

MARCELO CORRÊA DA SILVA

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DAS VIAS ASFALTADAS DO
CAMPUS DA UFV**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586a
2006

Silva, Marcelo Corrêa da, 1977-

Avaliação funcional e estrutural das vias asfaltadas do campus da UFV / Marcelo Corrêa da Silva. – Viçosa : UFV, 2006.

vii, 101f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Carlos Alexandre Braz de Carvalho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 57-59.

1. Universidade Federal de Viçosa - Planejamento.
2. Pavimentos de asfalto - Avaliação.
3. Pavimentos de asfalto - Defeitos.
4. Planejamento do campus - Viçosa (MG). I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 625.7

MARCELO CORRÊA DA SILVA

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DAS VIAS ASFALTADAS DO
CAMPUS DA UFV**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 22 de fevereiro de 2006.

Prof. Cláudio Henrique de Carvalho Silva
(Conselheiro)

Prof. Fernando da Costa Baêta

Prof. Geraldo Luciano de Oliveira Marques

Prof. José Luiz Rangel Paes

Prof. Carlos Alexandre Braz de Carvalho
(Orientador)

À memória dos meus queridos avós Arino, Leopoldo e Gabriela.

Aos meus pais, Ademir Patrício da Silva e Maria Arlete Corrêa da Silva.

A minha irmã Fernanda e ao meu irmão Rafael.

AGRADECIMENTOS

À UFV, que me ofereceu muitas oportunidades.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

Agradeço principalmente ao meu orientador Carlos Alexandre Braz de Carvalho, por sua imensurável ajuda e paciência.

Aos meus conselheiros Prof. Cláudio Henrique de Carvalho Silva e Prof. Dario Cardoso de Lima, pela atenção dispensada nos momentos que precisei.

Aos professores membros da banca, Fernando da Costa Baêta, Geraldo Luciano de Oliveira Marques, e José Luiz Rangel Paes, pela valiosa contribuição.

Aos professores, Eduardo Antônio Gomes Marques, Paulo Sérgio de Almeida Barbosa, Maria Lúcia Calijuri, Roberto Francisco Azevedo e Izabel Christina d'Almeida D. de Azevedo, por contribuírem na minha formação.

Aos profissionais da Pró-Reitoria de Administração, Marco Antônio, Rômulo e Leonardo.

Aos funcionários da UFV, Wilson, José Jorge, Divino, João “Tijolo”, Márcio, “Índio” e Denílson pela ajuda direta neste trabalho.

Aos alunos de graduação, mestrado e doutorado, Vinícius, Juliano, Rodrigo Montanaro, Gersonito, Leandro e Danilo, por terem cedido parte de seus tempos em apoio a essa pesquisa.

Aos companheiros, Luís, Edgard, Fernando, Andresa, Yasmim, Jéfferson, Douglas e Renato, pelas conversas, idéias e opiniões.

Um agradecimento especial a Débora, por sempre estar ao meu lado nos momentos que precisei, me dando conforto, carinho e incentivo. E por ter me ajudado direta e indiretamente neste trabalho.

Agradeço a Deus.

Agradeço a vida.

BIOGRAFIA

MARCELO CORRÊA DA SILVA, filho de Ademir Patrício da Silva e Maria Arlete Corrêa da Silva, nasceu em Teresópolis, Rio de Janeiro, em 18 de junho de 1977.

Em agosto de 2003, graduou-se em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2004, iniciou o Curso de mestrado em Engenharia Civil, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Engenharia Geotécnica, submetendo-se à defesa de tese em 22 de fevereiro de 2006.

CONTEÚDO

	Página.
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1) INTRODUÇÃO	
1.1) Considerações Iniciais.....	01
1.2) Objetivos.....	03
1.3) Justificativa e Importância do Trabalho.....	04
2) REVISÃO LITERÁRIA	
2.1) Introdução.....	06
2.2) Classificação dos Pavimentos	06
2.3) Defeitos em Vias Asfaltadas.....	07
2.4) Avaliação Funcional de Pavimentos.....	12
2.5) Avaliação Estrutural de Vias Asfaltadas.....	18
2.6) Serviços de Manutenção de Vias.....	26
3) MATERIAIS E MÉTODOS	
3.1) Considerações Iniciais.....	29
3.2) Determinação dos Subtrechos de Superfície Homogênea.....	29
3.3) Avaliações Superficiais Objetivas.....	31
3.4) Avaliações Superficiais Subjetivas.....	35
3.5) Medidas Deflectométricas.....	37
3.6) Espessura das Camadas do Pavimento.....	42
4) RESULTADOS E DISCURSÕES	
4.1) Considerações Iniciais.....	44
4.2) Apresentação dos Subtrechos Homogêneos.....	44
4.3) Índice de Gravidade Global (IGG)	45
4.4) Valor da Serventia Atual (VSA)	48
4.5) Medidas Deflectométricas.....	49
4.6) Espessuras de Camadas.....	51

4.7) Avaliação Estrutural.....	52
5) CONCLUSÕES.....	55
6) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
7) ANEXOS	
Anexo A.....	60
Anexo B.....	69
Anexo C.....	75
Anexo D.....	87
Anexo E.....	95
Anexo F.....	99

RESUMO

SILVA, Marcelo Corrêa M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2006. **Avaliação Funcional e Estrutural das Vias Asfaltadas do Campus da UFV**. Orientador: Carlos Alexandre Braz de Carvalho. Conselheiros: Cláudio Henrique de Carvalho Silva, Dario Cardoso de Lima e Carlos Cardoso Machado.

Este trabalho consta de uma investigação sobre as vias asfaltadas do Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde foram coletados dados funcionais e defletoométricos, baseando-se nas normas do Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT). Para tal, o sistema viário do Campus da UFV foi dividido em subtrechos homogêneos, e devido às características urbanas de suas ruas, algumas metodologias propostas pelo DNIT sofreram pequenas adaptações, pois as normas do DNIT empregadas no trabalho foram desenvolvidas para serem utilizadas em rodovias de padrão técnico diferente de vias urbanas. Para as análises funcionais foram seguidas às normas DNIT 006/2003 – PRO e DNIT 009/2003 – PRO, para a realização de avaliações superficiais objetivas e subjetivas, respectivamente. Nos trabalhos de medições defletoométricas, utilizou-se a metodologia proposta na norma DNER – ME 024/94, que se refere à determinação das deflexões no pavimento através da viga Benkelman. Observou-se, nesta pesquisa, que mais de 80% dos subtrechos avaliados objetivamente receberam conceitos entre “péssimo” e “ruim”. Já por uma avaliação subjetiva, os subtrechos analisados ficaram com conceitos entre “bom” e “regular”. Quanto aos subtrechos analisados defletoetricamente, verificou-se, segundo as normas de avaliação estrutural do DNIT, a necessidade de estudos complementares, a fim de se obter mais dados sobre tais pavimentos, para que dessa forma sejam feitos projetos de reforço baseados nos critérios de resistência. Esse trabalho é uma fase preliminar de um conhecimento mais abrangente das condições estruturais do sistema viário desta universidade. A análise e interpretação de informações atualizadas, relativas às condições superficiais e estruturais destas vias servirão de suporte ao planejamento de obras de restauração.

ABSTRACT

SILVA, Marcelo Corrêa, Universidade Federal de Viçosa, February 2006.
Functional and Structural Evaluation of the Asphalt Pavements of the Federal University of Viçosa. Advisor: Carlos Alexandre Braz de Carvalho.
Committee members: Cláudio Henrique de Carvalho Silva, Dario Cardoso de Lima and Carlos Cardoso Machado.

This work evaluated the asphalt pavements of the Federal University of Viçosa (UFV), where functional and structural data were collected based on the rules of the Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT). The pavements of the campus were divided in homogeneous subparts. In function of technical characteristics of the pavements, some methodologies proposed by the DNIT had little changes because the DNIT's rules used in this work were developed for using in pavements with technical standard, which were different of urban pavements. The functional analyses followed the roles of DNIT 006/2003 – PRO e DNIT 009/2003 – PRO, for the objectives and subjective superficial evaluations, respectively. In the deflectionometer measurements, the methodology proposed by DNER – ME 024/94 was used, which is referent to the determinations of the pavement's deflection through the Benkelman beam. More than 80% of the subparts objectively evaluated received scores between “terrible” and “bad”. However, in the subjective evaluation, the subparts received scores between “good” and “regular”. In the subparts studied on the deflectionometer evaluation, according to the roles of the structural evaluation of the DNIT, was observed the necessity of complementary studies, to obtain more data on such pavements and subsequently develop projects aiming the improvement of structural conditions of these pavements. This work consists of the preliminary study of structural conditions survey of the asphalted pavements of the UFV. The analyses and interpretation of the data related to the structural and superficial conditions of these pavements will be used to the supervision and planning of works to improve them.

