCLEO DE ESTUDOS GEOTÉCNICOS**

RELATÓRIO N° :	LS - 0112/2023	RESUMO DE ESTUDO DE:	CAIXA DE EMPRÉSTIMO
CONTRATO N° :	PARA: 3° D.R.		
Rodovia:	DF 495	Trecho:	BR 040 / ÁGUA CORRENTE
Interessado:	DIREP	Data de Coleta:	18/07/2023
		Data de Liberação:	27/07/2023
		Tipo de material:	ARGILA
		Chefe do NULSO:	SÉRGIO EUGÊNIO
		Visto Eng°:	

REGISTRO	ESTACA	FURO	P E N E I R A S	GRANULOMETRIA (% PASSANDO)									LIMITE		CLASSIFICAÇÃO		ENERGIA AASHTO INTERMEDIÁRIO						
				PEDREGULHO				AREIA			FINOS		PEDR.	AREIA	FINOS	LL	IP	IG	HRB	MEAS(máx) (Kg/m³)	UMIDADE ÓTIMA (%)	ISC (%)	EXP. (%)
				2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	(%)											
0218/2023		13						100,0	99,9	99,0	89,4	0,0	10,6	89,4	50	14	12	A-7-5	1.448	29,3	15,2	0,00	
0219/2023		12						100,0	99,3	91,4	0,0	8,6	91,4	50	13	11	A-7-5	1.460	28,3	14,8	0,05		
0220/2023		11						100,0	99,1	92,1	0,0	7,9	92,1	48	12	10	A-7-5	1.439	27,7	17,5	0,08		
0221/2023		10						100,0	99,3	92,6	0,0	7,4	92,6	49	12	11	A-7-5	1.448	30,0	10,4	0,01		
0222/2023		09						100,0	99,3	93,3	0,0	6,7	93,3	48	12	10	A-7-5	1.394	28,5	15,9	0,12		

OBSERVAÇÕES:

REG 0218 2023 SUBLEITO FURO 13 ARGILA AVERMELHADA COORDENADA:16°2'47,555"S 47°54'55,054"W  
 REG 0219 2023 SUBLEITO FURO 12 ARGILA AVERMELHADA COORDENADA:16°2'49,946"S 47°54'58,91"W  
 REG 0220 2023 SUBLEITO FURO 11 ARGILA VERMELHA COORDENADA:16°2'52,218"S 47°55'2,192"W  
 REG 0221 2023 SUBLEITO FURO 10 ARGILA VERMELHA COORDENADA:16°2'54,742"S 47°55'5,607"W  
 REG 0222 2023 SUBLEITO FURO 09 ARGILA ESCURA COORDENADA:16°2'56,985"S 47°55'8,357"W  
 CAIXA DE EMPRÉSTIMO 04

  
 Sérgio Eugênio da Silva  
 Chefe do Nulso  
 DITEC/SUTEC/DER-DF



DER DF		LEVANTAMENTO DE VOLUME DE TRÁFEGO																				Total Geral															
RODOVIA: BR - 040		Trecho: ponto 03																		DATA: 04/06/2022																	
LOCAL CONTAGEM: Concessionária SCANIA		Km: 02																		Direção: Valparaíso/Brasília																	
SENTIDO		1 - Valparaíso / Brasília																		2 -		Total															
HORÁRIO		06:00	06:15	06:30	06:45	07:00	07:15	07:30	07:45	08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45	Total	16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	18:00	18:15	18:30	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	Total		
LEVES	1	1036	1113	872	1031	1165	1055	998	842	704	814	872	883	873	734	824	498	13414	337	365	376	425	455	442	543	404	569	607	457	329	332	297	241	247	6516	19929	
	2																	0																		0	0
MEDIOS	1	7	15	18	21	36	52	18	27	17	43	21	15	18	16	19	24	366	18	23	10	34	24	12	17	15	21	8	8	12	10	6	4	1	223	589	
	2																	0																		0	0
PESADOS	1	7	9	3	8	7	13	11	10	6	9	3	21	11	22	10	10	160	13	4	9	10	10	9	7	11	1	8	7	5	7	3	10	1	115	275	
	2																	0																		0	0
SEM REBOQUES	1	8	5	7	3	6	14	5	6	2	6	6	6	5	14	12	12	117	4	2	11	9	10	12	2	4	8	4	4	5	3	2	8	4	92	208	
	2																	0																		0	0
REBOQUES	1	3	6	4	2	13	6	4	3	1	12	4	4	3	2	5	3	75	2	6	4	4	2	1	9	5	4	2	7	1	8	2	11	4	72	147	
	2																	0																		0	0
ÔNIBUS	1	31	50	34	51	46	32	34	21	25	25	22	29	10	9	13	7	439	14	23	20	15	26	14	35	19	14	31	14	13	16	10	9	8	283	722	
	2																	0																		0	0
MOTOS	1	223	329	317	346	366	483	445	317	210	176	226	123	122	86	92	95	3959	34	41	36	44	44	40	94	55	46	61	34	21	22	21	20	8	621	4580	
	2																	0																		0	0
BICICLETAS	1																	0																		0	0
	2																	0																		0	0
PEDESTRES	1																	0																		0	0
	2																	0																		0	0
TOTAL GERAL		1315	1527	1255	1462	1641	1655	1215	1226	965	1085	1154	881	842	883	775	649	18530	422	464	465	541	573	530	707	603	663	721	531	386	398	341	303	273	7921	26451	



## ESTUDO DE TRÁFEGO – BR-040

### 1. Expansão dos dados da contagem manual

A contagem manual foi realizada por técnicos do Núcleo de Pesquisa e Coleta de Dados (NUPCD), DER-DF. A aferição foi feita no dia 04/06/2022, no km 2 da BR-040, via principal. O período contabilizado corresponde aos horários de 06 h às 10 h e das 16 h às 20 h.

