

N. CLASS. M 625.85  
CUTTER S192P  
ANO/EDIÇÃO 2014

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**

**ENGENHARIA CIVIL**

**DIMAS TADEU BARBOSA SAMPAIO**

**PROBLEMAS RECORRENTES COM A ESTRUTURA DO PAVIMENTO ENTRE OS  
QUILÔMETROS 844,000 E 844,500 DA RODOVIA FERNÃO DIAS - CAUSAS E  
SOLUÇÕES.**

**Varginha  
2014**

**DIMAS TADEU BARBOSA SAMPAIO**

**PROBLEMAS RECORRENTES COM A ESTRUTURA DO PAVIMENTO ENTRE OS QUILÔMETROS 844,000 E 844,500 DA RODOVIA FERNÃO DIAS - CAUSAS E SOLUÇÕES.**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Minas (UNIS) como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do professor Armando Belato Pereira.

**Varginha  
2014**

**Grupo Educacional UNIS**

**DIMAS TADEU BARBOSA SAMPAIO**

**PROBLEMAS RECORRENTES COM A ESTRUTURA DO PAVIMENTO ENTRE OS QUILÔMETROS 844,000 E 844,500 DA RODOVIA FERNÃO DIAS - CAUSAS E SOLUÇÕES.**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Minas (UNIS) como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em    /    /

---

Prof. Esp. Armando Belato Pereira

---

Prof. Esp. Leopoldo Freire Bueno

---

Prof. Me. Eduardo Henrique Ferroni

Obs:

Dedico este trabalho a todos aqueles que contribuíram para sua realização, em especial meus pais Dimas e Sônia, guerreiros eternos, minha irmã Julliana, minha amada esposa Edilene, meus tios e os amigos da Autopista Fernão Dias, e a trupe de amigos que fiz na universidade, em especial Genésio, Mateus e André Mesquita que além amigos foram companheiros de estrada todos estes anos e aos demais que sempre me deram apoio nesta caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me conceder sabedoria e determinação para me dedicar aos estudos, minha esposa Edilene pelo carinho e compreensão nos finais de semana dedicados às pesquisas e desenvolvimento do trabalho. Obrigado minha família, pai e mãe, que moram muito longe e em muitos feriados ao longo do curso preferiram vir me ver a me fazer ir até eles. Agradeço também a todo corpo docente pelas orientações e por me nortear nos momentos onde falta experiência. Armando Belato, Ivana Prado, Antônio de Faria, obrigado pelas trocas de correio eletrônico e esclarecimentos das dúvidas.

A elaboração deste trabalho em muito se assemelha à construção de uma estrada. Caminhos de terra influenciaram o traçado de novas rodovias, assim como tudo que foi abordado ao longo do curso de Engenharia Civil contribuiu para este projeto.

Não poderia deixar de agradecer ainda ao corpo técnico de engenheiros peritos em pavimentação. Como em qualquer projeto de engenharia, decisões foram tomadas com visitas técnicas ao campo e análise do local, que com a consultoria prestada pelo grande amigo Dr<sup>o</sup>. Manoel Charles Terêncio de Oliveira tornaram-se mais fáceis de serem tomadas. Não faltaram dicas de consultoria e controle de qualidade, sempre passados com grande maestria de quem atua há tantos anos no mercado. O mesmo vale para o amigo Dr<sup>o</sup> João Tadeu, responsável regional do DNIT, quem forneceu todos os documentos necessários para o desenvolvimento deste.

A experiência de escrever este trabalho, construindo-o em camadas muito bem analisadas e tratadas foi única e enriquecedora, transmitindo ao autor um enriquecimento pessoal e profissional. Obrigado a todos que me ajudaram!

*"Veni, vidi, vici" (vim, vi, venci).*

General romano Júlio César, 47 a.c.

## RESUMO

Este trabalho analisa o pavimento asfáltico contido entre os quilômetros 844,000 e 844,500 da pista sul, sentido Belo Horizonte a São Paulo, da rodovia Fernão Dias, BR/381, uma das rodovias mais movimentadas do Brasil. O segmento a ser estudado apresenta grandes deficiências patológicas, sendo estas visíveis a olho nu. Várias análises serão realizadas para uma correta identificação do problema, bem como acesso a documentos da época da construção daquele segmento e todos os ensaios de laboratório possíveis. Serão estudadas ainda, várias soluções estruturais e apresentada uma que melhor atenda do ponto de vista técnico, econômico e de menor impacto ambiental, para que sejam sanados todos os problemas detectados.

**Palavras-Chave:** 1- Pavimentação Asfáltica, 2- Análise Patológica, 3- Soluções de Pavimento.

## **ABSTRACT**

*This paper analyzes the asphalt pavement contained between 844.500 and 844.000 miles of track south, towards Belo Horizonte to São Paulo, the Fernão Dias highway, BR/381, one of the busiest highways in Brazil. The segment to be studied has major pathological defects, which are visible to the naked eye. Several analyzes will be performed for proper identification of the problem, as well as access to documents of the time of the construction of that segment and all laboratory tests possible. Will also be studied, various structural solutions and presented a point that best meets the technical, economic and environmental impact of lower order, to be solved all the problems detected.*

**Key words:** 1 - Asphalt Paving, 2 - Pathological Analysis, 3 - Floor Solutions.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Segmento entre os quilômetros 844,000 a 844,500, pista sul.....	13
Figura 2 - Segmento entre os quilômetros 844,000 a 844,500, pista sul.....	15
Figura 3 - Segmento entre os quilômetros 844,000 a 845,000, pista sul.....	16
Figura 4 - Estruturas de pavimentos.....	19
Figura 5 - Ilustração do sistema de camadas de um pavimento e tensões solicitantes.....	20
Figura 6 - Processo de extração de CP (corpo de prova) para análise das camadas do pavimento. ....	22
Figura 7 - Fadiga do pavimento (trincas couro de jacaré).....	24
Figura 8 - Deformação permanente (trilhas de rodas).....	25
Figura 9 - Esquema da viga Benkelman.....	26
Figura 10 - Medida com viga Benkelman em campo.....	27
Figura 11 - Esquema de medida e cálculo do raio de curvatura.....	27
Figura 12 - Esquema de um defletômetro de impacto.....	28
Figura 13 - Vista geral do FWD da empresa Dynatest.....	28
Figura 14 - Detalhe do sistema de carregamento.....	29
Figura 15 - Detalhe do prato de aplicação de carga e da barra de sensores.....	29
Figura 16 - Esquema de medidas com o FWD.....	30
Figura 17 - Camadas do Revestimento Asfáltico.....	34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT- (Associação Brasileira de Normas Técnicas)
- BID - (Banco Internacional do Desenvolvimento)
- BGS – (Brita Graduada Simples)
- BGTC (brita graduada tratada com cimento)
- CA – (Concreto Asfáltico)
- CAP – (Cimento Asfáltico)
- CBUQ – (Concreto Betuminoso Usinado a Quente)
- DNER – (Departamento Nacional de Estradas e Rodagens)
- DNIT – (Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes)
- FWD - (*falling weight deflectometer*)
- VDM - (volume diário médio)
- PAC – (Programa de Aceleração do Crescimento)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Objetivo.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Justificativa.....</b>	<b>14</b>
<b>2. METODOLOGIA DE PESQUISA .....</b>	<b>16</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 História.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Pavimento .....</b>	<b>18</b>
3.2.1 Classificação dos pavimentos .....	18
3.2.2 Pavimento flexível .....	18
<b>4. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Métodos de avaliação estrutural.....</b>	<b>22</b>
4.1.1 Destrutivo .....	22
4.1.2 Semidestrutivo .....	23
4.1.3 Não destrutivo .....	23
<b>4.2 Equipamentos de avaliação estrutural não destrutiva .....</b>	<b>25</b>
4.2.1 Viga Benkelman.....	26
4.2.2 Equipamento por impacto <i>falling weight deflectometer</i> (FWD).....	28
4.2.3 Comparativo Viga Benkelman x FWD .....	30
<b>4.3 Considerações finais sobre análise estrutural do pavimento .....</b>	<b>31</b>
<b>5. RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>32</b>
<b>5.1 Seção tipo do pavimento no km 844,000 ao km 844,500.....</b>	<b>32</b>
5.1.1 Análise da sub-base e base .....	33
5.1.2 Análise do binder e capa .....	34
<b>5.2 Relação entre patologia trinca “couro de jacaré” e subdimensionamento do CBUQ.....</b>	<b>37</b>
5.2.1 Classificação dos defeitos do pavimento .....	38
5.2.2 Subdimensionamento do pavimento de projeto .....	39
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>42</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O debate atual em torno do grande número de obras incentivadas pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), (o PAC é um programa do atual governo, lançado em 2007 para alavancar o desenvolvimento do país. Prevê uma série de investimentos que mexem com a estrutura do país.) no setor da infraestrutura rodoviária no país tem levantado questões sobre a qualidade das obras realizadas. A reflexão apresentada nesse trabalho pretende identificar as principais patologias existentes em um segmento específico da BR/381, rodovia Fernão Dias, que liga dois grandes centros industriais do sudeste brasileiro, Belo Horizonte a São Paulo, e é uma das rodovias mais movimentadas do Brasil.

O trabalho apresentado tem em vista analisar um segmento específico da Rodovia Fernão Dias que há muitos anos apresenta um problema. Inicialmente serão apresentadas provas técnicas de que o problema é estrutural. Logicamente este problema originou patologias superficiais no pavimento. Será abordado então o motivo do aparecimento destas patologias, discutir o porquê delas ocorrerem, quais as formas tecnológicas que hoje existem para identificação de patologias, demonstrar os aparelhos de leitura do pavimento, como anular estes problemas e quais são as formas de evitá-las.

Na segunda etapa do trabalho serão abordadas técnicas para reestruturação do pavimento amplamente utilizadas nas rodovias de todo o país, bem como seu modo de aplicação e os benefícios que estas técnicas trazem aos usuários e sociedade. Serão detalhados ainda os custos destas intervenções, as dificuldades encontradas para executá-las, toda sinalização horizontal e vertical necessárias para uma correta e segura execução, e por fim, a escolha daquela que melhor se enquadra na realidade da obra e dos dias atuais.

Em suma, o problema será identificado ao longo do trabalho, comprovado que se trata de um problema estrutural, analisado, procurado uma solução técnica que melhor se enquadre aos moldes da rodovia e finalmente, apresentada uma solução física e financeira.

## 1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar o aspecto construtivo da pavimentação executada entre os quilômetros 844,000 a 844,500 da pista sul, da rodovia Fernão Dias, BR-381 (Figura 1) e propor uma solução, baseada em respaldo técnico.

Figura 1 - Segmento entre os quilômetros 844,000 a 844,500, pista sul



(Fonte: Google Earth)

Através de instruções normativas denominadas especificações de serviço, o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT) oferece subsídios técnicos para garantir a qualidade da pavimentação em território brasileiro, especificando cada etapa de execução da construção de um determinado pavimento, tanto em rodovias federais como em perímetros urbanos. Pretende-se nesse estudo, baseado em informações levantadas junto ao DNIT, identificar a estrutura do pavimento neste exato local, através de relatórios de controle tecnológico, relatórios de sondagem e análise de Viga Benkelman.

## 1.2. Justificativa

A Rodovia Fernão Dias é a denominação que a BR-381 recebe no trecho entre duas regiões metropolitanas brasileiras: a Grande São Paulo e a Grande Belo Horizonte. A história da rodovia começa na época dos grupos de conquistadores Bandeirantes.

Em 1959, foi inaugurada pelo presidente Juscelino Kubitschek a ligação Belo Horizonte-Pouso Alegre quando ainda estava inacabada a obra. Contudo, apenas em 1961 a rodovia havia sido totalmente concluída, com a finalização das obras no trecho paulista.

Segundo o Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER-MG), 43% da economia mineira, 20% de toda a produção do parque industrial de Minas e de São Paulo, cerca de 60% da produção nacional de ferro-gusa e aproximadamente 3 milhões de toneladas da produção agrícola mineira passam pela BR-381, representando uma circulação média de mais de 15 mil veículos (dados de 2007) - entre ônibus, caminhões e automóveis - por dia. Além disso, 25% da população mineira vivem e trabalham em sua área de influência.

Entre 1995 e 2005, a rodovia foi duplicada entre a capital mineira e paulista pelos Departamentos de Estradas de Rodagem (DER) dos Estados de Minas Gerais e de São Paulo, e vem sendo melhorada gradativamente. No ano de 2007 a rodovia foi a leilão, e a partir daí, foi toda reformada e vem ganhando cada dia mais obras novas de melhoria, o que fez com que o volume diário médio (VDM) aumente consideravelmente. No ano de 2013 a rodovia já conta com 26 mil veículos transitando diariamente.

Para suportar tal fluxo, é necessário um cuidado especial com o pavimento, que neste caso é literalmente o tapete de visitas da rodovia.

