

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DO DISTRITO FEDERAL – DER/DF  
SUPERINTENDÊNCIA TÉCNICA - SUTEC**

**PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA EXECUÇÃO  
DA PAVIMENTAÇÃO DAS VIAS DE ACESSO ÀS ESCOLAS -  
PROGRAMA “CAMINHO DAS ESCOLAS”.**

**Referência:** Escola Classe Santa Helena

**Rodovia:** DF-440

**Trecho:** Fim do asfalto DF-440 (km 2,1) até Entr. VC-263

**Subtrecho:** Entr. VC-249 até Entr. VC-263

**Extensão:** 6,10 km

**Código SRDF:** 440EDF0030 /440EDF0050

**Lote:** 02

**VOLUME 01 – PROJETO EXECUTIVO  
Projeto de Pavimentação– Acesso nº 17 (Escola Classe Santa Helena)**

JUNHO/2021

**DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DO DISTRITO FEDERAL – DER/DF  
SUPERINTENDÊNCIA TÉCNICA - SUTEC**

**PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA EXECUÇÃO  
DA PAVIMENTAÇÃO DAS VIAS DE ACESSO ÀS ESCOLAS -  
PROGRAMA “CAMINHO DAS ESCOLAS”.**

**Rodovia: DF-440**  
**Extensão: 6,10 km**  
**Supervisão: SUTEC/DER-DF**  
**Coordenação: Comissão Executora - IS- SUTEC - 09/12/2016**  
**Elaboração: ASTEC Engenharia Ltda**  
**Contrato: Nº 29/2016**  
**Processo: Nº 113.014.965/2017**  
**Edital: Nº 010/2014**

**VOLUME 01 – PROJETO EXECUTIVO**  
**Projeto de Pavimentação– Acesso nº 17 (Escola Classe Santa Helena)**

JUNHO/2021

## ÍNDICE

---

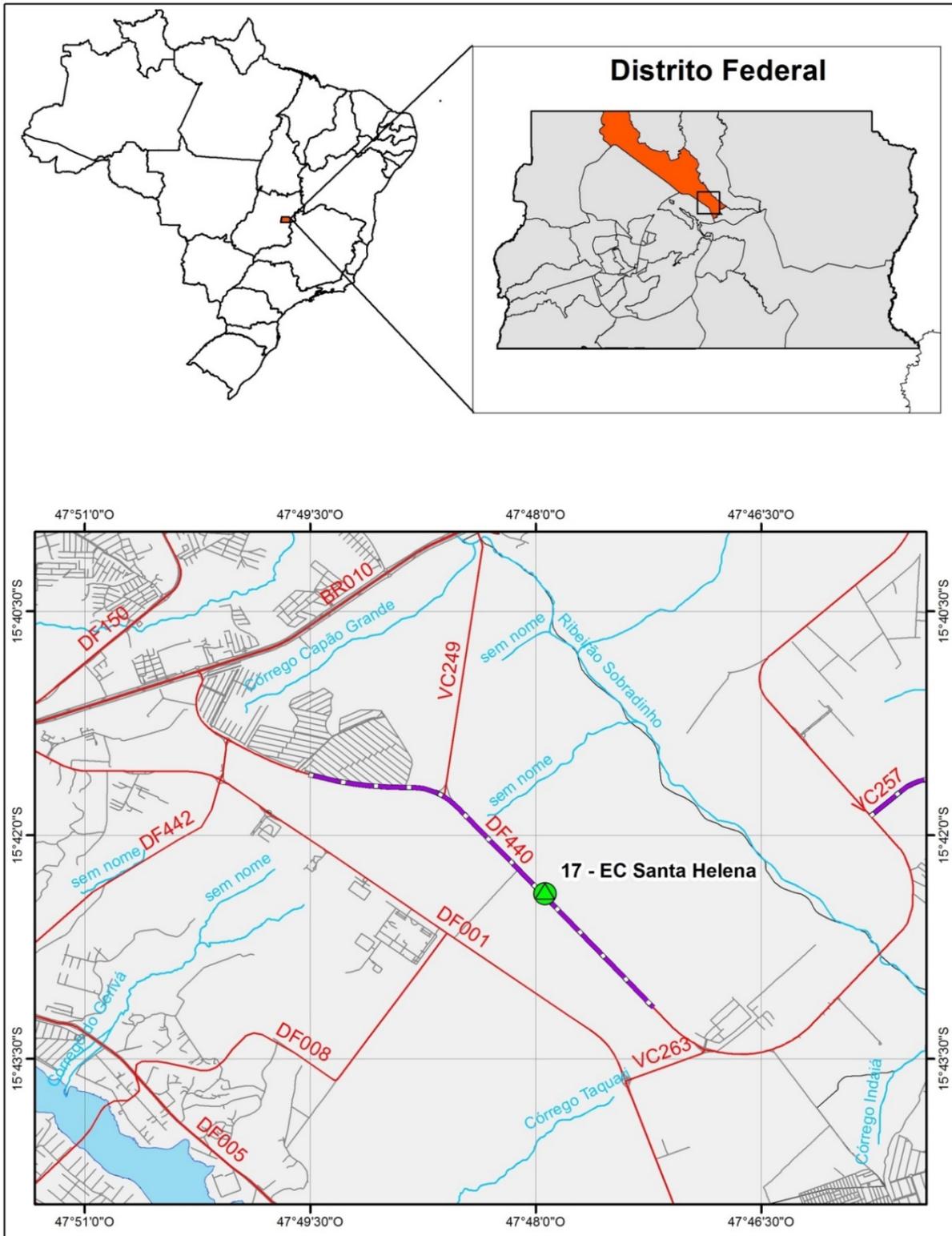
ÍNDICE .....	1
1. APRESENTAÇÃO.....	3
2. INTRODUÇÃO .....	8
3. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO NOVO.....	10
3.1. Tráfego.....	12
3.2. Capacidade de Suporte.....	12
3.3. Dimensionamento pelo Método do DNIT .....	15
3.4. Verificação Mecânica .....	17
3.4.1 Deslocamento Vertical Recuperável da Superfície do Pavimento .....	18
3.4.2 Deformação específica de tração na camada betuminosa do revestimento asfáltico novo .....	18
3.4.3 Deformações específicas de compressão no subleito .....	19
3.5. Dimensionamento da Pista Principal + Acostamento.....	20
3.5.1 Cálculo da Espessura da Base .....	20
3.5.2 Cálculo da Espessura da Sub-base .....	20
3.5.3 Verificação Mecânica .....	21
3.5.4 Análise econômica.....	22
3.6. Resumo das Soluções .....	24
3.7. Controle Deflectométrico.....	24
4. CONDIÇÕES A SEREM RESPEITADAS DURANTE A EXECUÇÃO DO PAVIMENTO .....	26
5. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....	28
6. CÁLCULO DE QUANTIDADES .....	30
7. QUADRO CONSUMO DE MATERIAIS.....	34
Anexo I – Resumo dos Ensaios do Subleito .....	36
Anexo II – Resultados obtidos do Elsym5.....	40