A expansão dos dados para 24 horas se dará com a utilização da proporção horária de um equipamento de fiscalização, localizado na DF-003, quilômetro 33,7, sentido Norte.

A tabela ilustra a proporção horária para o ano de 2021, por porte veicular.

Porte	Caminhão	Carro	Medio	Moto	Onibus
0h-1h	0,006952709	0,003341	0,00387	0,003199	0,005132
1h-2h	0,006839657	0,00208	0,003317	0,002762	0,003429
2h-3h	0,008507176	0,001355	0,003016	0,001866	0,006095
3h-4h	0,017296983	0,003151	0,006082	0,006064	0,006993
4h-5h	0,029874037	0,013055	0,01412	0,019191	0,021492
5h-6h	0,069159668	0,097366	0,029516	0,070101	0,118429
6h-7h	0,056860329	0,118043	0,047336	0,118745	0,105034
7h-8h	0,069064602	0,114723	0,077576	0,116517	0,106729
8h-9h	0,081736723	0,098923	0,087226	0,106859	0,071736
9h-10h	0,068214699	0,07356	0,084011	0,06105	0,039631
10h-11h	0,066382182	0,056415	0,07405	0,077128	0,041922
11h-12h	0,051669759	0,040397	0,055075	0,047978	0,035949
12h-13h	0,049054367	0,046833	0,058924	0,043689	0,034573
13h-14h	0,053586731	0,055358	0,068528	0,042598	0,031284
14h-15h	0,060770683	0,044656	0,065791	0,042962	0,029324
15h-16h	0,053527747	0,036647	0,056362	0,035038	0,03548
16h-17h	0,057260927	0,032059	0,056481	0,028054	0,053569
17h-18h	0,058193607	0,039755	0,055375	0,048311	0,05652
18h-19h	0,042451092	0,048523	0,053121	0,0709	0,062358
19h-20h	0,026425946	0,028625	0,037172	0,02059	0,042149
20h-21h	0,020555835	0,016348	0,022323	0,010152	0,02892
21h-22h	0,0192287	0,012851	0,018107	0,011334	0,028853
22h-23h	0,015070346	0,009571	0,012693	0,009735	0,017673
23h-24h	0,011315495	0,006369	0,009929	0,005179	0,016727

O equipamento de fiscalização classifica os veículos pesados unicamente como “Caminhão”. Portanto, a proporção de Caminhão será utilizada como proporção de veículo pesado, reboque e semirreboque. Deste modo, a tabela de expansão final é a seguinte:

Porte	Médios	Pesados	semirreboques	Reboque	Ônibus
0h-1h	0,00387	0,006953	0,006952709	0,006953	0,005132
1h-2h	0,003317	0,00684	0,006839657	0,00684	0,003429
2h-3h	0,003016	0,008507	0,008507176	0,008507	0,006095
3h-4h	0,006082	0,017297	0,017296983	0,017297	0,006993
4h-5h	0,01412	0,029874	0,029874037	0,029874	0,021492
5h-6h	0,029516	0,06916	0,069159668	0,06916	0,118429
6h-7h	0,047336	0,05686	0,056860329	0,05686	0,105034
7h-8h	0,077576	0,069065	0,069064602	0,069065	0,106729
8h-9h	0,087226	0,081737	0,081736723	0,081737	0,071736
9h-10h	0,084011	0,068215	0,068214699	0,068215	0,039631
10h-11h	0,07405	0,066382	0,066382182	0,066382	0,041922
11h-12h	0,055075	0,05167	0,051669759	0,05167	0,035949
12h-13h	0,058924	0,049054	0,049054367	0,049054	0,034573
13h-14h	0,068528	0,053587	0,053586731	0,053587	0,031284
14h-15h	0,065791	0,060771	0,060770683	0,060771	0,029324
15h-16h	0,056362	0,053528	0,053527747	0,053528	0,03548
16h-17h	0,056481	0,057261	0,057260927	0,057261	0,053569
17h-18h	0,055375	0,058194	0,058193607	0,058194	0,05652
18h-19h	0,053121	0,042451	0,042451092	0,042451	0,062358
19h-20h	0,037172	0,026426	0,026425946	0,026426	0,042149
20h-21h	0,022323	0,020556	0,020555835	0,020556	0,02892
21h-22h	0,018107	0,019229	0,0192287	0,019229	0,028853
22h-23h	0,012693	0,01507	0,015070346	0,01507	0,017673
23h-24h	0,009929	0,011315	0,011315495	0,011315	0,016727

### Metodologia de expansão

1. Fixando um sentido e com base na contagem eletrônica, calcular a proporção dentro da faixa horária da contagem manual e fora dela. Calcular a proporção de tráfego do período correspondente ao da contagem manual e a proporção de tráfego do período complementar ao da contagem manual.

2. Fixando um sentido e com base na contagem manual, calcular o número de veículos no período de duração da contagem. Calcular total de tráfego estimado da contagem manual (24 h):

$$T = \frac{\text{Total de veículos no período da contagem manual}}{\text{Com base na contagem eletrônica, proporção dentro do período de duração da contagem manual}}$$

Calcular total de tráfego no período complementar ao da contagem manual:

$$T_c = T - \text{Total de veículos no período da contagem manual}$$

A partir do tráfego total estimado e da proporção por faixa horária, calcular o total de tráfego na faixa horária. Com base no total da faixa horária e da proporção por porte veicular e sentido, calcular o total de tráfego por porte veicular e sentido.