Como pode ser observado, o pavimento pelo qual trafegam os veículos longos e pesados, como carretas bi-trens abarrotadas de carga, ou caminhões baú em que a tecnologia ajuda a atingirem altas velocidades mesmo com a carga acima da máxima, é o mesmo pavimento estruturado a cerca de 50 anos atrás para suportar fuscas, Brasília e caminhões Ford. O que vem acontecendo em muitos segmentos, com relação ao pavimento é claro: a estrutura do pavimento não foi feita para suportar tanto peso em altas velocidades como vem acontecendo no presente.

Aliado a isto, temos mais dois fatores que contribuem para a degradação do pavimento nas rodovias de nosso país: imprudência na hora de elaborar o projeto do pavimento e imperícia técnica durante a confecção do pavimento. Existem ainda vários vilões que possam ajudar a deteriorar o pavimento, como por exemplo, a não execução de drenagem para escoamento da água de chuva sobre o pavimento, o que faz com que a água empoçada penetre no pavimento e possa trazer vários problemas.

Assim, ao voltar da universidade todos os dias, e trafegando pela Rodovia Fernão Dias por 100km, foi percebido que o segmento em estudo (Figura 2 e Figura 3) traz problemas estruturais e analisando os relatórios do DNIT e vistoriando o local *in-situ*, será apontado qual o real problema e qual a solução para a patologia detectada, justificando a elaboração deste trabalho.

Figura 2 - Segmento entre os quilômetros 844,000 a 844,500, pista sul



(Fonte: Google Earth)

Figura 3 - Segmento entre os quilômetros 844,000 a 845,000, pista sul



(Fotografia de Dimas Tadeu Barbosa Sampaio)

## 2. METODOLOGIA DE PESQUISA

Tão logo foram estipuladas as diretrizes para execução do Trabalho de Conclusão de Curso pela coordenação da Engenharia Civil, foi procurado um problema estrutural dentro do cotidiano de seu executor. Após ter o problema detectado visualmente, foram necessárias duas visitas a campo: uma para fotografar e outra com o engenheiro Manoel Charles, perito em pavimento.

Na primeira visita ao campo, o trânsito intenso dificultou o registro fotográfico. Por questões de segurança a visita foi rápida. Na segunda visita, sendo esta mais demorada por ter sido realizada em um fim de semana, foi possível uma análise mais detalhada do local.

Em seguida foi iniciada a busca pelos documentos referentes à execução daquele segmento. A empresa executora foi identificada e os mesmos informaram que quem possuía os arquivos com os ensaios e demais documentos da época seria o DNIT. O DNIT foi procurado e cederam alguns documentos necessários para a elaboração deste documento.

Com a documentação em mãos, o trabalho ganhou embasamento técnico e a partir daí foi possível à busca pela literatura ideal, e enfim, começar a ser escrito.

A literatura utilizada com maior frequência é o livro de pavimentação asfáltica elaborado por autores diversos (Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros), que é normalmente utilizada por vários profissionais do ramo.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 História**

Percorrer a história da pavimentação nos remete à própria história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento. Como os pavimentos, a história também é construída em camadas e, frequentemente, as estradas formam um caminho para examinar o passado, daí serem uma das primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas.

Passando pela construção das pirâmides no Egito (2600-2400 a.C.), Oriente Médio, nos anos 600 a.C. ou nos vales Incas, os registros da construção de estradas pavimentadas são evidentes e podem ser vistas até hoje. Cada uma com sua geometria em particular, que se adaptavam a topografia do terreno.

De acordo com Bittencourt (1958), aqui no Brasil, os primeiros relatos que temos sobre estradas pavimentadas são de 1560, interligando São Vicente ao Planalto Piratininga. Anos mais tarde este caminho veio a se chamar Estrada do Mar. Porém a mais famosa de todas é a Estrada Real, que em sua primeira versão ligava Paraty/RJ a Ouro Preto/MG e a versão mais recente, do Rio de Janeiro/RJ a Diamantina/MG.

A Estrada Real foi calçada para transportar ouro das minas no século XVIII, melhorada para transportar café no século XIX e hoje vem sendo reestruturada para possa receber turistas. Este que vos escreve teve o imenso prazer de caminhar por 5 quilômetros pela Estrada Real, saindo de Paraty/RJ até o meio da Serra do Mar, e sim, é maravilhoso.

A pavimentação é toda de pedra, e lembra muito as vielas romanas. Cabem não mais que duas carroças com 2 cavalos cada, lado a lado, com drenagem nas laterais e no centro. Um mosaico a céu aberto, onde todas as peças se encaixam perfeitamente.

Os anos se passaram e em 1928 foi inaugurada a rodovia que liga o Rio de Janeiro a São Paulo, com 506 quilômetros de extensão. Trata-se da rodovia Presidente Dutra, que juntamente com a rodovia que liga o Rio de Janeiro a Petrópolis/RJ, são as mais antigas do Brasil a utilizarem o pavimento como conhecemos hoje.

Conforme foi supracitado, em 1959, foi inaugurada pelo presidente Juscelino Kubitschek a ligação Belo Horizonte-Pouso Alegre quando ainda estava inacabada a obra. Contudo, apenas em 1961 a rodovia havia sido totalmente concluída, com a finalização das obras no trecho paulista.

## 3.2 Pavimento

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

### 3.2.1. Classificação dos pavimentos

O pavimento rodoviário classifica-se tradicionalmente em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis. Mais recentemente há uma tendência de usar-se a nomenclatura pavimentos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente concreto-cimento) e pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento.

Os pavimentos de concreto-cimento são aqueles em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland. Nesses pavimentos a espessura é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes.

As placas de concreto podem ser armadas ou não com barras de aço – Figura 4(a). É usual designar-se a subcamada desse pavimento como sub-base, uma vez que a qualidade do material dessa camada equivale à sub-base de pavimentos asfálticos.

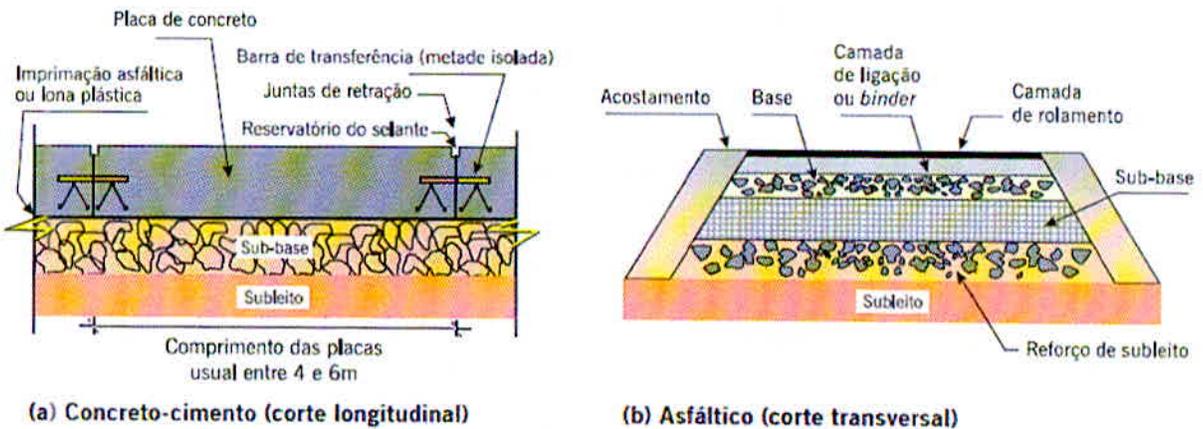
### 3.2.2. Pavimento flexível

Os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. É formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. O

revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento – em contato direto com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias ou de ligação, por vezes denominadas de *binder*, embora essa designação possa levar a uma certa confusão, uma vez que esse termo é utilizado na língua inglesa para designar o ligante asfáltico. Dependendo do tráfego e dos materiais disponíveis, pode-se ter ausência de algumas camadas. As camadas da estrutura repousam sobre o subleito, ou seja, a plataforma da estrada terminada após a conclusão dos cortes e aterros – Figura 4(b).

O revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança). As tensões e deformações induzidas na camada asfáltica pelas cargas do tráfego estão associadas ao trincamento por fadiga dessa camada. Ela ainda pode apresentar trincamento por envelhecimento do ligante asfáltico, ação climática etc. Parte de problemas relacionados à deformação permanente e outros defeitos pode ser atribuída ao revestimento asfáltico.

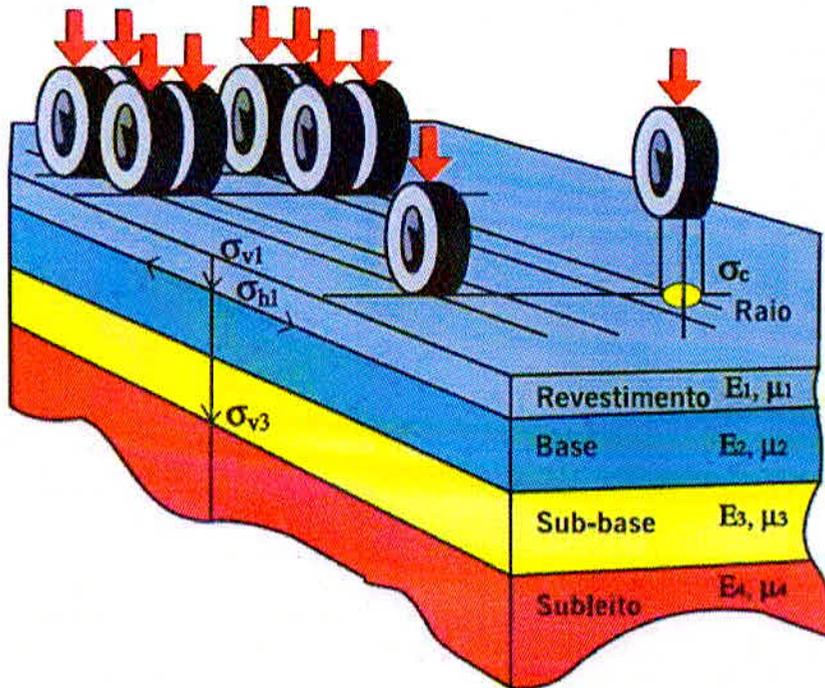
Figura 4 - Estruturas de pavimentos



(Fonte: Bernucci *et al.*, 2006)

Nos pavimentos asfálticos, as camadas de base, sub-base e reforço do subleito são de grande importância estrutural. Limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento (Figura 5), por meio da combinação de materiais e espessuras das camadas constituintes, é o objetivo da mecânica dos pavimentos (MEDINA, 1997).

Figura 5 - Ilustração do sistema de camadas de um pavimento e tensões solicitantes



(Fonte: Albernaz, 1997)

Os revestimentos asfálticos são constituídos por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais, por penetração ou por mistura. Por penetração refere-se aos executados através de uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas. No revestimento por mistura, o agregado é pré-envolvido com o material asfáltico, antes da compressão. Quando o pré-envolvimento é feito na usina denomina-se pré-misturado propriamente dito. Quando o pré-envolvimento é feito na pista denomina-se pré-misturado na pista”. (BERNUCCI *et al.*, 2006, p. 09 a 10).

A título de conhecimento, vale absorver mais três definições de pavimento: segundo o DNIT (Manual de Pavimentação, 2006, p. 95) “é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaco considerado teoricamente como infinito - a infraestrutura ou terreno de fundação - a qual é designada subleito”. Já a NBR - 7207/82, simplifica ao dizer que “pavimento é uma estrutura construída sobre a terraplenagem”, e uma terceira definição poderia ser que o pavimento é uma estrutura constituída por um conjunto de multi-camadas colocadas sobre uma plataforma de suporte que existem para suportar o tráfego.

#### 4. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Como tudo que é construído pelas mãos dos homens, o pavimento também tende a depreciar com o tempo. De uma maneira geral, os pavimentos são estruturas que não se rompem abruptamente, mas sim apresentam deterioração funcional e estrutural que vem se acumulando desde o dia que o primeiro veículo trafegou sobre ele. De acordo com Bernucci *et al.*, 2006, a avaliação do pavimento tem como conceitos associados:

- serventia: qualidade do pavimento, num determinado instante, quanto aos aspectos para o qual foi construído em relação ao conforto ao rolamento e segurança;
- desempenho: variação da serventia ao longo do tempo (ou do tráfego) de uso do pavimento;
- gerência: administração, gestão e otimização dos recursos aplicada ao planejamento, projeto, construção, manutenção e avaliação dos pavimentos;
- restauração: conjunto de operações destinadas a restabelecer na íntegra ou em parte as características técnicas originais de um pavimento (intervenções); incluem as ações de manutenção denominadas preventivas e reforço;
- manutenção preventiva: operação de correções localizadas que não atingem a maioria da superfície do pavimento, repondo pequena parcela da condição de serventia;
- reforço: operação de restauração onde se aproveita o valor residual da estrutura do pavimento e acrescenta-se nova camada de mistura asfáltica (também dito recapeamento). Atualmente, pode incluir a fresagem de parte do revestimento antigo além da colocação de nova camada estrutural de revestimento ou camadas de reposição de conforto ao rolamento;
- reconstrução: operação de refazer o pavimento, desde o subleito, ou mais comumente a partir da sub-base por retirada total dos materiais de base e revestimentos antigos e substituição por novos materiais ou por reciclagem dos mesmos sem ou com adição de estabilizantes tais como asfalto-espuma, cimento Portland ou cal hidratada. Após a reciclagem constrói-se nova capa asfáltica como revestimento.

