

PROCESSOS: 00110-00001752/2021-47; 00110-00002361/2021-40; 00110-00002597/2021-86

SECRETARIA DE ESTADO DE OBRAS E INFRAESTRUTURA – SODF

R.T.: Patrícia Milhomem

SUBSECRETARIA DE PROJETOS, ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO DE OBRAS - SUPOP

CREA: 11328/D-DF

## MEMORIAL DESCRITIVO

# INF 085/2021

**GUARÁ - RA GUAR / PARK WAY – RA PW**  
**VIA DE LIGAÇÃO ENTRE O GUARÁ E NÚCLEO BANDEIRANTE - DF**  
**PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO – PAVIMENTO FLEXÍVEL**

Folha: 01/38

PROJETO:



Patrícia Milhomem /UNIMOB

REVISÃO:

ANALISTA

VISTO:

COORDENADOR(A)

APROVO:

CHEFE DA UNIDADE

Data:  
Setembro/2021

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	4
2. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO .....	7
2.1 Pavimentos Novos (Duplicação) .....	7
<b>2.1.1 Parâmetros de Dimensionamento .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2 Dimensionamento do Pavimento pelo Método DNER/DNIT .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.3 Análise Mecanicista à Fadiga de Estrutura de Pavimentos .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.4 Proposta de Execução do Pavimento .....</b>	<b>20</b>
2.2 Ciclovias (Canteiro Central) .....	22
2.4 Resumo das Estruturas de Pavimento a serem adotadas .....	24
3. ESPECIFICAÇÕES DOS SERVIÇOS .....	24
3.1 Remoção e Estocagem do Solo Orgânico .....	25
3.2 Cortes .....	25
3.3 Aterros .....	25
3.4 Fresagem à Frio de Pavimento Asfáltico .....	26
3.5 Escarificação e Remoção Mecânica de Camada Granular do Pavimento .....	27
3.6 Regularização do Subleito .....	28
3.7 Compactação do Subleito .....	28
3.8 Sub-Base Estabilizada Granulometricamente .....	28
3.9 Sub-Base de Solo Cal .....	29
3.10 Base de Brita Graduada Simples - BGS .....	30
3.11 Imprimação .....	30
3.12 Pintura de Ligação .....	31
3.13 Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) .....	31
3.14 Meio-Fio .....	32
4. ANEXOS .....	32
ANEXO 01- Definição de Distâncias Médias de Transporte - DMT .....	33

## **ILUSTRAÇÃO**

Figura 1 – Localização: Via de Ligação Guará/Núcleo Bandeirante .....	4
Figura 2 - Divisão da Via de Ligação entre Guará e Núcleo Bandeirante em Segmentos.....	5
Figura 3 - Espessuras Mínimas do Revestimento Betuminoso .....	9
Figura 4 - Coeficientes Estruturais.....	10
Figura 5 - Dimensionamento da Estrutura do Pavimento .....	11
Figura 6 - Pontos Analisados / Defeitos.....	13
Figura 7 - Valores Usuais de Coeficiente de Poisson .....	16
Figura 8 - Valores Usuais de Módulo de Resiliência ou Elasticidade .....	16
Figura 9 - Estimativa dos Módulos de Resiliência.....	17
Figura 10 - Avaliação Método Murilo Lopes de Souza (DNER) .....	19
Figura 11 - Avaliação pelo Método Mecânico / Estrutura Final Aprovada .....	20
Figura 12 - Seção Tipo / Ciclovía .....	23

## 1. INTRODUÇÃO

Este documento trata a revisão das soluções técnicas propostas, no ano de 2014, para o Projeto de Pavimentação, da pista a ser duplicada, da Via de Ligação entre o Guará e o Núcleo Bandeirante – DF, o qual está inserido nas Regiões Administrativas do Guará – RA-GUAR e Park Way – RA-PW. E cujo traçado se encontra remodelado junto ao Projeto de Sistema Viário de Duplicação, SIV-085/2021.

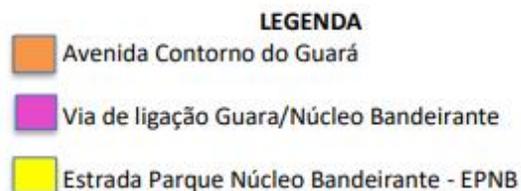


Figura 1 – Localização: Via de Ligação Guará/Núcleo Bandeirante

**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF**  
Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP

A implantação de duplicação na citada Via ocorrerá no Segmento “B”, com extensão aproximada de 1.130m, correspondendo a 33,23% da extensão total da mesma. Tem início na Região Administrativa do Guará e, a partir do córrego Vicente Pires, o trecho do segmento está inserido na Região Administrativa do Park Way. Possui 3,50 m de largura de faixa em cada sentido, em condições precárias de pavimento e sinalização em alguns pontos, e ausência de calçada e ciclovia em todo o percurso. A condição do asfalto encontra-se precária promovendo a vulnerabilidade e insegurança dos usuários.

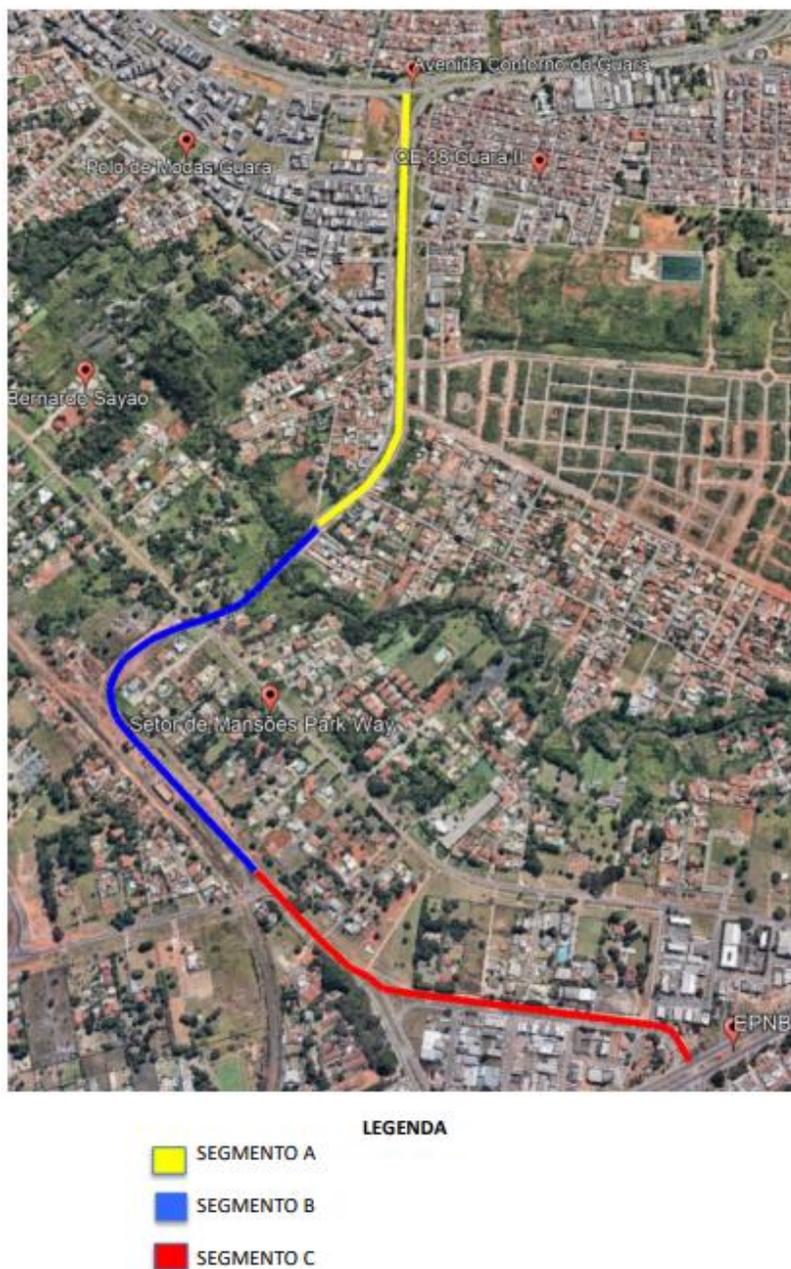


Figura 2 - Divisão da Via de Ligação entre Guará e Núcleo Bandeirante em Segmentos

**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF**  
Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP

Assim, a “caixa” de via passará a ser composta de duas faixas de rolamento por sentido (3,50m cada), com implantação de ponte sobre o córrego Vicente Pires (com aproximadamente 45m de extensão e 10m de largura), calçadas e ciclovia. Estas últimas serão implantadas também no Segmento “A”, desde a Avenida Contorno do Guará até o início do Segmento “B”, com 2,0 m e 2,50 m, respectivamente.

A duplicação do Segmento B, além de uniformizar o traçado da Via, aumentará sua capacidade de tráfego e a segurança dos motoristas, além de promover a mobilidade a pé com implantação de calçadas acessíveis adequadas às normas vigentes.

No que tange às obrigações demandadas à Secretaria de Estado de Obras e Infraestrutura do Distrito Federal – SODF, neste documento serão abordadas as atividades a serem executadas, em detrimento do dimensionamento: da pavimentação do Segmento a ser duplicado e da ciclovia a ser implantada.

Tendo em vista a condição estrutural do pavimento existente, a extensão do trecho de pista coincidente com a configuração planimétrica proposta no SIV 085/2021, bem como o atrativo de demanda de tráfego representado pela abertura de novas pistas, optou-se, como premissa, pela demolição total da estrutura do pavimento existente, com aproveitamento do material granular (cascalho laterítico) presente sob o revestimento asfáltico, na camada de sub-base do pavimento a ser construído.