OBS: os valores decimais de tráfego serão arredondados para cima.

A tabela abaixo se refere à expansão dos dados da contagem manual NUCPD/DER para 24 horas:

<b>BR-040, KM 2, SENTIDO BRASÍLIA</b>				
Veículo	06 h - 10 h e das 16 h às 20 h	10 h às 16 h	20 h às 06 h	Tráfego estimado
Médios	589	449	146	1184
Pesados	275	200	121	596
Semi-reboques	209	152	93	454
Reboques	147	107	67	321
Ônibus	722	279	341	1342
Total	1942	1187	768	3897

## 2. Estimação do crescimento de tráfego

A estimativa de crescimento geométrico de tráfego se dará por meio de uma equação envolvendo os seguintes parâmetros: crescimento da frota de veículos no Distrito Federal, contagem volumétrica histórica para veículos pesados, comparativo veículos grandes em equipamentos eletrônicos de aferição.

### 2.1 Dados de crescimento da frota

#### 2.2.1. Evolução da frota – Distrito Federal

Ano	Frota
2015	1622000
2016	1665000
2017	1716878
2018	1773295
2019	1840659
2020	1886372

Fonte: GDF/SSP/DETRAN

A taxa de crescimento geométrico anual, no período entre 2015 e 2020, é de 3,04%.

#### 2.2.2. Evolução da frota por tipo de veículo

ANO	Tipo de veículo pesado					Total
	Caminhão	Reboque	Ônibus	Micro-ônibus	Semirreboque	
2020	29138	25791	13253	6194	4756	81152
2018	27283	23618	12764	5833	4113	73611
2017	26814	22503	12504	5633	3904	71358
2016	26587	21	8618	4608	2588	53160
2015	23134	20461	12111	5297	3767	64770
2014	22405	18746	11713	5154	3526	61544
2013	21723	17442	10682	4890	3269	58006

A tabela a seguir define o crescimento geométrico médio anual (2015 a 2020) da frota/DF para os diferentes tipos de veículos pesados.

ANO	Tipo de veículo pesado				
	Caminhão	Reboque	Ônibus	Micro-ônibus	Semirreboque
Crescimento geométrico médio – 2015 a 2020	4,72%	4,74%	1,82%	3,18%	4,77%

A média ponderada do crescimento geométrico da frota para veículos pesados (Caminhão, Reboque, Ônibus, Micro-ônibus, Semirreboque) é de 4,02%.

### 3. Comparativo quantitativo de veículos pesados – equipamento de fiscalização eletrônica

Os dados foram retirados da tabela dos volumes médios diários por trecho rodoviário, aferições de fluxo veicular classificatório do trecho 0250 da DF-003, trecho que vai do entr. DF-065 até o entr. DF-001. Foram realizados os seguintes passos:

- Cálculo do volume médio diário dos fluxos de veículos grandes computados em 2021;
- Cálculo do volume médio diário dos fluxos de veículos grandes computados em 2022;
- Cálculo do crescimento geométrico de veículos pesados entre 2021 e 2022.

#### Comparativo volume médio diário dos tráfegos

Porte veicular	2021	2022	Crescimento geométrico
Veículo pesado	4388	4684	7%

#### 4. Definição da taxa de crescimento geométrico

##### BR-040, km 2

Considere os seguintes parâmetros:

A=taxa de crescimento da frota do DF (2015 a 2020).

B=taxa de crescimento da frota de veículos pesados no DF (2015 a 2020).

C=taxa de crescimento geométrico de veículos pesados, comparativo equipamento eletrônico (2021 a 2022).

O índice para veículos pesados é calculado dando os seguintes pesos:

$$I(\text{Pesados}) = \frac{A + B + C}{3}$$

$$I(\text{Pesados}) = \frac{3,04+4,02+7}{3} = 4,69\%$$

Importante ressaltar que o índice não contém o parâmetro de atratividade de tráfego após as alterações estruturais na rodovia, nem leva em conta a classificação da referida rodovia no PDOT. Portanto, é importante analisar tais fatores à parte ao índice composto calculado.

REGISTRO		ESTACA	FURO	GRANULOMETRIA (% PASSANDO)										LIMITE		CLASSIFICAÇÃO		ENERGIA AASHO INTERMEDIÁRIO						
			PEDREGULHO				AREIA			FINOS			PEDR	AREIA	FINOS	LL	IP	IG	HRB	MEAS(máx)	UMIDADE	ISC	EXP.	
			2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200				(%)	(%)	(%)					(Kg/m³)	ÓTIMA (%)	(%)	(%)
0238/2023			01					100,0	96,6	89,2	54,4	0,0	45,6	54,4	32	04	04	A-4	1.703	19,5	24,0	0,00		
0239/2023			01					100,0	96,1	89,3	55,0	0,0	45,0	55,0	30	05	04	A-4	1.700	19,8	23,2	0,00		
0240/2023			13					100,0	99,9	99,2	89,9	0,0	10,1	89,9	46	11	10	A-7-5	1.427	28,2	28,0	0,00		
0241/2023			13					100,0	99,8	98,9	89,7	0,0	10,3	89,7	48	09	10	A-5	1.458	28,0	28,1	0,00		