## 1. APRESENTAÇÃO

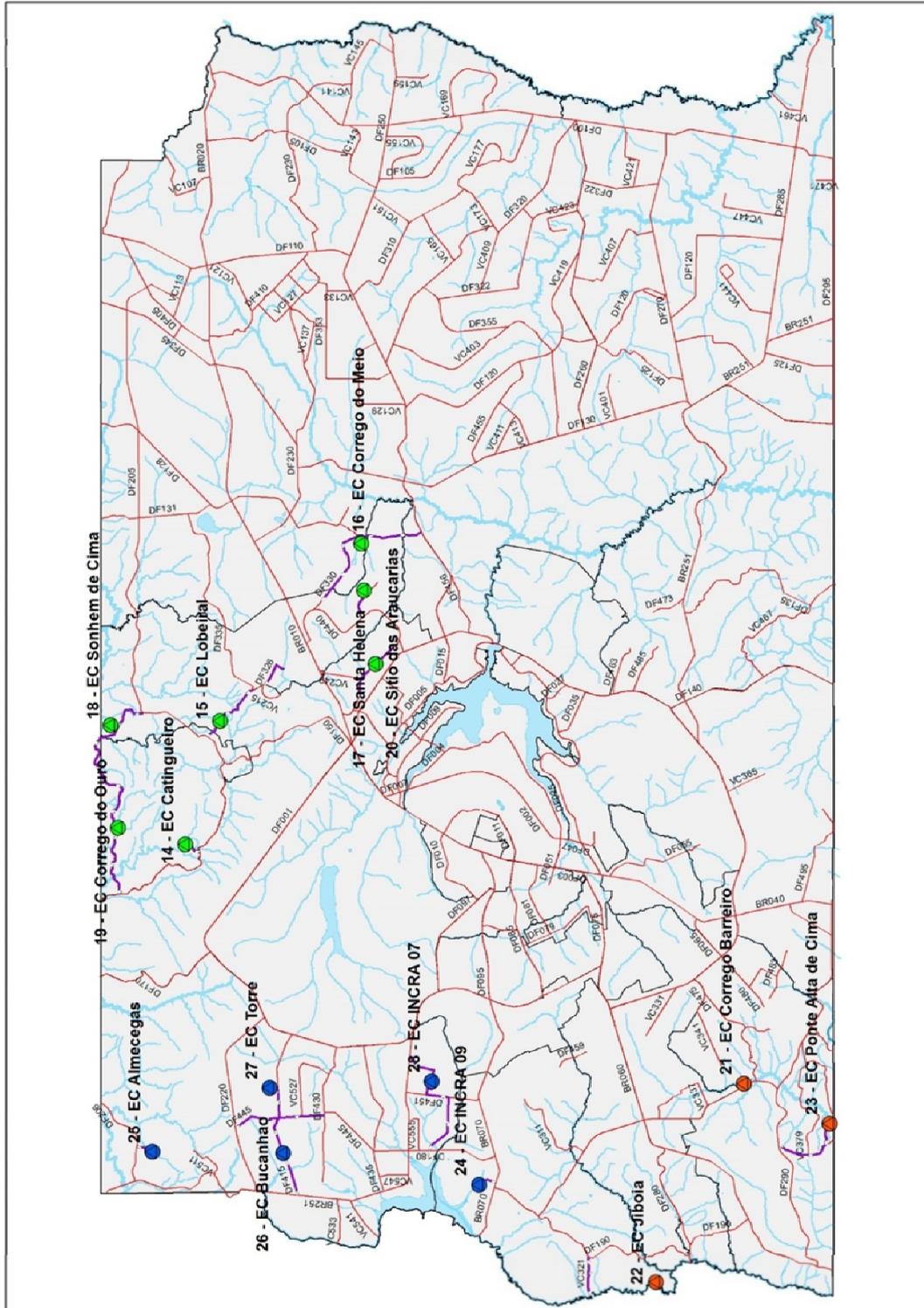
---

A Astec Engenharia Ltda., sediada à Rua Antonio Frederico Ozanan, 157, Bairro Vila Redentora, São José do Rio Preto – SP, apresenta ao DER/DF – Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal o **Projeto de Pavimentação – Acesso nº17 – Escola Classe Santa Helena**, referente à Elaboração dos Projetos Executivos de Engenharia para Execução de Pavimentação das Vias de Acesso às escolas, incluindo projetos de Ciclovias e Obras de Arte Especiais, Lote II, conforme dados abaixo:

<b>Rodovia:</b>	DF-440
<b>Lote:</b>	Lote II
<b>Extensão:</b>	6,10 km
<b>Supervisão:</b>	SUTEC/DER-DF
<b>Elaboração:</b>	Astec Engenharia Ltda.
<b>Edital:</b>	Nº 010/2014
<b>Processo:</b>	Nº 113.014.965/2017
<b>Contrato:</b>	Nº 29/2016



<b>Rodovia</b> : DF-440	Elaboração dos Projetos Executivos de Engenharia para Execução de Pavimentação das Vias de Acesso às escolas, incluindo projetos de Ciclovias e Obras de Arte Especiais, Lote II.
<b>Lote</b> : Lote II	
<b>Extensão</b> : 6,10 km	
<b>MAPA DE SITUAÇÃO</b>	



<b>Rodovia</b> : DF-440	Elaboração dos Projetos Executivos de Engenharia para Execução de Pavimentação das Vias de Acesso às escolas, incluindo projetos de Ciclovias e Obras de Arte Especiais, Lote II.
<b>Lote</b> : Lote II	
<b>Extensão</b> : 6,10 km	<b>MAPA GERAL</b>

**Elaboração:** Astec Engenharia Ltda.  
**Contrato:** Nº 29/2016  
**Processo:** Nº 113.014.965/2017

São José do Rio Preto, 15 de Junho de 2021.



Eng. Wagner Rodrigues Chaves  
CREA/SP – 0601618610  
**COORDENADOR GERAL**

## 2. INTRODUÇÃO

---

Neste relatório estão descritos os procedimentos de dimensionamento da estrutura do pavimento e as considerações de projeto para o dimensionamento do pavimento no Acesso nº 17 – Escola Classe Santa Helena.

A figura a seguir apresenta o trecho em estudo.

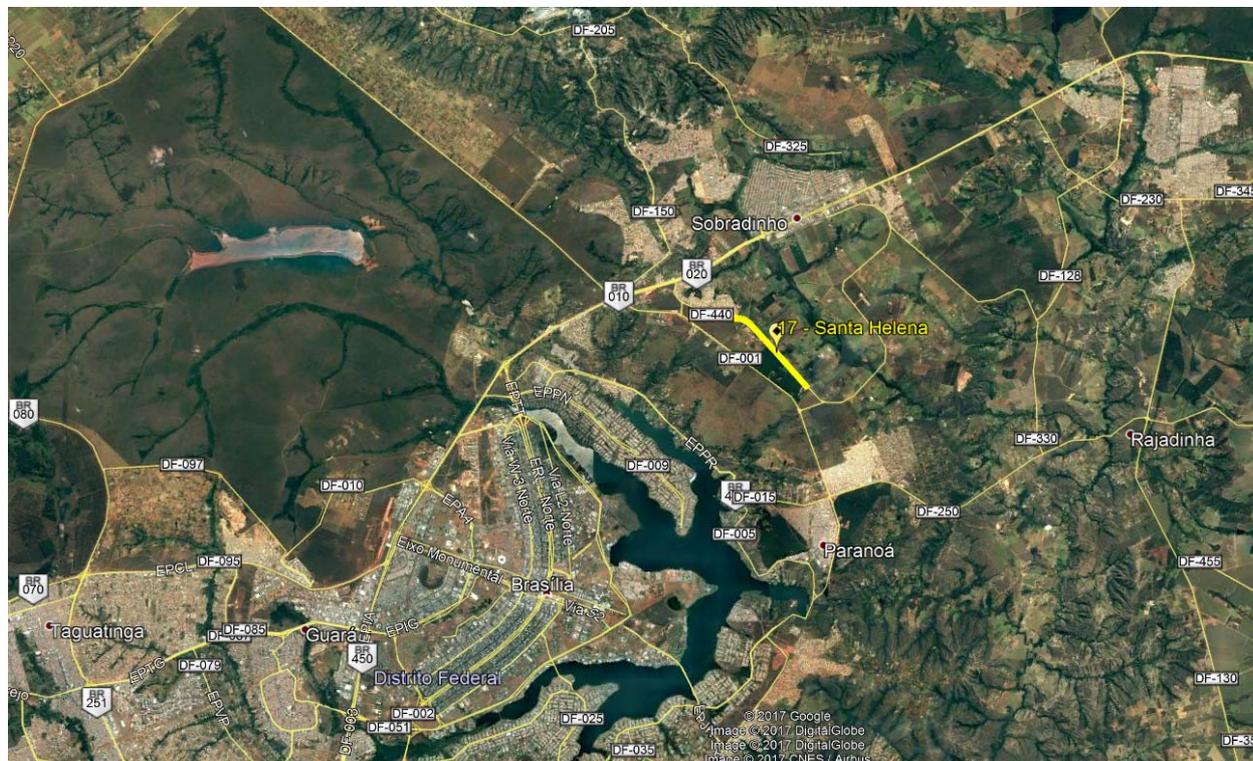


Figura 1 - Vista do trecho em estudo.

### 3. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO NOVO

---

Os pavimentos novos serão executados na pavimentação do acesso à Escola Classe Santa Helena.