1) INTRODUÇÃO

1.1) Considerações Iniciais

Desde os tempos mais remotos das civilizações, o homem vem buscando melhorar as suas formas de deslocamento. Até meados do século XXVIII, os meios de transporte praticamente não evoluíram, limitando-se o transporte terrestre aos veículos de tração animal e os marítimos à pequenas embarcações à vela. A partir deste período, principalmente após o final do século XIX até os dias atuais, o crescimento dos meios de transportes (rodoviário, ferroviário, hidroviário e aeroviário) foi surpreendente.

O transporte de cargas (pessoas e mercadorias) é uma atividade indispensável a todas relações de natureza política, econômica e social de uma região. Assim, qualquer iniciativa destinada à obtenção de vias mais seguras e confortáveis e que oferecem aos usuários menores tempos de viagens e custos operacionais mais acessíveis, contribui para o seu desenvolvimento.

Com a evolução dos meios de transportes terrestres e com o crescimento populacional, o volume de tráfego aumentou de forma relevante em toda a malha viária do país. Os veículos rodoviários evoluíram surpreendentemente, possibilitando o transporte de cargas maiores e mais pesadas. Por princípios de engenharia, as estradas devem ser construídas de uma maneira econômica, segura e confortável. Assim, as técnicas construtivas precisaram também acompanhar todo este desenvolvimento; caso contrário, as vias dificilmente irão cumprir os seus objetivos.

Existem vários tipos de pavimento que podem ser utilizados para atender à demanda de veículos, principalmente os comerciais. Segundo Senço (1997), uma seção transversal típica de um pavimento flexível, com todas as camadas possíveis, é constituída de uma fundação (o subleito), camada de regularização, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento. Já os pavimentos rígidos são aqueles pouco deformáveis, constituídos por uma camada de concreto de elevada resistência que funciona simultaneamente

como base e revestimento. Devido à rigidez e espessura da placa, as pressões transmitidas ao solo de fundação são de menores intensidades e mais uniformes e se distribuem em áreas muito maiores quando comparadas a um pavimento flexível. Um parâmetro importante para o projeto deste pavimento é a resistência do concreto à tração na flexão. A camada de concreto apoia geralmente numa camada de sub-base que não possui uma função estrutural específica de resistir e distribuir esforços oriundos do tráfego. As suas principais finalidades são: garantir uniformidade ao apoio da placa no solo de fundação, evitar o bombeamento de finos e aumentar o coeficiente de recalque a ser considerado no dimensionamento do pavimento.

Quanto à camada de revestimento, Silva (2005) classifica os pavimentos em dois grandes grupos, ou seja, de asfalto e de concreto. Os de revestimento asfáltico podem possuir a seguinte divisão: pavimentos flexível, semi-rígido, invertido, *deep-strength* e *full depth-strength*. Já os de revestimento de concreto de cimento são divididos em: pavimentos de concreto simples, de concreto armado e de concreto protendido.

Neste trabalho, trata-se dos pavimentos com revestimentos asfálticos, nos quais a atuação das cargas impostas pelo tráfego de veículos comerciais gera maiores intensidades de tensões nas camadas subjacentes ao revestimento, principalmente no subleito, quando comparados aos pavimentos rígidos. Assim, este tipo de pavimento é mais susceptível ao surgimento de defeitos, sendo necessário uma ação mais precoce de manutenção, quando comparados à pavimentos rígidos. Essa necessidade de manutenção deve-se ao surgimento de degradações que são geradas principalmente pelas tensões oriundas do tráfego; dependendo de suas intensidades podem gerar defeitos em toda a estrutura do pavimento, desde os mais simples aos mais graves. Não se deve com isso pressupor que os pavimentos rígidos, devido a sua capacidade de ficar maiores períodos de tempo sem a necessidade de restauração ou manutenções preventivas, sejam alternativas melhores do que os pavimentos com revestimentos asfálticos. Até hoje, o custo de construção de revestimentos de concreto betuminoso é menor do que o de concreto de cimento Portland. Porém, somente após um acurado estudo das várias

alternativas de projeto, é que se pode definir qual é o mais adequado tipo de pavimento a ser usado em um projeto de estrada.

Atualmente, existem no Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV) cerca de 16,5 km de vias asfaltadas. Até o momento não existem registros precisos sobre a quantidade de trechos dessas vias que apresentam algum tipo de comprometimento estrutural e nem o tempo restante de vida útil de cada um deles. Tal carência de informações impede a boa gerência das obras de pavimentação no referido campus, dificultando um planejamento adequado para a execução de obras de recuperação de pavimento.

Segundo Haas, Hudson e Zaniewski (1994), gerência de pavimento não é um conceito novo. Decisões gerenciais são realizadas a cada dia como uma parte das operações normais de agências rodoviárias. A idéia básica de um sistema de gerência é melhorar a eficiência das decisões tomadas, possibilitando expandir os seus alcances. Tendo em vista as suas conseqüências, os procedimentos adotados podem ser realimentados para assegurar a consistência das decisões tomadas em diferentes níveis dentro de uma mesma organização. Boa gerência de pavimento não é uma prática usual de engenharia, pois requer pessoas que pensem, respondam a informações e tomem decisões em um caminho lógico, efetivo e coordenado. Frequentemente, isto significa mudanças que muitas vezes são difíceis para implementar.

1.2) Objetivos

Este trabalho tem como finalidade:

- Avaliar objetiva e subjetivamente as condições funcionais de alguns trechos de vias asfaltadas do Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV);

- Obter dados deflectométricos com a utilização da Viga Benkelman de segmentos da malha viária do referido campus previamente definidos para previsão do seu comportamento estrutural.
- Avaliar o potencial de utilização de critérios deflectométricos (método não destrutivo) para o dimensionamento de reforços dos pavimentos, caso seja constatada tal necessidade. Caso se verifique a impossibilidade de uso desse método, o presente trabalho apresentará sugestões para o emprego de critérios de resistência.

Por essa ser a primeira vez que os pesquisadores do Laboratório de Engenharia Civil da UFV (LEC-UFV) fazem um trabalho visando a coleta de dados deflectométricos de pavimentos, também será objetivo dessa pesquisa obter experiências a esse respeito e averiguar o perfeito funcionamento da Viga Benkelman.

1.3) Justificativa e Importância do Trabalho:

A análise e interpretação de informações atualizadas relativas às condições superficiais e estruturais das vias asfaltadas do Campus da UFV possibilitarão gerar um banco de dados que servirá de suporte às políticas de planejamento das obras de manutenção, tendo em vista que vias pavimentadas ou não, no decorrer do tempo, se deterioram.

Com base nas normas atuais do DNIT (Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes), os resultados desta pesquisa fornecerão aos engenheiros da Divisão de Projetos e Obras da Pró-Reitoria de Administração da UFV, informações importantes para uma ampla avaliação funcional e estrutural da malha viária do campus. Tais informações servirão de suporte para tomada de decisões quanto ao aproveitamento ou não dos pavimentos existentes, como também ao dimensionamento de reforços de pavimento, caso seja necessário.

Esse trabalho se destaca ainda por ser pioneiro na UFV no sentido de se conhecer de forma mais objetiva a situação dos pavimentos que compõem a malha viária pavimentada desta universidade. Assim, um banco de dados sobre a atual serventia do sistema viário do campus, fornecerá condições para futuras verificações da evolução dos problemas superficiais e estruturais que tenderão a aumentar no decorrer do tempo nas vias estudadas.

2) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1) Introdução

Neste capítulo, será apresentada uma abordagem sobre os seguintes tópicos: tipos de pavimentos, avaliação funcional e estrutural de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, defeitos em vias pavimentadas e serviços de manutenção.