##### OBSERVAÇÕES:

REG 0238 2023 FURO 01 ARGILA AVERMELHADA COM 2% DE CIMENTO

REG 0239 2023 FURO 01 ARGILA AMARELADA COM 3% DE CIMENTO

REG 0240 2023 FURO 13 ARGILA AVERMELHADA COM 2% DE CIMENTO

REG 0241 2023 FURO 13 ARGILA AVERMELHADA COM 3% DE CIMENTO

*Sérgio Eugênio da Silva*  
Chefe do Núcleo  
DITEC/SUTEC/DER-DF

DER DF		BOLETIM DE SONDAGEM				CONTRATO N°
Rodovia:	DF 495	Trecho: BR 040 / ÁGUAS CORRENTES				
Interessado:	DIREP	Distrito Rodoviário:			3º D.R.	
Local de Coleta:	FAIXA DE DOMÍNIO	Camada:			MISTURA ARGILA + CIMENTO	
Operador:	FERNANDO	Visto: Eng.º		Data: 01/08/2023		
Saco	Registro	Estaca	Posição	Furo	Profundidade (m)	Classificação Expedita
227	0238/2023			01		ARGILA AMARELADA COM PEDRAS
020						AASHTO INTERMEDIÁRIO
						CAMADA DE SUBLEITO C/2% DE CIMENTO
						COORDENADA:16°1'59,175"S 47°57'19,174"W
575	0239/2023			01		ARGILA AMARELADA
072						AASHTO INTERMEDIÁRIO
						CAMADA DE SUBLEITO C/ 3% DE CIMENTO
						COORDENADA:16°1'59,175"S 47°57'19,174"W
001	0240/2023			13		ARGILA AVERMELHADA
079						AASHTO INTERMEDIÁRIO
						CAMADA DE SUBLEITO C/ 2% DE CIMENTO
						COORDENADA:16°2'47,555"S 47°54'55,054"W
577	0241/2023			13		ARGILA AVERMELHADA
211						AASHTO INTERMEDIÁRIO
						CAMADA DE SUBLEITO C/ 3% DE CIMENTO
						COORDENADA:16°2'47,555"S 47°54'55,054"W
 Sérgio Eugênio da Silva Chefe do Núcleo DITEC/SITEC/DER-DF						
Observações:						
RELATÓRIO N° = LS - 0120/2023						



RODOVIA: MARGINAL BR 040

TRTECHO: DF 495/DF 001

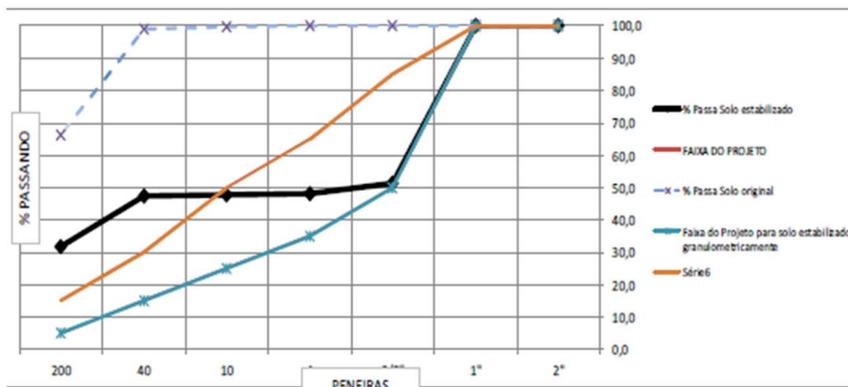
Registro r032/2023

LOCAL DE COLETA: CX 01 FURO 02

COLETA DATA: 15/02/2024

ENSAIO DATA: 02/03/2023

	GRANULOMETRIA DO SOLO - FAIXA				C	N>5X10E6			Tolerância	
	Peneira	% Passa Solo original	% Passa Solo estabilizado	Faixa do Projeto para solo melhorado com cimento		Desvio da Faixa	Faixa do Projeto para solo estabilizado granulometricamente	Desvio da Faixa		
50 mm	2"	100	100,0	100	100	-	100	100	-	±7
25 mm	1"	100	100,0	100	100	-	100	100	-	±7
9,5 mm	3/8"	100	51,3	50	85	-	50	85	-	±7
4,75 mm	4	100	48,1	35	85	-	35	85	-	±5
2 mm	10	99,9	47,9	25	80	-	25	80	-	±5
0,42 mm	40	99,1	47,5	15	30	17,5	15	30	17,5	±2
0,075 mm	200	88,4	31,8	5	15	16,8	5	15	16,8	±2



Agregado		
BGS		0
Areia Média		0
Areia Comercial		0
Brita 0		0
Brita 1	1,1	Kg/Kg de Solo
Brita 2		0
Pó de Brita		0

% de solo	47,82%	Em peso
% de Agreg	52,18%	

  
Eng. Civil Wilkerson Victor da Silva  
Gerente de Estudos Tecnológicos  
SISTEC/ENTEC/DETEC  
Mat. 221.148-9