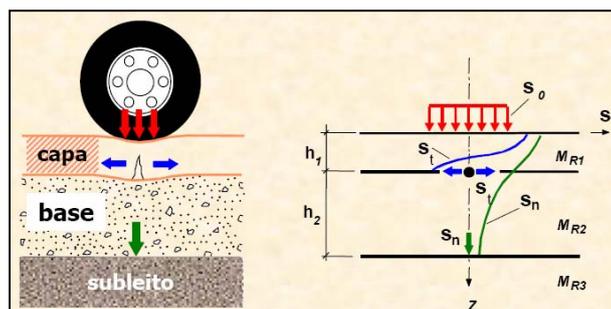
O dimensionamento do pavimento, foi executado através do Método do DNIT, e ainda, utilizou-se verificação mecanística, que se baseia na teoria da elasticidade para o cálculo das tensões e deformações em diversos pontos da estrutura do pavimento, quando submetido ao carregamento do tráfego.

O método do DNIT baseia-se fundamentalmente nas características de suporte do solo de fundação e materiais que constituem a estrutura do pavimento e, nos parâmetros do tráfego. Atende à limitação de deformações permanentes excessivas e de tensões que possam provocar a ruptura por cisalhamento dos solos de base, sub-base e subleito. Porém, a limitação das deformações recuperáveis ou resilientes, cuja repetição sob ação do tráfego provoca a ruptura por fadiga dos revestimentos asfálticos, o qual é um dos principais tipos de defeitos apresentados nos pavimentos do Brasil, não é considerada. Este método é importante para gerar a estrutura inicial a ser analisada em um método de dimensionamento baseado na mecânica dos pavimentos.

A fadiga trata-se de um fenômeno de degradação estrutural, progressivo e localizado, que sofre um material submetido a tensões ou deformações repetidas, inferiores a sua resistência máxima, onde pode-se culminar na fissuração ou ruptura por completa do material após um número suficiente de repetições. Portanto, a resistência à fadiga de uma mistura asfáltica pode ser definida como a capacidade da mesma de suportar, sem ruptura, as solicitações repetidas do tráfego.

A deformação elástica das camadas de pavimentos submetidos a carregamentos repetidos é chamada de deformação resiliente. Segundo Medina (1997), este termo foi proposto por Hveem na década de 50, quando estudou a ocorrência de defeitos nos pavimentos asfálticos construídos nos EUA, no estado da Califórnia. Hveem concluiu que muitos desses defeitos tinham origem no processo de fadiga que sofriam os materiais, causado pela repetição excessiva de pequenas deformações elásticas.

No método mecanístico, é levado em consideração para a determinação da estrutura do pavimento, quanto a ruptura do subleito através da deformação permanente e a ruptura da camada asfáltica devido ao trincamento por fadiga.



As considerações básicas do projeto de dimensionamento do pavimento são que as condições de drenagem devem ser adequadas durante todo o período de projeto e operação do pavimento e que os materiais próprios para a confecção das diversas camadas do pavimento devem obedecer às especificações constantes das normas do DNIT.

### 3.1. Tráfego

Quanto ao tráfego, o pavimento é projetado para receber durante o período de projeto, determinado número de solicitações. Atingidas estas solicitações, a função para o qual foi projetado o pavimento estaria terminada, entretanto, não deve-se ter a ideia de uma deficiência total da estrutura, devendo-se considerar a partir de então, os serviços de reforço do pavimento, como por exemplo o recapeamento.

O tráfego utilizado para o projeto estrutural do pavimento é dimensionado em função do número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 tf durante o período de projeto selecionado.

Como apresentado no relatório de Estudos de Tráfego, o valor do Número N obtido para este trecho é de  $2,34 \times 10^6$ .

### 3.2. Capacidade de Suporte

Para a caracterização do suporte do subleito do trecho em análise, foram efetuadas sondagens a trado ao longo do trecho, com posterior execução dos ensaios usuais de classificação dos solos e classificação MCT.

No método do DNIT utiliza-se o CBR para caracterização das camadas de fundação do pavimento. Nos métodos teóricos, os quais têm como ponto de partida a

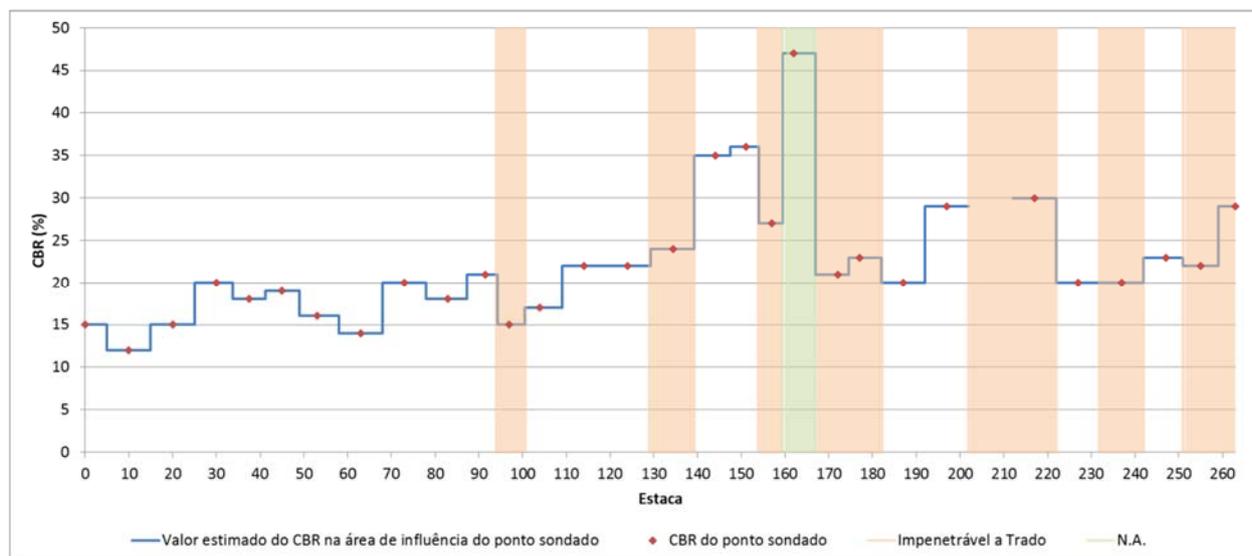
teoria de Boussinesq, que admite o subleito como um semi-espaço infinito, contínuo e elástico linear, utiliza-se o módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson para caracterização dos materiais do subleito e das camadas do pavimento.

A Tabela apresentada a seguir, ilustra os valores de CBR utilizados para a determinação do CBR<sub>P</sub>.

Furo	Estaca	CBR (%)	Exp. (%)	MCT
17-01	0+0,000	15	0,06	LG'
17-02	10+0,000	12	0,10	LG'
17-03	20+0,000	15	0,12	LG'
17-04	30+0,000	20	0,08	LG'
17-05	37+10,000	18	0,12	LG'
17-06	45+0,000	19	0,08	LG'
17-07	53+0,000	16	0,10	LG'
17-08	63+0,000	14	0,10	LG'
17-09	73+0,000	20	0,12	LG'
17-10	83+0,000	18	0,00	LA'
17-11	91+10,000	21	0,00	LA'
17-12	97+0,000	15	0,08	LA'
17-13	104+0,000	17	0,00	LA'
17-14	114+0,000	22	0,00	LA'
17-15	124+0,000	22	0,00	NA'
17-16	134+10,000	24	0,00	LA
17-17	144+0,000	35	0,00	NA'
17-18	151+0,000	36	0,00	NA'
17-19	157+0,000	27	0,00	NA'
17-20	162+0,000	47	0,00	NA'
17-21	172+0,000	21	0,09	LA'
17-22	177+0,000	23	0,00	LA'
17-23	187+0,000	20	0,00	LA'
17-24	197+0,000	29	0,00	LA'
17-26	217+0,000	30	0,00	NA'
17-27	227+0,000	20	0,00	NA'
17-28	237+0,000	20	0,00	LA'
17-29	247+0,000	23	0,00	LA'
17-30	255+0,000	22	0,00	NA'
17-31	263+0,000	29	0,00	NA'

**Tabela 2** – Valores de CBR.

Apresenta-se a seguir um gráfico de Estaca x CBR para melhor visualização dos resultados do CBR.



**Gráfico 1 – Estaca x CBR**

Com base nos resultados obtidos de CBR foi realizada uma análise estatística de acordo com a equação:

$$CBR_p = \overline{CBR} - \frac{1,29 \cdot \sigma}{\sqrt{N}} - 0,68 \cdot \sigma$$

Onde:

$CBR_p$  = CBR de projeto (%);

$\overline{CBR}$  = CBR médio (%);

$\sigma$  = desvio padrão e,

N = número de amostras

O resultado obtido da análise estatística foi  $CBR_p = 15,50\%$ .