2.2) Classificação dos Pavimentos

Segundo Senço (1997), pavimento é uma estrutura constituída por um sistema em camadas de espessuras finitas, sobrepostamente compactadas e que estão assentes sobre um semi-espaço infinito que exerce a função de fundação (subleito). Ver Figura 2.1.

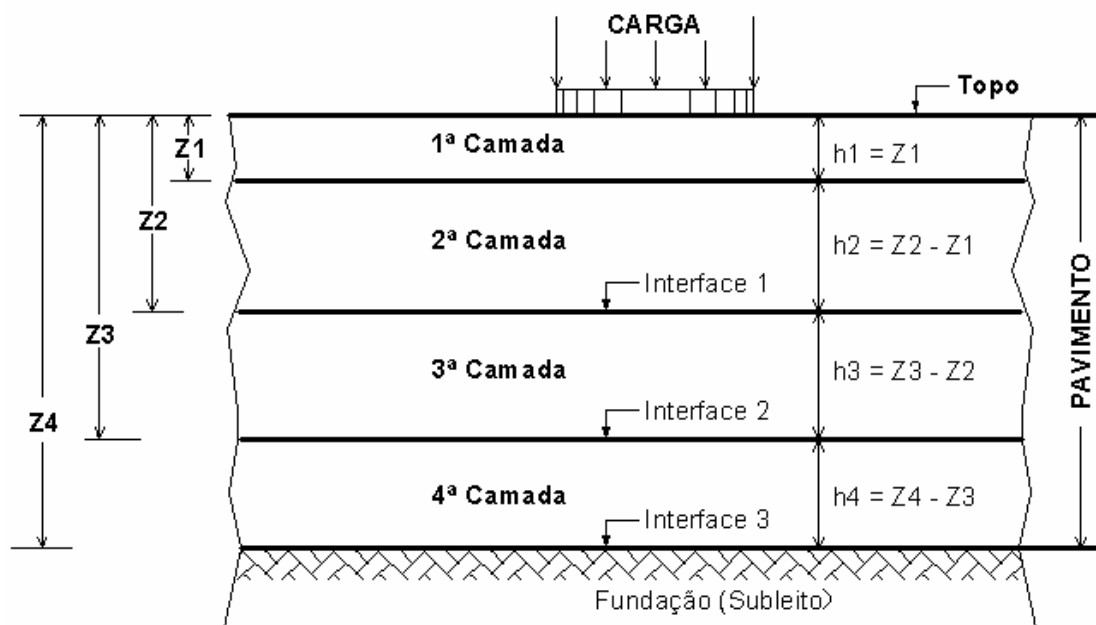


Fig. 2.1 – Sistema de várias camadas (Senço, 1997).

Silva (2005) apresenta uma classificação sobre pavimentos viários, em função do tipo do revestimento, conforme segue. **Pavimentos com revestimentos asfálticos** subdivididos nos seguintes tipos: flexível, semi-

rígido, invertido, *deep-strength* e *full depth – strength*; **pavimentos com revestimento de concreto** subdivididos nos seguintes tipos: concreto simples, concreto armado e concreto protendido. Pavimento do tipo *deep-strength* é aquele em que a camada do revestimento e da base são de asfalto e a sub-base é de material granular ou solo. Pavimento do tipo *full depth-strength* é aquele em que a camada do revestimento, base e sub-base são de asfalto. Maiores informações sobre os outros tipos de pavimento anteriormente citados podem ser encontradas nos trabalhos de Silva (2005), Senço (1997), Medina e MOTTA (2005), DNIT (2006), Balbo (1997), Pinto e Preussler (2001) e ASSHTO (1993).

Vários tipos de revestimento podem ser utilizados nos pavimentos rodoviários, conforme segue: tratamentos superficiais simples, duplo e triplo, macadame betuminoso, macadame hidráulico, pré-misturados a frio e a quente, concreto betuminoso usinado a quente, micro revestimento asfáltico, camada porosa de atrito, *whitetopping*, entre outros. Informações mais detalhadas sobre esses revestimentos podem ser encontradas nas referências anteriormente citadas e em Reis e Santo (1999) e Nascimento e Reis (1999).

2.3) Defeitos em Vias Asfaltadas

Os defeitos que serão mencionados abaixo seguem as terminologias descritas na terminologia DNIT 005/2003, que tem por objetivo padronizar os termos técnicos empregados na identificação dos defeitos comumente observados em pavimentos flexíveis e semi-rígidos.

2.3.1) Fendas: qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas, conforme adiante descrito.

a) Fissura: fenda de largura capilar existente no revestimento, independente do posicionamento em relação ao eixo da via e somente perceptível a uma distância inferior a 1,50 m, quando observada a olho nu. Consideram-se as

fissuras como fendas incipientes que ainda não causam problemas funcionais ao revestimento, sendo assim sua gravidade é desconsiderada nos atuais métodos de avaliação das condições de superfície.

b) Trinca: Fenda existente no revestimento, facilmente visível a olho nu, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

b.1) Trinca isolada

As trincas isoladas são classificadas em três tipos, conforme apresentado a seguir:

- **Trinca transversal:** trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca transversal curta. Acima desse limite, denomina-se trinca transversal longa.
- **Trinca longitudinal:** trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão até 100 cm é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm, denomina-se trinca longitudinal longa.
- **Trinca de retração:** trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semi-rígida subjacentes ao revestimento trincado.

b.2) Trinca interligada

a) Trinca tipo “Couro de Jacaré”: conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem ou não apresentar erosão acentuada nas bordas.

b) Trinca tipo “Bloco”: conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas.

2.3.2) Afundamento: deformação permanente caracterizada por uma depressão na superfície do pavimento, acompanhada ou não de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

a) Afundamento plástico: afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superar este limite e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda.

b) Afundamento de consolidação: afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito sem estar acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda.

2.3.3) Ondulação ou Corrugação: deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento. Segundo Balbo (1997), esses defeitos são as vezes denominados de “costela de vaca”, aparentando ondulações seqüenciais de pequeno comprimento de onda.

2.3.4) Escorregamento: deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.

2.3.5) Exsudação: excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento.

2.3.6) Desgaste: efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego:

2.3.7) Buraco: também conhecido como panela; é a cavidade que se forma no revestimento por diversas causas, por exemplo, falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação delas.

2.3.8) Remendo: panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco”. São identificados dois tipos de remendos, quais sejam:

a) Remendo profundo: aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Usualmente, apresenta forma retangular.

b) Remendo superficial: correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa.

Além dos defeitos mencionados anteriormente, Balbo (1997) comenta que às vezes o técnico ou o profissional responsável pelo inventário dos defeitos no pavimento, depara com alguns tipos de patologia que não possuem uma terminologia clara para a sua classificação. O referido autor cita os seguintes exemplos:

- **Polimento:** o polimento do agregado por efeito abrasivo do tráfego é um defeito indesejável e que merece consideração a parte, a exemplo de alguns catálogos internacionais.
- **Bombeamento de Finos:** é comum encontrar manchas lineares de terra, com coloração variável dependendo do solo local, acompanhando as bordas de trincas na superfície do revestimento.

- **Escamação:** é entendida como o arrancamento de finas placas na superfície do revestimento, devido sobretudo à inexistência do esqueleto mineral na superfície da massa, resultante de um processo de segregação ocorrido na mistura.
- **Deslocamento:** camadas de reforços em concreto asfáltico, assentadas sobre antigos revestimentos às vezes apresentam deslocamentos em pedaços, contribuindo para o surgimento de protuberâncias na superfície da estrada.
- **Solapamento:** defeito proveniente da ruptura de uma canalização de um fluido, provocando erosão no local. O material subjacente à superfície da via é carregado podendo provocar afundamentos de médio e grande porte.
- **Depressão:** é um tipo de defeito que em geral ocorre devido a recalques significativos do solo de fundação de trechos de vias em aterro. Dependendo da sua magnitude, interfere consideravelmente no perfil geométrico da estrada causando desconforto e afetando a segurança dos usuários que trafegam na via.
- **Desgaste de Lama Asfáltica:** refere-se a perda do ligante e do agregado utilizados na sua composição. A lama asfáltica é um tipo de serviço muito empregado em trabalhos de manutenção preventiva de estradas asfaltadas. Assim, ao se desgastar, a lama asfáltica perde a sua função primordial que consiste em recondicionar a superfície do pavimento no sentido de preservar a sua integridade estrutural e funcional.
- **Estriagem no Tratamento Superficial:** o espalhamento do ligante asfáltico para execução dos tratamentos superficiais é feito com o emprego de barra espargidora fixada na parte traseira do caminhão

tanque. Defeitos em alguns de seus bicos interferem na homogeneidade da taxa de aplicação do ligante e conseqüentemente na qualidade final do serviço. O defeito decorrente da insuficiência da taxa aplicada do ligante é uma superfície estriada e muito susceptível à formação de outros defeitos.