Operador de Campo/Fiscal

Operador Laboratório

Chefe NULSO



RODOVIA: MARGINAL BR 040

TRTECHO: DF 495/DF 001

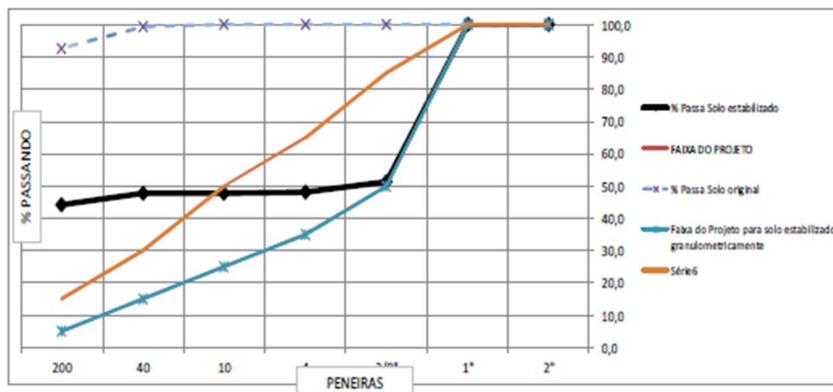
Registro nº 010/2024

LOCAL DE COLETA: CX 04 FURO 10

COLETA DATA: 15/02/2024

ENSAIO DATA: 15/02/2024

Peneira	GRANULOMETRIA DO SOLO - FAIXA				C	N>5X10E6		Tolerância		
	% Passa Solo original	% Passa Solo estabilizado	Faixa do Projeto para solo melhorado com cimento			Desvio da Faixa	Faixa do Projeto para solo estabilizado granulometricamente		Desvio da Faixa	
50 mm	2"	100	100,0	100	100	-	100	100	-	±7
25 mm	1"	100	100,0	100	100	-	100	100	-	±7
9,5 mm	3/8"	100	51,3	50	85	-	50	85	-	±7
4,75 mm	4	100	48,1	35	65	-	35	65	-	±5
2 mm	10	100	47,9	25	50	-	25	50	-	±5
0,42 mm	40	99,3	47,8	15	30	17,8	15	30	17,8	±2
0,075 mm	200	92,8	44,3	5	15	29,3	5	15	29,3	±2



Agregado	
BGS	0
Areia Média	0
Areia Comercial	0
Brita 0	0
Brita 1	1,1
Brita 2	0
Pó de Brita	0

Kg/Kg de Solo

% de solo	47,82%	Em peso
% de Agreg	52,18%	

  
 Eng. Civil Willkerley Victor da Silva  
 Gerente de Estudos Tecnológicos  
 SUTEC/DITEC/GETEC  
 Matr. 223.148-3

Operador de Campo/Fiscal

Operador Laboratório

Chefe NULSO

RELATÓRIO Nº : LS - 0124 / 2022	RESUMO DE ESTUDO DE: SUBLEITO		
CONTRATO Nº : PARA: 3º D.R.			
Rodovia: BR 040	Trecho: DF 495 / DF 001 - BR 251	Data de Coleta: 12/10/2022	Data de Liberação: 25/11/2022
Interessado: DER DF DITEC	Tipo de material: ARGILA	Chefe do NULSO: SÉRGIO EUGÊNIO	Visto Engº:

REGISTRO	ESTACA	FURO	P E N E I R A S	GRANULOMETRIA (% PASSANDO)										LIMITE		CLASSIFICAÇÃO				ENERGIA				
				PEDREGULHO				AREIA			FINOS			PEDR.	AREIA	FINOS	LL	IP	IG	HRB	AASHO INTERMEDIÁRIO			
				2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	(%)	(%)								(%)	MEAS(máx) (Kg/m³)	UMIDADE ÓTIMA (%)	ISC (%)
0269/2022	0+100	01						100,0	99,5	96,0	0,0	4,0	96,0	50	13	11	A-7-5	1.447	27,7	16,0	0,05			
0270/2022	0+300	02						100,0	99,6	93,9	0,0	6,1	93,9	49	13	11	A-7-5	1.420	32,7	16,5	0,00			
0271/2022	0+500	03						100,0	99,8	98,9	0,0	13,3	86,7	43	04	09	A-5	1.498	29,3	13,7	0,02			
0272/2022	0+700	04						100,0	99,9	99,1	0,0	30,3	69,7	33	08	07	A-4	1.677	20,7	13,0	0,00			
0273/2022	0+900	05						100,0	99,8	98,7	0,0	45,5	54,5	33	09	04	A-4	1.907	13,4	26,0	0,00			
0274/2022	1+100	06						100,0	99,8	99,0	0,0	64,3	35,7	00	00	00	A-4	1.863	13,2	20,2	0,00			

OBSERVAÇÕES:

Sérgio Eugênio da Silva  
Chefe do Nulso  
DITEC/SUTEC/DER-DF





**DIRETORIA DE TECNOLOGIA  
NÚCLEO DE LABORATÓRIO DE SOLOS**

RELATÓRIO Nº : <b>LS - 0125/2022</b>	RESUMO DE ESTUDO DE: <b>SUBLEITO</b>	
CONTRATO Nº :	PARA: <b>3º D.R.</b>	Data de Coleta: <b>12/11/2022</b>
Rodovia: <b>BR 040</b>	Trecho: <b>DF 495 / DF 001 - BR 251</b>	Data de Liberação: <b>29/11/2022</b>
Interessado: <b>DER DF DITEC</b>	Tipo de material: <b>ARGILA</b>	Chefe do NULSO: <b>SÉRGIO EUGÊNIO</b>
		Visto Engº:

REGISTRO	ESTACA	FURO	P E N E I R A S	GRANULOMETRIA (% PASSANDO)										LIMITE		CLASSIFICAÇÃO		ENERGIA				
				PEDREGULHO				AREIA			FINOS	PEDR. (%)	AREIA (%)	FINOS (%)	LL	IP	IG	HRB	AASHO INTERMEDIÁRIO			
				2" 50mm	1" 25mm	3/4" 19mm	3/8" 9,5mm	4 4,75mm	10 2,0mm	40 0,42mm	200 0,075mm								MEAS(máx) (Kg/m³)	UMIDADE ÓTIMA (%)	ISC (%)	EXP. (%)
0275/2022	1+300	07		100,0	99,6	98,4	52,3	0,0	47,7	52,3	31	08	03	A-4	1.742	18,7	6,0	0,00				
0276/2022	1+500	08		100,0	99,9	99,2	90,0	0,0	10,0	90,0	43	10	09	A-5	1.485	24,2	7,7	0,19				
0277/2022	1+700	09		100,0	100,0	99,4	94,3	0,0	5,7	94,3	31	08	08	A-4	1.530	27,2	11,7	0,05				
0278/2022	1+900	10		100,0	100,0	99,4	97,0	0,0	3,0	97,0	48	09	10	A-5	1.413	29,5	14,0	0,00				
0279/2022	2+200	11		100,0	99,6	96,7	52,3	0,0	3,3	96,7	52	12	11	A-7-5	1.420	30,8	15,0	0,00				