Para o dimensionamento da estrutura do pavimento do Trecho em estudo foi adotado  $CBR_p = 12\%$  com o objetivo de se evitar troca de solo.

### 3.3. Dimensionamento pelo Método do DNIT

Para o dimensionamento da estrutura do pavimento utilizou-se o método de dimensionamento do DNIT, conforme seu Manual de Pavimentação. Este método é baseado na metodologia clássica do DNER, que tem por base o trabalho “Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume” de autoria de Turnbull, Foster e Ahlvin, do USACE, e análises obtidas na pista experimental da AASHTO. O método do DNIT, atende à limitação de deformações permanentes excessivas e de tensões que possam provocar a ruptura por cisalhamento do subleito.

Através deste método, determina-se a espessura total necessária para o pavimento, dada em termos de material granular, em função dos dados geotécnicos e das características de tráfego solicitante. Este último parâmetro também é utilizado para a determinação da espessura mínima do revestimento asfáltico.

Tendo-se determinado tais espessuras, procede-se à determinação das espessuras das demais camadas constituintes da estrutura do pavimento. As espessuras dadas em termos de material granular são convertidas para espessuras reais dos materiais utilizados através dos coeficientes de equivalência estrutural, que expressam a relação entre a espessura de material granular e do material utilizado, de forma que ambos, nas respectivas espessuras, apresentem desempenho estrutural semelhante.

A determinação das camadas constituintes do pavimento se faz pelas seguintes inequações:

$$\begin{aligned}R \cdot K_R + B \cdot K_B &\geq H_{20} \\R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S &\geq H_n \\R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S + h_n \cdot K_{ref} &\geq H_m\end{aligned}$$

Onde:

$R$  = espessura do revestimento;

$B$  = espessura da base;

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

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

$H_n$  = espessura sobre o reforço do subleito;

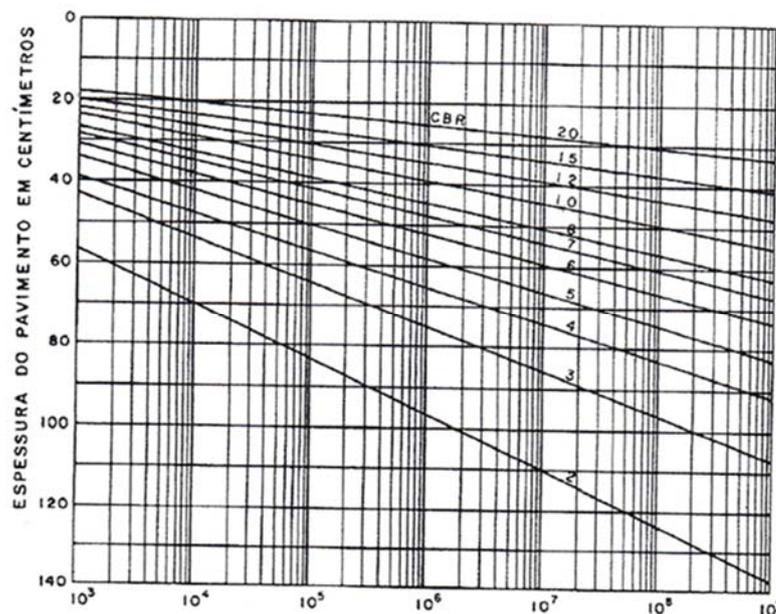
- $h_n$  = Espessura do reforço do subleito;
- $H_m$  = espessura do pavimento;
- $K_R, K_B, K_S, K_{ref}$  = coeficientes de equivalência estrutural.

As espessuras mínimas de revestimento betuminoso são obtidas em função do número N, conforme a tabela a seguir:

Tipo e Espessura do Revestimento Asfáltico	Número "N"
Tratamentos superficiais asfálticos duplos e triplos	$N \leq 1 \times 10^6$
Concreto asfáltico com 5,0 cm de espessura	$1 \times 10^6 < N \leq 5 \times 10^6$
Concreto asfáltico com 7,5 cm de espessura	$5 \times 10^6 < N \leq 1 \times 10^7$
Concreto asfáltico com 10,0 cm de espessura	$1 \times 10^7 < N \leq 5,0 \times 10^7$
Concreto asfáltico com 12,5 cm de espessura	$N > 5 \times 10^7$

**Tabela 1** - espessuras mínimas de revestimento betuminoso – fonte: Manual de Pavimentação DNIT – IPR-719

As espessuras  $H_m, H_n, H_{20}$  são obtidas pelo gráfico apresentado a seguir, onde a espessura em termos de material granular é função do número N e do valor de CBR do subleito, da sub-base ou do reforço do subleito.



**Figura 2** – determinação de espessuras do pavimento – fonte: Manual de Pavimentação DNIT – IPR-719

### 3.4. Verificação Mecânica

Com os avanços na filosofia de projeto de pavimentos flexíveis, observa-se que as causas de ruptura dos pavimentos que estão mais relacionadas com a repetição de cargas sobre as estruturas são o fenômeno da fadiga, responsável pelo trincamento dos revestimentos asfálticos e de bases cimentadas, e o acúmulo de deformações permanentes devido à ação de deformações cisalhantes em camadas granulares e no subleito.

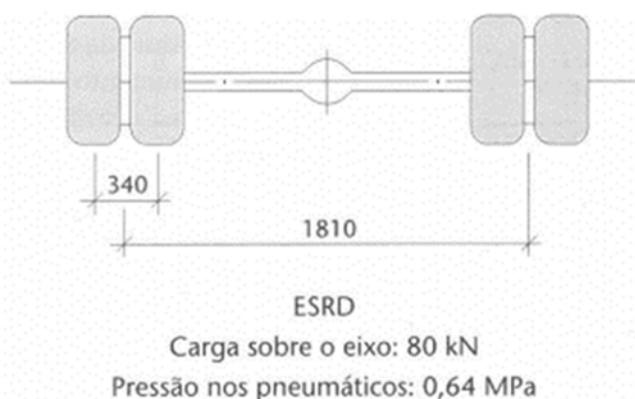
Para a verificação mecânica da estrutura obtida anteriormente, faz-se o uso do programa computacional ELSYM5, para determinação das tensões e deformações requeridas.

O programa ELSYM5 foi desenvolvido originalmente pelo Instituto de Transportes e Engenharia de Tráfego da Universidade da Califórnia em Berkeley, e tem por objetivo o cálculo das tensões e deformações atuantes em diversos pontos da estrutura do pavimento quando submetido à ação do tráfego. Para isto, considera-se o pavimento como um sistema de múltiplas camadas de comportamento elástico-linear, admitindo-se as hipóteses de Burmister para a superposição dos efeitos.

Ainda sobre o ELSYM5, consideram-se as camadas homogêneas, isotrópicas, e horizontalmente infinitas, sendo o subleito um meio semi-infinito. Cada camada possui seu módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson.

Os pontos computacionais para a verificação das tensões, deformações e deslocamentos, no plano xy são representados pelos pontos P1 e P2 da figura apresentada a seguir.

### Pontos Computacionais



**Figura 3** – Eixo adotado nas análises. Fonte: Livro do Balbo, J. T. – Pavimentação Asfáltica – Pag. 469.

Pontos de Verificação		
Pontos	X	Y
1	0,00 cm	0,00 cm
2	17,00 cm	0,00 cm

#### 3.4.1 Deslocamento Vertical Recuperável da Superfície do Pavimento

Os deslocamentos verticais recuperáveis de um pavimento representam a resposta das camadas estruturais e do subleito à aplicação do carregamento. Portanto, torna-se importante a verificação de tais deslocamentos comparados com o valor de projeto obtido através da DNER-PRO 269/94, com a seguinte equação:

$$\log D_{adm} = 3,148 - 0,188 \log N$$

Onde:

$N$  = número de repetições de carga ( $N_{USACE}$ );

$D_{adm}$  = deslocamento vertical recuperável máximo admissível.

#### 3.4.2 Deformação específica de tração na camada betuminosa do revestimento asfáltico novo

O controle do trincamento da camada betuminosa ocasionada pelo fenômeno de fadiga atribuído à ação das cargas repetidas é associado à máxima deformação específica horizontal de tração  $\epsilon_t$  desenvolvida na face inferior da camada betuminosa.