Assim como uma máquina, o pavimento necessita de cuidados especiais, como uma manutenção periódica e avaliações constantes. A avaliação funcional traz resultados o

conforto ao rolamento, condições de superfície, interação pneu-pavimento, defeitos e irregularidades. Porém nosso foco é a análise estrutural.

A análise estrutural está associada ao conceito de capacidade de carga, que se liga automaticamente ao projeto do pavimento e ao seu dimensionamento.

As deformações elásticas são avaliadas por equipamentos próprios chamados genericamente de defletômetros por medirem os deslocamentos verticais nomeados como “deflexão” do pavimento. Elas são responsáveis pelo surgimento da maioria dos trincamentos ao longo da vida do pavimento, e que podem levar à fadiga do revestimento. As deformações plásticas são acumulativas durante os anos de vida de um pavimento e resultam em defeitos do tipo afundamento localizado ou nas trilhas de roda (BERNUCCI *et al.*, 2006, p. 442).

#### 4.1 Métodos de avaliação estrutural

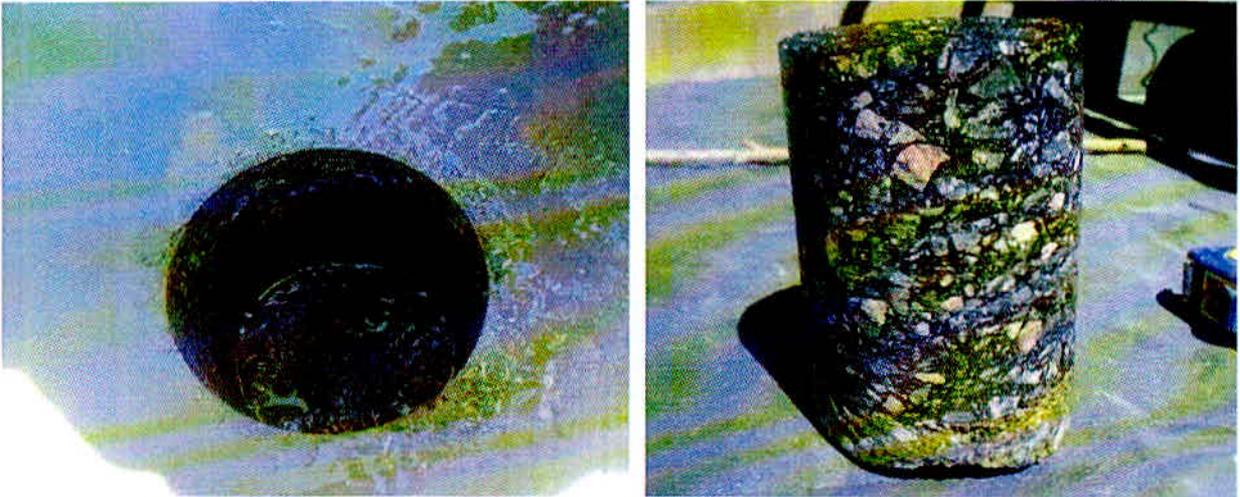
A avaliação estrutural do pavimento pode ser feita por métodos destrutivos, semi-destrutivos ou não-destrutivo.

##### 4.1.1. Destrutivo

Investiga a condição estrutural do pavimento, camada a camada, através de abertura de trincheiras ou poços de sondagem, permitindo recolher amostras de cada material, indo até o subleito (Figura 6). Permite também realizar ensaios de capacidade de carga *in-situ*. Por se tratar de um método de natureza destrutiva e só pode ser empregado em alguns pontos pré-selecionados como representativos de cada segmento a ser avaliado.

Figura 6 - Processo de extração de CP (corpo de prova) para análise das camadas do pavimento.





(Fotografia de Dimas Tadeu Barbosa Sampaio)

Conforme podemos observar na Figura 6, é possível identificar os tipos de materiais das camadas e subleito, as espessuras de camada e fazer coleta de amostras para ensaios de laboratório. É possível determinar a massa específica e a umidade de cada camada para comparar com as condições de umidade ótima e massa específica máxima dos ensaios de compactação, e desta forma, avaliarmos eventuais excessos de umidade ou deficiência de grau de compactação. A extração de corpos de prova permite avaliar o grau de envelhecimento do ligante por exemplo.

#### 4.1.2. Semidestrutivo

Um método semidestrutivo é aquele que se vale de aberturas menores de janelas no pavimento que permitam utilizar um instrumento portátil de pequenas dimensões para avaliar a capacidade de carga de um pavimento, tal como o uso de cones dinâmicos de penetração – DCP. Não são ensaios muito comuns ainda, mas tendem a melhorar no quesito tecnológico.

#### 4.1.3. Não destrutivos

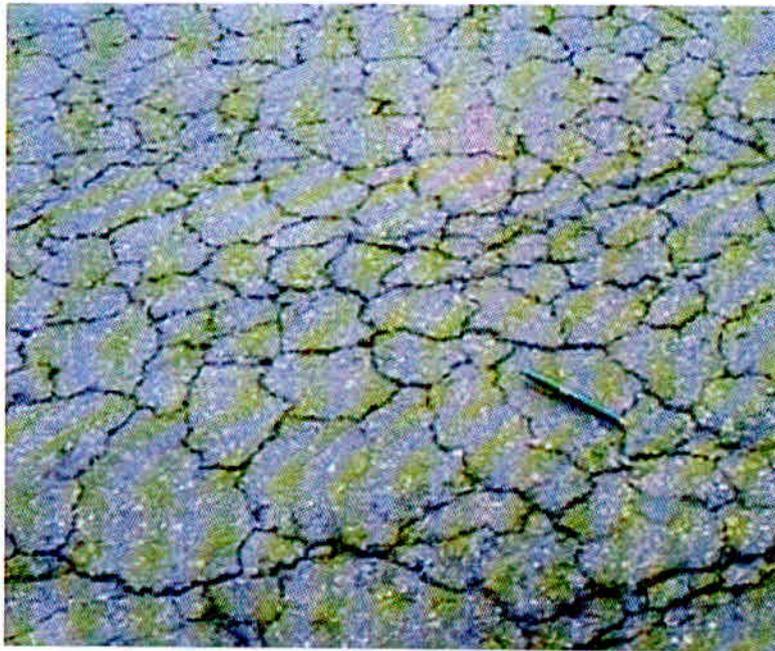
Sem dúvida alguma o método mais utilizado devido a sua praticidade e funcionalidade. Para grandes extensões de pistas é a mais rápida também. A medição é feita a fim de acompanhar a variação da capacidade de carga com o tempo. A cada passagem de roda o pavimento sofre um deslocamento total que tem duas componentes: deformação elástica, cuja medida de deflexão é a principal forma de avaliação estrutural de um pavimento em uso

e deformação permanente, que resulta no afundamento de trilha de roda cuja medida também é um critério de definição de vida útil estrutural e funcional, pois a partir de determinado período, pode interferir na condição de conforto e segurança do tráfego.

Quando se mede o deslocamento elástico em vários pontos a partir da carga tem-se a denominada bacia de deflexão ou linha de influência da carga sobre um ponto do pavimento (DNER-ME 061/94).

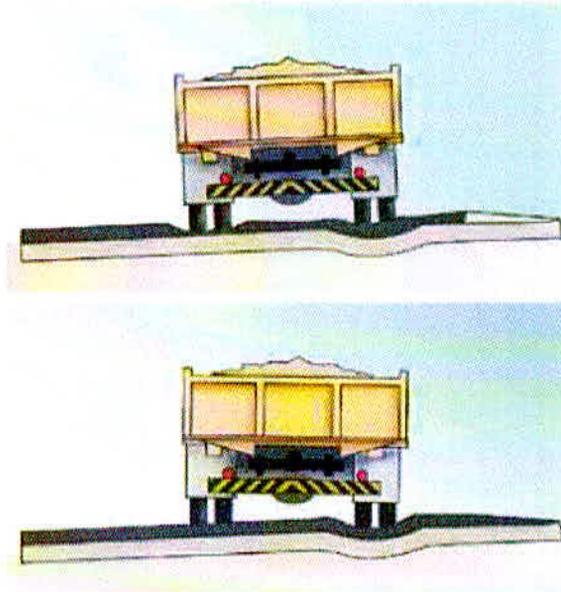
O “couro de jacaré” é uma patologia proveniente da repetição das deformações elásticas em pavimento de revestimento de concreto asfáltico, conforme pode ser observado na Figura 7. Já na Figura 8, observa-se o resultado do acúmulo de deformações permanentes, as chamadas trilhas de rodas, que podem ocorrer tanto no revestimento quanto no subleito ou em todas as camadas do pavimento.

Figura 7 - Fadiga do pavimento (trincas couro de jacaré)



(Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2006, p. 445)

Figura 8 - Deformação permanente (trilhas de rodas)



(Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2006, p.445)

#### 4.2 Equipamentos de avaliação estrutural não-destrutiva

Para o método não destrutivo, existem hoje no mercado equipamentos que podem ser divididos da seguinte forma:

- a) Carregamento quase-estático: é necessário andar pela rodovia passando um aparelho chamado de viga Benkelman. Foi desenvolvido na década de 1950 e foi introduzido no Brasil em 1962 (CARNEIRO, 1965). Processo lento.
- b) Carregamento por impacto: FWD *falling weight deflectometer* (FWD). Trata-se de um peso-batente, de retorno imediato. Introduzido no Brasil em 1980 (DNER..., 1998).

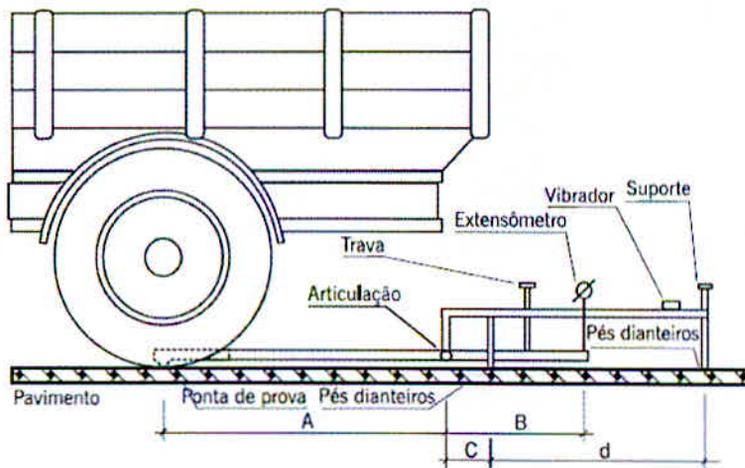
Ambos os equipamentos devem ser constantemente calibrados por processos específicos e seguem rotinas de aplicação determinada pelo tipo de carregamento (ASTM D 4695). Os equipamentos servem para avaliação estrutural e medem os seguintes parâmetros:

- a) Deflexão máxima: deslocamento sob o centro de carga (FWD) ou sob o centro das rodas duplas de um eixo simples (viga Benkelman).
- b) Raio de curvatura: círculo ou arco de parábola que passa por dois pontos da deformada (viga Benkelman), normalmente sob a carga e a 25cm do centro da mesma.
- c) Bacia de deformação: medidas dos deslocamentos elásticos ou recuperáveis em vários pontos a partir do centro do carregamento.

#### 4.2.1 Viga Benkelman

Trata-se de um equipamento simples, que necessita de um caminhão com eixo traseiro simples de roda dupla, carregado com 8,2t, para aplicar a carga sob a qual será medida a deformação elástica (Figura 9).

Figura 9 - Esquema da viga Benkelman



(Fonte: DNER ME 24/94)

Conforme o DNER (ME 24/94), o ensaio completo da viga Benkelman consiste em: (i) colocar a ponta de prova da viga Benkelman entre os pneus da roda geminada traseira do caminhão, colocando-a exatamente sob o seu eixo; (ii) fazer uma leitura inicial do extensômetro que se situa a uma distância segura para o operador sobre o braço móvel da viga – leitura  $L_i$ ; (iii) fazer o caminhão se afastar lentamente até 10m de distância da ponta de prova ou até que o extensômetro não acuse mais variação da leitura; (iv) ler o extensômetro – leitura  $L_f$ . (Figura 10).

A leitura final corresponde ao descarregamento do pavimento e todo o deslocamento recuperado é associado à deformação elástica do pavimento (deflexão). Calcula-se a deflexão  $d_0$  pela expressão  $d_0 = (L_i - L_f).K$ , sendo  $K$  a constante da viga dada pela relação entre o braço maior e o braço menor, articulados.