- **Inchamento:** é uma elevação do pavimento que pode está associada à expansão de alguma/s de suas camadas gerando no revestimento fissuras ou trincas. Tal fenômeno pode também estar associado ao crescimento de raízes de árvores existentes nas adjacências da rodovia.

2.4) Avaliação Funcional de Pavimentos

A avaliação funcional de pavimentos visa determinar o grau de deterioração da via, através da identificação e quantificação dos seus problemas superficiais que afetam o conforto e a segurança dos usuários. Existem vários métodos de avaliação funcional de pavimentos, desde os subjetivos até os objetivos. A seguir, serão apresentados alguns desses métodos.

2.4.1) Avaliação Superficial Objetiva

Existem inúmeras técnicas para a elaboração de um inventário de defeitos de pavimentos com o propósito de avaliar objetivamente as condições de superfície de uma estrada. Sendo essas técnicas padronizadas, é de se esperar resultados semelhantes, independente do profissional responsável pela execução do serviço. A seguir serão apresentadas algumas delas que serão utilizadas no presente trabalho.

O DNIT publicou a norma DNIT 006/2003 – PRO (*Procedimento: Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos.*), com a qual, mediante identificação, contagem e classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda,

pode-se encontrar o valor do Índice de Gravidade Global (IGG), usado na determinação da degradação do pavimento.

Na aplicação da DNIT 006/2003 – PRO, deverão ser consultadas a DNIT 005/2003 – TER (*Terminologia: Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos*) e a DNIT 007/2003 – PRO (*Procedimento: Levantamento para Avaliação da Condição de Superfície de Subtrecho Homogêneo de Rodovias de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos para Gerência de Pavimentos e Estudos e Projetos*).

A DNIT 005/2003 – TER é um documento onde são destacados os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos e serve para padronizar a linguagem adotada na elaboração das normas, manuais, projetos e textos relativos aos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.

O DNIT 007/2003 – PRO é uma norma que fixa as condições exigíveis no levantamento para avaliação objetiva da condição de superfície de subtrechos homogêneos, para rodovias com pavimentos flexíveis ou semi-rígidos. O referido documento serve de suporte para a determinação preliminar de subtrechos homogêneos.

Porém, algumas condições da norma acima citada precisam ser adaptadas e devidamente justificadas no presente trabalho, pois tal norma foi elaborada para uso rodoviário e o sistema viário, objeto de investigação desta pesquisa, possui características urbanas, no que se refere à geometria e pavimentação de suas vias e características do tráfego.

Na aplicação da DNIT 007/2003 – PRO é recomendado que a extensão de cada subtrecho homogêneo deva ser inferior ou igual a 20 quilômetros e a extensão mínima, igual ou superior a 300 metros.

Na execução do DNIT 006/2003 – PRO (*Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos*.) é exigido que nas rodovias

de pista simples sejam demarcadas superfícies de avaliação, a cada 20 m alternadas em relação ao eixo da pista de rolamento (40 m em 40 m em cada faixa de tráfego), ou no caso de pistas duplas as demarcações na superfície devem ocorrer a cada 20 m, na faixa de tráfego mais solicitada de cada pista. No caso das demarcações que deverão ser feitas nas ruas do campus da UFV, será considerada a alternativa sugerida para o caso de uma rodovia de pista simples.

Queiroz (1984) comenta que a serventia de um pavimento depende significativamente da irregularidade superficial do pavimento e são inúmeros os modelos que permitem calcular a serventia de uma estrada em função da irregularidade.

De acordo com Balbo (1997), a irregularidade superficial de um pavimento pode ser entendida como o conjunto de desvios que a superfície original do pavimento sofre ao longo do seu tempo de serviço. Com o surgimento de defeitos oriundos da ação do tráfego e influências ambientais, como por exemplo, afundamentos plásticos e de consolidação de trilhas de roda, buracos, depressões, etc., esses desvios tendem a se agravar provocando perda de serventia do pavimento. Para medir a irregularidade superficial do pavimento existem vários equipamentos e os do tipo resposta apresentam um sistema de medida que identifica os deslocamentos relativos sofridos entre o diferencial e o chassi de um veículo onde são instalados.

O DNER-ES 173/86 refere-se a uma especificação técnica que contém o procedimento a ser aplicado no levantamento de irregularidade de trechos de rodovias através do método nível e mira, visando a calibração de sistemas medidores de irregularidade do tipo resposta. O procedimento contido nesta especificação pode ser usado na medição periódica de irregularidade em trechos experimentais de pavimentos. Para medir a irregularidade do pavimento utiliza-se o quociente de irregularidade (QI) expresso em contagens por quilômetro.

Ainda de acordo com o DNER-ES 173/86, a obtenção do QI é feita através de um nivelamento geométrico sobre as trilhas de roda externa e interna a uma distância padronizada em função da largura da faixa de tráfego. As estacas de número inteiro são distanciadas entre si de 5 m e, as intermediárias, de 0,50 m. O quociente de irregularidade (QI), em contagens/km, é encontrado pela fórmula:

$$QI = -8,54 + 6,17VA_{1,0} + 19,38VA_{2,5} \quad (1)$$

em que:

$VA_{1,0}$ e $VA_{2,5}$ representam a aceleração vertical média quadrática referentes às distâncias de base iguais a 1,0 m e 2,5 m, respectivamente. Os valores de $VA_{1,0}$ e $VA_{2,5}$ são obtidos pela fórmula:

$$VA_b = \left[\sum_{i=k+1}^{N-k} \frac{(SB_i)^2}{(N-2k)} \right]^{0,5} \quad (2)$$

Sendo:

$$SB_i = \frac{(Y_{i+k} - 2Y_i + Y_{i-k})}{(kS)^2} \quad (3)$$

em que:

Y_i = cota em um ponto qualquer na superfície do pavimento,

$K = b/S$,

b = comprimento da base,

S = distância entre duas cotas consecutivas (0,5 m) e

N = número de cotas levantadas.

Balbo (1997) apresenta a seguinte equação relacionando o valor de serventia atual (VSA) com o quociente de irregularidade (QI):

$$VSA = a.e^{b.QI} \quad (4)$$

Os coeficientes a e b da equação anterior estão contidos na tabela a seguir para rodovias pavimentadas e não pavimentadas.

Tabela 2.1: Relações entre VSA e QI

Vias	A	b	R²
Pavimentadas	4,14	-0,003096	0,41
Não pavimentadas	4,59	-0,005416	0,85
Todas	4,66	-0,005336	0,83

Fonte: Balbo (1997)

Pinto e Preussler (2001) apresentaram relações entre vários indicadores das condições de superfície de pavimentos flexíveis, conforme ilustra a Tabela 2.2

Tabela 2:2 Relações entre vários indicadores das condições de superfície de pavimentos flexíveis

Condições de Superfície de Pavimentos Flexíveis					
ICPF	Irregularidade		IGG	TR	Conceito
	QI (cont./km)	IRI (m/km)			
5 – 4	13 – 25	1 – 1,9	0 - 20	0 - 2	Excelente
4 – 3	25 – 35	1,9 – 2,7	20 - 40	2 - 5	Bom
3 – 2	35 – 45	2,7 – 3,5	40 - 80	5 - 10	Regular
2 – 1	45 – 60	3,5 – 4,6	80 - 150	10 - 25	Ruim
1 – 0	> 60	> 4,6	> 150	> 25	Péssimo

Fonte: Pinto e Preussler (2001)

Sendo:

ICPF: índice de condição de pavimentos flexíveis,

QI: quociente de irregularidade,

IRI: índice internacional de irregularidade,

IGG: índice de gravidade global e

TR: trincamento (% de FC-2 + FC-3).