Os estudos e projetos existentes, e datados de 2014, foram atualizados e compatibilizados com a nova proposta de traçado aprovado no SIV 085/2021 (processo SEI nº 00110-00001752/2021-47). A demanda de obra de infraestrutura (pavimentação) tramita por meio do processo SEI nº 00110-00002361/2021-40. Os estudos geológico-geotécnicos, utilizados como subsídio para análise da estrutura de pavimentação existente, e revisão de proposta de implantação da duplicação, constam do documento denominado “Memorial Descritivo – MDE GEO 001/21: Estudos Geotécnicos / Via de Ligação Guará II- Núcleo Bandeirante” (Documento SEI nº 71203897). Foi solicitada nova campanha de furos de sondagens e ensaios geotécnicos (Documento SEI nº 69008598), com a finalidade de se confirmar os resultados compilados no MDE GEO 001/21. Desta forma, caso se verifique qualquer divergência (quando da realização desses ensaios) com as características geotécnicas anteriores, o presente dimensionamento deve ser revisto.

As questões afetas à supressão de vegetação na obra foram tramitadas por meio do processo SEI nº 00110-00002597/2021-86, tendo sido emitidas orientações junto ao Memorando Nº 466/2021 – SUAPS (Documento SEI nº 70385095). A definição dos locais de bota-fora, bota-espera e caixas de empréstimo, a serem considerados para fins de composição das Distâncias Médias de Transporte – DMT’s, constam do Memorando Nº 478/2021 – SUAPS (Documento SEI nº 70898604).

## **2. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO**

O projeto de pavimentação objetiva a definição do tipo de pavimento e seu dimensionamento, a indicação das fontes de materiais para a construção, a definição da seção transversal e a espessura das camadas, a serem empregadas na duplicação do segmento “B” da Via de ligação Guará-Núcleo Bandeirante, assim como nos segmentos de ciclovia a serem executadas em pavimento flexível.

O dimensionamento do pavimento consiste na determinação das camadas de regularização, reforço (quando aplicado) e compactação do subleito, sub-base, base e revestimento, de forma que essas camadas sejam suficientes para resistir, transmitir e distribuir as pressões resultantes da passagem dos veículos ao subleito, sem que o conjunto sofra ruptura, deformações apreciáveis ou desgaste superficial excessivo.

Foi considerado no projeto, a execução da obra, a implantação de ciclovia, as características apresentadas pelo material de subleito, sub-base e base, e as ocorrências de materiais disponíveis, de forma a definir, da maneira mais vantajosa ao erário, uma estrutura capaz de resistir aos esforços impostos pelo tráfego e pelas intempéries.

### **2.1 Pavimentos Novos (Duplicação)**

Os locais que receberão pavimento novo são os de implantação da pista de duplicação da Via de Ligação QE 32 – Guará II ao Núcleo Bandeirante, denominado “Segmento B”.

#### **2.1.1 Parâmetros de Dimensionamento**

O dimensionamento do pavimento foi efetuado seguindo-se o método de dimensionamento de pavimentos DNER-1966 - "Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis" de autoria do Eng.º Murillo Lopes de Souza. O Método é apresentado no Manual de Pavimentação do DNIT (edição de 2006), e se aplica ao segmento “B” da Via de Ligação Guará-Núcleo Bandeirante (tratado neste Relatório). Foram, ainda, adotados os estudos geotécnicos realizados no subleito local (MDE GEO 001/21), bem como as diretrizes preconizadas pela NOVACAP. Tendo sido observado também as Instruções de Projeto da Prefeitura Municipal de São Paulo – PMSP, em relação ao tipo de tráfego previsto.

**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF**  
Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP

Foi adotado como premissa para o dimensionamento a existência de drenagem superficial adequada e lençol d'água subterrâneo (se existente) sempre localizado a pelo menos 1,00m do greide de terraplenagem. Em se verificando, no momento da execução, lençol freático fora dos parâmetros adotados, o mesmo deverá ser rebaixado, com o emprego de agulhamento de rachão/pedra de mão, aliado à implantação de dreno profundo lateral.

Para fins de dimensionamento, para a camada de sub-base do pavimento novo, foi considerado o emprego do material granular proveniente da demolição das camadas da base e sub-base existentes no leito da via (por ocasião da remodelação de planimetria da pista). Contudo, é sabido que o volume de material granular existente na pista não é suficiente para toda a demanda de material para emprego nessa camada do pavimento. Desta forma, considerando a disponibilidade de material terroso oriundo da atividade de Terraplenagem na própria obra, este deverá ser adotado para tal complementação de volume na camada de sub-base do pavimento novo, devendo o mesmo ser melhorado com adição de 4% de cal. Situação em que a mistura deverá ser ensaiada e confirmada ( $ISC \geq 20\%$ ), antes de seu emprego na obra.

Para a camada de Base, por ausência de oferta, nas imediações, de material adequado ao Índice de Suporte exigido ( $ISC \geq 80\%$ ), foi adotado o emprego de Brita Graduada Simples – BGS.

Quando da execução da obra, outras Jazidas, devidamente licenciadas, poderão ser adotadas, desde que seu material seja ensaiado, a fim de que atenda aos parâmetros geotécnicos estabelecidos no presente relatório.

Número “N”

Para efeito de dimensionamento da estrutura do pavimento foi considerado, para veículo comercial, VMD inicial igual a  $V_0 = 610$  (obtido no estudo de tráfego realizado pela Empresa EXTREMA-2011, como projeção no ano 2021).

Conforme enquadramento descrito no MDE 085/202, elaborado para o Sistema Viário em questão, a Via em estudo foi classificada como Coletora e Estrutural, resultando (após taxa de crescimento de 5% ao ano) em tráfego pesado, caracterizado por número “N” característico de  $2 \times 10^7$  solicitações do eixo simples padrão (80 kN), para o período de 10 a 12 anos. Estes parâmetros foram adotados com base nas diretrizes da Instrução de Projeto IP-02 - Classificação das vias, de autoria da Prefeitura do Município de São Paulo, para vias urbanas a serem pavimentadas.

Subleito – ISC Projeto

O ISC do subleito foi definido no âmbito dos estudos geotécnicos, a partir da verificação dos resultados dos ensaios efetuados em amostras coletadas no segmento da via a ser implantada a duplicação da pavimentação asfáltica. Desta forma, a partir de parâmetros conhecidos para os solos lateríticos encontrados no DF e de maneira a minimizar riscos de erros construtivos, definiu-se a adoção do ISC de projeto igual a 9%.

Definição da Espessura da Camada de Revestimento

De acordo com o nível de tráfego, o método de dimensionamento do DNER/DNIT recomenda as espessuras mínimas de revestimento betuminoso, conforme mostrado na Figura 3 a seguir. A adoção de uma espessura mínima tem por objetivo proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego e evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração por flexão.

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

**Figura 3 - Espessuras Mínimas do Revestimento Betuminoso**

Fonte: Manual de Pavimentação (DNIT 2006)

### 2.1.2 Dimensionamento do Pavimento pelo Método DNER/DNIT

De acordo com o "Método de Dimensionamento DNER", a espessura de cada camada do pavimento, é calculada em função do tráfego e do ISC do subleito, considerando:

- Espessura mínima de revestimento (conforme Figura 3);
- Revestimento em CBUQ / Coeficiente de Equivalência -  $K_r = 2,0$ ;
- Base de solo granular / Coeficiente de Equivalência –  $K_b = 1,0$ ;

**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF**  
Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP

- Sub-base de solo granular ou estabilizada com Aditivos / Coeficiente de Equivalência –  $K_{sb} = 0,90$ .

As espessuras de cada camada são calculadas em função das seguintes inequações:

- $R.K_R + B.K_B \geq H_{20}$ ;
- $R.K_R + B.K_B + h_{20}.K_S \geq H_n$

Não foi identificada a necessidade de execução de reforço do subleito.

<b>CAMADA DO PAVIMENTO</b>	<b>COEFICIENTE ESTRUTURAL (K)</b>
Base ou Revestimento de Concreto Asfáltico	2,00
Base ou Revestimento de Concreto Magro/Compactado com Rolo	2,00
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Quente, de Graduação Densa / BINDER	1,80
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Frio, de Graduação Densa	1,40
Base ou Revestimento Asfáltico por Penetração	1,20
Paralelepípedos	1,00
Base de Brita Graduada Simples, Macadame Hidráulico e Estabilizadas Granulometricamente	1,00
Sub-bases Granulares ou Estabilizadas com Aditivos	$\leq 1,00$
Reforço do Subleito	$\leq 1,00$
Base de Solo-Cimento ou BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, superior a 4,5 MPa	1,70
Base de BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, entre 2,8 e 4,5 MPa	1,40
Base de Solo-Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,8 e maior ou igual a 2,1 MPa	1,20
Base de Solo melhorado com Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,1 MPa	1,00

**Figura 4 - Coeficientes Estruturais**  
Fonte: IP-05 (PMSP 2004)

A memória do dimensionamento do pavimento, para um período de projeto de 10 anos, é apresentada na figura a seguir. Tendo em visto o que consta preconizado no Manual de Pavimentos do DNIT, com relação às características atuais do tráfego brasileiro, em relação a  $N \geq 10^7$  solicitações, será adotado, no dimensionamento, a majoração de 20% em  $H_{20}/H_{sb}$ , com o objetivo de reforçar a superestrutura.



GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL  
 SECRETARIA DE ESTADO DE OBRAS E INFRAESTRUTURA DO DF

OBRA: VIA DE LIGAÇÃO GUARÁ-NÚCLEO BANDEIRANTE

### Método da Resistência (Dr. Murilo L. Souza)

**Número N** 2,00E+07

Fórmula para o Cálculo do Kref ou Ks

$$K_{Ref} \text{ ou } K_S = \left( \frac{CBR_1}{3 \times CBR_2} \right)^{1/3}$$

Índice de Suporte Califórnia	
Base	80,0
Sub-base	20,0
Reforço do Subleito	9,0
Subleito	9,0

Coeficientes de Equivalência Estrutural (K)		
Revestimento	Capa	2,00
	Binder	1,70
	Base	1,00
	Sub-base	0,90
	Reforço do Subleito	0,89

Fórmula para o cálculo das espessuras do pavimento

$$H_i = 77,67 \cdot N^{0,0482} \cdot CBR^{-0,598}$$

Espessuras do pavimento	
Hm	46,94 cm
Hn	46,94 cm
H20 majorado	34,94 cm
Rmin	10,00 cm
Capa	4,00 cm
Binder	6,00 cm

N	Espessura mínima de revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \cdot 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \cdot 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \cdot 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \cdot 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Coeficiente de Majoração de H20 para N > 10E7	1,20
---	------

Resolução do Sistema de Equações	
$RK_R + BK_B \geq H_{20}$	
$RK_R + BK_B + h_{20} K_S \geq H_n$	
$RK_R + BK_B + h_{20} K_S + h_n K_{Ref} \geq H_m$	

Espessuras Mínimas		Espessuras Adotada	
$B_{min} = 16,7$ cm		$B = 17,0$ cm	
$h_{20 min} = 12,97$ cm		$h_{20} = 13,0$ cm	
$h_n min = 0,0$ cm		$h_n = 0,0$ cm	

#### Resumo da Estrutura do Pavimento



Figura 5 - Dimensionamento da Estrutura do Pavimento

Ressalta-se que as espessuras máximas e mínimas de compactação das camadas granulares são de 20cm e 10cm, respectivamente. Entretanto, a espessura construtiva mínima para a camada de base, recomendada no manual de pavimentação do DNIT, é de 15cm.