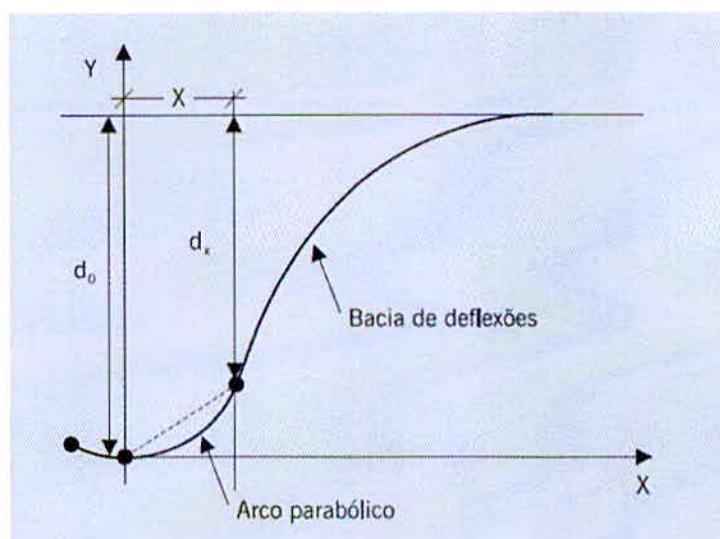
Figura 10 - Medida com viga Benkelman em campo



(Fotografia: Dimas Tadeu Barbosa Sampaio)

Com relação a bacia de deflexão com a viga Benkelman, trata-se de um procedimento trabalhoso e de pouca precisão se realizado com a viga convencional, mas hoje é possível encontrar no Brasil vigas automatizadas. Na maioria das vezes medem-se apenas a deflexão máxima  $d_0$  e mais um ponto, em geral a 25cm do inicial  $d_{25}$ , para o chamando raio de curvatura. O raio de curvatura é um arco de parábola que passa pelos dois pontos. A expressão  $R = 6250 / 2(d_0 - d_{25})$  indicada para cálculo do raio de curvatura R com as deflexões em centésimos de milímetro obtém-se o raio em metros.

Figura 11 - Esquema de medida e cálculo do raio de curvatura

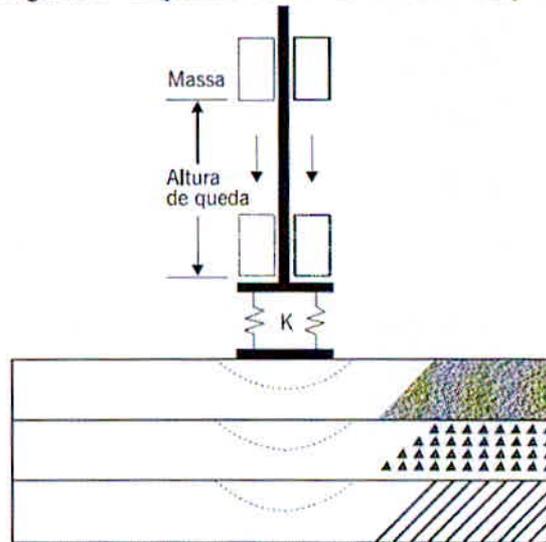


(Fonte: BERNUCCI *et al.*, 2006, p.449)

#### 4.2.2 Equipamento por impacto *falling weight deflectometer* (FWD)

Conforme Bernucci *et al.*, 2007, “os equipamentos mais atuais de medida dos deslocamentos elásticos de um pavimento são os de impacto por queda de um peso suspenso a certa altura, sobre amortecedores que comunicam o choque a uma placa metálica apoiada sobre o pavimento no ponto de leitura da deflexão máxima (Figura 12).

Figura 12 - Esquema de um defletômetro de impacto



(Fonte: Bernucci *et al.*, 2006, p.450)

Segundo as normas do DNER-PRO 273 e ASTM D 4695, o equipamento é totalmente automatizado, rebocado por um veículo, geralmente uma caminhonete, que carrega parte do sistema de aquisição de dados feitos por computador, conectados aos sensores instalados na parte rebocada, que é o defletômetro (Figura 13).

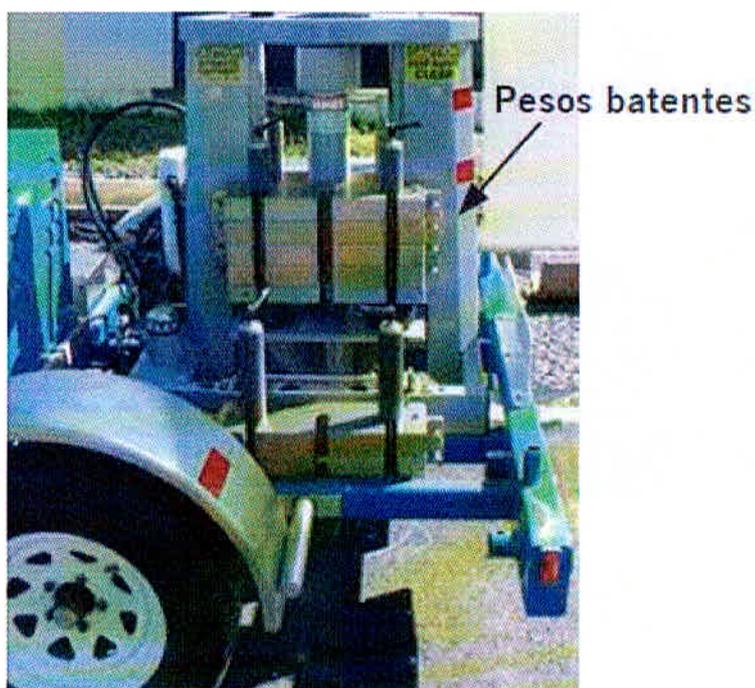
Figura 13 - Vista geral do FWD da empresa Dynatest



(Fonte: Bernucci *et al.*, 2006, p.451)

O ensaio consiste em se aplicar a carga de impacto e ler os deslocamentos em vários sensores colocados ao longo de um suporte em posições convenientemente escolhidas para se obter a linha de deslocamentos (Figura 14 e 15). Note-se que essa é uma diferença importante entre o FWD e a viga Benkelman. Outra diferença marcante está na forma de aplicação da carga: dinâmica no FWD e quase estática na VB (BERNUCCI *et al.*, 2006), o que faz que para extensões maiores e para pavimentos já concluídos, o FWD seja mais usado que a viga Benkelman.

Figura 14 - Detalhe do sistema de carregamento



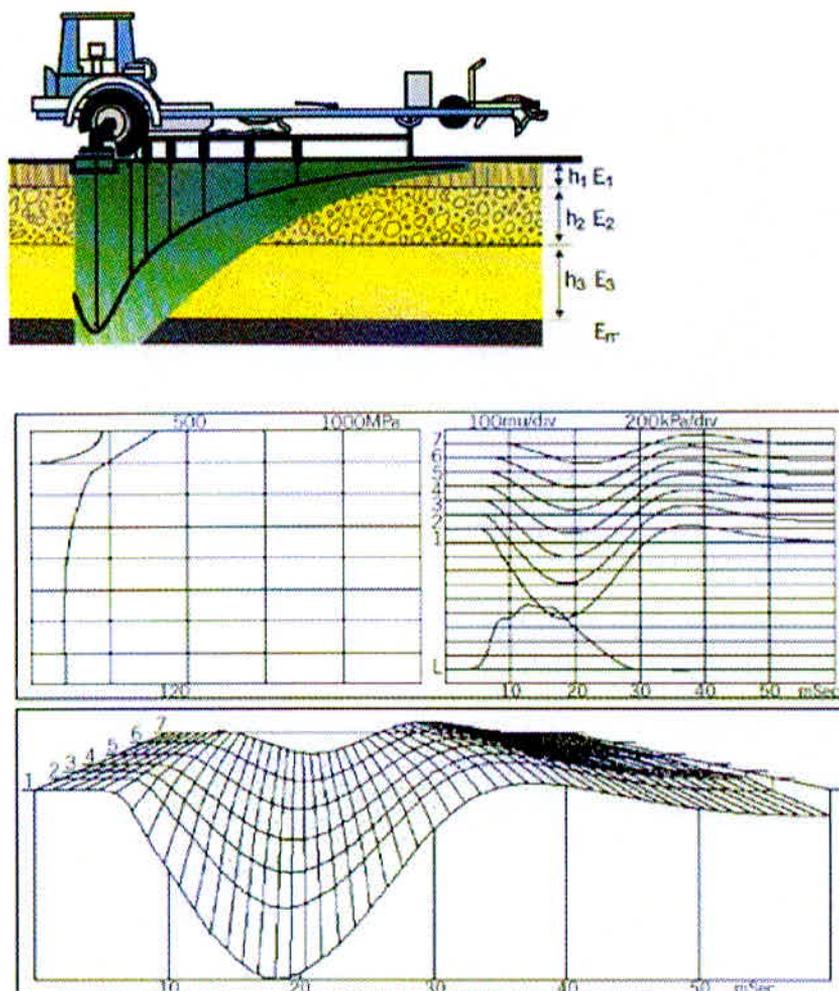
(Fonte: Bernucci *et al.*, 2006, p.451)

Figura 15 - Detalhe do prato de aplicação de carga e da barra de sensores



(Fonte: Bernucci *et al.*, 2006, p.451)

Figura 16 - Esquema de medidas com o FWD



(Fonte: www.dynatest.com)

#### 4.2.3 Comparativo viga Benkelman x FWD

O FWD é mais preciso que a viga Benkelman pelo fato de que quando aplicada a carga de impacto vários sensores ao longo de um suporte em posições convenientes escolhidas para se obter a linha de deslocamentos fazem a leitura automatizada. Enquanto que na viga a leitura é feita uma a uma, o que faz com que a viga seja quase estática, ao contrário do dinamismo do FWD.

O FWD leva vantagem ainda sobre a viga convencional na acurácia nas medições, ou seja, na precisão dos resultados. Também leva no quesito produtividade, onde mais pontos são lidos por dia. E para a fiscalização é melhor que a viga pelo fato do resultado não poder ser alterado pelo operador. O resultado nos ensaios feitos na viga pode ser alterado.

Porém o FWD é caro, necessita de calibração mais sofisticada e apresentam resultados diferentes de leitura para diferentes marcas.

Tanto o FWD quanto a viga Benkelman podem ser usados no controle da capacidade de suporte das camadas do pavimento desde a sua construção, o que vem sendo cada vez mais usado no país com muitas vantagens (SOARES *et al.*, 2000).

A ordem de grandeza das deflexões dos pavimentos asfálticos varia muito com as características da estrutura, o tipo de revestimento, o nível de trincamento, as condições climáticas etc. Mas como valor típico pode-se indicar de 30 a 50 ( $\times 10^{-2\text{mm}}$ ) para um pavimento com revestimento de concreto asfáltico e base granular em boa condição estrutural, e da ordem de 80 ( $\times 10^{-2\text{mm}}$ ) para um pavimento com revestimento de tratamento superficial (BERNUCCI *et al.*, 2006).

### 4.3 Considerações finais sobre análise estrutural do pavimento

A avaliação estrutural é fundamental para se determinar a capacidade de carga de um pavimento desde a sua construção e ao longo da sua vida para definir a época mais adequada de fazer uma intervenção de restauração e qual deve ser a técnica a ser empregada. Para este trabalho, esta avaliação será necessária para identificarmos qual o real problema no segmento a ser analisado. Além da análise estrutural, estudaremos também o projeto original da duplicação da BR/381 e verificaremos se o que foi projetado realmente foi realizado em campo, através de ensaios de sondagem.

Tendo o projeto em mãos e os ensaios com os corpos de prova, será possível identificar se o que foi previsto foi executado, se todas as camadas do pavimento foram executadas com as espessuras corretas. Analisaremos ainda os registros da viga Benkelman e será verificado se a viga atendeu as especificações. Este será o primeiro limitador.

Em caso afirmativo, iremos para a segunda etapa, que será analisar o projeto e verificar se o dimensionamento do pavimento de projeto é capaz de suportar o volume de tráfego que temos hoje, que aumentou consideravelmente nos últimos anos.

Novamente, caso após todas as análises supracitadas ainda não seja possível identificar as causas que degradam o pavimento, iremos para a última etapa, que será verificar ensaios da época e analisar se todos os ensaios necessários foram realizados. Esta etapa é uma etapa mais trabalhosa, pois será necessário procurar e analisar ensaio por ensaio de laboratório, e verificar se algum componente do pavimento foi aplicado fora das especificações técnicas.

De antemão, é informado que caso seja detectado que o pavimento na época foi executado corretamente, dentro dos estudos considerados anos atrás, mas que anos depois o volume de tráfego aumentou e os caminhões e carretas evoluiu quanto à carga transportada (o que logicamente faz com que o pavimento dimensionado não suporte mais o peso dos veículos de hoje), não é o objetivo do trabalho em questão apresentar o detalhamento dos métodos de dimensionamento do novo pavimento para que se possam suportar estas novas cargas. O trabalho mostrará qual a melhor solução para revitalização do pavimento, através de uma análise entre diversos tipos de reestruturação.