2.4.2) Avaliação Superficial Subjetiva

As condições funcionais de uma via, sob a ótica dos usuários, também é possível ser avaliada através de uma equipe de avaliadores devidamente preparada para tal fim. O resultado final dessa avaliação é conhecido como **valor de serventia atual (VSA)**, que varia numa escala de 0 a 5. O valor **0** representa péssima condição de serventia de uma estrada, ou seja, uma estrada praticamente sem condições de trafegabilidade; o valor 5 indica excelente condição do pavimento para servir ao tráfego misto; uma rodovia recém construída com qualidade o valor de serventia atual é próximo de 5.

A serventia de uma estrada pode ser entendida como sendo a habilidade de um pavimento, no instante da observação, independente da condição climática, em servir ao tráfego misto sob o ponto de vista de conforto e segurança. Portanto, a serventia é uma medida que varia no decorrer do tempo (BALBO, 1997).

A Diretoria de Planejamento e Pesquisa do DNIT, com o objetivo de fixar os procedimentos exigíveis para a avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos com base no valor de serventia atual, indicando o grau de conforto e suavidade ao rolamento proporcionado pelo pavimento, elaborou a Norma DNIT 009/2003 – PRO. Tal norma descreve as condições gerais no que se refere à seleção e qualificação da equipe de avaliação; ainda, as peculiaridades do procedimento experimental abrangendo a escolha dos trechos a serem avaliados e as condições impostas para a investigação de tais trechos para obter o valor de serventia atual.

Trata-se de um procedimento indicado durante a fase preliminar de reconhecimento do sistema viário que se deseja avaliar e é possível correlacionar avaliações subjetivas com as objetivas.

Segundo a DNIT 009/2003 – PRO, o avaliador deve somente expressar sua opinião global referente ao estado do pavimento em função do seu comportamento na data da análise, e não deve comentar nada sobre a sua avaliação com outro avaliador; também, não procurar o auxílio de qualquer

pessoa sobre as condições de projeto de qualquer trecho. O avaliador, ainda, não deve levar em conta os valores assinalados para os trechos anteriormente avaliados, devendo cada trecho ser avaliado independentemente.

No preenchimento da ficha de avaliação, o avaliador deve considerar as seguintes indagações:

a - Como portaria um trecho de pavimento, tendo em vista à finalidade para a qual foi construído, durante um período de 24 horas por dia, se ele estivesse localizado em uma rodovia principal?

b - Qual o conforto que o referido trecho da via proporcionaria ao avaliador se tivesse que utilizá-lo dirigindo um veículo durante 8 horas?

c - Como o mesmo se sentiria dirigindo ao longo de 800 quilômetros sobre esta estrada?

Pinto e Preussler (2001) comentaram sobre o procedimento subjetivo de avaliação de serventia de um pavimento desenvolvido por ocasião da pista experimental da AASHO, atualmente AASHTO (*American Association of State Highway and transportation officials*), destacando a importância da opinião do usuário no processo de avaliação das condições funcionais de um pavimento.

2.5) Avaliação Estrutural de Vias Asfaltadas

Com o interesse em se normatizar uma metodologia para a realização de uma avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis existentes e para a coleta de informações para o cálculo da vida restante ou do reforço necessário para a reabilitação da via a um novo número de solicitações do eixo padrão, o extinto DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem), atual DNIT (Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes), publicou dois procedimentos para a realização de uma avaliação estrutural de pavimentos

flexíveis, são eles: DNER-PRO 010/79 (Procedimento A) e DNER-PRO 011/79 (Procedimento B).

Ambos os procedimentos fazem referências às seguintes normas:

- DNER – TER 001/78 (Terminologia: *Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos*).
- DNIT 006/2003 – PRO (Procedimento: *Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos*).
- DNER – ME 024/94 (Método: *Determinação das Deflexões no Pavimento pela Viga Benkelman*).

Porém, na DNER-PRO 010/79 (Procedimento A) também são feitas referências às seguintes normas:

- DNIT 009/2003 – PRO (Procedimento: *Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos*).
- DNER – ME 061/94 (Método: *Linha de Influência Longitudinal da Bacia de Deformação por Intermédio da Viga Benkelman*).
- DNER – PRO 102/94 (Procedimento: *Sondagem de Reconhecimento pelo Método Rotativo*).

De acordo com a DNER-PRO 011/79, tais procedimentos foram desenvolvidos com base no critério de deformabilidade dos pavimentos flexíveis, sendo a mesma expressa pela medida de deflexões recuperáveis. Apesar de todas as limitações desse processo, a experiência tem demonstrado que existe uma correlação entre a magnitude das deflexões e o raio de curvatura correspondente. Ver DNER – ME 024/94.

Esses procedimentos aceitos pelo DNIT para avaliação estrutural de pavimentos flexíveis e semi-rígidos visam definir qual critério de dimensionamento o projeto de um reforço do pavimento deve seguir: Critério deflectométrico ou critério de resistência. Porém, segundo o DNER-PRO 10/79, não há normas rígidas que permitam definir com precisão a fronteira entre os

campos de aplicação dos critérios de deformabilidade e de resistência ao projeto de reforço de pavimentos existentes.

Em tese, conforme a DNER-PRO 10/79, é lícito aceitar que os critérios de deformabilidade para cálculo do reforço de pavimento existente, só são válidos quando a estrutura de tal pavimento esteja se comportando dentro do regime elástico. Caso contrário, são aceitos os critérios de resistência para cálculo do reforço, isto é, quando forem verificadas deformações significativas ocasionadas pela evolução dos processos de ruptura ao cisalhamento, ou mesmo, de consolidação.

2.5.1) MEDIDAS DEFLECTOMÉTRICAS DE VIAS PAVIMENTADAS

O uso de análises deflectométricas de pavimentos é difundido por engenheiros de pavimentação no mundo todo. Essas servem de auxílio a uma verificação estrutural do conjunto de camadas que compõem o pavimento, medindo para tal fim, o deslocamento vertical que ocorre na superfície de um pavimento, quando esse é submetido a um carregamento. Segundo o DNER – ME 024/94 (Método: Determinação das Deflexões no Pavimento pela Viga Benkelman), o carregamento usado para fornecer as deflexões no pavimento, para fins de avaliação estrutural, é o eixo simples de rodas duplas de 8,2 toneladas, com 80 psi de pressão nos pneus.

As medidas deflectométricas dos pavimentos podem ser feitas com o uso da viga Benkelman segundo a norma: DNER – ME 024/94. Sempre antes de ser usada em campo ou após alguma queda ou colisão, a viga Benkelman deve ser aferida seguindo-se a DNER – PRO 175/94 (Procedimento: Aferição de Viga Benkelman). A Figura 2.2 apresenta os componentes da viga Benkelman.

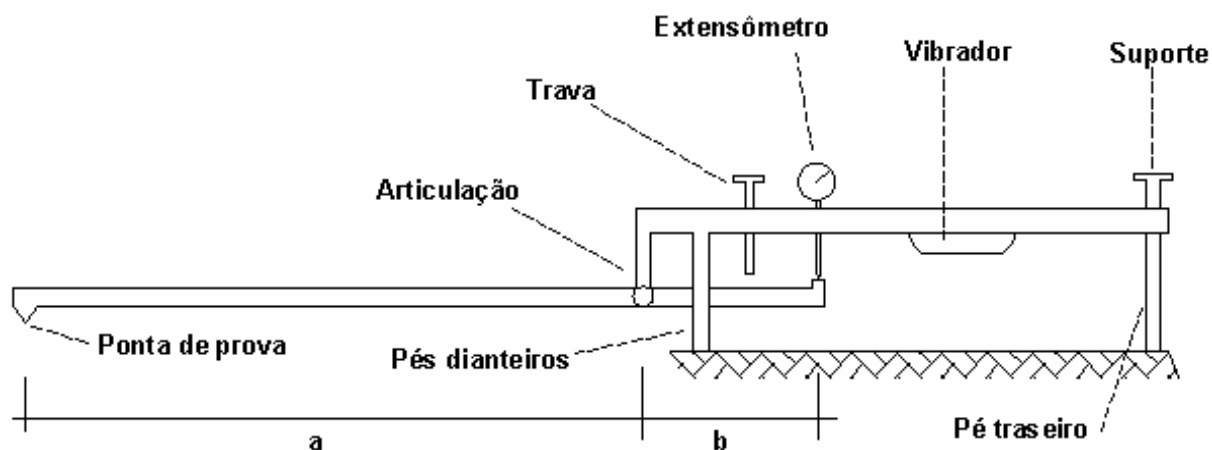


Fig. 2.2 – Componentes da Viga Benkelman

As distâncias *a* e *b* representam as dimensões da viga Benkelman indicadas na Figura 2.2. De acordo com a DNER – PRO 175/94, a viga Benkelman é um equipamento idealizado pelo Engº A. C. Benkelman e que pode apresentar as seguintes relações entre as suas dimensões *a/b*, ou seja: 2/1 ou 3/1 ou 4 /1.