### **2.1.3 Análise Mecanicista à Fadiga de Estrutura de Pavimentos**

Tendo sido o pavimento dimensionado pelo método do DNER, passa-se então à verificação mecanicista empírica da estrutura do pavimento. Diante dos dados expostos e dos resultados de ensaios geotécnicos demonstrados no MDE GEO 001/21, para a avaliação mecanicista empírica da solução com base granular, foram obtidos os módulos de resiliência das camadas de subleito, sub-base, pela metodologia descrita na IP-08/2004 da PMSP e/ou descrita na IP-DEP00/001 do DER-SP.

A análise mecanística 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 mecanístico, 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 ELSYMS, 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).

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 ou, de forma mais

**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF**  
Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP

conservadora, apenas a carga concentrada de 41 kN (4,10 toneladas), assim como a 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 foi tomado para análise, o ponto de aplicação da carga concentrada:

- No eixo central da simetria do semi-eixo / considerada carga pontual (X:0 cm; Y:0 cm);

Na Figura 06 é apresentada a relação entre o ponto analisado e o tipo de defeito que se quer avaliar na estrutura do pavimento.

<b>Localização do Ponto</b>	<b>Resultado de Interesse</b>	<b>Defeito Avaliado</b>
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 ( $\sigma_c$ e $\epsilon_c$ )	Deformação permanente

**Figura 6 - Pontos Analisados / Defeitos**

Nesta análise será utilizado o programa ELSYMS para o cálculo das tensões e deformações solicitantes na estrutura do pavimento. A rotina de análise original do ELSYMS foi desenvolvida pela Universidade da Califórnia, em Berkeley, e posteriormente revisada com a supervisão da FHWA (Federal Highways Administration). 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). Assim, foram selecionados os seguintes modelos:

Deslocamento Vertical Recuperável (Deflexão)

Deslocamento vertical recuperável máximo da superfície do pavimento que também é denominado deflexão. Para a verificação deste critério foram consideradas as equações dos métodos DNER-PRO 01/79 e DNER-PRO 269/94:

$$\text{Log } D_{\text{adm}} = 3,01 - 0,176 \cdot \log N^{(\text{USACE})} \quad (\text{DNER-PRO 01/79})$$

$$\text{Log } D_{\text{adm}} = 3,148 - 0,188 \cdot \log N^{(\text{USACE})} \quad (\text{DNER-PRO 269/94})$$

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;

Dadm = deflexão admissível, em 0,01 mm.

Deformação Específica de Tração (et) da Fibra Inferior da Camada de Concreto Asfáltico

Para a verificação deste critério foram consideradas as equações dos métodos FHWA-1976, Asphalt Institute-1976, Pinto e Preussler-CAP 50/70:

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

$$N = 1,092 \times 10^{-6} \times (1/ \epsilon t)^{3,512} \quad (\text{FHWA-1976})$$

$$N = 2,961 \times 10^{-5} \times (1/ \epsilon t)^{3,291} \quad (\text{ASPHALT INSTITUTE-1976})$$

$$N = 2,85 \times 10^{-7} \times (1/ \epsilon t)^{3,69} \quad (\text{PINTO E PREUSSLER-CAP 50/70})$$

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 AASHTO;

et = deformação específica horizontal na tração;

K e n = coeficientes determinados por regressão lineares.

Deformação Vertical no Topo do Subleito

Para análise da deformação específica vertical de compressão atuante no topo do subleito foram consideradas as equações definidas por Dormon & Metcalf (1965) e Shell (1985), constante da Instrução de Pavimentação do DER-SP, expressos pelas seguintes equações:

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

$$N = 6,069 \times 10^{-10} \times (1/ \epsilon v)^{4,762} \text{ (DORMON \& METCALF-1965)}$$

$$N = 6,15 \times 10^{-7} \times (1/ \epsilon v)^{4,0} \text{ (SHELL-1985)*}$$

$$N = 1,94 \times 10^{-7} \times (1/ \epsilon v)^{4,0} \text{ (SHELL-1985)**}$$

\* 50% de confiabilidade

\*\* 85% de confiabilidade

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;

$\epsilon v$  = deformação específica de compressão no topo do subleito.

K e n = coeficientes determinados por regressão lineares.

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 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 Figura 7 e 8 abaixo:

**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF**  
 Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP

Material	Intervalo de Valores de Coeficiente de <i>Poisson</i>	Valor Recomendado de Coeficiente de <i>Poisson</i>
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

Figura 7 - Valores Usuais de Coeficiente de *Poisson*  
 Fonte: IP-DE-P00/001 (DER-SP 2006)

Material	Intervalos de Valores de Módulo de Resiliência (MPa)
Concretos Asfálticos:	
- revestimento (CAP 50-70)	2000 – 5000
- revestimento (CAP 30-45)	2500 – 4500
- <i>binder</i> (CAP 50-70)	2000 – 3000
- <i>binder</i> (CAP 30-45)	2500 – 4000
Materiais granulares	
- brita graduada	150 – 300
- macadame hidráulico	250 – 450
Materiais estabilizados quimicamente	
- solo-cimento	5000 – 10000
- brita graduada tratada com cimento	7000 – 18000
- concreto compactado com rolo	7000 – 22000
Concreto de cimento <i>Portland</i>	30000 – 35000
Solos finos em base e sub-base	150 – 300
Solos finos em subleito e reforço do subleito	
- 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 <i>Portland</i>	28000 – 45000

Figura 8 - Valores Usuais de Módulo de Resiliência ou Elasticidade  
 Fonte: IP-DE-P00/001 (DER-SP 2006)

**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF**  
 Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP

Na IP-08/2004 PMSP também são apresentados valores estimativos de módulo de resiliência ou elasticidade para os materiais das camadas de pavimentos (vide Figura 9):

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 <i>POUCO OU NÃO COESIVO</i> (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')	$E_{REF} = 18,0 (CBR_{REF})^{0,64} \times 3 \sqrt{\frac{3CBR_{SL}}{CBR_{REF}}}$
SUB-BASE	GRANULAR	$E_{REF} = 18,0 (CBR_{SB})^{0,64} \times 3 \sqrt{\frac{3CBR_{SL}}{CBR_{SB}}}$
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	$1.000 \leq E_{PMF} \leq 1.400$

**Figura 9 - Estimativa dos Módulos de Resiliência**  
 Fonte: IP-08 (PMSP 2004)

Para os solos do subleito, a IP-08/2004-PMSP recomenda as seguintes correlações entre módulo de resiliência e capacidade de suporte ISC:

- Solos lateríticos arenosos (I-A') e lateríticos argilosos (LG')
- $$MR = 22 \times ISC^{0,8} \text{ (MPa)}$$
- Solos não lateríticos siltosos (NS') e não lateríticos argilosos NG')
- $$MR = 18 \times ISC^{0,64} \text{ (MPa)}$$
- Solos arenosos pouco ou não coesivos
- $$MR = 14 \times ISC^{0,70} \text{ (MPa)}$$

**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF**  
Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP

Para a análise em questão será considerada a primeira expressão (referente a solos de comportamento laterítico) para a determinação do módulo de resiliência do subleito a partir do valor de ISC (9%). Tal consideração foi baseada nos boletins de sondagem e ensaios geotécnicos do solo do subleito, que nos mostra a existência de plasticidade e os baixos resultados de expansão, que são indicativos de solos lateríticos argilosos de Brasília. Assim, considerando a correlação aplicável a solos lateríticos, tem-se, para o subleito, o seguinte valor de módulo de resiliência:

$$MR_{\text{subleito}} = 22 \times ISC^{0,8}$$

$$MR_{\text{subleito adotado}} = 127,59 = \mathbf{128 \text{ Mpa}}$$

Para o material da camada de sub-base, constituída por cascalho existente (Solo Granular) e/ou solo melhorado com Cal, oriundo de bota-espera localizado no Joquei (valor de referência ISC 20%), a qual será compactada na energia intermediária, utilizando a fórmula para camada de sub-base retirada da Estimativa dos módulos de resiliência (IP-08/2004-PMSP), chega-se ao seguinte valor de módulo de resiliência:

$$MR_{\text{sub-base}} = 18,0 \times (CBR_{\text{sub-base}})^{0,64} \times \sqrt[3]{\frac{3 \times CBR_{\text{subleito}}}{CBR_{\text{subbase}}}}$$

$$MR_{\text{sub-base adotado}} = 135,32 = \mathbf{135 \text{ Mpa}}$$

Para o material da camada de base, constituída por Brita Graduada Simples - BGS, compactada na energia modificada, deverá ter um modulo de resiliência entre  $150 \leq E_b \leq 300 \text{ MPa}$  (P00/001 DER-SP).

$$MR_{\text{base adotado}} = \mathbf{250 \text{ Mpa}}$$

Para a camada de revestimento em Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ) faixa "B" DNIT, adotou-se o módulo de resiliência igual a 2500 Mpa, valor este também compreendido entre os limites informados pela instrução de Projeto de Pavimentos do DER-SP (2000 a 3000 Mpa - CAP 50/70). Para a camada de 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).