## **5. RESULTADOS OBTIDOS**

Após visita ao local, foi constatado que o maior problema trata-se das trincas “couro de jacaré”. Os documentos que serão apresentados a seguir têm por finalidade auxiliar na identificação das causas que originaram tal patologia no pavimento entre os quilômetros 844,000 e 844,500 da rodovia Fernão Dias. São documentos do período da duplicação da rodovia, que foram cedidos de forma cortês pelo DER/MG. Estes documentos retratam a realidade da época, portanto, se enquadram as normas da época. Será observado, conforme supracitado, em primeiro momento, se o projeto de pavimentação foi seguido conforme deveria ter sido seguido. Será feito um comparativo entre a seção tipo do pavimento para o local em questão e os corpos de prova extraídos. Posteriormente, será verificado se o dimensionamento do pavimento da época foi feito para suportar a carga que temos hoje nas estradas. Em caso afirmativo, será feito um comparativo entre as camadas do pavimento que existem no local hoje e as que deveriam existir.

### **5.1 Seção tipo do pavimento no km 844,000 ao 844,500**

Conforme pode ser observado no Anexo I, a seção tipo do pavimento entre o quilômetro 844,000 e 844,500 obedecem as seguintes camadas e sequência de execução:

- regularização do subleito;
- sub-base de brita graduada tratada com cimento (espessura de 18 cm)
- imprimação de sub-base
- base de brita graduada (espessura de 12 cm)
- imprimação da base
- pintura de ligação

- binder (espessura de 7 cm)
- pintura de ligação
- capa – concreto betuminoso usinado a quente (espessura de 6 cm)

Para averiguação das espessuras praticadas, foi necessário solicitar ao DER/MG o *as-built* da rodovia Fernão Dias. O *as-built* é um documento, que tem por finalidade demonstrar tudo que foi realizado em determinada obra, bem como as alterações contratuais, que é entregue ao término de cada obra. Foi explicado ao DER/MG que tais informações seriam para elaboração do trabalho em questão. Estas informações foram autorizadas e cedidas de forma amigável pelos responsáveis regionais do DER/MG. Começaremos nossa análise pela sub-base e base.

#### 5.1.1 Análise da sub-base e base

As camadas de sub-base e base têm a função permanente de resistir e distribuir os esforços que atuam na direção vertical, solicitados pelo tráfego existente onde se constituirá o revestimento.

As duas camadas são constituídas por materiais estabilizados granulometricamente tendo como principais a brita e areia. Existem ainda os materiais estabilizados com aditivos, que atuam no processo de sua trabalhabilidade de forma mais concentrada e rápida.

No caso da Fernão Dias, a sub-base utilizada é de brita graduada tratada com cimento, com espssura prevista em projeto de 18 cm. Conforme pode ser observada no Anexo II, a espessura de 18 cm foi respeitada durante a execução. Os ensaios de laboratório ainda apontam total regularidade nesta camada, conforme pode ser observado no Anexo III. Concluimos que não existe problema estrutural na sub-base de brita graduada tratada com cimento (BGTC).

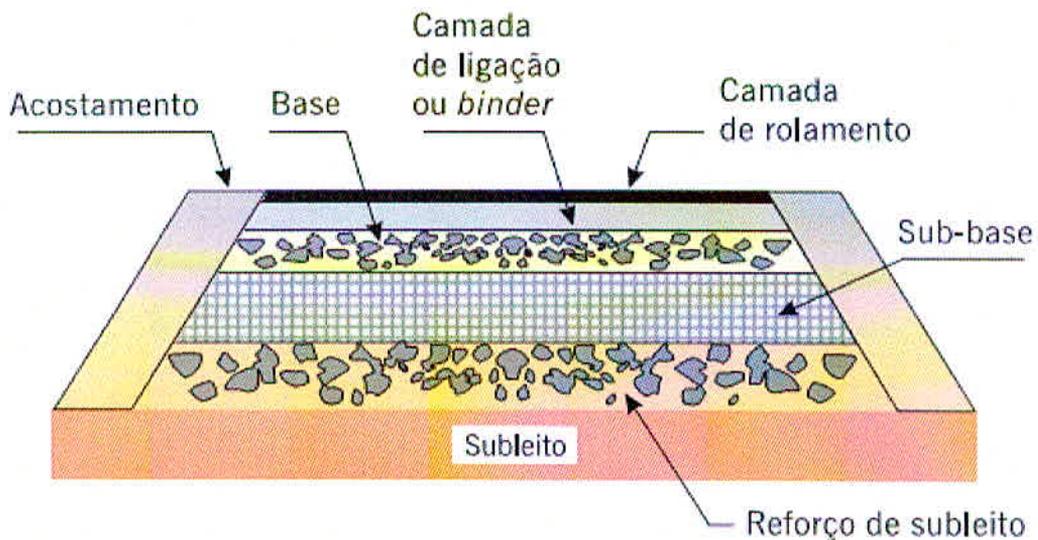
Segundo Bernucci *et al.*, (2006), a BGTC tem sido bastante utilizada, principalmente em pavimentos de vias de alto volume de tráfego. No país, seu uso começou a ser mais difundido no final da década de 1970. A BGTC é empregada geralmente como base de pavimentos com revestimentos betuminosos, porém também é empregada como base de pavimentos intertravados ou sub-base de pavimentos de concreto. Na BGTC, em princípio, usa-se o mesmo material da BGS, porém com adição de cimento na proporção de 3% a 5% em peso. O BGS consiste em um material com distribuição granulométrica bem-graduada,

com diâmetro máximo dos agregados não excedendo a 38mm e finos entre 3% e 9% (passante na peneira nº 200), que confere um bom intertravamento do esqueleto sólido e uma boa resistência.

### 5.1.2 Análise do binder e capa

De acordo com Bernucci, *et. al.* (2006), o revestimento asfáltico é constituído pela associação de agregados asfálticos. Essa associação pode ser basicamente analisada de duas principais formas, sendo por misturas ou por penetração. No revestimento por misturas, o agregado é pré-envolvido pelo ligante asfáltico na própria usina, e em seguida é transportado até o local da aplicação. Quando o revestimento é executado por penetração o agregado e o ligante asfáltico são espalhados um sobre o outro. A Figura 17 mostra a capa ou camada de rolamento, mais rígida e fechada, e também a camada de ligação ou “binder”, que faz ligação entre a base e a capa selante, ilustrando as possíveis camadas do revestimento asfáltico.

Figura 17 - Camadas do Revestimento Asfáltico



(Fonte: BERNUCCI, *et. al.* 2006)

As espessuras das camadas dependem de dimensionamento estrutural que deve ser feito caso a caso. Para a Fernão Dias, objeto de estudo deste trabalho, a camada de binder especificado em projeto era de 7 cm. Conforme podemos verificar através dos documentos de controle tecnológico cedidos pelo DER/MG, a média dos corpos de prova extraídos neste

segmento foi de 7,1 cm, ficando dentro do estipulado em projeto. Os demais ensaios de laboratório, demonstrados no Anexo IV, também ficaram dentro do estipulado pelo projeto. Conclui-se que na camada do binder não existem problemas estruturais quaisquer.

O projeto de dosagem da mistura asfáltica deve atender aos requisitos técnicos e de qualidade compatível com as outras camadas escolhidas. Essa dosagem passa pela escolha adequada de materiais componentes da mistura, proporcionados de forma a resistirem às solicitações previstas do tráfego e do clima.

Nos casos mais comuns, até um determinado volume de tráfego, um revestimento asfáltico de um pavimento novo consiste de uma única camada de mistura asfáltica e o material de revestimento pode ser fabricado em usina específica (misturas usinadas), fixa ou móvel, ou preparado na própria pista (tratamentos superficiais). Os revestimentos são também identificados quanto ao tipo de ligante: à quente ou a frio.

Um dos tipos mais empregados no Brasil de revestimento a quente é o concreto asfáltico (CA) também denominado concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ). Trata-se do produto da mistura convenientemente proporcionada de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico, ambos aquecidos em temperaturas previamente escolhidas, em função da característica viscosidade-temperatura do ligante.

A espessura prevista em projeto para a capa de rolamento, era de 6 cm. Porém, ao analisarmos o Anexo V, podemos verificar que neste segmento em estudo, a mesma foi executada com 4 cm.

Imediatamente após ser detectado tal fato, foram buscadas várias formas de justificativa para esta mudança de projeto, porém nenhum arquivo foi encontrado e cedido. O que existem são relatos de profissionais que trabalharam na duplicação, que preferiram não se identificar, dizendo que por motivos contratuais, o valor financeiro disponível para conclusão das obras de duplicação da rodovia Fernão Dias era insuficiente, porém a obra deveria ser entregue de qualquer forma pois o governo da época assim tinha estipulado. Consequentemente, com pouca verba e a tarefa de entregar a obra dentro do prazo, a espessura da camada de rolamento foi reduzida em alguns segmentos. O contrato de duplicação da Fernão Dias já tinha gozado do aditivo de 25% junto ao BID (Banco Internacional do Desenvolvimento) e valor nenhum a mais poderia ser aditado.

Independente do motivo que levou a execução de 4 cm de capa e não 6 cm, o fato é que podemos concluir que o projeto original contemplava uma coisa e foi executada outra. Aliada a isso, temos a patologia identificada, que se trata da trinca “couro de jacaré”. Será

analisada a seguir, qual a ligação existente entre a trinca “couro de jacaré” e o CBUQ com espessura menor do que estipulado em projeto. Será comparado também qual o VDM de projeto da época da duplicação e qual o VDM atual, onde antecipadamente podemos concluir que se o VDM da época era menor que o de hoje, o CBUQ existente hoje deveria ser maior que 6 cm, e não menor, como foi identificado.

Agora um fato que chamou atenção foi o relatório da viga Benkelman. Mesmo o CBUQ estando dois centímetros menores que o projeto, a viga neste segmento ficou dentro dos parâmetros de projeto, conforme pode ser observado no Anexo VI. Porém isto não representa absolutamente nada, uma vez que o projeto possui uma margem de segurança, e caso os veículos pesados que trafeguem pela Fernão Dias, fossem de um eixo traseiro apenas e fossem carregados com 8,2 toneladas, a pista de rolamento atenderia aos parâmetros estruturais sem maiores problemas.

O segmento foi liberado e dado como executado corretamente pela fiscalização da Fernão Dias, porém o projeto com 8,2 toneladas por eixo traseiro já não é mais uma realidade brasileira.

Consultores dos dias de hoje, sugerem o pavimento com a seguinte configuração para o território nacional:

- regularização do subleito;
- sub-base de brita graduada tratada com cimento (espessura de 20 cm, contra 18 cm do projeto antigo)
- imprimação de sub-base
- base de brita graduada (espessura de 25 cm, contra 12 cm do projeto antigo)
- imprimação da base
- pintura de ligação
- binder (espessura de 6 cm, contra 7 cm do projeto antigo)
- pintura de ligação
- capa – concreto betuminoso usinado a quente (espessura de 6 cm, mantendo o projeto antigo).

Aumentando em 15 cm a base e sub-base e em 1 cm o binder e capa, é possível, segundo especialistas da empresa BETA – Eng<sup>o</sup> e Serviços de Agrimensura Ltda, manter o pavimento no Brasil trafegável até o término da sua vida útil. Logicamente aumentando as espessuras, aumentam-se também os gastos financeiros para execução do pavimento, mas

reduzem as intervenções por parte dos órgãos públicos relativos a conservação das rodovias e reduzem o número de acidentes causados por buracos na pista.

## **5.2 Relação entre a patologia trinca “couro de jacaré” e o subdimensionamento do CBUQ.**

Os defeitos de superfície são os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo uma terminologia normatizada (DNIT 005/2003-TER-DNIT, 2003a). A finalidade dos levantamentos dos defeitos de é avaliar o estado de conservação dos pavimentos asfálticos e embasar o diagnóstico da situação funcional para subsidiar a definição de uma solução tecnicamente adequada e, em caso de necessidade, indicar a melhor ou melhores alternativas de restauração do pavimento. (BERNUCCI *et. al*, 2006, p.413).

Os defeitos de superfície podem aparecer em curto prazo por diversos motivos, seja devido a erros ou inadequações de projeto ou a médio ou longo prazo, devido à utilização cotidiana pelo tráfego e efeitos das intempéries.

Entre os erros ou inadequações mais comuns que levam à redução da vida útil de projeto, destacam-se os seguintes fatores: erros de projeto; erros ou inadequações na seleção, na dosagem ou na produção de materiais; erros ou inadequações construtivas; erros ou inadequações nas alternativas de conservação e manutenção. Estes erros podem agir separados ou em conjunto.

Vários fatores podem levar aos erros de projeto, quase sempre relacionados à dificuldade de prever o tráfego real que atuará no período de elaboração de projeto. Essa dificuldade deve-se a ausência de dados de tráfego local ou da falta de planejamento estratégico regional, o que leva ao desconhecimento das taxas de crescimento real. Também é difícil quantificar o volume de tráfego gerado por uso não previsto em projeto, tais como utilização como via alternativa pelo maior conforto ao rolamento ou por não ser cobrado o pedágio.

Deve-se incluir nessas falhas de prognóstico a dificuldade de prever o excesso de carga, comumente praticado em muitas rodovias brasileiras não controladas por balança.