Para análise da vida de fadiga do revestimento asfáltico utilizou-se o modelo da FHWA (N<sub>AASHTO</sub>):

$$N = 1,092 \cdot 10^{-6} \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon_t} \right)^{3,512}$$

Onde:

$\varepsilon_t$  = deformação na fibra inferior do revestimento asfáltico referente à solicitação de tração.

O número N<sub>AASHTO</sub> utilizado nesse projeto foi de 9,78x10<sup>5</sup>.

### 3.4.3 Deformações específicas de compressão no subleito

A análise é realizada por comparação da máxima deformação específica vertical de compressão,  $\varepsilon_v$ , atuante no topo do subleito, considerando-se sistema de camadas elásticas, com os valores admissíveis. O critério de fadiga para deformações verticais de compressão do subleito é idêntico aos modelos adotados para a fadiga de misturas asfálticas e expresso por equação do tipo:

$$N = K \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon_v} \right)^\eta$$

onde:

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

$\varepsilon_v$  = deformação específica vertical na tração;

K e  $\eta$  = coeficientes determinados por regressões lineares.

Dentre as inúmeras equações de fadiga para deformações verticais de compressão do subleito desenvolvidas por pesquisadores em estudos nacionais e internacionais, recomenda-se o emprego Dormon&Metcalf 1965 na análise mecanicista de uma das expressões matemáticas cujos parâmetros são:

$$K = 6,069 \times 10^{-10} \text{ e } \eta = 4,762.$$

### 3.5. Dimensionamento da Pista Principal + Acostamento

Conforme orientação da Comissão para Execução do Contrato nº 28/2016, o dimensionamento da estrutura de pavimento será feito considerando toda a seção transversal da via em questão (pista principal + acostamento), visando uma compatibilização eficaz na execução da obra. Tal consideração é prática corrente nos projetos de pavimentação realizados pelo DER-DF. Assim, para o presente projeto, pista principal e acostamento terão espessura em CBUQ = 5,0 cm.

Para o tráfego obtido  $N = 2,34 \times 10^6$ , o Método do DNIT sugere o revestimento asfáltico em CAUQ com 5,0 cm de espessura.

As propostas de bases analisadas possuem coeficiente de equivalência estrutural igual a 1,00.

#### 3.5.1 Cálculo da Espessura da Base

Parâmetros básicos:

- $N = 2,34 \times 10^6$  solicitações do eixo simples padrão com 8,2 tf;
- Capacidade de Suporte ( $CBR_P$ ) = 12%;
- Revestimento em CAUQ, coeficiente estrutural  $K = 2,0$ ;
- Base, coeficiente estrutural  $K = 1,0$ ;
- Sub-base granular,  $CBR \geq 20\%$ , coeficiente estrutural  $K = 1,0$ ;

$$R \cdot K + B \cdot K_B \geq H_{SB}$$

$$5,0 \cdot 2,0 + B \cdot 1,0 \geq 26,0$$

$$\therefore B \geq 16,0 \text{ cm}$$

Para efeito de dimensionamento adotou-se  $B = 16,0$  cm.

#### 3.5.2 Cálculo da Espessura da Sub-base

$$R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S \geq H_{20}$$

$$5,0 \cdot 2,0 + 16,0 \cdot 1,0 + h_{20} \cdot 1,0 \geq 36,0$$

$$\therefore h_{20} \geq 10,0 \text{ cm}$$

Para efeito de dimensionamento adotou-se  $h_{20} = 10,0$  cm.

### 3.5.3 Verificação Mecânica

Os valores de módulo de resiliência a serem utilizados na verificação mecânica foram obtidos através da IP-08/2004 da Prefeitura de São Paulo, conforme tabela a seguir.

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</i> 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')	$E_{REF} = 18,0 (CBR_{REF})^{0,64} \times 3 \sqrt{\frac{3CBR_{SL}}{CBR_{REF}}}$
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	$1.000 \leq E_{PMF} \leq 1.400$

**Tabela 3** – Valores de módulo de resiliência

#### Valores de Módulo de Resiliência e Coeficiente de Poisson

Camada	Espessura (cm)	Módulo Resiliência (kgf/cm <sup>2</sup> )	Coeficiente Poisson ( $\nu$ )
Revestimento asfáltico	5,0	35.000	0,35
Base Granular	16,0	2.500	0,35
Sub-base Granular	10,0	1.519	0,35
Subleito	Semi-infinito	1.400	0,40

Para a obtenção do Módulo de Resiliência do subleito utilizou-se a relação para solo laterítico, pois há predominância deste tipo de solo.

Subleito:  $E_{SL} = 22 \cdot CBR^{0,8} = 22 \cdot 12^{0,8} = 160,60 MPa = 1.638 kgf/cm^2$ . Para efeito de cálculo o valor do módulo do subleito foi limitado em 1.400 kgf/cm<sup>2</sup>.

Para a sub-base granular, utilizou-se a seguinte equação:

$$E_{SB} = 18 \cdot CBR_{SB}^{0,64} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot CBR_{SL}}{CBR_{SB}}} = 18 \cdot 20^{0,64} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 12}{20}} = 148,94 MPa = 1.519 kgf / cm^2$$

Para a base granular foi adotado o valor de 2.500 kgf/cm<sup>2</sup>.

O módulo de resiliência adotado para o revestimento asfáltico foi de 35.000 kgf/cm<sup>2</sup>.

Resultados obtidos do programa ELSYM5

	Valor Elsym5 (atuante)	Valor Admissível	Modelo	Verificação
uz	52,7 . 10 <sup>-2</sup>	89,25 . 10 <sup>-2</sup>	DNER PRO-269	ok
ε <sub>CAUQ</sub>	3,37 . 10 <sup>-4</sup>	3,95 . 10 <sup>-4</sup>	FHWA	ok
ε <sub>V</sub>	- 5,30 . 10 <sup>-4</sup>	- 5,33 . 10 <sup>-4</sup>	Dormon e Metcalf	ok

### 3.5.4 Análise econômica

Apresenta-se a seguir o estudo técnico econômico de três alternativas da pista principal para as camadas de base, considerando-se no cálculo uma pista com 1,0 m<sup>2</sup>.

As DMTs utilizadas para este trecho foram:

Material	Pavimentado (km)	Não pavimentado (km)
Brita	34,65	-
CAUQ	5,00	-
Cascalho	61,8	-

#### Base de BGS

Atividade / Serviço	Unidade	BGS					
		Área (m <sup>2</sup> )	Espessura (m)	Taxa (t/m <sup>3</sup> )	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
CBUQ - Capa de rolamento AC/BC	T	1	0,050	2,40	0,12	146,21	17,54
Pintura de Ligação	m <sup>2</sup>	1	-	-	1,00	0,15	0,15
Imprimação	m <sup>2</sup>	1	-	-	1,00	0,21	0,21
Base de Brita Graduada	m <sup>3</sup>	1	0,16	-	0,16	164,42	26,30
Sub-base de Cascalho	m <sup>3</sup>	1	0,10	-	0,10	6,59	0,65
Regularização do subleito	m <sup>2</sup>	1	-	-	1,00	0,91	0,91
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>							<b>45,76</b>

## Base de Cascalho

Cascalho							
Atividade / Serviço	Unidade	Área (m <sup>2</sup> )	Espessura (m)	Taxa (t/m <sup>3</sup> )	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
CBUQ - Capa de rolamento AC/BC	T	1	0,050	2,40	0,12	146,21	17,54
Pintura de Ligação	m <sup>2</sup>	1	-	-	1,00	0,15	0,15
Imprimação	m <sup>2</sup>	1	-	-	1,00	0,21	0,21
Base de Cascalho	m <sup>3</sup>	1	0,16	-	0,16	7,24	1,15
Sub-base de Cascalho	m <sup>3</sup>	1	0,10	-	0,10	6,59	0,65
Regularização do subleito	m <sup>2</sup>	1	-	-	1,00	0,91	0,91
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>							<b>20,61</b>

## Base de Macadame

Macadame							
Atividade / Serviço	Unidade	Área (m <sup>2</sup> )	Espessura (m)	Taxa (t/m <sup>3</sup> )	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
CBUQ - Capa de rolamento AC/BC	T	1	0,050	2,40	0,12	146,21	17,54
Pintura de Ligação	m <sup>2</sup>	1	-	-	1,00	0,15	0,15
Imprimação	m <sup>2</sup>	1	-	-	1,00	0,21	0,21
Base de Macadame	m <sup>3</sup>	1	0,16	-	0,16	125,72	20,11
Sub-base de Cascalho	m <sup>3</sup>	1	0,10	-	0,10	6,59	0,65
Regularização do subleito	m <sup>2</sup>	1	-	-	1,00	0,91	0,91
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>							<b>39,57</b>

Conforme informado junto à Comissão Executora do Contrato (em abril/2021), foi constatada a necessidade de conformação do Projeto de Terraplenagem sendo aumentado o volume de aterro para este projeto.