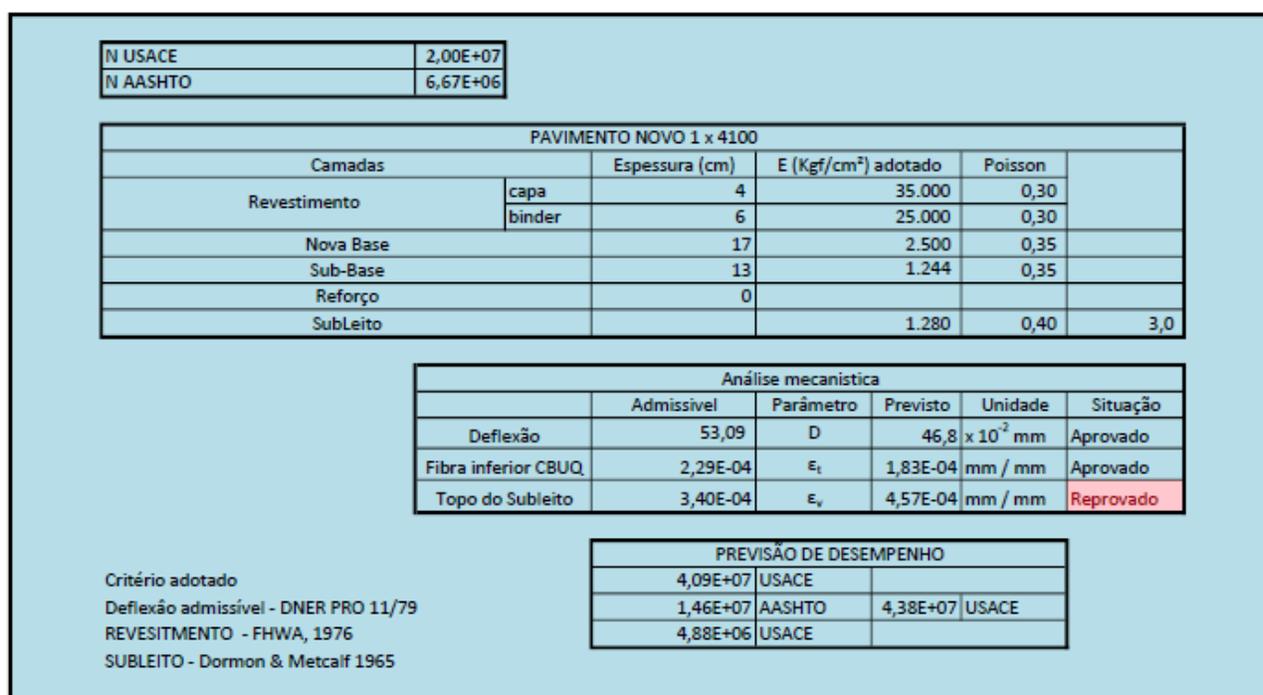
$$MR_{\text{CAUQ Faixa B}} = \mathbf{2500 \text{ Mpa}}$$

$$MR_{\text{CAUQ Faixa C}} = \mathbf{3500 \text{ Mpa}}$$

Análise Mecânica do Dimensionamento do Pavimento

Com base extraída da Norma DNER-PRO 11/79, a Via de Ligação Guará-Núcleo Bandeirante foi enquadrada na hipótese II ( $D_p \leq 3 \times D_{adm}$ ), necessitando de correções pontuais na superfície do pavimento e reforço em toda a extensão.

De posse dos critérios para uma análise mecânico empírico dos módulos obtidos através da Instrução de Projeto de Pavimentação - IP-DE-P00/001DER/SP e da Análise Mecanicista à Fadiga de Estruturas de Pavimento - IP-08/2004-PMSP, a solução proposta pelo Método Murilo Lopes de Souza (DNER) foi retroanalisada (Figura 10).



**Figura 10 - Avaliação Método Murilo Lopes de Souza (DNER)**

Diante dos resultados apresentados acima, verificou-se que a estrutura dimensionada pelo Método do DNER (Eng. Murilo Lopes) não atendeu, quando avaliado pelo método mecanicista empírico, aos critérios de deformação vertical de compressão no topo da camada de subleito.

Assim, a solução a ser adotada para evitar a deformação vertical de compressão no topo da camada de subleito, é aumentar a espessura das camadas de base e sub-base, com a reconstrução total da estrutura atual do pavimento ali existente. Esse entendimento coaduna com os parâmetros geotécnicos e físicos verificados em estudos realizados naquela estrutura. Tendo sido identificada a composição de camada única granular (cascalho laterítico) com espessura média de 25,00cm.

**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF**  
 Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP

Com isso, procedeu-se a tantas retroanálises quanto foram necessárias, até que a situação no topo do subleito se mostrasse adequada/aprovada aos critérios mecanicistas empíricos. A estrutura final do pavimento é mostrada na Figura 11, abaixo:

N USACE	2,00E+07
N AASHTO	6,67E+06

PAVIMENTO NOVO 1 x 4100: REFORÇO DA ESTRUTURA DADA PELO PROJETO				
Camadas		Espessura (cm)	E (Kgf/cm <sup>2</sup> ) adotado	Poisson
Revestimento	capa	4	35.000	0,30
	binder	6	25.000	0,30
Nova Base		20	2.500	0,35
Sub-Base		20	1.350	0,35
Reforço		0		
Subleito			1.280	0,40
				3,0

Análise mecanística					
	Admissível	Parâmetro	Previsto	Unidade	Situação
Deflexão	53,09	D	45,7	$\times 10^{-2}$ mm	Aprovado
Fibra inferior CBUQ	2,29E-04	$\epsilon_t$	1,35E-04	mm / mm	Aprovado
Topo do Subleito	3,40E-04	$\epsilon_v$	3,35E-04	mm / mm	Aprovado

PREVISÃO DE DESEMPENHO	
4,69E+07	USACE
4,25E+07	AASHTO   1,28E+08   USACE
2,14E+07	USACE

Critério adotado  
 Deflexão admissível - DNER PRO 11/79  
 REVESTIMENTO - FHWA, 1976  
 SUBLEITO - Dormon & Metcalf 1965

Figura 11 - Avaliação pelo Método Mecanístico / Estrutura Final Aprovada

### 2.1.4 Proposta de Execução do Pavimento

Considerando as características apresentadas nos estudos geotécnicos realizados na pista existente, bem como, considerando a remodelação do traçado (planimetria) apresentado junto ao SIV 085/2021, e os resultados obtidos na avaliação mecanística da estrutura dimensionada, propõe-se a realização das seguintes atividades de preparação/execução:

- Remoção do revestimento betuminoso por fresagem a frio, em operação contínua, na espessura de 5 cm (aferida com base nas inspeções apontadas no Estudo Geotécnico de 2014) / em trechos diversos (onde não há coincidência com pista existente) ocorrerá as atividades de limpeza da camada vegetal, seguida de terraplenagem;

**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF**  
Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP

- Escarificação mecanizada da camada granular do pavimento existente (cascalho laterítico), na espessura de 20 cm, e tombamento lateral para reutilização na nova camada de sub-base (aferida com base nas inspeções apontadas no Estudo Geotécnico de 2014);
- Execução de aterro/corte, conforme demonstrado em perfil longitudinal da Via (devendo as três últimas camadas de 20cm, cada, serem compactadas a 100% do Proctor Intermediário;
- Regularização do Subleito;
- Execução da camada de sub-base, com o material granular depositado lateralmente à pista, na espessura de 20 cm (energia de compactação intermediária). Será necessário empréstimo de material terroso (adicionado de 4% de cal), oriundo de movimentação de solo na própria obra, para complementar volume a ser empregado nessa camada;
- Execução de camada de base, em brita graduada simples – BGS, na espessura de 20 cm (energia de compactação modificada);
- Imprimadura Impermeabilizante – EAI, à taxa de aplicação de 0,9 a 1,3 l/m<sup>2</sup>;
- Pintura de Ligação (RR1-C), diluída em água, na proporção 1:1, aplicando-se a mistura numa taxa residual, no mínimo 0,40 l/m<sup>2</sup> (a taxa de aplicação de emulsão diluída é da ordem de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup>);
- Execução da camada de ligação, em Binder, com ligante do tipo CAP 50/70, empregando a faixa “B” (DNIT 031/2006 – ES), na espessura de 6 cm.
- Pintura de Ligação (RR1-C), diluída em água, na proporção 1:1, aplicando-se a mistura numa taxa residual, no mínimo 0,40 l/m<sup>2</sup> (a taxa de aplicação de emulsão diluída é da ordem de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup>); e
- Execução da camada de revestimento, em Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ, com ligante do tipo CAP 50/70, empregando a faixa “C” (DNIT 031/2006 – ES), na espessura de 4 cm.

**A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada deverá ser de 46 centésimos de milímetros.**

**O material resultante da demolição da camada granular do pavimento/cascalho (base/sub-base), deverá ser estocado lateralmente à pista a ser trabalhada, para posterior emprego na camada de sub-base de pavimentos novos, na própria obra. Já o material obtido da fresagem do revestimento**

asfáltico, deverá ser levado para a NOVACAP (distante 9,7 km do ponto médio da obra). As compensações laterais de solo, para emprego em aterro e/ou sub-base melhorada com cal, constam previstas no presente dimensionamento.

Quando da reconstrução da estrutura do pavimento, deverá ser garantida a inclinação transversal de 2%, a fim de que o escoamento das águas pluviais seja direcionado às captações a serem implantadas ao longo do trecho (conforme projeto de drenagem a ser disponibilizado).

## **2.2 Ciclovias (Canteiro Central)**

A partir da definição do tipo de pavimento a ser empregado no traçado cicloviário, procurou-se identificar os defeitos habituais ocorrentes, ratificando a necessidade de gerenciar a serventia dos pavimentos cicloviários já implantados, no âmbito do Distrito Federal, baseados nas avaliações objetivas e, em especial, nas subjetivas, de forma a proporcionar um melhor desempenho operacional, no que tange a segurança e o conforto para o ciclista.