Ainda com relação ao projeto, podem ocorrer erros ou problemas no dimensionamento estrutural, tais como: incompatibilidade estrutural entre as camadas gerando fadiga precoce dos revestimentos; especificação em projeto de material inexistente ou de difícil disponibilidade local, obrigando substituições incorretas durante a obra; concepção estrutural que permita aprisionamento de água na estrutura de pavimento e falhas no sistema de

drenagem; ou mesmo subdimensionamento estrutural, seja por erro de projeto ou erro na previsão da capacidade de suporte dos materiais.

Já quando falamos dos erros ou inadequações na seleção de materiais, na dosagem ou na produção de misturas, destacam-se alguns exemplos ilustrativos: seleção incorreta de solo para reforços do subleito ou para misturas; seleção imprópria de agregados e de graduação para compor bases e sub-bases, ou ainda revestimentos asfálticos; dosagem incorreta de materiais estabilizados com cimento ou cal; dosagem incorreta do teor de ligante asfáltico nas misturas asfálticas; variações de materiais e teores durante a usinagem; uso de temperatura inadequada na usinagem das misturas asfálticas, entre outros.

Diversos também são os erros e problemas na hora de construirmos uma rodovia, dentre os quais destacam-se alguns exemplos: espessuras menores que as previstas em projeto; falta de compactação apropriada das camadas, causando deformações e afundamentos excessivos ou rupturas localizadas; técnica de compactação inadequada, com uso de equipamentos de baixa eficiência; compactação de misturas asfálticas em temperaturas inadequadas ou variabilidade de temperatura na massa asfáltica durante o processo de compactação; erros nas taxas de imprimção ou de pintura de ligação, entre outros (BERNUCCI *et. al.*, 2006).

### 5.2.1 Classificação dos defeitos do pavimento

Para a classificação dos defeitos, utiliza-se a norma DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia.

Os tipos de defeitos catalogados pela norma brasileira e que são considerados para cálculo de indicador de qualidade da superfície do pavimento (IGG – índice de Gravidade Global) são: fendas (F); afundamentos (A); corrugação e ondulações transversais (O); exsudação (EX); desgaste ou desagregação (D); panela ou buraco (P); e remendos (R).

Outros defeitos, apesar de não acarretarem prejuízo nos indicadores do tipo IGG, são também importantes e devem ser considerados para uma análise da solução de restauração: escorregamento do revestimento asfáltico, polimento de agregados, bombeamento de finos, trincas distintas das anteriores como trincas de borda próximas aos acostamentos e parabólicas, falhas do bico espargidor, desnível entre pista e acostamento, marcas impressas na superfície – marcas de pneus, empolamento ou elevações por expansão ou raízes de árvores, entre outros.

Para as trincas “couro de jacaré”, utiliza-se a letra (J) como referência e várias são as causas das trincas: ação da repetição de cargas do tráfego; ação climática – gradientes térmicos; envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade seja pelo tempo de exposição seja pelo excesso de temperatura na usinagem; compactação deficiente do revestimento; deficiência no teor de ligante asfáltico; subdimensionamento; rigidez excessiva do revestimento em estrutura com elevada deflexão; reflexão de trincas de mesma natureza; recalques diferenciais; entre outros. Podem aparecer em trilhas de roda, localizadamente, junto às bordas ou de forma generalizada.

### 5.2.2 Subdimensionamento do pavimento de projeto

Não foi possível localizar junto ao DER/MG qual o VDM de projeto da duplicação da Fernão Dias através de documentos oficiais, mas no ano de 2007 o VDM da rodovia Fernão Dias era de 15 mil veículos por dia. Em 2012 este número subiu para 24 mil veículos por dia. Em 2013 novamente um aumento, desta vez para 26 mil veículos por dia. É possível determinar que com o considerável aumento de veículos, a repetição de cargas do tráfego também aumenta, o que faz com que o pavimento não possa ser subdimensionado, mas sim reforçado.

Outro fator preponderante é o excesso de carga dos caminhões e carretas. Na hora de dimensionar o pavimento, usualmente veículos longos são considerados com uma velocidade média de 80km/h a 100km/h. Infelizmente não foi possível localizar este número junto ao DER/MG, mas basta um passeio rápido pela Fernão Dias para que seja verificado que isto não vem acontecendo. Os veículos transitam em velocidades mais altas e muito mais carregados que o estipulado pelo padrão internacional de 8,2 toneladas por eixo traseiro.

Em suma, mesmo que o CBUQ tivesse sido executado com 6 cm e não com 4 cm, é bem provável que o pavimento não aguentasse o excesso de carga vigente.

## 6. CONCLUSÃO

É possível concluir através das análises referenciadas ao longo do trabalho, que as trincas “couro de jacaré” existentes entre os quilômetros 844,000 ao 844,500 da pista sul da rodovia Fernão Dias, BR/381, foram causadas devido a junção de dois fatores: subdimensionamento estrutural do pavimento e erro de projeto devido a dificuldade de prever o tráfego real que atuará no período futuro.

Caso o pavimento tivesse sido executado neste segmento seguindo as especificações de projeto, provavelmente o mesmo apresentaria patologias menos agressivas que a trinca “couro de jacaré”, porém a combinação de duas falhas estruturais no mesmo segmento ocasionou algo específico da Fernão Dias.

Na próxima etapa do Trabalho de Conclusão de Curso serão discutidas diversas soluções para reestruturação do pavimento entre os quilômetros 844,000 ao 844,500 e selecionada uma que melhor atenda, do ponto de vista estrutural, ambiental e financeiro, de acordo com o cronograma a seguir:

**Agosto** – Levantamento das quantidades em campo: qual será o volume gasto de materiais, dias trabalhados e valor financeiro de todas as possíveis formas de recuperação do segmento em estudo. Será escolhida uma forma de recuperação que melhor atenda.

**Setembro** - Definição do tipo de serviço a ser utilizada na recomposição do segmento estudado, de acordo com os levantamentos do mês de agosto, análise patológica e literatura especializada.

**Outubro** – Composição total dos custos: quanto será gasto no serviço como um todo, sendo somado o valor da recuperação do pavimento + sinalização vertical + sinalização horizontal + elementos de proteção e segurança.

**Novembro** – Elaboração do croqui da obra demonstrando como estará em fase de obras e em fase final de recuperação. Revisão final do trabalho e entrega.

**Dezembro** – Apresentação junto à banca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 7207:1982 – **Terminologia e classificação de pavimentação.**

ASTM – AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. **ASTM D4695-96: standard guide for general pavement deflection measurements.** USA, 2000.

BITTENCOURT, E.R. **Caminhos e estradas na geografia dos transportes.** Rio de Janeiro: Editora Rodovia, 1958.

BERNUCCI, Liedí Nariani...[et al.] **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** 1ed. Rio de Janeiro: Petrobrás: Abeda, 2006.

CARNEIRO, F.B.L. **Viga Benkelman, instrumento auxiliar do engenheiro de conservação.** In: SIMPÓSIO DE PESQUISA RODOVIÁRIA, 1965, Rio de Janeiro. Public. 85-GTPC-65-03. Rio de Janeiro: IPR, 1965.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de reabilitação de pavimentos.** Rio de Janeiro: DNER, 1998.

\_\_\_\_\_ **ME 061/94:** delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_ **ME 024/94:** determinação das deflexões no pavimento pela viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994

\_\_\_\_\_ **PRO 273/96:** determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo falling weight deflectometer (FWD). Rio de Janeiro, 1996.

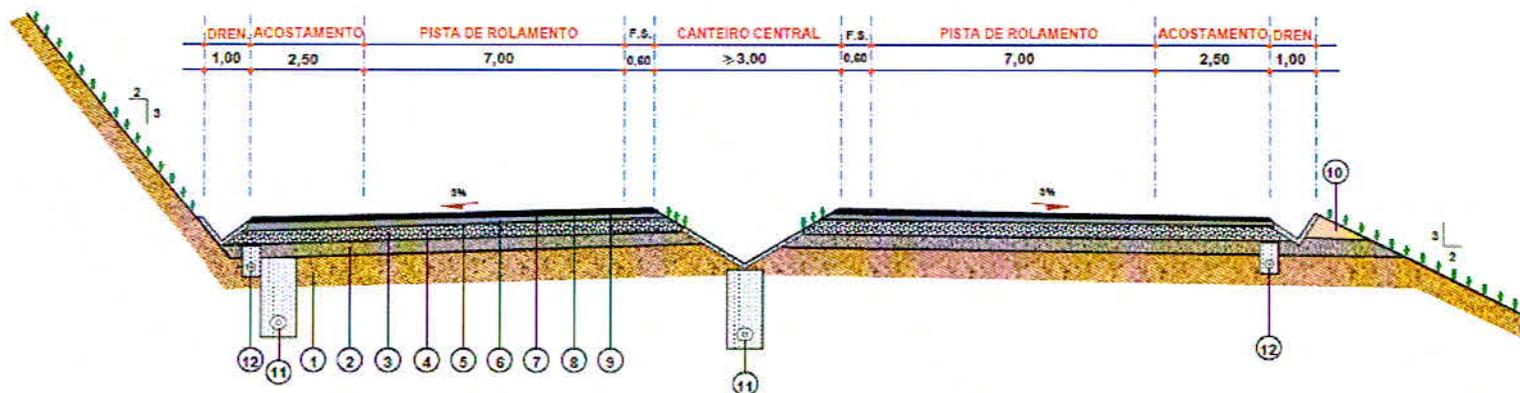
DNIT — DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação,** 2006. Disponível em: [http:// www1.dnit.gov.br/Manual\\_de\\_Pavimentacao.pdf](http://www1.dnit.gov.br/Manual_de_Pavimentacao.pdf), acesso em 25 fev. 2014.

DNIT — DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005-TER: defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia.** Rio de Janeiro, 2003a.

MEDINA, J. **Mecânica dos pavimentos.** 1. ed. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 1997. 380 p.

SOARES, J.B.; MOTTA, L.M.; SOARES, R.F. **Análise de bacias deflectométricas para o controle de construção de pavimentos asfálticos.** In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 14., 2000, Gramado. Anais... Gramado: ANPET, 2000.

SEÇÃO TRANSVERSAL - TIPO (IMPLANTAÇÃO - BR-381)



LEGENDA	
IMPLANTAÇÃO	
① REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO	⑦ BINDER (ESP. 7 cm)
② SUB-BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (ESP. 18 cm)	⑧ PINTURA DE LIGAÇÃO
③ IMPRIMAÇÃO DA SUB-BASE	⑨ CAPA - CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (6 cm)
④ BASE DE BRITA GRADUADA (ESP. 12 cm)	⑩ SOLO ARGILOSO AFILOADO
⑤ IMPRIMAÇÃO DA BASE	⑪ DRENO PROFUNDO PARA CORTE EM SOLO (0,50 X 1,50 m)
⑥ PINTURA DE LIGAÇÃO	⑫ DRENO DE ALÍVIO PARA BASE DE BRITA - DRENO DE PAVIMENTO (0,30 X 0,20 m)

OBSERVAÇÕES:

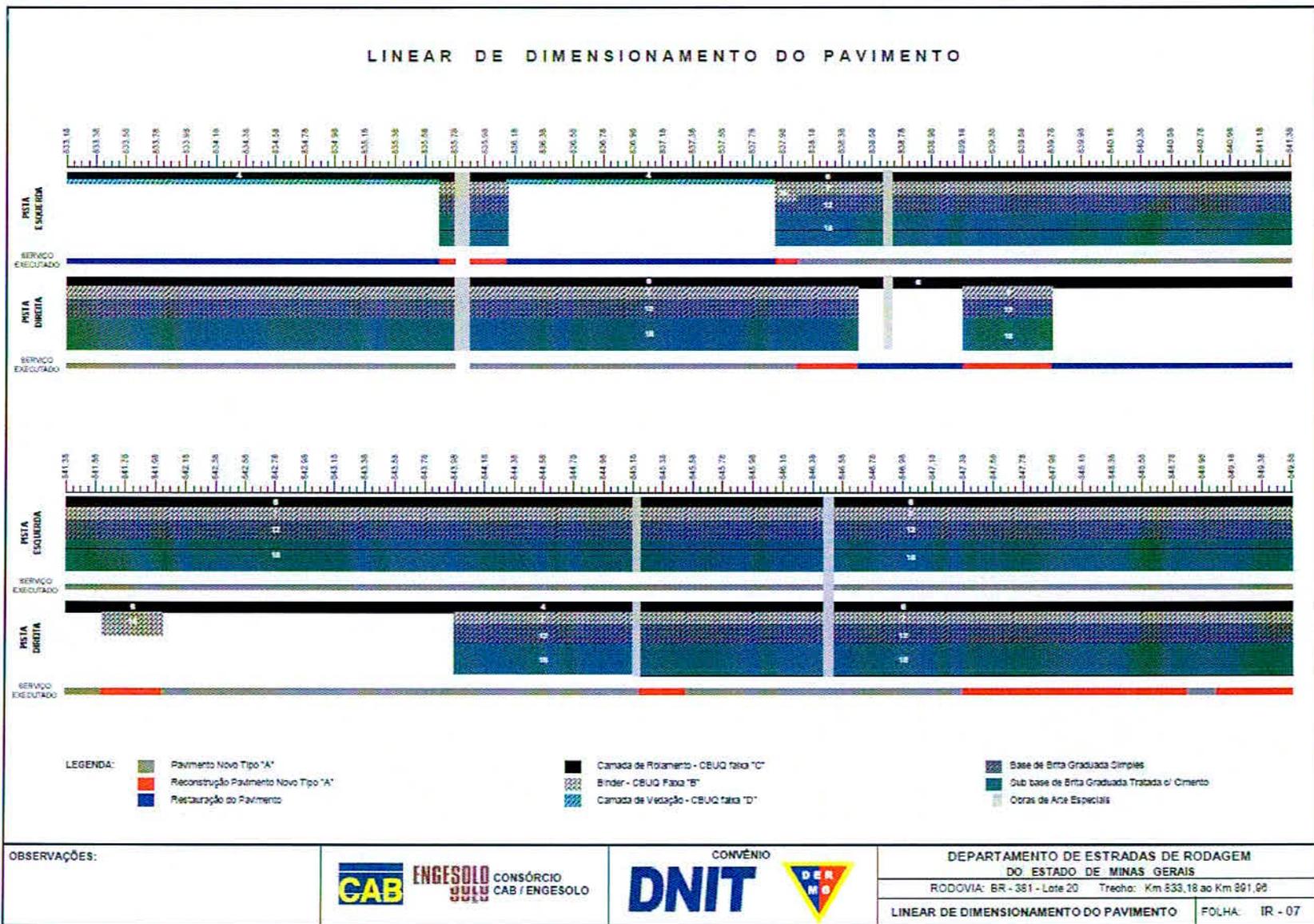


DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: BR - 381 - Lote 20 Trecho: Km 833,18 ao Km 891,96