Assim, o solo existente no local e que seria utilizado para compor as camadas de sub-base e base da estrutura do pavimento foi remanejado para o aterro. Desta forma, foi proposta pela CONTRATADA e acatada pelo DER-DF a utilização de jazida de cascalho devidamente licenciada e informada pela Diretoria de Meio Ambiente do órgão (DIMAM/SUTEC) para compor as camadas de sub-base e base deste projeto de pavimentação.

A cascalheira indicada é a Jazida Terranova, localizada no Núcleo Rural Ponte Alta - Gama (única que realizou o retorno e apresentou as documentações devidas, das 03 cascalheiras indicadas pela DIMAM).

Para este projeto, a distância de transporte da Jazida Terranova até a obra será de 61,8 km.

Como apresentado anteriormente, a estrutura de pavimento com base de Cascalho mostrou-se a mais econômica, portanto, esta solução é a indicada para este pavimento.

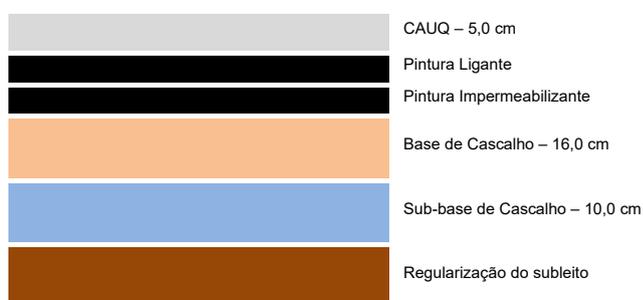
Conforme orientado pela Comissão para Execução do Contrato nº 28/2016, a estrutura de pavimento das ciclovias deve prever o corte das duas últimas camadas do

subleito, 40 cm, (e, portanto, compactação de três camadas, conforme a IS 108/2019-ES) compactadas com energia intermediária (PI = 100%) e uma capa de CAUQ com 3,0 cm, o CBR mínimo do subleito deve ser de 6%.

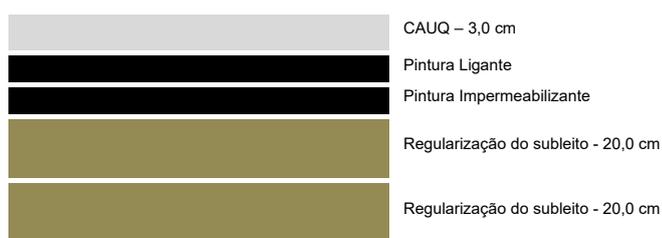
### 3.6. Resumo das Soluções

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

Estrutura proposta para pavimentos novos da pista principal:



Estrutura proposta para o pavimento da ciclovia:



### 3.7. 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.

Os valores de deflexão para os pavimentos dimensionados anteriormente indicados são apresentados nas tabelas a seguir.

#### Pista Principal

Camada	Espessura (cm)	Deflexão Máxima Admissível ( $10^{-2}$ mm)
CAUQ	5,0	48
Base de Cascalho	16,0	51
Sub-base de Cascalho	10,0	54
Subleito	Semi-infinito	54

#### Ciclovía

Camada	Espessura (cm)	Deflexão Máxima Admissível ( $10^{-2}$ mm)
CAUQ	3,0	57
Regularização Subleito	20,0	55
Regularização Subleito	20,0	55
Subleito	Semi-infinito	55

## **4. CONDIÇÕES A SEREM RESPEITADAS DURANTE A EXECUÇÃO DO PAVIMENTO**

---

Os materiais constituintes das diversas camadas do pavimento devem obedecer às especificações constantes nas normas do DNIT.

A drenagem superficial deve ser adequada, seguindo projeto específico e o lençol d'água subterrâneo deve estar, no mínimo, 1,50 m abaixo do greide de terraplenagem acabada.

Durante a execução da base e sub-base do pavimento, é indispensável o acompanhamento quanto ao valor de CBR do material a ser utilizado, sendo CBR na Energia Intermediária  $\geq 20\%$  na sub-base e CBR na Energia Modificada  $\geq 80\%$  na base.

Para a camada de base deverão ainda serem observadas as especificações constantes na norma DNIT 141/2010-ES sobre a composição granulométrica e demais considerações.

Salienta-se que a Jazida Terranova apresentou alguns ensaios geotécnicos datados de 2013. Portanto, os mesmos deverão ser refeitos quando da execução da obra tendo em vista a dinâmica de exploração e possível mudança de comportamento geotécnico do solo do local."

Em todo trecho que apresentar capacidade de suporte do subleito inferior ao valor de projeto, os solos devem ser substituídos em toda a plataforma, com solos provenientes de jazidas adequadas.

Nos locais de solo saturado, a solução quanto à drenagem, se encontra nos desenhos PD-03-A e PD-04-A.

## 5. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

---

A execução dos serviços de pavimentação deve seguir as especificações técnicas, conforme indicadas na Tabela a seguir.

Material	Especificação Técnica
CAUQ	DNIT 031/2006 - ES
Pintura de Ligação	DNIT 145/2012 - ES
Imprimação	DNIT 144/2014 - ES
Base de Cascalho	DNIT 141/2010 - ES
Sub-base de Cascalho	DNIT 139/2010 - ES
Regularização do subleito	DNIT 137/2010 - ES

**Tabela 4** – Especificações Técnicas

Conforme preconiza a Especificação de Serviço DNIT 108/2009-ES, a camada final de terraplenagem, com 60,0 cm de espessura, deve ser compactada em três camadas de 20,0 cm cada de modo a se obter o grau de compactação de 100% da massa específica aparente seca máxima do ensaio DNER-ME 129/94 – Método B.

## 6. CÁLCULO DE QUANTIDADES

---

As áreas determinadas para os cálculos das quantidades dos diversos itens de pavimentação foram obtidas no Projeto, nas Plantas de Distribuição de Pavimento. Desta maneira, os campos com indicação de largura nas tabelas a seguir foram descritos como variável.

Para o cálculo do transporte do cascalho, foi utilizado a densidade baseado na SICRO, no valor de 1,875 t/m<sup>3</sup> e o valor de empolamento no valor de 1,10.

### Volume de CAUQ

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE QUANTITATIVOS DE SERVIÇOS								
<b>RODOVIA:</b>	DF-440							
<b>TRECHO:</b>	Fim do asfalto DF-440 até Entr. VC-263							
Camada ou Serviço	Intervenção Local	Entre Estacas		Extensão (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Espessura (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )
		Inicial	Final					
CAUQ	Pista Principal	0 + 0,000	70 + 0,000	1.400,000	Variável	15.400,000	5,00	770,000
		70 + 0,000	140 + 0,000	1.400,000	Variável	19.450,322	5,00	972,516
		140 + 0,000	210 + 0,000	1.400,000	Variável	18.754,430	5,00	937,722
		210 + 0,000	263 + 15,210	1.075,210	Variável	11.827,312	5,00	591,366
	Ciclovía	0 + 0,000	70 + 0,000	1.400,000	Variável	3.497,555	3,00	104,927
		70 + 0,000	140 + 0,000	1.400,000	Variável	3.566,594	3,00	106,998
		140 + 0,000	210 + 0,000	1.400,000	Variável	3.502,095	3,00	105,063
		210 + 0,000	263 + 15,210	1.075,210	Variável	2.688,025	3,00	80,641
<b>Total do CAUQ C</b>						<b>78.686,333</b>		<b>3.669,231</b>
<b>Total do CAUQ C em ton.</b>								<b>8.806,155</b>