A escolha pela execução do revestimento em asfalto contínuo, com superfície de manutenção lisa, se dá ao fato de que são os que possuem maior sensação de suavidade para o ciclista.

A Norma NBR 7207/82 determina quais são as funções de um pavimento, ou seja, resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança; e resistir os esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

As ciclovias não são submetidas a grandes esforços, não necessitando de estrutura maior do que a utilizada para vias/calçadas de pedestres. Com base nas estruturas usualmente empregadas nas camadas dos pavimentos cicloviários, propõe-se, para a ciclovias a ser executada no canteiro central da Via de Ligação Guará-Núcleo Bandeirante, a aplicação de revestimento betuminoso sobre camadas finais da terraplenagem (duas camadas de 20cm cada), compactada a 100% do Proctor Intermediário. Para o caso em questão, considerando a disponibilidade e os parâmetros de ISC e expansibilidade, verificados no solo local, opta-se pela estabilização granulométrica do mesmo.

No preparo do subleito, de forma a garantir estrutura mínima de suporte, deverá ser providenciada a escarificação e compactação (GC de 100% da energia do Proctor Intermediário), de duas camadas de 20cm, totalizando 40cm.

Assim, propõe-se a realização das seguintes atividades para a execução do pavimento cicloviário:

- Limpeza da camada vegetal;
- Escarificação de 40 cm do subleito e compactação do mesmo em duas camadas de 20 cm cada (energia de compactação 100% do Proctor Intermediário);
- Imprimadura Impermeabilizante – EAI, à taxa de aplicação de 0,9 a 1,3 l/m<sup>2</sup>;
- Pintura de Ligação (RR1-C), diluída em água, na proporção 1:1, aplicando-se a mistura numa taxa residual, no mínimo 0,40 l/m<sup>2</sup> (a taxa de aplicação de emulsão diluída é da ordem de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup>); e
- Revestimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ, com ligante do tipo CAP 50/70, empregando a faixa “C” (DNIT 031/2006 – ES), na espessura de 3 cm.

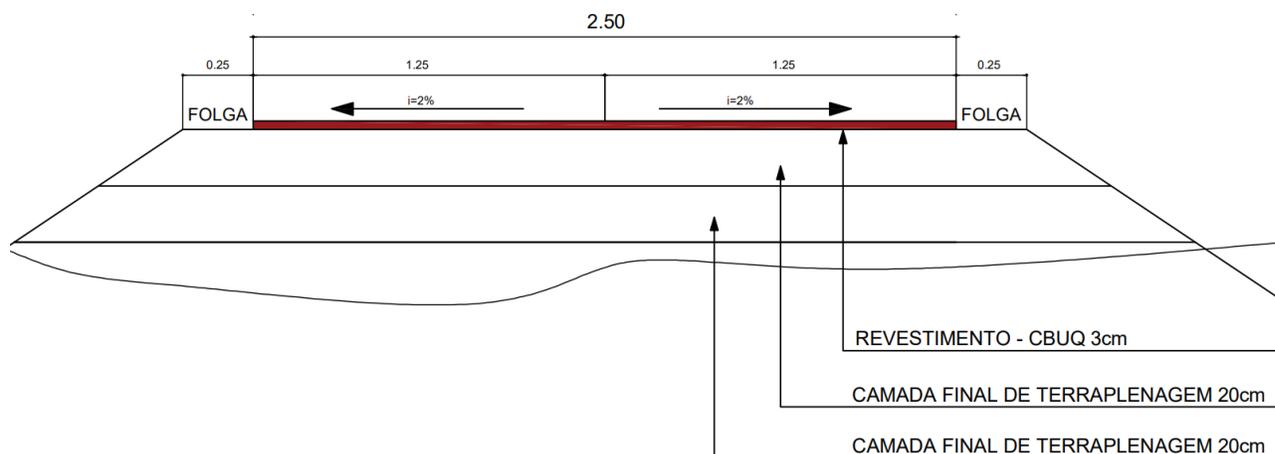


Figura 12 - Seção Tipo / Ciclovia

**Caso haja necessidade de complementação de material terroso, por ocasião de perda quando da execução dos serviços de escarificação, deverá ser utilizado solo existente em bota-espera localizado em área do Joquei (distante 12,3 do ponto médio da obra).**

## 2.4 Resumo das Estruturas de Pavimento a serem adotadas

Quadro 1 – Duplicação da Via de Ligação Guará-Núcleo Bandeirante

Camada	Espessura (cm)
<b>Solução de Restauração: Reparo Profundo</b>	
Concreto Betuminoso Usinado à Quente – CBUQ, Faixa “C”, CAP 50/70	4,0
Pintura de Ligação (RR-1C)	-
Camada de Ligação – Faixa “B”, CAP 50/70	6,0
Pintura de Ligação (RR-1C)	-
Imprimadura Impermeabilizante - EAI	-
Base de Brita Graduada Simples – BGS (CBR <sub>min</sub> ≥80%)	20,0
Sub-Base em Material Granular ou Solo Cal 4% (CBR <sub>min</sub> ≥20%)	20,0
Regularização do Subleito	-
Sub-leito – camadas finais (CBR≥9%)	60,0

Quadro 2 – Ciclovia

Camada	Espessura (cm)
<b>Solução: Construção de Pavimento Novo</b>	
Concreto Betuminoso Usinado à Quente - CBUQ	3,0
Pintura de Ligação (RR-1C)	-
Imprimadura Impermeabilizante - EAI	-
Sub-leito – camadas finais (CBR≥7%)	40,0

## 3. ESPECIFICAÇÕES DOS SERVIÇOS

Nas vias em que foram construídos pavimentos novos, será adotada, sem prejuízo das demais especificações atinentes a cada uma das camadas, a avaliação das mesmas através da Viga Benkelman, de acordo com o método DNER-ME 24/94, que deverá apresentar valores inferiores àqueles valores máximos admissíveis relativos a cada uma das camadas, considerado um grau de confiabilidade de 90%.

### **3.1 Remoção e Estocagem do Solo Orgânico**

Compreende a retirada da camada superficial de solo, que contém matéria orgânica, nutrientes minerais e microorganismos, presente nas áreas destinadas à implantação da ciclovía (canteiro central da Via de Ligação Guará-Núcleo Bandeirante) e na duplicação da via.

Foi previsto o transporte desse material para a Unidade de Recebimento de Entulho – URE, localizada em área do antigo “lixão” da cidade estrutural (distante 13,5 km do ponto médio da obra). Contudo, a critério da FISCALIZAÇÃO, este material poderá ser estocado em leiras para reutilização: retorno aos pés dos taludes de aterro, recuperação de caixas de empréstimo e, se for o caso, na recuperação de áreas degradadas já existentes no local (espalhamento).

Os procedimentos gerais para esses serviços deverão obedecer à especificação DNIT 104/2009-ES.

**O serviço será medido pela área executada (m<sup>2</sup>).**

### **3.2 Cortes**

Deverão ser executados de acordo com a especificação DNIT 106/2009-ES. O material obtido será descarregado lateralmente e/ou transportado para utilização em aterro e camadas do pavimento, ou depositado em locais (bota-fora/bota-espera) determinados pela FISCALIZAÇÃO, conforme projeto de terraplenagem a ser fornecido pela SODF.

A medição dos serviços deverá ser efetuada com base no volume geométrico do aterro executado com o material escavado e multiplicado o seu valor pelo fator (f).

**Critério de medição será m<sup>3</sup>, medido pelo volume de corte in natura.**

### **3.3 Aterros**

Serão construídos de acordo com a especificação DNIT 108/2009-ES. O material será obtido de cortes e/ou de caixas de empréstimo/bota-espera, conforme indicado em projeto, e compactado com grau mínimo de 100% do método DNIT 164/2013 ME (energia normal), sendo as três últimas camadas, com espessura de 20 cm, cada, compactada com grau mínimo de 100% do método DNIT 164/2013 ME (energia intermediária).

**O serviço de compactação será medido em volume (m<sup>3</sup>), considerando a seção geométrica compactada.**

### **3.4 Fresagem à Frio de Pavimento Asfáltico**

**A fresagem compreende o corte por movimento rotativo contínuo para remoção de camada asfáltica do pavimento até atingir a superfície da base subjacente. A espessura média a ser fresada é a de 5 cm, sendo a atividade aplicada à toda extensão da via existente na Ligação Guará-Núcleo Bandeirante.**

Devem ser observadas medidas visando a preservação do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas à fresagem do pavimento. Os cuidados relativos à preservação ambiental referem-se à disciplina do tráfego, ao estacionamento dos equipamentos e à adequada disposição dos materiais resultantes da fresagem.

A CONTRATADA deverá realizar vistoria no local das obras para tomar conhecimento das condições e da espessura do pavimento, tendo em vista os serviços de remoção do revestimento existente. Não serão admitidas reivindicações posteriores sob a alegação de desconhecimento das condições do pavimento.

**O serviço será medido em metro cúbico (m<sup>3</sup>) e o pagamento será feito pelos preços contratuais, em conformidade com as quantidades medidas e do modo de operação do equipamento (contínua ou descontínua), incluindo-se todas as operações necessárias à completa execução do serviço. O transporte do material fresado será pago a parte, em item constante na planilha orçamentária para esse serviço (material fresado previsto para ser depositado no interior da NOVACAP, distante 9,7 km do ponto médio da obra).**

#### Equipamento

Serão empregados os seguintes equipamentos:

Fresadora: máquina auto-propulsora capaz de cortar as camadas de pavimento na profundidade necessária. Deve possuir dispositivos de regulagem que permitam graduar corretamente a profundidade de corte, comando hidrostático e possibilidade para fresagem a frio, na largura necessária. Deve possuir dispositivos que permitam a retirada do material fresado da pista para a caçamba de um caminhão. Os dentes da fresadora devem ser cambiáveis e devem ser extraídos e montados através de dispositivos simples e práticos;

Caminhão tanque, para abastecimento do depósito de água da fresadora;

- Vassoura mecânica;

- Trator de pneus.