OBSERVAÇÕES:

---



---



---



Sérgio Eugênio da Silva  
Chefe do Nulso  
DITEC/SUTEC/DER-DF



**DER DF** DIRETORIA DE TECNOLOGIA  
NÚCLEO DE LABORATÓRIO DE SOLOS

RELATÓRIO Nº :	LS - 0126/2022	RESUMO DE ESTUDO DE:	SUBLEITO
CONTRATO Nº :	PARA: 3º D.R.		
Rodovia:	BR 040	Trecho:	DF 495 / DF 001 BR - 251
Interessado:	DER DF DITEC	Data de Coleta:	13/11/2022
		Data de Liberação:	29/11/2022
		Tipo de material:	ARGILA
		Chefe do NULSO:	SÉRGIO EUGÊNIO
		Visto Engº:	

REGISTRO	ESTACA	FURO	P E N E I R A S	GRANULOMETRIA (% PASSANDO)										LIMITE		CLASSIFICAÇÃO		ENERGIA AASHO INTERMEDIÁRIO				
				PEDREGULHO				AREIA			FINOS	PEDR.	AREIA	FINOS	LL	IP	IG	HRB	MEAS(máx)	UMIDADE	ISC	EXP.
				2" 50mm	1" 25mm	3/4" 19mm	3/8" 9,5mm	4 4,75mm	10 2,0mm	40 0,42mm	200 0,075mm	(%)	(%)	(%)					(Kg/m³)	ÓTIMA (%)	(%)	(%)
0280/2022	2+400	12						100,0	99,6	95,9	0,0	4,1	95,9	33	09	08	A-4	1.417	31,6	7,8	0,67	
0281/2022	2+600	13					100,0	99,7	98,1	93,8	0,0	6,2	93,8	46	08	09	A-5	1.434	30,4	17,8	0,01	
0282/2022	2+800	14					100,0	99,6	92,2	92,2	0,0	7,8	92,2	47	10	09	A-5	1.573	20,0	16,7	0,00	
0283/2022	3+000	15					100,0	99,9	99,5	93,4	0,0	6,6	93,4	47	07	09	A-5	1.382	32,0	19,0	0,00	
0284/2022	3+200	16					100,0	99,5	95,4	95,4	0,0	4,6	95,4	50	15	12	A-7-5	1.427	31,2	9,0	0,70	

OBSERVAÇÕES:

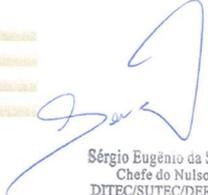
---



---



---



Sérgio Eugênio da Silva  
Chefe do Nulso  
DITEC/SUTEC/DER-DF

DER DF		BOLETIM DE SONDAAGEM					CONTRATO Nº
Rodovia: BR 040		Trecho: DF 495 / DF 001 BR - 251					
Interessado: DER DF DITEC		Distrito Rodoviário: 3º D.R.					
Local de Coleta: FAIXA DE DOMÍNIO		Camada: SUBLEITO					
Operador: FERNANDO		Visto: Engº		Data: 13/11/2022			
Saco	Registro	Estaca	Posição	Furo	Profundidade (m)		Classificação Expedita
242	0280/2022	2+400		12	0,00	0,20	CAMADA DE LIMPEZA
240					0,20	1,60	ARGILA AVERMELHADA
231							AASHTO INTERMEDIÁRIO
FURO 12 (-16°0'22,024"S) / (-47°58'58,636"W)							
235	0281/2022	2+600		13	0,00	0,20	CAMADA DE LIMPEZA
248					0,20	1,60	ARGILA AVERMELHADA
239							AASHTO INTERMEDIÁRIO
FURO13 (-16°0'15,354"S) / (-47°59'0,218"W)							
577	0282/2022	2+800		14	0,00	0,20	CAMADA DE LIMPEZA
385					0,20	1,60	ARGILA AVERMELHADA
							AASHTO INTERMEDIÁRIO
FURO 14 (-16°0'8,496"S) / (-47°59'1,309"W)							
079	0283/2022	3+000		15	0,00	0,20	CAMADA DE LIMPEZA
015					0,20	1,60	ARGILA AVERMELHADA
							AASHTO INTERMEDIÁRIO
FURO 15 (-16°0'2,055"S) / (-47°59'2,622"W)							
071	0284/2022	3+200		16	0,00	0,20	CAMADA DE LIMPEZA
227					0,20	1,20	ARGILA AVERMELHADA
							AASHTO INTERMEDIÁRIO
FURO 16 (-15°59'54,874"S) / (-47°59'3,898"W)							
 Sérgio Eugênio da Silva Chefe do Núcleo DITEC/SUTEC/DER-DF							
Observações:							
RELATÓRIO Nº = LS - 0126/2022							