### Volume de Base de Cascalho

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE QUANTITATIVOS DE SERVIÇOS										
<b>RODOVIA:</b>	DF-440									
<b>TRECHO:</b>	Fim do asfalto DF-440 até Entr. VC-263									
Camada ou Serviço	Intervenção Local	Entre Estacas		Extensão (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Área escal. (m <sup>2</sup> )	Extensão escal. (m)	Espessura (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )
		Inicial	Final							
Base	Pista Principal	0 + 0,000	70 + 0,000	1.400,000	Variável	15.400,000	0,045	2.739,998	16,00	2.587,300
		70 + 0,000	140 + 0,000	1.400,000	Variável	19.450,322	0,045	2.770,402	16,00	3.236,720
		140 + 0,000	210 + 0,000	1.400,000	Variável	18.754,430	0,045	2.809,849	16,00	3.127,152
		210 + 0,000	263 + 15,210	1.075,210	Variável	11.827,312	0,045	2.770,402	16,00	2.017,038
	Ciclovía	0 + 0,000	70 + 0,000	1.400,000	Variável	3.497,555	0,000	2.733,606	0,00	0,000
		70 + 0,000	140 + 0,000	1.400,000	Variável	3.566,594	0,000	1.144,815	0,00	0,000
		140 + 0,000	210 + 0,000	1.400,000	Variável	3.502,095	0,000	2.802,399	0,00	0,000
		210 + 0,000	263 + 15,210	1.075,210	Variável	2.688,025	0,000	1.144,815	0,00	0,000
<b>Total da Base de Cascalho</b>						<b>78.686,333</b>				<b>10.968,210</b>

## Volume de Sub-base de Cascalho

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE QUANTITATIVOS DE SERVIÇOS												
<b>RODOVIA:</b>	DF-440											
<b>TRECHO:</b>	Fim do asfalto DF-440 até Entr. VC-263											
Camada ou Serviço	Intervenção Local	Entre Estacas		Extensão (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Área escal. (m <sup>2</sup> )	Extensão escal. (m)	Espessura (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )		
		Inicial	Final									
Sub - Base	Pista Principal	0	+ 0,000	70	+ 0,000	1.400,000	Variável	15.400,000	0,088	2.739,998	10,00	1.781,120
		70	+ 0,000	140	+ 0,000	1.400,000	Variável	19.450,322	0,088	2.809,849	10,00	2.192,299
		140	+ 0,000	210	+ 0,000	1.400,000	Variável	18.754,430	0,088	2.770,402	10,00	2.119,238
		210	+ 0,000	263	+ 15,210	1.075,210	Variável	11.827,312	0,088	2.770,402	10,00	1.426,527
	Ciclovias	0	+ 0,000	70	+ 0,000	1.400,000	Variável	3.497,555	0,000	2.733,606	0,00	0,000
		70	+ 0,000	140	+ 0,000	1.400,000	Variável	3.566,594	0,000	2.802,399	0,00	0,000
		140	+ 0,000	210	+ 0,000	1.400,000	Variável	3.502,095	0,000	1.144,815	0,00	0,000
		210	+ 0,000	263	+ 15,210	1.075,210	Variável	2.688,025	0,000	1.144,815	0,00	0,000
<b>Total da Sub-Base Cascalho</b>						<b>78.686,333</b>					<b>7.519,184</b>	

## Área de Regularização do Subleito

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE QUANTITATIVOS DE SERVIÇOS												
<b>RODOVIA:</b>	DF-440											
<b>TRECHO:</b>	Fim do asfalto DF-440 até Entr. VC-263											
Camada ou Serviço	Intervenção Local	Entre Estacas		Extensão (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Largura escal. (m)	Extensão escal. (m)	Número camadas	Área Total (m <sup>2</sup> )		
		Inicial	Final									
Regularização	Pista Principal	0	+ 0,000	70	+ 0,000	1.400,000	Variável	15.400,000	0,810	2.739,998	1	17.619,40
		70	+ 0,000	140	+ 0,000	1.400,000	Variável	19.450,322	0,810	2.809,849	1	21.726,30
		140	+ 0,000	210	+ 0,000	1.400,000	Variável	18.754,430	0,810	2.770,402	1	20.998,46
		210	+ 0,000	263	+ 15,210	1.075,210	Variável	11.827,312	0,810	2.770,402	1	14.071,34
	Ciclovias	0	+ 0,000	70	+ 0,000	1.400,000	Variável	3.497,555	0,180	2.733,606	2	7.979,21
		70	+ 0,000	140	+ 0,000	1.400,000	Variável	3.566,594	0,180	2.802,399	2	8.142,05
		140	+ 0,000	210	+ 0,000	1.400,000	Variável	3.502,095	0,180	1.144,815	2	7.416,32
		210	+ 0,000	263	+ 15,210	1.075,210	Variável	2.688,025	0,180	1.144,815	2	5.788,18
<b>Total da regularização do subleito</b>						<b>78.686,333</b>					<b>103.741,258</b>	

## Área de Imprimadura Ligante

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE QUANTITATIVOS DE SERVIÇOS										
<b>RODOVIA:</b>	DF-440									
<b>TRECHO:</b>	Fim do asfalto DF-440 até Entr. VC-263									
Camada ou Serviço	Intervenção Local	Entre Estacas		Extensão (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Número camadas	Área Total (m <sup>2</sup> )		
		Inicial	Final							
Ligante	Pista Principal	0	+ 0,000	70	+ 0,000	1.400,000	Variável	15.400,000	1	15.400,000
		70	+ 0,000	140	+ 0,000	1.400,000	Variável	19.450,322	1	19.450,322
		140	+ 0,000	210	+ 0,000	1.400,000	Variável	18.754,430	1	18.754,430
		210	+ 0,000	263	+ 15,210	1.075,210	Variável	11.827,312	1	11.827,312
	Ciclovias	0	+ 0,000	70	+ 0,000	1.400,000	Variável	3.497,555	1	3.497,555
		70	+ 0,000	140	+ 0,000	1.400,000	Variável	3.566,594	1	3.566,594
		140	+ 0,000	210	+ 0,000	1.400,000	Variável	3.502,095	1	3.502,095
		210	+ 0,000	263	+ 15,210	1.075,210	Variável	2.688,025	1	2.688,025
<b>Total da imprimadura ligante</b>						<b>78.686,333</b>				<b>78.686,333</b>

## Área de Imprimação

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE QUANTITATIVOS DE SERVIÇOS											
<b>RODOVIA:</b>	DF-440										
<b>TRECHO:</b>	Fim do asfalto DF-440 até Entr. VC-263										
Camada ou Serviço	Intervenção Local	Entre Estacas		Extensão (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Largura escal. (m)	Extensão escal. (m)	Área Total (m <sup>2</sup> )		
		Inicial	Final								
Impermeabilizante	Pista Principal	0 + 0,000	70 + 0,000	1.400,000	Variável	15.400,000	0,200	0,000	15.400,00		
		70 + 0,000	140 + 0,000	1.400,000	Variável	19.450,322	0,200	52,509	19.460,82		
		140 + 0,000	210 + 0,000	1.400,000	Variável	18.754,430	0,200	1.295,072	19.013,44		
		210 + 0,000	263 + 15,210	1.075,210	Variável	11.827,312	0,200	1.295,072	12.086,33		
	Ciclovia	0 + 0,000	70 + 0,000	1.400,000	Variável	3.497,555	0,180	2.733,606	3.989,60		
		70 + 0,000	140 + 0,000	1.400,000	Variável	3.566,594	0,180	2.802,399	4.071,03		
		140 + 0,000	210 + 0,000	1.400,000	Variável	3.502,095	0,180	1.144,815	3.708,16		
		210 + 0,000	263 + 15,210	1.075,210	Variável	2.688,025	0,180	1.144,815	2.894,09		
		<b>Total da imprimadura impermeabilizante</b>						<b>78.686,333</b>			<b>80.623,478</b>

## Resumo das quantidades

QUADRO RESUMO DAS QUANTIDADES DE MATERIAIS			
<b>RODOVIA:</b>	DF-440		
<b>TRECHO:</b>	Fim do asfalto DF-440 até Entr. VC-263		
Item	Serviço	Unidade	Quantidade Total
4011463	CAUQ - Faixa C	ton	8.806,155
4011221	Base de Cascalho	m3	10.968,210
	Transporte da Base estabilizada granulometricamente com mistura de solos na pista com material de jazida	t.km	2.069.906,790
4011228	Sub-Base de Cascalho	m3	7.519,184
	Transporte da Sub-Base estabilizada granulometricamente com mistura de solos na pista com material de jazida	t.km	1.419.010,940
4011209	Regularização do subleito	m2	103.741,258
4011353	Imprimadura Betuminosa Ligante	m2	78.686,333
4011351	Imprimadura Betuminosa Impermeabilizante	m2	80.623,478