### Execução

A velocidade da máquina deverá ser compatível com a produção necessária e com a segurança do tráfego. Durante a fresagem, deverá ser mantida a operação de jateamento de água, para resfriamento dos dentes do tambor. Para isso, o tanque da fresadora deverá ser constantemente abastecido.

Após a fresagem, os segmentos trabalhados deverão ser limpos com vassoura mecânica, para eliminação do pó resultante do corte. O material fresado será removido para local apropriado, indicado pela Fiscalização, observando os cuidados ao meio ambiente, devendo posteriormente ser carregado em caminhão basculante e transportado para ser depositado no interior da NOVACAP (distante aproximadamente 9,7 km do ponto médio da obra).

O controle dos serviços consistirá em medições da espessura de corte, admitindo-se variações de  $\pm$  10% em relação à espessura a ser determinada pela CONTRATADA e aprovada pelo Executor da Obra.

Não serão permitidas depressões na superfície após a fresagem. Caso ocorram, o serviço deverá ser inteiramente corrigido, sem ônus para o SODF.

### **3.5 Escarificação e Remoção Mecânica de Camada Granular do Pavimento**

Esta Especificação se aplica à remoção da camada granular do pavimento existente (Base e Sub-Base), para a implantação do pavimento novo.

A remoção será mecanizada. Deve-se prever a utilização racional dos equipamentos para possibilitar a execução dos serviços sob as condições de restrição de espaço e de preservação da camada granular do pavimento (Base e Sub-Base existentes), haja visto o emprego da mesma na própria obra (sub-base de pavimentos novos).

A remoção do material granular será feita mediante a escarificação da camada com motoniveladora pesada ou trator de esteiras de porte médio provido de escarificador. O material escarificado será amontoado em forma de leira, com o auxílio de motoniveladora e carregado com pá-carregadeira.

A remoção será processada mediante destinação dos materiais escavados, da camada granular do pavimento (espessura aproximada de 0,20m) devendo esse material ser armazenada lateralmente à pista, para posterior utilização na camada de sub-base, na própria obra.

A reserva de materiais para posterior utilização terão destinação orientada pela FISCALIZAÇÃO.

O controle será feito por apreciação visual.

**Para estes serviços a medição se fará em metros cúbicos (m<sup>3</sup>), resultante do produto da área de remoção efetivamente executada pela espessura da camada removida obtida por medição direta no campo.**

### **3.6 Regularização do Subleito**

Será executada em toda a extensão a receber pavimento novo, assim como nas áreas de execução da ciclovia, conforme projeto, com energia do método AASHO normal, de acordo com a especificação DNIT 137/2010-ES. A deflexão recuperável, a ser obtida sobre a superfície acabada da regularização do subleito, deverá apresentar um valor máximo de 90 centésimos de milímetros.

**O serviço será medido pela área executada (m<sup>2</sup>).**

### **3.7 Compactação do Subleito**

Onde se prevê a construção de pavimentos novos, conforme indicado em projeto, assim como na plataforma da ciclovia, deverá ser executada a compactação do subleito na forma que se segue: últimas três camadas com espessura de 20 cm, cada (pavimentos novos da duplicação); assim como nas duas últimas camadas de 20cm, cada (ciclovias), com grau mínimo de 100% do método DNIT 164/2013 ME (energia intermediária).

**O serviço de compactação será medido em volume (m<sup>3</sup>), considerando a seção geométrica compactada.**

### **3.8 Sub-Base Estabilizada Granulometricamente**

A camada de sub-base, da duplicação da Via de Ligação Guará-Núcleo Bandeirante deverá ter espessura final  $e_{\text{sub-base}} = 20$  cm, conforme constante no projeto de pavimentação. Em parte da extensão de via a ser duplicada, será utilizado o material oriundo da demolição da camada granular de base e sub-base existentes na própria faixa de rolamento, depositado lateralmente à pista.

Para a execução da camada de sub-base, o material utilizado deverá apresentar expansão  $\leq 1,0\%$  e valor de ISC  $\geq 20\%$  aferidos pelos seguintes ensaios: Ensaio de Compactação – Norma DNIT 164/2013 ME e Ensaio de Índice de Suporte Califórnia – ISC – Norma DNIT 172/2016 ME, com energia de compactação intermediária (Método B). A aprovação da camada compactada deverá apresentar grau de compactação de

100% da massa específica aparente máxima seca, conforme o ensaio realizado pela Norma DNIT 164/2013 ME, Método B, respeitado o desvio de umidade de mais ou menos 2,0%, em relação a umidade ótima.

Os critérios de verificação do teor de umidade em relação aos equipamentos a serem utilizados, são os mesmos citados anteriormente. A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada da sub-base será de no máximo 80 centésimos de milímetros. Não sendo atingida a deflexão estipulada em determinada estaca ensaiada, os resultados deverão ser submetidos à FISCALIZAÇÃO para avaliação, caso a caso.

**O serviço será medido pelo volume geométrico da sub-base executada, em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).**

### **3.9 Sub-Base de Solo Cal**

Parte do material a ser empregado na camada de sub-base da via de ligação, será oriundo da movimentação de solo da própria obra (terraplenagem) e/ou proveniente de bota-espera localizado na área do Jaquei, com adição de 4% de cal, em conformidade com a norma DNIT 421/2019 - ES - Pavimentação - Solo-Cal - Adição de Cal para Estabilização de Camada de Sub-base e deverá ter espessura final  $e_{\text{sub-base}} = 20$  cm, conforme constante no projeto de pavimentação. Os parâmetros Físico-químicos da Cal Hidratada a ser aplicada, devem obedecer ao anexo A da Norma DNIT 418/2019- EM. Situação em que o índice de suporte alcançado pela mistura deverá ser ensaiada e confirmada, antes de seu emprego na obra.

Para a execução da camada de sub-base, o material utilizado deverá apresentar expansão  $\leq 1,0\%$  e valor de ISC  $\geq 20\%$ , aferidos pelos seguintes ensaios: Ensaio de Compactação – Norma DNIT 164/2013 ME e Ensaio de Índice de Suporte Califórnia – ISC – Norma DNIT 172/2016 ME, com energia de compactação intermediária (Método B). Para a aprovação da camada compactada, esta deverá apresentar grau de compactação de 100% da massa específica aparente máxima seca, conforme o ensaio realizado pela Norma DNIT 164/2013 ME, Método B, respeitado o desvio de umidade de mais ou menos 2,0%, em relação a umidade ótima. Os critérios de verificação do teor de umidade em relação aos equipamentos a serem utilizados, são os mesmos citados anteriormente. A deflexão recuperável a ser obtida sobre a superfície acabada da sub-base, será de no máximo 80 centésimos de milímetros. Não sendo atingida a deflexão estipulada em determinada estaca ensaiada, os resultados deverão ser submetidos à FISCALIZAÇÃO para avaliação, caso a caso.

Obs. A ciclovia não possui camada de sub-base.

**O serviço será medido pelo volume geométrico da sub-base executada, em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).**

### **3.10 Base de Brita Graduada Simples - BGS**

Será constituída de brita graduada, com espessura final  $e_{base}$  BGS = 20 cm (pavimentos novos, na Via de Ligação Guará-Núcleo Bandeirante), estabilizada granulometricamente, com  $ISC \geq 100\%$ , conforme Norma DNIT 141/2010-ES, compactado com grau mínimo de 100% pelo método DNER 129/94 (Método C / energia modificada), e atendendo ao contido na especificação ET-DEP00/008 – Rev. A – Julho/2005 – DER/SP. A deflexão recuperável, a ser obtida sobre a superfície acabada da base, deverá apresentar um valor máximo de 70 centésimos de milímetros. Caso em determinado trecho não seja atingida a deflexão estipulada, deverá ser submetido à FISCALIZAÇÃO para avaliação, caso a caso.

**O serviço será medido pelo volume determinado pelas seções transversais do projeto, em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).**

**Os preços de aquisição e transporte da brita até a usina já estão incluídos neste item. O transporte do material usinado até a pista é pago a parte.**

### **3.11 Imprimação**

Sobre a superfície de base acabada da via e, devidamente liberada pela FISCALIZAÇÃO, será processado o espargimento de emulsão asfáltica tipo EAI, em conformidade com a norma DNIT 165/2013-EM, e demais parâmetros descritos na Norma DNIT 144/2014-ES, que deverá ser seguida em sua totalidade, e com taxa de aplicação estimada entre 0,9 e 1,3 l/m<sup>2</sup> para efeito de quantitativo, foi utilizado a taxa de 1,3 l/m<sup>2</sup>.

**A taxa real a ser utilizada deverá ser determinada experimentalmente na obra, conforme constante no item 5.1-b, da Norma DNIT 144/2014-ES, que deverá ser utilizada na medição do serviço.**

Para a preparação da superfície deverá ser realizada a varredura com vassouras mecânicas rotativas ou jato de ar comprimido e imediatamente após a aplicação do produto. Sobre o mesmo deverá ser realizada a cobertura com agregados finos (areia ou pó de pedra), os quais deverão ser "paleadas" e espalhadas a rodo de forma uniforme, somente no trecho onde não for possível realizar o desvio do trânsito, como nos acessos lindeiros a via, ou nas interseções em implantação, se for o caso.

A faixa de viscosidade recomendada para a emulsão EAI de 20 a 100 segundos “Saybolt-Furol” (NBR 14.491/2007). A aplicação da EAI na obra deverá ser realizada por caminhões distribuidores, conforme item 5.2, da Norma DNIT 144/2014-ES e ficará condicionada à aprovação da taxa de aplicação pela FISCALIZAÇÃO.

**O serviço será medido pela área executada, em metros quadrados (m<sup>2</sup>). O preço do material betuminoso é pago a parte, conforme tabela da ANP.**

### **3.12 Pintura de Ligação**

A pintura de ligação deverá ser aplicada sobre a superfície imprimada, e entre camadas de revestimento ou onde for necessário ou solicitado nesta especificação, ou ainda pela FISCALIZAÇÃO, em atendimento à especificação DNER 395/99-ES e em todos os seus requisitos: materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade dos materiais empregados, além das condições de conformidade e de medição dos serviços. O ligante asfáltico não deve ser distribuído com temperatura ambiente inferior a 10°C, em dias de chuva, ou quando a superfície a ser pintada apresentar qualquer sinal de excesso de umidade.