SEÇÃO - TIPO DO PAVIMENTO

FOLHA: IR - 02



CONTROLE ESTATÍSTICO TECNOLÓGICO

Km	REGISTRO	GRANULOMETRIA							HOT.	D. max.	EXP.	ISC	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO - kgf/cm <sup>2</sup> (Idade - 97 Dias)
		% QUE PASSA NAS PENEIRAS											
		1/12"	1"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200					
ESTUDO : BASE - PISTA DIREITA													
833,18 ao 835,18	N	21	21	21	21	-	21	21	21	21	-	-	-
	X	100,00	96,10	64,05	39,90	-	14,71	9,14	5,34	2229,57	-	-	-
	σ	-	1,73	3,15	4,78	-	1,23	0,65	0,26	9,21	-	-	-
	μ	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	X max	100,00	97,84	67,23	44,74	-	15,98	8,80	5,90	2229,88	-	-	-
X min	100,00	94,35	60,68	35,07	-	13,47	5,48	6,08	2211,27	-	-	-	
ESTUDO : BASE - PISTA DIREITA													
835,18 ao 837,18	N	15	15	15	15	-	15	15	15	15	-	-	-
	X	100,00	99,35	63,55	45,85	-	18,99	7,45	5,03	2228,53	-	-	-
	σ	-	2,58	5,42	4,54	-	3,76	1,06	0,32	15,38	-	-	-
	μ	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	X max	100,00	99,19	69,51	50,64	-	22,83	8,61	5,38	2245,45	-	-	-
X min	100,00	93,51	57,59	40,55	-	14,56	6,28	4,67	2211,62	-	-	-	
ESTUDO : BASE - PISTA DIREITA													
837,18 ao 838,12 838,58 ao 839,72 839,18 ao 839,76 e 841,60 ao 842,04	N	12	12	12	12	-	12	12	12	12	-	-	-
	X	100,00	93,80	67,30	48,46	-	19,35	7,33	4,98	2237,92	-	-	-
	σ	-	2,91	6,89	4,44	-	5,44	1,63	0,32	30,64	-	-	-
	μ	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	X max	100,00	97,17	75,30	53,51	-	25,96	9,22	5,35	2273,46	-	-	-
X min	100,00	90,43	59,30	43,30	-	13,04	5,43	4,80	2202,37	-	-	-	
ESTUDO : BASE - PISTA DIREITA													
843,14 ao 847,14	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	-	-
	X	100,00	92,03	68,14	54,04	39,12	19,25	8,72	4,90	2222,00	-	-	-
	σ	-	0,96	5,25	6,90	5,42	3,90	1,32	0,24	17,04	-	-	-
	μ	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	X max	100,00	93,19	74,49	62,39	45,68	23,91	8,32	5,19	2.243,34	-	-	-
X min	100,00	90,87	61,79	45,69	32,56	14,89	5,12	4,51	2.200,66	-	-	-	
ESTUDO : BASE - PISTA DIREITA													
847,14 ao 849,14	N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	-	-	-
	X	100,00	100,00	69,41	61,71	37,54	20,40	6,53	5,57	2218,57	-	-	-
	σ	-	-	9,70	11,48	8,30	3,87	1,83	0,45	31,84	-	-	-
	μ	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	X max	100,00	100,00	82,60	67,32	48,83	25,96	9,02	6,18	2.261,88	-	-	-
X min	100,00	100,00	56,23	38,11	28,25	15,14	4,04	4,96	2.176,27	-	-	-	

Obs.: O CBR médio extraído dos relatórios mensais é 171 kgf/cm<sup>2</sup>

OBSERVAÇÕES:



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RODOVIA: BR - 361 - Lote 20 Trecho: Km 833,18 ao Km 891,96

CONTROLE ESTATÍSTICO TECNOLÓGICO

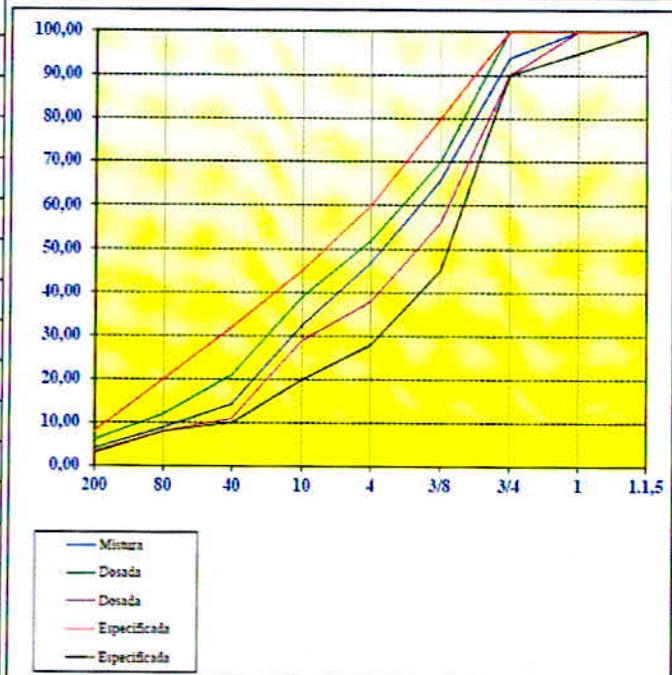
FOLHA: IR - 45

### CONTROLE ESTATÍSTICO TECNOLÓGICO

C.B.U.Q. BINDER - PISTA DIREITA

PARÂMETROS	N	$\bar{X}$	$\sigma$	$\mu$	X max	X min	CARACTERÍSTICAS			
							DOSADAS		ESPECIFICADAS	
							min.	max.	min.	max.
# 2"	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-
# 1.1/2"	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-
# 1"	12,0	100,0	-	*	-	-	100,0	100,0	95,0	100,0
# 3/4"	12,0	93,9	2,2	*	95,5	91,3	90,0	100,0	90,0	100,0
# 3/8"	12,0	65,8	2,8	*	68,8	62,8	56,0	70,0	45,0	80,0
# N° 4	12,0	47,0	2,8	*	50,0	44,0	38,0	52,0	28,0	60,0
# N° 10	12,0	32,5	1,4	*	34,1	30,9	29,0	39,0	20,0	45,0
# N° 40	12,0	14,4	1,5	*	16,3	12,5	11,0	21,0	10,0	32,0
# N° 80	12,0	8,9	0,4	*	9,4	8,4	8,0	12,0	8,0	20,0
# N° 200	12,0	4,0	0,6	*	4,7	3,3	3,0	6,0	3,0	8,0
% Ligantes	12,0	4,4	0,1	*	4,5	4,3	4,2	4,8	-	-
Estabilidade	12,0	1397,2	92,3	*	1504,3	1290,1	-	-	500,0	-
Fluência	12,0	11,7	0,4	*	12,2	11,2	-	-	8,0	18,0
Espessura	12,0	7,1	0,8	*	7,8	6,4	-	-	7,0	7,0
% Vazios	12,0	5,1	0,3	*	5,4	4,8	-	-	4,0	6,0
% RBV	12,0	67,6	1,2	*	69,0	66,2	-	-	65,0	72,0
Dens. Labor.	12,0	2396,2	9,7	*	2407,5	2384,9	-	-	-	-
Dens. "In Situ"	12,0	2356,3	24,4	*	2384,6	2328,0	-	-	-	-
% G.C.	12,0	98,3	0,6	*	99,0	97,6	-	-	97,0	-

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVAÇÕES:



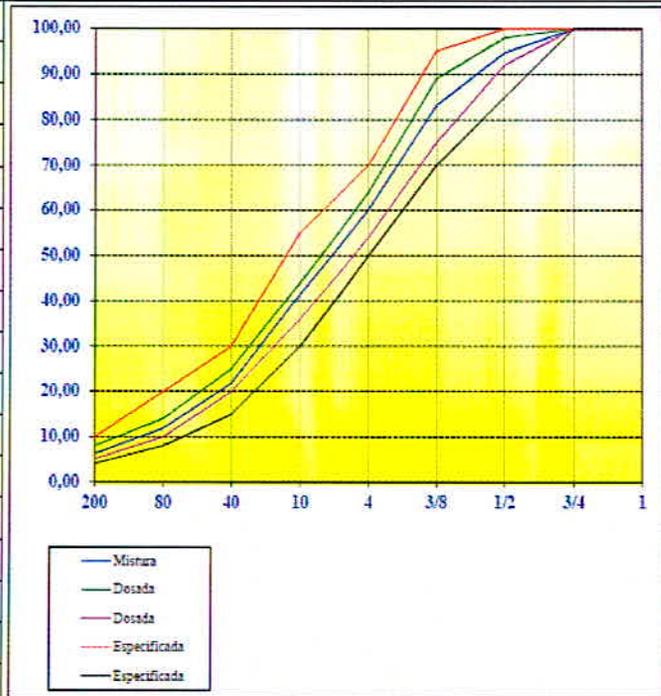
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
RODOVIA: BR - 381 - Lote 20 Trecho: Km 833,18 ao Km 891,96  
CONTROLE ESTATÍSTICO TECNOLÓGICO FOLHA: IR - 65

**CONTROLE ESTATÍSTICO TECNOLÓGICO**

C.B.U.Q. CAMADA DE ROLAMENTO - PISTA DIREITA

PARÂMETROS	N	$\bar{X}$	$\sigma$	$\mu$	X max	X min	CARACTERÍSTICAS			
							DOSADAS		ESPECIFICADAS	
							min.	max.	min.	max.
# 2"	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-
# 1.1/2"	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-
# 1"	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-
# 3/4"	21,0	100,0	-	*	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
# 1/2"	21,0	94,7	2,0	*	96,7	92,7	92,0	99,0	85,0	100,0
# 3/8"	21,0	83,2	3,6	*	86,8	79,6	75,0	89,0	70,0	95,0
# Nº 4	21,0	60,2	2,7	*	62,9	57,5	54,0	64,0	50,0	70,0
# Nº 10	21,0	41,4	2,0	*	43,4	39,4	36,0	44,0	30,0	55,0
# Nº 40	21,0	21,8	1,3	*	23,1	20,5	20,0	25,0	15,0	30,0
# Nº 80	21,0	11,9	1,1	*	13,0	10,8	10,0	14,0	8,0	20,0
# Nº 200	21,0	6,2	0,7	*	6,9	5,5	5,0	9,0	4,0	10,0
% Ligantes	21,0	5,3	0,1	*	5,4	5,2	4,7	5,3	-	-
Estabilidade	21,0	155,0	39,8	*	195,2	114,8	-	-	600,0	-
Fluência	21,0	13,8	0,2	*	14,0	13,6	-	-	9,0	16,0
Espessura	21,0	4,6	1,3	*	5,9	3,3	-	-	4,0	4,0
% Vazios	21,0	3,4	0,2	*	3,6	3,2	-	-	3,0	5,0
% RBV	21,0	78,6	1,3	*	79,9	77,3	-	-	70,0	82,0
Dens. Labor.	21,0	2387,0	3,8	*	2390,6	2383,4	-	-	-	-
Dens. "In Situ"	21,0	2339,0	14,3	*	2363,4	2324,8	-	-	-	-
% G.C.	21,0	99,0	0,8	*	99,8	97,4	-	-	97,0	-