**DIRETORIA DE TECNOLOGIA  
NÚCLEO DE LABORATÓRIO DE SOLOS**

RELATÓRIO Nº :	LS - 0127/2022	RESUMO DE ESTUDO DE:	SUBLEITO
CONTRATO Nº :	PARA: 3º D.R.		
Rodovia:	BR 040	Trecho:	DF 495 / DF 001 BR - 251
Interessado:	DER DF DITEC	Tipo de material:	ARGILA
		Data de Coleta:	13/11/2022
		Chefe do NULSO:	SÉRGIO EUGÊNIO
		Data de Liberação:	25/11/2022
		Visto Engº:	

REGISTRO	ESTACA	FURO	P E N E I R A S	GRANULOMETRIA (% PASSANDO)										LIMITE		CLASSIFICAÇÃO		ENERGIA AASHO INTERMEDIÁRIO				
				PEDREGULHO				AREIA			FINOS	PEDR.	AREIA	FINOS	LL	IP	IG	HRB	MEAS(máx)	UMIDADE	ISC	EXP.
				2" 50mm	1" 25mm	3/4" 19mm	3/8" 9,5mm	4 4,75mm	10 2,0mm	40 0,42mm	200 0,075mm	(%)	(%)	(%)					(Kg/m³)	ÓTIMA (%)	(%)	(%)
0285/2022	3+400	17						100,0	99,5	96,5	0,0	3,5	96,5	50	12	11	A-7-5	1.423	29,7	18,0	0,00	
0286/2022	3+600	18						100,0	99,4	96,8	0,0	3,2	96,8	48	11	10	A-7-5	1.456	29,0	19,3	0,04	
0287/2022	3+800	19						100,0	99,6	96,9	0,0	3,1	96,9	49	10	10	A-5	1.438	31,4	16,4	0,00	
0288/2022	4+000	20				100,0		99,9	99,4	95,2	0,0	4,8	95,2	49	12	11	A-7-5	1.390	29,7	15,0	0,16	
0289/2022	4+200	21						100,0	99,4	92,5	0,0	7,5	92,5	48	12	10	A-7-5	1.419	31,3	14,0	0,00	

OBSERVAÇÕES:

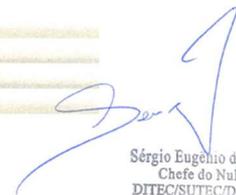
---



---



---



Sérgio Eugênio da Silva  
Chefe do Nulso  
DITEC/SUTEC/DER-DF





**DIRETORIA DE TECNOLOGIA  
NÚCLEO DE LABORATÓRIO DE SOLOS**

RELATÓRIO N° :	LS - 0127/2022	RESUMO DE ESTUDO DE:	SUBLEITO
CONTRATO N° :		PARA:	3° D.R.
Rodovia:	BR 040	Trecho:	DF 495 / DF 001 BR - 251
Interessado:	DER DF DITEC	Data de Coleta:	13/11/2022
		Data de Liberação:	25/11/2022
		Tipo de material:	ARGILA
		Chefe do NULSO:	SÉRGIO EUGÊNIO
		Visto Eng°:	

REGISTRO	ESTACA	FURO	P E N E I R A S	GRANULOMETRIA (% PASSANDO)										LIMITE		CLASSIFICAÇÃO		ENERGIA					
				PEDREGULHO					AREIA			FINOS	PEDR.	AREIA	FINOS	LL	IP	IG	HRB	AASHO INTERMEDIÁRIO			
				2" 50mm	1" 25mm	3/4" 19mm	3/8" 9,5mm	4 4,75mm	10 2,0mm	40 0,42mm	200 0,075mm	(%)	(%)	(%)	MEAS(máx) (Kg/m³)					UMIDADE ÓTIMA (%)	ISC (%)	EXP. (%)	
0285/2022	3+400	17						100,0	99,5	96,5	0,0	3,5	96,5	50	12	11	A-7-5	1.423	29,7	18,0	0,00		
0286/2022	3+600	18						100,0	99,4	96,8	0,0	3,2	96,8	48	11	10	A-7-5	1.456	29,0	19,3	0,04		
0287/2022	3+800	19						100,0	99,6	96,9	0,0	3,1	96,9	49	10	10	A-5	1.438	31,4	16,4	0,00		
0288/2022	4+000	20				100,0		99,9	99,4	95,2	0,0	4,8	95,2	49	12	11	A-7-5	1.390	29,7	15,0	0,16		
0289/2022	4+200	21						100,0	99,4	92,5	0,0	7,5	92,5	48	12	10	A-7-5	1.419	31,3	14,0	0,00		

OBSERVAÇÕES:

---



---



---



Sérgio Eugênio da Silva  
Chefe do Nulso  
DITEC/SUTEC/DER-DF





**DIRETORIA DE TECNOLOGIA  
NÚCLEO DE LABORATÓRIO DE SOLOS**

RELATÓRIO Nº :	LS - 0128/2022	RESUMO DE ESTUDO DE:	SUBLEITO
CONTRATO Nº :	PARA: 3º D.R.		
Rodovia:	BR 040	Trecho:	DF 495 / DF 001 - BR - 251
Interessado:	DER DF DITEC	Data de Coleta:	17/11/2022
		Data de Liberação:	29/11/2022
		Tipo de material:	ARGILA
		Chefe do NULSO:	SÉRGIO EUGÊNIO
		Visto Engº:	