Os locais para a realização das medidas deflectométricas deverão estar dentro das superfícies de avaliação recomendadas na DNIT 006/2003 – PRO e sobre as trilhas de rodas externas, conforme as normas nacionais para avaliação estrutural de pavimentos flexíveis: DNER-PRO 010/79 (Procedimento A) e DNER-PRO 011/79 (Procedimento B).

A determinação das deflexões do pavimento também pode ser feita com o uso de outras aparelhagens já normalizadas pelo DNIT, desde que seja estabelecida a devida correlação com as deflexões recuperáveis medidas com a viga Benkelman (DNER – PRO 010/79).

De acordo com a DNER – ME 024/94, a viga Benkelman deve ser usada para medir o valor das deflexões recuperáveis do pavimento quando a carga estática gerada por um eixo padrão é retirada. A ponta de prova da viga deve ficar posicionada entre as rodas duplas do eixo traseiro de 8,2 toneladas (eixo padrão) e sobre a trilha de roda externa. A partir daí, após a trava da viga ser

liberada e o vibrador ser ligado, faz-se a leitura inicial (L_0), quando o extensômetro indicar movimento igual ou menor que 0,01 mm/min, ou decorridos 3 minutos da ligação do vibrador.

Para a realização da leitura final, o caminhão deve ser deslocado lentamente, pelo menos 10 metros para frente, sendo que após o extensômetro indicar movimento igual ou menor que 0,01 mm/min, ou decorridos 3 minutos da ligação do vibrador, faz-se a leitura final (L_F). Na Figura 2.3, é ilustrado o momento em que o caminhão, permanecendo parado e gerando deformações verticais no pavimento, permite a leitura inicial (L_0) no extensômetro. Na Figura 2.4, é ilustrado o momento em que, após o deslocamento do caminhão e após a recuperação das deformações elásticas ocorridas no pavimento, pode-se registrar a leitura final (L_F).

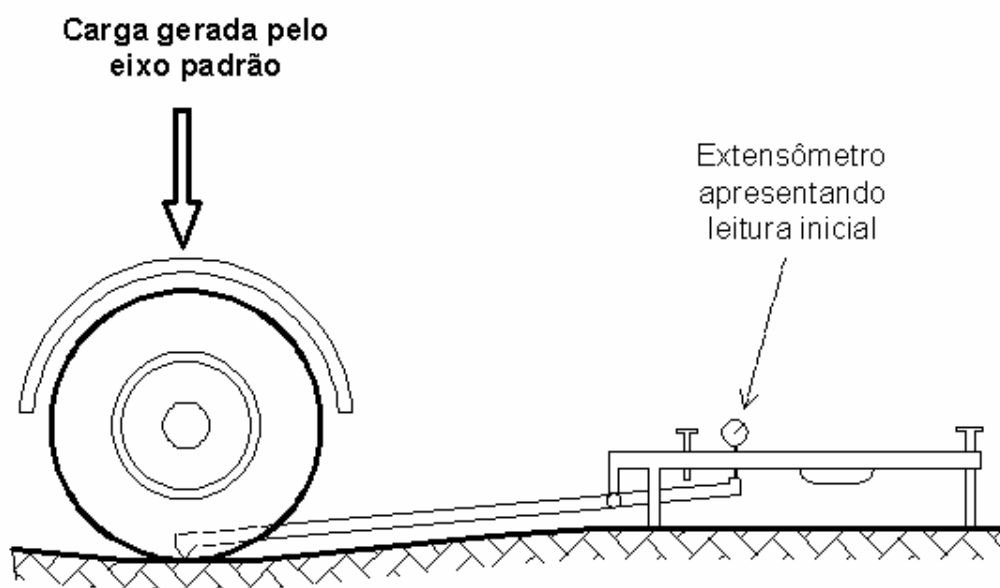


Fig. 2.3 – Deflexão observada no pavimento durante a leitura inicial (L_0)

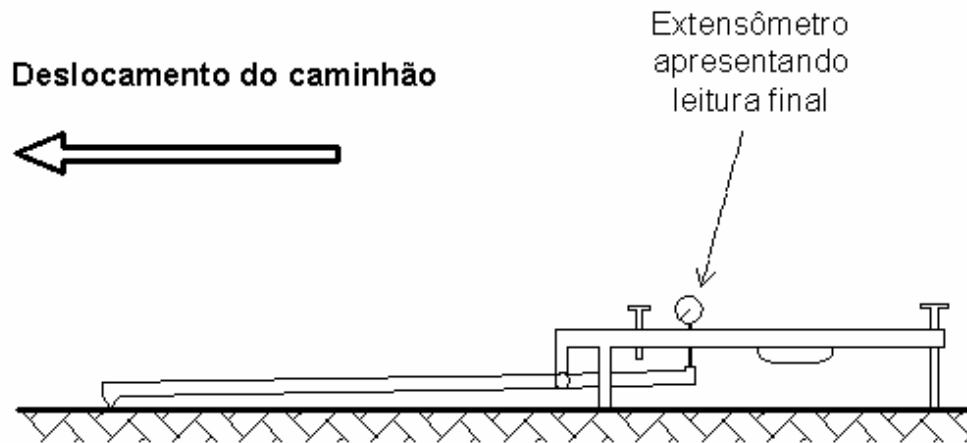


Fig. 2.4 – Leitura final L_F após recuperação das deformações no pavimento

A real deflexão do pavimento é obtida por meio da fórmula:

$$D_0 = (L_0 - L_F) \frac{a}{b} \quad (5)$$

2.5.1.1) Deflexão de Projeto – Correção Sazonal

A época mais indicada para a realização das medidas das deflexões refere-se àquela imediatamente após a estação chuvosa, quando o subleito está com o máximo de umidade. Porém, como isto nem sempre é possível concretizar, costuma-se utilizar fatores de correção sazonal para as deflexões obtidas em qualquer época, a fim de corrigi-las para a época mais desfavorável. Estes fatores de correção sazonal dependem de pesquisas regionais, quase inexistentes no Brasil, para serem corretamente aplicados (DNER – PRO 011, 1979).

Desta maneira, sugerem-se os seguintes valores para o fator de correção sazonal (F_S), conforme mostrado na Tabela 2.3 (DNER – PRO 011/79).

Tabela 2.3: Fatores para Correção Sazonal (DNER – PRO 011/79)

Natureza do Subleito	Fator de Correção Sazonal – F_s	
	Estação Seca	Estação Chuvosa
Arenoso e permeável	1,10 – 1,30	1,00
Argiloso e sensível à umidade	1,20 – 1,40	1,00

Para o cálculo da deflexão de projeto (D_p), segundo a DNER – PRO 011/79, é necessária a determinação do fator de correção sazonal (F_s) e da deflexão recuperável característica (D_c), em que:

$$D_p = D_c \times F_s \quad (6)$$

O valor da deflexão característica (D_c) pode ser obtido segundo a análise estatística das deflexões recuperáveis, que consta no item 4.2.7, página 07, do DNER – PRO 011/79.

2.5.1.2) Deflexão Admissível

Para que não surjam trincas no revestimento, é necessário manter a deflexão do pavimento abaixo de um determinado valor D_{adm} , denominado deflexão admissível. O valor dessa depende dos materiais constituintes do revestimento e da base do pavimento, bem como do número N de solicitações de eixos equivalentes ao eixo padrão de 8,2 t (DNER – PRO 011, 1979).