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observações: Km 843,18 ao Km 848,18

OBSERVAÇÕES:

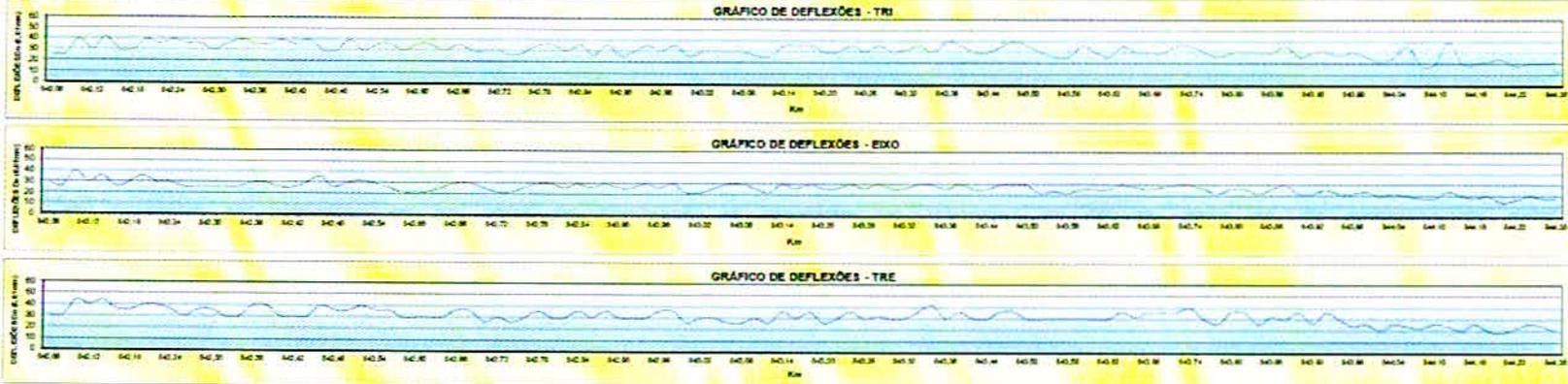


DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
RODOVIA: BR - 381 - Lote 20 Trecho: Km 833,18 ao Km 891,96  
CONTROLE ESTATÍSTICO TECNOLÓGICO FOLHA: IR - 89

ANEXO E - Ensaios de controle estatístico tecnológico da capa do segmento em estudo.

DEFLEXÕES DA VIGA BENKELMAN

PISTA DIREITA - CAPA					PISTA DIREITA - CAPA					PISTA DIREITA - CAPA					PISTA DIREITA - CAPA				
Km	Data	TRI	EIXO	TRE	Km	Data	TRI	EIXO	TRE	Km	Data	TRI	EIXO	TRE	Km	Data	TRI	EIXO	TRE
842,06	08/02	26	30	30	842,62	08/02	36	22	30	843,18	nov/04	36	30	36	843,74	nov/04	36	30	40
842,08	08/02	26	26	30	842,64	08/02	30	26	30	843,20	nov/04	30	26	26	843,76	nov/04	30	26	30
842,10	08/02	40	40	44	842,66	08/02	36	30	36	843,22	nov/04	30	26	30	843,78	nov/04	26	22	26
842,12	08/02	30	30	40	842,68	08/02	30	30	36	843,24	nov/04	36	30	36	843,80	nov/04	30	26	36
842,14	08/02	42	36	44	842,70	08/02	30	26	26	843,26	nov/04	30	26	30	843,82	nov/04	30	26	36
842,16	08/02	30	26	36	842,72	08/02	30	22	30	843,28	nov/04	36	30	32	843,84	nov/04	30	22	26
842,18	08/02	30	30	36	842,74	08/02	26	22	26	843,30	nov/04	30	26	30	843,86	nov/04	30	26	32
842,20	08/02	40	36	40	842,76	08/02	30	26	30	843,32	nov/04	30	26	30	843,88	nov/04	36	30	30
842,22	08/02	36	30	40	842,78	08/02	36	30	36	843,34	nov/04	36	30	36	843,90	nov/04	26	22	36
842,24	08/02	40	30	36	842,80	08/02	36	30	30	843,36	nov/04	30	30	42	843,92	nov/04	30	22	26
842,26	08/02	36	26	30	842,82	nov/04	30	26	30	843,38	nov/04	40	26	30	843,94	nov/04	30	26	36
842,28	08/02	36	26	36	842,84	nov/04	36	30	36	843,40	nov/04	36	30	36	843,96	nov/04	26	22	30
842,30	08/02	30	26	36	842,86	nov/04	26	26	30	843,42	nov/04	30	26	30	843,98	nov/04	30	22	24
842,32	08/02	36	26	30	842,88	nov/04	36	30	36	843,44	nov/04	30	26	30	844,00	nov/04	26	24	26
842,34	08/02	40	26	30	842,90	nov/04	26	26	30	843,46	nov/04	36	30	36	844,02	nov/04	22	20	20
842,36	08/02	36	30	40	842,92	nov/04	30	26	30	843,48	nov/04	40	30	36	844,04	nov/04	26	22	26
842,38	08/02	36	30	40	842,94	nov/04	36	30	30	843,50	nov/04	36	30	30	844,06	nov/04	36	20	24
842,40	08/02	40	26	30	842,96	nov/04	30	26	36	843,52	nov/04	30	22	30	844,08	nov/04	18	18	22
842,42	08/02	36	26	30	842,98	nov/04	36	30	36	843,54	nov/04	26	24	30	844,10	nov/04	20	18	26
842,44	08/02	40	30	30	843,00	nov/04	26	22	26	843,56	nov/04	26	22	30	844,12	nov/04	40	24	24
842,46	08/02	30	36	42	843,02	nov/04	30	22	30	843,58	nov/04	36	26	30	844,14	nov/04	22	20	20
842,48	08/02	30	26	36	843,04	nov/04	30	26	30	843,60	nov/04	30	26	30	844,16	nov/04	20	18	26
842,50	08/02	40	30	36	843,06	nov/04	30	30	26	843,62	nov/04	26	26	30	844,18	nov/04	22	20	20
842,52	08/02	30	32	40	843,08	nov/04	30	30	26	843,64	nov/04	36	30	36	844,20	nov/04	24	14	18
842,54	08/02	36	30	36	843,10	nov/04	26	26	30	843,66	nov/04	30	26	32	844,22	nov/04	18	16	22
842,56	08/02	36	26	36	843,12	nov/04	26	22	26	843,68	nov/04	30	26	36	844,24	nov/04	20	20	26
842,58	08/02	30	22	30	843,14	nov/04	36	30	36	843,70	nov/04	30	26	36	844,26	nov/04	20	18	24
842,60	08/02	36	22	30	843,16	nov/04	36	26	30	843,72	nov/04	36	30	36	844,28	nov/04	22	18	20



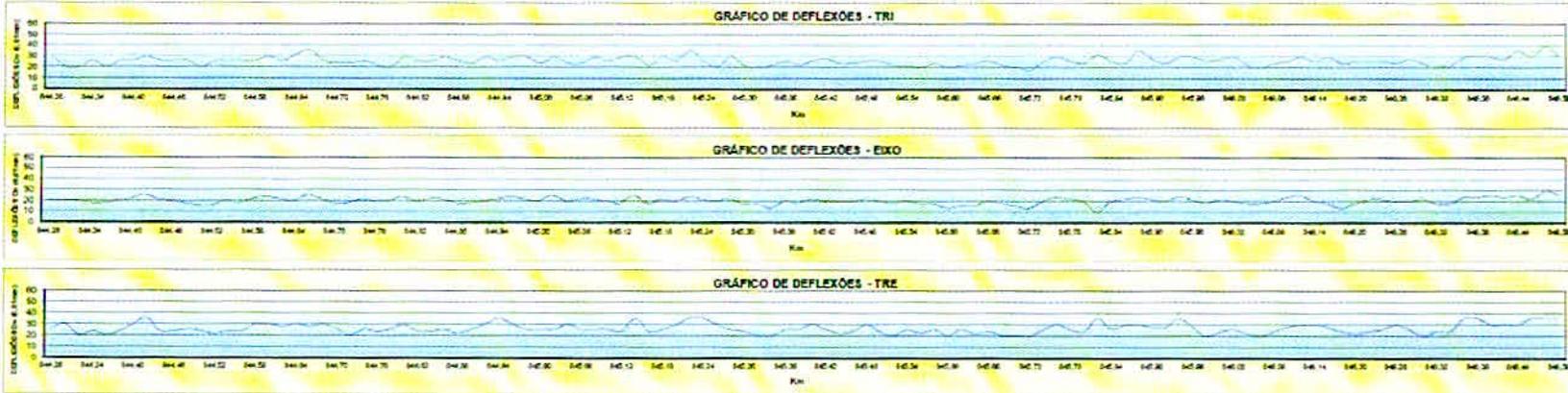
OBSERVAÇÕES:



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
 RODOVIA: BR - 361 - Lote 20 Trecho: Km 833,18 ao Km 591,06  
 MEDIDAS DE DEFLEXÕES DA VIGA BENKELMAN FOLHA: IR - 130

DEFLEXÕES DA VIGA BENKELMAN

PISTA DIREITA - CAPA					PISTA DIREITA - CAPA					PISTA DIREITA - CAPA					PISTA DIREITA - CAPA				
Km	Data	TRI	EIXO	TRE	Km	Data	TRI	EIXO	TRE	Km	Data	TRI	EIXO	TRE	Km	Data	TRI	EIXO	TRE
844,28	nov/04	30	20	26	844,84	nov/04	26	22	24	845,40		26	22	30	845,96		30	22	28
844,30	nov/04	20	20	30	844,86	nov/04	30	22	26	845,42		28	20	26	845,98		26	18	20
844,32	nov/04	20	20	20	844,88	nov/04	26	18	22	845,44		24	20	22	846,00		28	20	24
844,34	nov/04	26	18	24	844,90	nov/04	24	18	26	845,46		24	20	24	846,02		30	20	26
844,36	nov/04	20	18	20	844,92	nov/04	30	20	30	845,48		26	22	30	846,04		22	18	22
844,38	nov/04	26	20	24	844,94	nov/04	26	22	36	845,50		26	20	24	846,06		20	18	20
844,40	nov/04	26	22	30	844,96	nov/04	30	24	30	845,52		22	18	20	846,08		24	20	24
844,42	nov/04	30	26	36	844,98	nov/04	30	22	26	845,54		22	20	26	846,10		26	24	28
844,44	nov/04	26	22	24	845,00	nov/04	24	20	26	845,56		20	18	22	846,12		30	26	30
844,46	nov/04	26	20	24	845,02	nov/04	30	26	26	845,58		24	18	26	846,14		26	20	30
844,48	nov/04	26	18	26	845,04	nov/04	24	20	30	845,60		20	14	20	846,16		30	18	28
844,50	nov/04	20	18	24	845,06	nov/04	24	22	26	845,62		22	16	26	846,18		24	14	24
844,52	nov/04	26	16	22	845,08	nov/04	30	22	26	845,64		24	16	22	846,20		26	18	22
844,54	nov/04	26	20	24	845,10	nov/04	26	20	26	845,66		26	20	24	846,22		26	22	24
844,56	nov/04	26	18	24	845,12	nov/04	30	18	24	845,68		22	18	20	846,24		26	20	26
844,58	nov/04	26	22	30	845,14		30	26	36	845,70		20	16	20	846,26		24	20	30
844,60	nov/04	30	24	30	845,16		22	18	24	845,72		18	14	20	846,28		28	20	36
844,62	nov/04	26	22	28	845,18		30	22	28	845,74		26	20	28	846,30		24	22	20
844,64	nov/04	32	20	30	845,20		26	20	30	845,76		30	24	30	846,32		22	18	24
844,66	nov/04	36	26	28	845,22		36	24	36	845,78		28	22	28	846,34		22	18	24
844,68	nov/04	26	22	30	845,24		26	22	36	845,80		24	20	24	846,36		30	24	36
844,70	nov/04	24	18	26	845,26		20	20	30	845,82		32	10	36	846,38		28	24	36
844,72	nov/04	24	18	20	845,28		30	22	26	845,84		26	20	26	846,40		30	26	30
844,74	nov/04	26	22	26	845,30		22	18	24	845,86		24	22	30	846,42		28	24	30
844,76	nov/04	22	20	24	845,32		20	18	20	845,88		36	24	30	846,44		38	28	30
844,78	nov/04	20	20	26	845,34		22	14	20	845,90		28	22	28	846,46		30	22	36
844,80	nov/04	30	24	30	845,36		26	20	26	845,92		24	20	28	846,48		20	30	36
844,82	nov/04	26	20	24	845,38		22	18	26	845,94		30	24	36	846,50		30	26	36



OBSERVAÇÕES:



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
RODOVIA: BR - 381 - Lote 20 Trecho: Km 833,18 ao Km 891,96  
MEDIDAS DE DEFLEXÕES DA VIGA BENKELMAN FOLHA: IR - 131