O ligante betuminoso a ser aplicado será emulsão asfáltica RR-1C, sendo que a taxa residual de 0,3 a 0,4 l/m<sup>2</sup>. A emulsão deve ser diluída na proporção 1:1 com água, a fim de garantir a sua uniformidade na distribuição. A taxa de aplicação de emulsão diluída é de 0,8 a 1,0 l/m<sup>2</sup>. A taxa efetiva será aquela determinada na obra, e que será utilizada para a medição do serviço.

Para a preparação da superfície, deverá ser realizada a varredura com vassouras mecânicas rotativas ou jato de ar comprimido. A temperatura da aplicação do ligante asfáltico deverá ser fixada conforme DNER 395/99-ES, em função da relação temperatura x viscosidade, escolhendo-se a temperatura que proporcione a melhor viscosidade para espalhamento. A viscosidade recomendada para o espalhamento da emulsão deve estar entre 20 a 100 segundos “Saybolt-Furol” (DNER-ME 004/94).

**O serviço será medido pela área executada, em metros quadrados (m<sup>2</sup>). O material betuminoso será pago à parte em conformidade com a tabela da ANP.**

### **3.13 Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)**

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ deverá atender à Norma DNIT 031/2006 –ES e ET-DE-P00/027-DER/SP em todos os seus requisitos, tais como: materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade dos materiais empregados, além das condições de conformidade e de medição dos serviços. A camada de CBUQ deverá ser aplicada nas espessuras indicadas no projeto a ser fornecido pelo SODF/DF: aplicação em duas camadas na via de ligação (**e<sub>CBUQ</sub> FAIXA C=4,0cm; e<sub>CBUQ</sub> FAIXA B=6,0cm**) e, em uma camada na ciclovia (**e<sub>CBUQ</sub> FAIXA C=3,0cm**).

O CBUQ a ser aplicado deverá estar enquadrado na faixa “C”, para primeira camada, e faixa “B”, na segunda camada, do DNIT, e deverá atender à especificação DNIT 031/2006-ES, com atenção especial ao

item 5.2 (Composição da Mistura) dessa especificação. O traço a ser usado será determinado em função das fontes de agregados utilizados na obra, devendo, no entanto, a mistura de materiais estar enquadrada em faixa específica a ser proposta pela CONTRATADA e aprovada pelo FISCALIZAÇÃO da SODF. A aplicação do CBUQ ficará condicionada à aprovação do traço pela FISCALIZAÇÃO. Deverá ser usado como ligante o cimento asfáltico de petróleo (CAP-50/70), conforme projetos fornecidos pela NOVACAP.

A mistura asfáltica resultante da confecção da camada de rolamento executada na obra deverá atender aos parâmetros de projetos relativo à faixa granulométrica (com um grau de confiança de 85%), porcentagem de vazios, relação betume/vazios, estabilidade e resistência à tração por compressão diametral estática.

Caso se verifique espessuras inferiores a 90% do valor especificado em trechos com extensões superiores a 100 m, deverá ser executada nova camada de CBUQ, com espessura mínima exequível sobre o segmento deficiente, às expensas da CONTRATADA.

**O critério de medição será pela tonelada (t) de material aplicado na pista, medido pelo volume determinado pelas seções transversais do projeto, aplicada a densidade da massa fornecida pela FISCALIZAÇÃO. O material betuminoso será pago à parte em conformidade com a tabela da ANP.**

### **3.14 Meio-Fio**

Serão implantados meio fios, padrão NOVACAP, com as seguintes dimensões: peças de 30 centímetros de altura, 15cm de espessura na base, 12cm de espessura no topo e canto externo arredondado.

No caso de haver necessidade de corte de peças, isto deve ser feito com o uso de máquinas específicas para corte de pedras e assemelhados, do tipo makita. No assentamento das peças, a massa de rejunte entre elas deve ser reduzida à junta com espaçamento máximo 1cm.

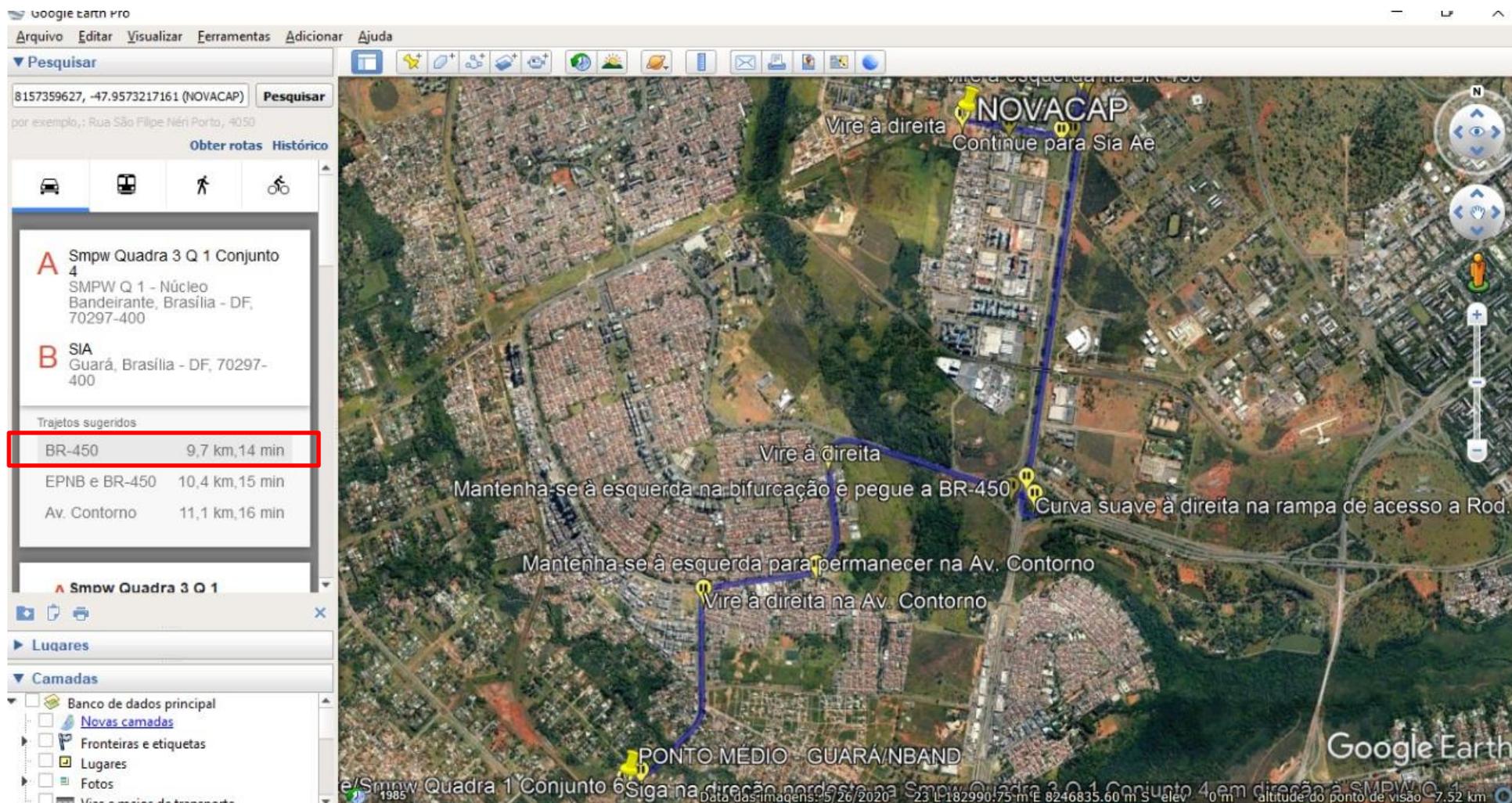
Devem ser colocados meios fios como acabamento entre as calçadas do nível +0,15cm e as pistas de rolamento do nível 0,00cm. O meio-fio de concreto rebaixado deverá ser executado nas rampas de acessos, conforme apresentado em projeto.

Deverá ser realizada a caiação dos meios-fios.