Para pavimentos flexíveis, constituídos de revestimento de concreto betuminoso executado sobre base granular, o valor da deflexão admissível (D_{adm}) em 0,01 mm, segundo a Norma DNER – PRO 011,79, é dado pela seguinte expressão, tendo em vista o número de solicitações equivalentes ao eixo padrão de 8,2 t (N).

$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,176 \log N \quad (7)$$

A expressão acima é representada graficamente no ábaco A7 (**Anexo A**).

Para pavimentos semi-rígidos, com base de solo-cimento ou base de brita tratada com cimento, que não apresentam fissuração exagerada, deve ser adotada como deflexão admissível a metade do valor obtido pela equação 7 e ábaco A7, independentemente do tipo de revestimento (DNER – PRO 011/1979).

Ainda, segundo a DNER – PRO 011/79, na avaliação de pavimentos com revestimento do tipo tratamento superficial, executados sobre base granular, deve ser adotada como deflexão admissível o dobro do valor obtido na equação 7 e ábaco A7; no caso de ser projetado um reforço com revestimento em CBUQ, a deflexão admissível será a correspondente a esse material.

Para a Norma DNER – PRO 10/79 o valor da deflexão admissível é obtida em função da carga de 6,8 t, levando em consideração o tráfego que o pavimento suportaria durante o período compreendido entre a data de sua colocação em serviço e a data correspondente ao final do período de projeto. Ver DNER – PRO 10/79. No **Anexo A**, encontra-se o ábaco A8 utilizado na determinação da deflexão admissível segundo o DNER – PRO 10/79.

Para verificar se o pavimento ainda está em sua fase elástica, o número N a ser considerado para a determinação da deflexão admissível é o correspondente às cargas por eixo suportadas pelo pavimento, desde a sua abertura ao tráfego, até à data das medidas de deflexão (DNER – PRO 011/79). Na determinação da deflexão admissível a ser adotada em um determinado projeto de reforço do pavimento, o número N a ser utilizado é o correspondente às cargas por eixo a serem suportadas pelo reforço do pavimento, desde a liberação desse reforço ao tráfego até o final do período de projeto arbitrado para o reforço (DNER – PRO 011/79).

2.5.1.3) Raio de Curvatura

Nos procedimentos publicados pelo DNER (1979), para avaliação estrutural de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, são exigidos, além da obtenção das deflexões recuperáveis do pavimento, os valores do raio de curvatura, os quais podem ser obtidos pela seguinte equação:

$$R = \frac{6250}{2(D_0 - D_{25})} \quad (8)$$

O valor de D_{25} representa a deflexão recuperável que ocorre no pavimento quando, após feita a leitura inicial, o veículo com a carga padrão se desloca 25 cm para frente. Em termos de diagnóstico das condições estruturais de um pavimento, quanto maior o valor do raio de curvatura melhor será o comportamento estrutural do pavimento.

2.6) Serviços de Manutenção de Vias

Os pavimentos viários, principalmente os revestidos com misturas asfálticas, sob às ações do tráfego e do clima, se deterioram com o decorrer do tempo. Em outras palavras, ficam susceptíveis ao surgimento de defeitos que tendem a se agravar na medida que o tempo passa. Assim, se não forem planejadas algumas medidas de manutenção para mitigar ou sanar os defeitos que surgem, com certeza, a rodovia alcançará precocemente a sua vida útil; pouco adianta executar um pavimento, de excelente qualidade, com todo rigor técnico, se não forem efetivamente cumpridas as atividades de manutenção previstas para a referida via.

Balbo (1997) cita vários tipos serviços de manutenção apresentados pelo Banco Mundial, conforme ilustra a Tabela 2.4. Balbo (1997) comenta ainda sobre as manutenções corretiva e preventiva, destacando que existem intervenções que são realizadas por serviços de rotina que se enquadram como corretivas ou preventivas; já o termo manutenção periódica pode ser

entendido como manutenção preventiva. De acordo com o Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos (1998), a expressão conservação periódica pode induzir a interpretações distintas. Na verdade, todas as atividades de conservação são periódicas pelo fato de serem repetidas a determinados intervalos de tempo. Destaca ainda que a atividade de restauração difere claramente das atividades de conservação. Nesta última, a principal finalidade é preservar o pavimento existente para atender o carregamento previsto inicialmente. Já na restauração, a intenção é aumentar a vida de serviço da rodovia, para suportar uma nova solicitação do tráfego.

Tabela 2.4: Tipos de Serviços de Manutenção pelo Banco Mundial

Tipo de intervenção	Definição
Manutenção de rotina	Reparos localizados em pavimentos; limpeza, remoção de detritos, terra ou neve
Manutenção periódica	Atividades relacionadas ao melhoramento de condições superficiais com vistas à preservação da integridade estrutural e da qualidade de rolamento (com uso de reforços esbeltos em concreto asfáltico, tratamento superficial, lama asfáltica ou ainda banhos selantes).
Reabilitação	Reparos seletivos, reforços estruturais ou aplicação de camadas de regularização com a finalidade de restaurar a capacidade estrutural do pavimento ou a qualidade de rolamento.
Reconstrução	Renovação da estrutura de pavimento com remoção da estrutura danificada como resultado de negligência prolongada que resulta na impossibilidade de reabilitar o pavimento.
Restauração	Quando um mesmo projeto serviços de reabilitação e de reconstrução são contemplados simultaneamente.
Melhoramento	Quando além das atividades relacionadas às anteriores são presentes. O projeto contempla também serviços de duplicação, melhorias de traçado, ampliação, etc, exigindo a construção de novos pavimentos.

Fonte: BALBO (1997)

Morais *et al.* (2004) comentaram acerca de várias definições sobre serviços de manutenção de pavimentos. Em geral, dois deles se destacam, quais sejam manutenção preventiva e corretiva. A manutenção preventiva é usada para corrigir pequenos defeitos, retardar danos progressivos e reduzir a necessidade de manutenção corretiva. A manutenção corretiva é executada

após observar ocorrências de falhas significativas no pavimento; isto é, perda do atrito da superfície, afundamento com severidade moderada ou trincamento extenso.

Na legislação municipal, preferencialmente no **Código de Obras**, deve constar uma exigência para que as empresas concessionárias de serviços públicos (água, esgoto, energia elétrica, telefone, cabeamento ótico, redes de água pluvial) recuperem o pavimento de forma a preservar a sua integridade funcional e estrutural.

3) MATERIAIS E MÉTODOS

3.1) Considerações Iniciais

A rede viária asfaltada do Campus da UFV possui características urbanas, quando analisadas sob os aspectos: geometria das vias, estrutura de seus pavimentos, tipos veículos que nelas circulam e suas velocidades operacionais. Assim, para aplicação de algumas metodologias propostas pelo DNIT, foi preciso fazer algumas adaptações, para serem melhor aplicadas à realidade urbana visto que essas metodologias foram criadas especificamente para fins rodoviário.

Neste capítulo, serão apresentados os materiais e os procedimentos normativos utilizados neste trabalho para obtenção das informações necessárias à avaliação funcional e estrutural da rede viária asfaltada do Campus da UFV.

3.2) Determinação dos Subtrechos de Superfície Homogênea

Com o interesse de selecionar subtrechos com características superficiais homogêneas, foi realizada uma análise visual sobre várias ruas e avenidas do campus da UFV, baseada nos seguintes critérios:

- foi considerado como subtrecho homogêneo, a extensão de via asfaltada que contenha ao longo de seu comprimento, na superfície do pavimento, características semelhantes de textura, cor e intensidade de defeitos como: trincas, buracos, remendos, desgastes e irregularidades superficiais;
- cada subtrecho deve ter no máximo 1 km de extensão, não havendo para isso um limite mínimo para tal extensão. A definição deste limite máximo foi criado como um simples meio de organização, não sendo preciso, portanto, que esse limite seja rigorosamente seguido;

- o volume e tipo de tráfego observados ao longo da extensão de um subtrecho devem ser aproximadamente uniformes;
- as ruas ligadas por esquinas ou cruzamentos devem ser consideradas isoladamente. Assim, não devem ser analisadas como um único subtrecho, a menos que devidamente justificado;
- as pessoas envolvidas nos trabalhos preliminares de definição dos subtrechos homogêneos devem ser profissionais com experiência e devidamente cientes dos propósitos relativos ao trabalho que será realizado.