REGISTRO	ESTACA	FURO	GRANULOMETRIA (% PASSANDO)										LIMITE		CLASSIFICAÇÃO		ENERGIA					
			PEDREGULHO				AREIA			FINOS	PEDR.	AREIA	FINOS	LL	IP	IG	HRB	AASHO INTERMEDIÁRIO				
			2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	(%)	(%)	(%)					MEAS(máx)	UMIDADE	ISC	EXP.	
			50mm	25mm	19mm	9,5mm	4,75mm	2,0mm	0,42mm	0,075mm	(%)	(%)	(%)					(Kg/m³)	ÓTIMA (%)	(%)	(%)	
0290/2022	4+400	22						100,0	99,4	90,8	0,0	9,2	90,8	47	15	11	A-7-5	1.505	29,8	11,3	0,12	
0291/2022	4+600	23						100,0	98,6	81,0	0,0	19,0	81,0	33	09	08	A-4	1.518	26,1	4,0	0,07	
0292/2022	4+800	24						100,0	99,9	98,0	64,3	0,0	35,7	64,3	34	11	06	A-4	1.601	23,0	5,6	0,52
0293/2022	5+000	25						100,0	99,8	98,1	57,5	0,0	42,5	57,5	35	10	04	A-4	1.717	16,7	9,0	0,12
0294/2022	5+200	26						100,0	99,9	98,9	70,4	0,0	29,6	70,4	35	09	07	A-4	1.596	21,7	6,7	0,71
0295/2022	5+400	27						100,0	99,9	99,1	72,9	0,0	27,1	72,9	49	13	10	A-7-5	1.596	22,4	10,7	0,56

OBSERVAÇÕES:

---



---



---



Sérgio Eugênio da Silva  
Chefe do Nulso  
DITEC/SUTECD/DER-DF



05/02/24, 17:19

art.creadf.org.br/art1025/funcoes/form\_impressao\_tos.php?NUMERO\_DA\_ART=0720240010097



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-DF

ART Obra ou serviço  
0720240010097

Substituição à 0720240004194

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Distrito Federal

1. Responsável Técnico(a)

CARLOS ALBERTO DIAS JUNIOR

Título profissional: Engenheiro Civil

RNP: 2601430877

Registro: 5062414910/D-SP

Empresa contratada: PAS – PROJETO, ASSESSORIA E SISTEMA LTDA Registro: 15954-DF

2. Dados do Contrato

Contratante: DER-DF

CNPJ: 00.070.532/0001-03

Pólo de Desenvolvimento  
Juscelino Kubitschek Trecho  
1 Conjunto 9

Número: S/N

Bairro: Santa Maria

CEP: 72549-545

Cidade: Brasília

UF: DF

Complemento: Marginal da Rodovia BR 040 da DF 495 até a BR 251

E-Mail: wabmar.araujo@der.df.gov.br

Fone: (61)31115000

Contrato: 049/2021

Celebrado em: 15/11/2021

Valor Obra/Serviço R\$: 9.998.559,00

Fim em: 14/11/2024

Vinculada a ART:

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público

Ação institucional: Órgão Público

3. Dados da Obra/Serviço

Data de Início das Atividades do(a) Profissional: 15/11/2021

Data de Fim das Atividades do(a) Profissional: 14/11/2024

Coordenadas Geográficas:

-15.738066642206913,-47.926483154296875

Finalidade: Infra-estrutura

Código/Obra pública: SEI 72754173

Proprietário(a): DER-DF

CNPJ: 00.070.532/0001-03

E-Mail: wabmar.araujo@der.df.gov.br

Fone: (61) 31115000

1º Endereço

Pólo de Desenvolvimento Juscelino Kubitschek Trecho 1 Conjunto 9

Número: s/n

Bairro: Santa Maria

CEP: 72549-545

Complemento: Marginal da Rodovia BR 040 da DF 495 até a BR 251

Cidade: Brasília - DF

4. Atividade Técnica

Elaboração

Projeto de sistemas de drenagem para obras civis

Quantidade Unidade

Projeto de sinalização

55.680,0000 metros quadrados

Projeto de pavimentação asfáltica para rodovias

55.680,0000 metros quadrados

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder à baixa desta ART.

5. Observações

- Rodovia: BR - 040/DF - Trecho: DF - 495 até BR - 251 - Extensão: 5,74 KM - Códigos PNV/SNV

6. Declarações

Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei nº 9.307, de 23 de setembro de 1996, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar.

Profissional

Contratante

Acessibilidade: Sim: Declaro atendimento às regras de acessibilidade, previstas nas normas técnicas da ABNT e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

7. Entidade de Classe

NENHUMA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima



Documento assinado eletronicamente por  
CARLOS ALBERTO DIAS JUNIOR,  
5062414910/D-SP, em 05/02/2024, conforme  
horário oficial de Brasília, com fundamento no art.  
4º, § 2º, do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro  
de 2020

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante de pagamento ou conferência no site do Crea.  
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site: www.creadf.org.br

https://art.creadf.org.br/art1025/funcoes/form\_impressao\_tos.php?NUMERO\_DA\_ART=0720240010097

05/02/24, 17:19

art.creadf.org.br/art1025/funcoes/form\_impressao\_tos.php?NUMERO\_DA\_ART=0720240010097

DER-DF CNPJ: 00.070.532/0001-03

Fauzi Nacfur Junior  
Presidente  
DER/DF

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do(a) profissional e do(a) contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.



www.creadf.org.br  
informacao@creadf.org.br  
Tel: (61) 3961-2800

CREA-DF

Valor da ART: R\$ 0,00

Registrada em: 05/02/2024

Valor Pago: R\$ 0,00

Nosso Número/Baixa: Isento conforme Resolução 1.067/2015

CARLOS ALBERTO DIAS Assinado de forma digital por  
JUNIOR:28030866895 CARLOS ALBERTO DIAS  
JUNIOR:28030866895

---

Eng. Civil Carlos Alberto Dias Júnior  
CREA-SP: 5062414910/ D