## **4. ANEXOS**

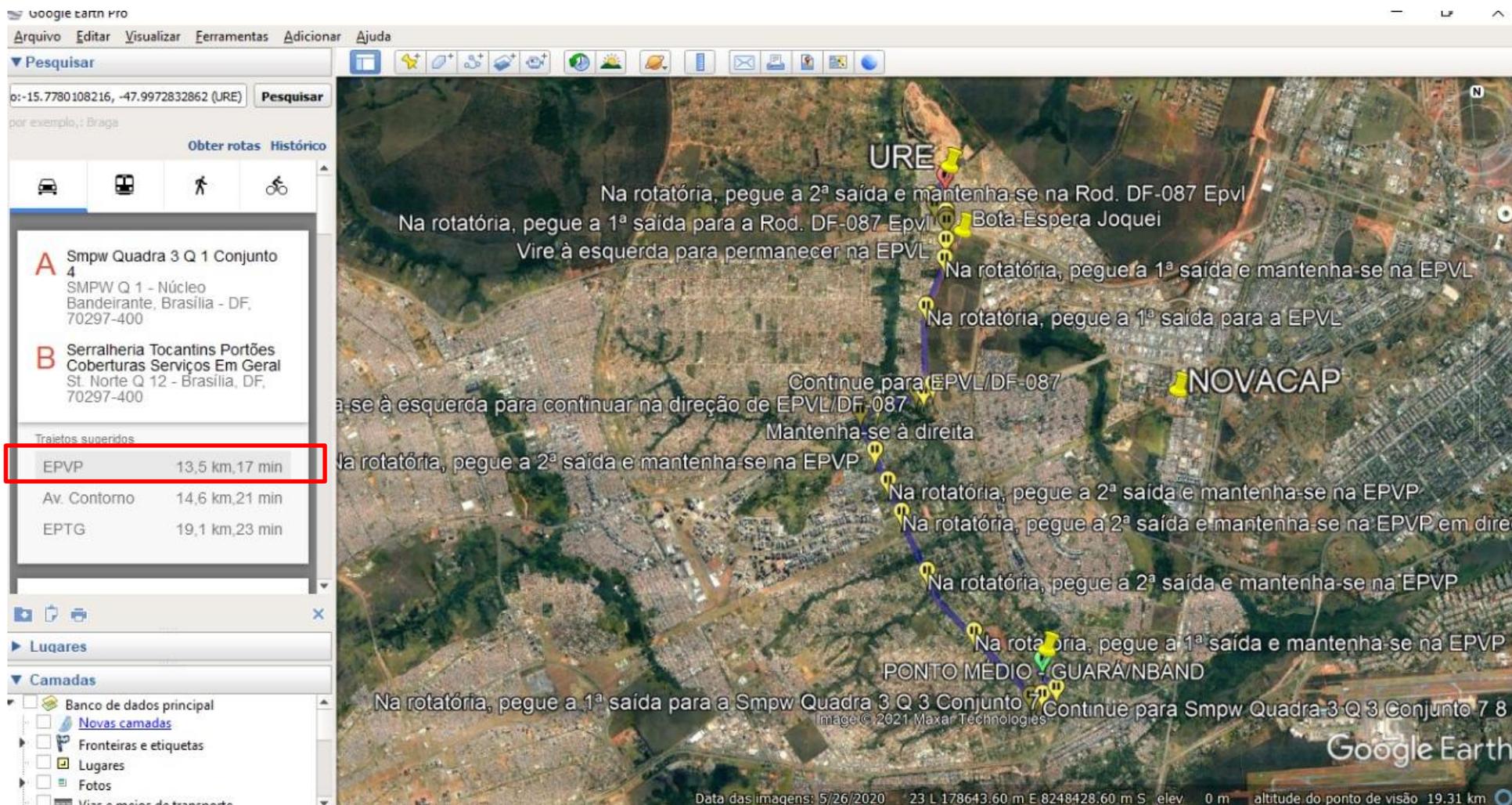
**ANEXO 01- Definição de Distâncias Médias de Transporte - DMT**

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL  
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF  
Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP



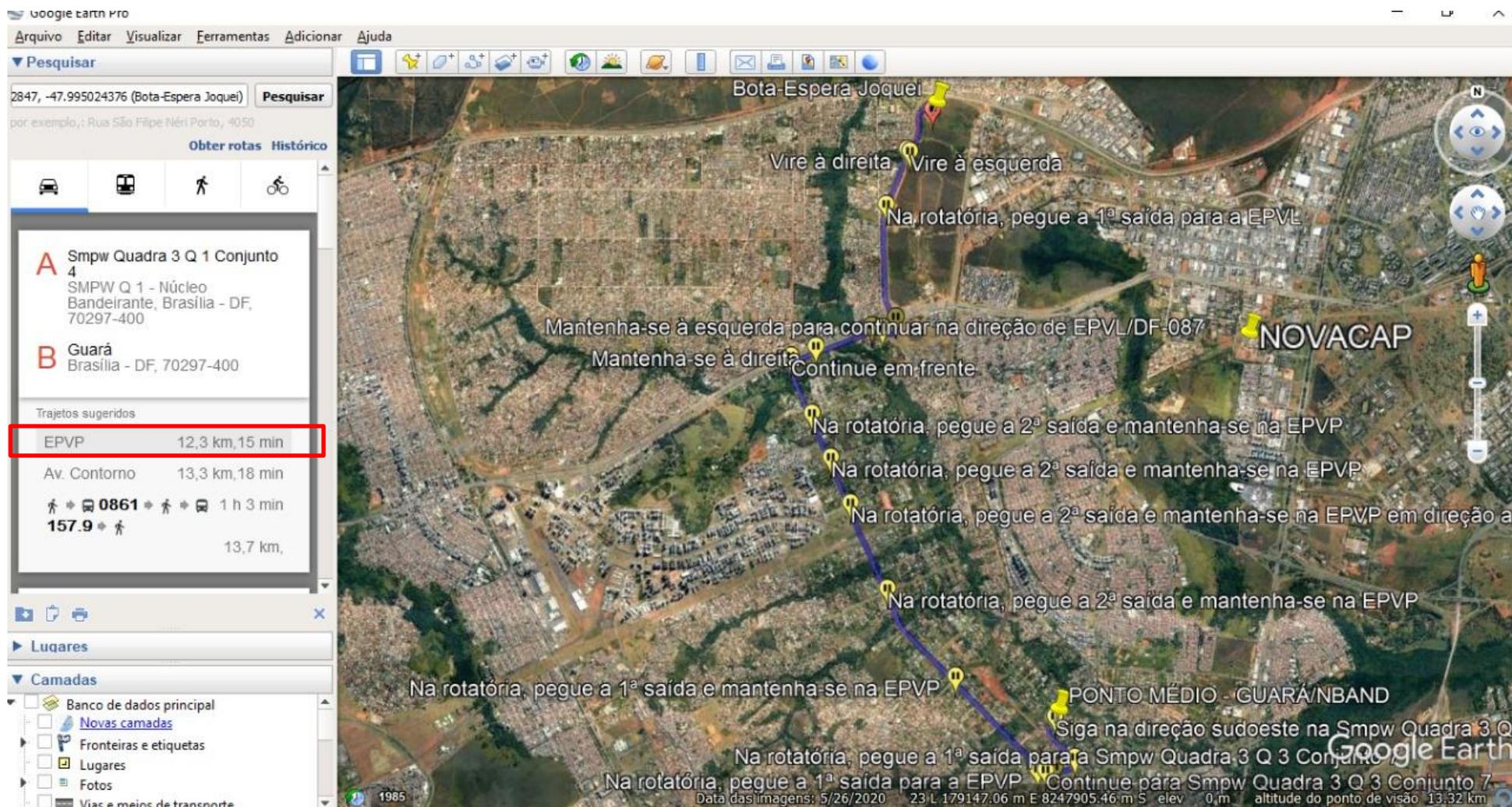
DMT NOVACAP

**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF**  
 Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP



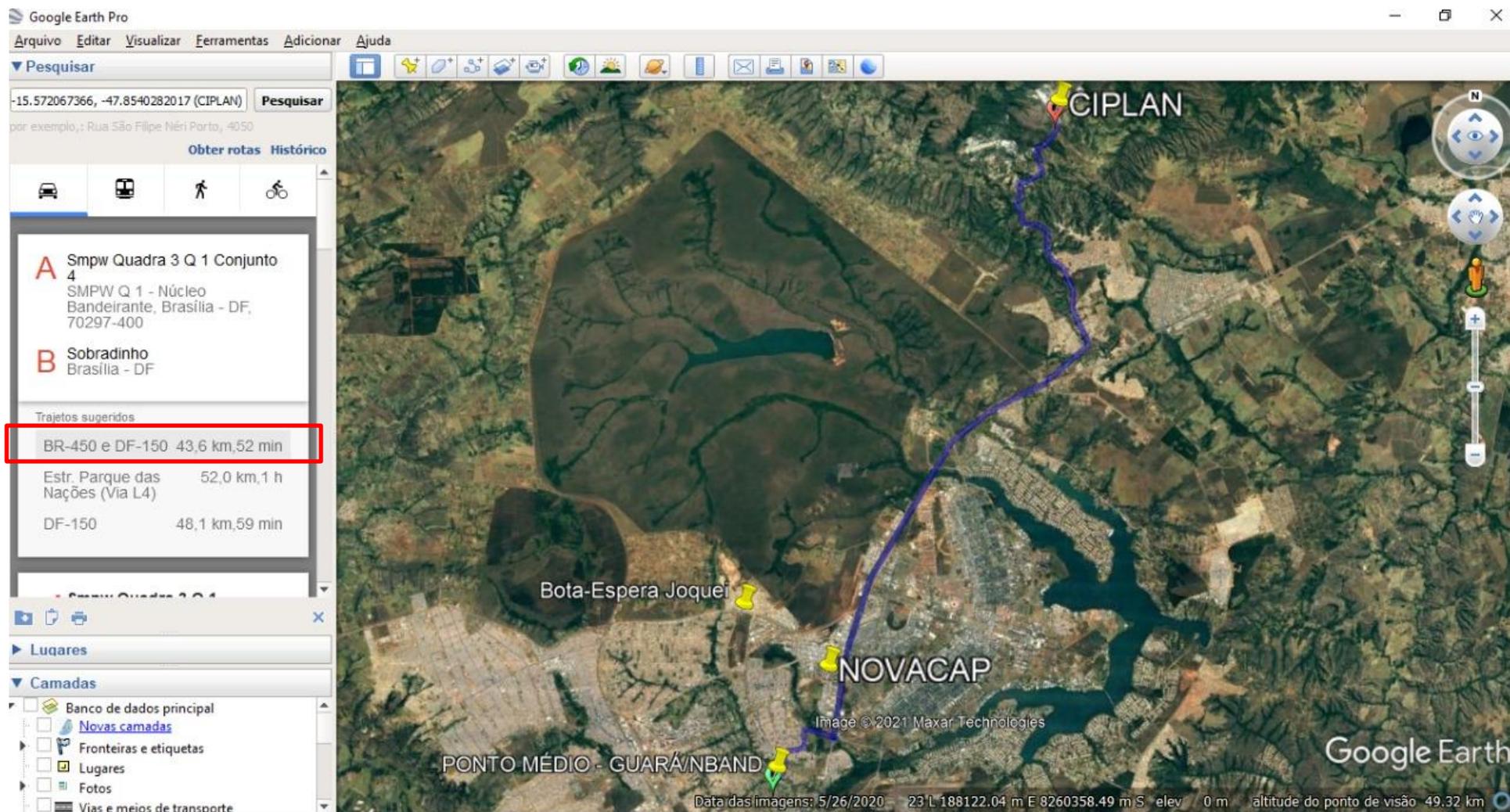
**DMT URE**

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL  
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF  
Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP



### DMT BOTA-ESPERA JOQUEI

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL  
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF  
Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP



DMT CIPLAN

**GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**  
**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SODF**  
Subsecretaria de Projetos, Orçamento e Planejamento de Obras – SUPOP