QUADRO DE CONSUMO DE MATERIAIS PARA CAUQ	
<b>RODOVIA:</b>	DF-440
<b>TRECHO:</b>	Fim do asfalto DF-440 até Entr. VC-263

CAUQ C	ton.
Brita	7.370,752
Areia	704,492
Filler	246,572
CAP	484,339

## 7. QUADRO CONSUMO DE MATERIAIS

---

MATERIAIS	CONSUMO POR m <sup>3</sup>				CONSUMO POR t				
	UNID.	QUANTIDADE	UNID.	QUANTIDADE	UNID.	QUANTIDADE	UNID.	QUANTIDADE	
CBUQ Faixa C	Brita	m <sup>3</sup>	(0,837x2,4)/1,5 = 1,34	t	0,837x2,4 = 2,009	m <sup>3</sup>	0,837/1,5 = 0,558	t	0,837
	Areia	m <sup>3</sup>	(0,08x2,4)/1,5 = 0,128	t	0,08x2,4 = 0,192	m <sup>3</sup>	0,08/1,5 = 0,053	t	0,08
	Filler	m <sup>3</sup>	(0,028x2,4)/1,424 = 0,047	t	0,028x2,4 = 0,067			t	0,028
	CAP			t	0,055x2,4 = 0,132			t	0,055
	TOTAL			t	2,400			t	1,00
CBUQ Faixa B	Brita	m <sup>3</sup>	(0,71x2,4)/1,5 = 1,136	t	0,71x2,4 = 1,704	m <sup>3</sup>	0,71/1,5 = 0,473	t	0,71
	Areia	m <sup>3</sup>	(0,24x2,4)/1,5 = 0,384	t	0,24x2,4 = 0,576	m <sup>3</sup>	0,24/1,5 = 0,160	t	0,24
	CAP			t	0,05x2,4 = 0,12			t	0,05
		TOTAL			t	2,400			t
Imprimação	CM-30							t	0,0012
Ligação	RR-1C							t	0,0004

NOTAS

CBUQ		
MATERIAIS	FAIXA C	FAIXA B
Brita	83,7%	71,0%
Areia	8,0%	24,0%
Filler	2,8%	0,00%
CAP	5,5%	5,00%
	100,0%	100,0%

DENSIDADES	
Brita Solta	1,5 t/m <sup>3</sup>
Areia Solta	1,5 t/m <sup>3</sup>
Cimento	1,424 t/m <sup>3</sup>
CBUQ	2,4 t/m <sup>3</sup>

IMPRIMAÇÃO	
CM-30	1,2 l/m <sup>2</sup>

PINTURA LIGAÇÃO	
RR-1C	0,4 l/m <sup>2</sup>

## **Anexo I – Resumo dos Ensaios do Subleito**







## Anexo II – Resultados obtidos do Elsym5

ELASTIC SYSTEM – PISTA PRINCIPAL

ELASTIC POISSONS

LAYER	MODULUS	RATIO	THICKNESS
1	35000.	.350	5.000 IN
2	2500.	.350	16.000 IN
3	1519.	.350	10.000 IN
4	1400.	.400	SEMI-INFINITE

FOUR LOAD(S), EACH LOAD AS FOLLOWS

TOTAL LOAD..... 2050.00 LBS  
 LOAD STRESS.... 6.40 PSI  
 LOAD RADIUS.... 10.10 IN

LOCATED AT

LOAD	X	Y
1	.000	.000
2	34.000	.000
3	181.000	.000
4	215.000	.000

RESULTS REQUESTED FOR SYSTEM LOCATION(S)

DEPTH(S)

Z= .01 4.99 31.01

X-Y POINT(S)

X	Y
.00	.00
17.00	.00

Z= .01 LAYER NO, 1

X	Y
.00	.00
17.00	.00

NORMAL STRESSES

SXX  $-.2177E+02$   $.3503E+01$

SYX  $-.2391E+02$   $-.9021E+01$

SZZ  $-.6437E+01$   $.1079E+00$

SHEAR STRESSES

SXY  $.0000E+00$   $.0000E+00$

SXZ  $-.2065E-03$   $-.9486E-05$

SYZ  $.0000E+00$   $.0000E+00$

PRINCIPAL STRESSES

PS 1  $-.6437E+01$   $.3503E+01$

PS 2  $-.2177E+02$   $.1079E+00$

PS 3  $-.2391E+02$   $-.9021E+01$

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1  $.8738E+01$   $.6262E+01$

PSS 2  $.7667E+01$   $.1698E+01$

PSS 3  $.1070E+01$   $.4565E+01$

DISPLACEMENTS

UX  $.1591E-02$   $.3970E-03$

UY  $.0000E+00$   $.0000E+00$

UZ  $.5266E-01$   $.4759E-01$

NORMAL STRAINS

EXX  $-.3186E-03$   $.1892E-03$

EYY  $-.4011E-03$   $-.2939E-03$

EZZ  $.2729E-03$   $.5827E-04$

SHEAR STRAINS

EXY  $.0000E+00$   $.0000E+00$

EXZ -.1593E-07 -.7317E-09  
EYZ .0000E+00 .0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 .2729E-03 .1892E-03  
PE 2 -.3186E-03 .5827E-04  
PE 3 -.4011E-03 -.2939E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .6740E-03 .4831E-03  
PSE 2 .5915E-03 .1310E-03  
PSE 3 .8256E-04 .3521E-03

Z= 4.99 LAYER NO, 1

X	Y
.00	.00
17.00	.00

NORMAL STRESSES

SXX .1401E+02 -.7541E+01  
SYY .1538E+02 .4465E+01  
SZZ -.3739E+01 -.1243E+01

SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00  
SXZ .1435E+00 .9834E-03  
SYZ .0000E+00 .0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1 .1538E+02 .4465E+01  
PS 2 .1401E+02 -.1243E+01  
PS 3 -.3741E+01 -.7541E+01

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .9560E+01 .6003E+01

PSS 2 .6830E+00 .2854E+01

PSS 3 .8877E+01 .3149E+01

DISPLACEMENTS

UX -.1587E-03 .2738E-03

UY .0000E+00 .0000E+00

UZ .5231E-01 .4773E-01

NORMAL STRAINS

EXX .2839E-03 -.2477E-03

EYY .3367E-03 .2154E-03

EZZ -.4007E-03 -.4756E-05

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00

EXZ .1107E-04 .7587E-07

EYZ .0000E+00 .0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 .3367E-03 .2154E-03

PE 2 .2840E-03 -.4756E-05

PE 3 -.4008E-03 -.2477E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .7375E-03 .4631E-03

PSE 2 .5269E-04 .2202E-03

PSE 3 .6848E-03 .2429E-03

Z= 31.01 LAYER NO, 4

X	Y
.00	.00
17.00	.00

#### NORMAL STRESSES

SXX -.9293E-01 -.1205E+00  
SYY .1073E-01 .1257E-01  
SZZ -.7415E+00 -.7858E+00

#### SHEAR STRESSES

SXY .0000E+00 .0000E+00  
SXZ .1300E+00 .3504E-02  
SYZ .0000E+00 .0000E+00

#### PRINCIPAL STRESSES

PS 1 .1073E-01 .1257E-01  
PS 2 -.6784E-01 -.1205E+00  
PS 3 -.7666E+00 -.7858E+00

#### PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1 .3887E+00 .3992E+00  
PSS 2 .3929E-01 .6654E-01  
PSS 3 .3494E+00 .3326E+00

#### DISPLACEMENTS

UX -.2710E-02 -.2953E-03  
UY .0000E+00 .0000E+00  
UZ .3242E-01 .3452E-01

#### NORMAL STRAINS

EXX .1424E-03 .1348E-03  
EYY .2461E-03 .2679E-03  
EZZ -.5062E-03 -.5304E-03

SHEAR STRAINS

EXY .0000E+00 .0000E+00

EXZ .2600E-03 .7008E-05

EYZ .0000E+00 .0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1 .2461E-03 .2679E-03

PE 2 .1675E-03 .1348E-03

PE 3 -.5313E-03 -.5304E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1 .7773E-03 .7984E-03

PSE 2 .7857E-04 .1331E-03

PSE 3 .6988E-03 .6653E-03