A escolha dos subtrechos homogêneos pode ser feita visualmente pelo engenheiro, não havendo necessidade de se utilizar qualquer tipo de equipamento. Esse trabalho prévio de definição de subtrechos homogêneos é fundamental para o planejamento dos estudos de avaliações funcionais e estruturais. Porém, ao final de tais estudos, nada impede que esses subtrechos definidos preliminarmente possam sofrer algumas modificações.

Foi usado, nessa etapa de trabalho, um mapa digital do campus, fornecido pela Pró-Reitoria de Administração da UFV, conforme ilustra a Figura 3.1. Sobre esse mapa foram realizados trabalhos de escritório e anotações em campo, com o objetivo de representar graficamente os subtrechos homogêneos encontrados, segundo os critérios anteriormente descritos.

A metodologia aqui empregada, na definição dos subtrechos homogêneos, diferiu um pouco da metodologia proposta na DNIT 007/2003 – PRO (*Procedimento: Levantamento para avaliação da superfície de subtrechos homogêneo para gerência de pavimentos e estudos e projeto*), pois na mesma foi estabelecido que a máxima extensão de um subtrecho homogêneo deveria ser de 20 km e a extensão mínima de 300 m. O motivo das modificações, quanto aos valores máximos e mínimos dos subtrechos, nesse trabalho, se deveu aos seguintes aspectos:

1º) optou-se em considerar a extensão máxima de um subtrecho como sendo de 1 km, para poder-se considerar isoladamente um maior número de subtrechos;

2º) não foi feita qualquer restrição quanto ao limite mínimo de cada seguimento, pois no sistema viário do Campus da UFV existem vias de pequenas extensões e que devem ser consideradas isoladamente, devido às características do tráfego e condições superficiais.

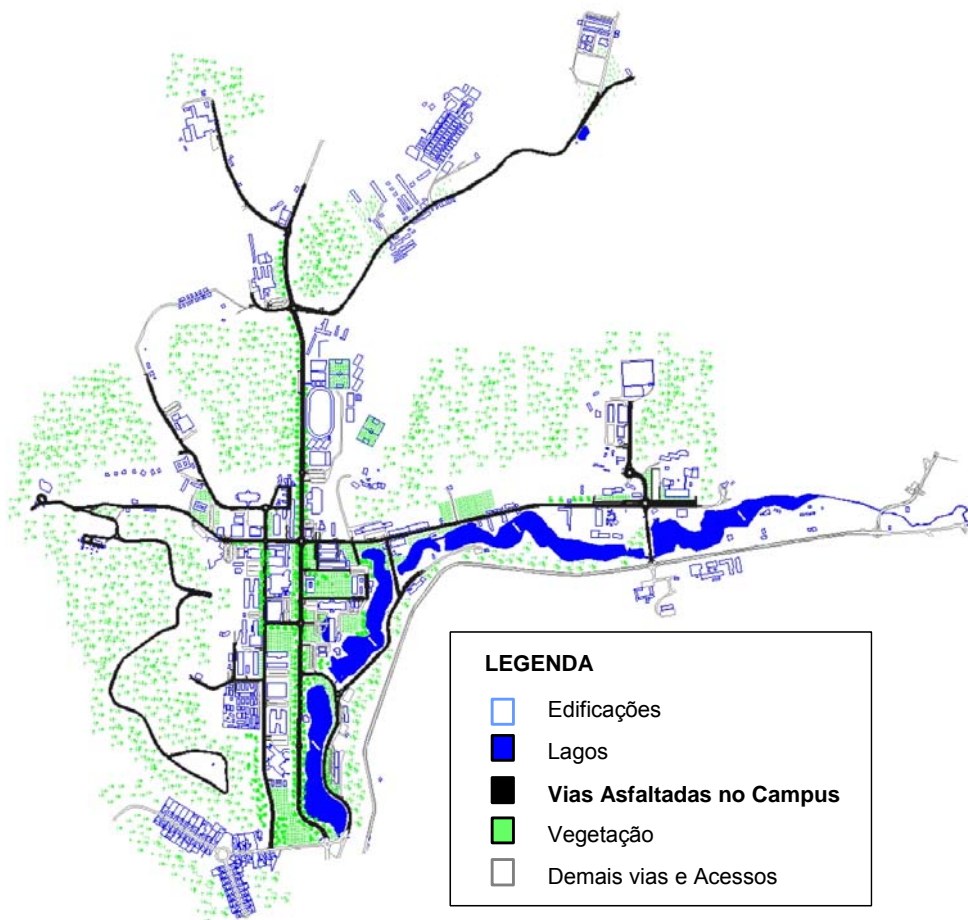


Figura 3.1 – Mapa do Campus da Universidade Federal de Viçosa - MG

3.3) Avaliações Superficiais Objetivas

Trata-se de uma avaliação funcional, cujo objetivo é encontrar, sem subjetividades, valores que possam expressar as condições superficiais dos pavimentos estudados.

Neste trabalho, por serem os pavimentos estudados constituídos de revestimento asfáltico, foram seguidas as instruções contidas no DNIT 006/2003 – PRO (Procedimento: Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos). Sua aplicação possibilita encontrar o valor do IGG (Índice de Gravidade Global). Ver item 2.4.1. Para a sua aplicação foi necessário o emprego dos seguintes utensílios:

- uma trena de 20 m;
- pincel e tinta de demarcação;
- uma treliça de alumínio de dimensões padronizadas;
- formulários.

A tinta de demarcação, pincel e trena de 20m foram usados na identificação das superfícies de avaliação, segundo a Norma DNIT 007/2003 – PRO. De acordo com esta norma, em rodovias de pista simples, os centros das superfícies de avaliação devem ficar a cada 20 m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento (40 m em 40 m em cada faixa de tráfego).

Os formulários usados na contagem dos defeitos especificados pela DNIT 005/2003_TER foram construídos de acordo com a sugestão contida na DNIT 006/2003 – PRO. Ver **Anexo A**, Planilha A1. As duas primeiras colunas desse formulário representam, respectivamente, a estação inventariada e a seção de terraplanagem. A terceira coluna deve ser assinalada quando na superfície de avaliação verificada não for encontrado qualquer tipo de defeito. As demais colunas representam os defeitos codificados no **Anexo A** (Quadro A2).

A treliça padrão de alumínio foi construída segundo a Norma DNER 008/1994 – PRO (atual DNIT 006/2003 - PRO). Tal equipamento possui 1,20 m na base e é usado para a medição das deformações permanentes associadas aos afundamentos de trilhas de rodas internas e externas geradas pela ação do

tráfego. As medidas são geralmente representadas em milímetros e devem ser obtidas na direção da estação demarcada, de modo a se obterem nessa direção os maiores valores encontrados para as deformações sobre as trilhas de rodas internas (TRI) e externas (TRE). Segundo a DNIT 006/2003 – PRO, caso a estação apresente remendo ou panela que inviabilize a medida da flecha, a treliça pode ser deslocada, com a condição de se obter uma flecha no interior da área previamente demarcada (superfície de avaliação).

3.3.1) Cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG.)

Para o cálculo do IGG é necessário a obtenção da média aritmética dos valores médios entre a TRI e TER, e da média aritmética das variâncias dessas flechas, conforme demonstrado nas equações a seguir:

$$X = \frac{\sum X_i}{n} \quad (9)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n - 1}} \quad (10)$$

em que:

X: média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

X_i: valores individuais;

S: desvio-padrão dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

S²: variância.

Além disso, é necessário o cálculo das freqüências absolutas e relativas dos defeitos codificados no **Anexo A** (Quadro A2), sendo a freqüência absoluta (fa), correspondente ao número de vezes em que a ocorrência foi verificada em cada superfície de avaliação do subtrecho estudado. A freqüência relativa (fr) é obtida através da fórmula:

$$fr = \frac{fa \times 100}{n} \quad (11)$$

onde n é o número de estações inventariadas.

De posse dos valores referentes à frequência relativa, pode-se calcular o valor do IGI (Índice de Gravidade Individual), conforme segue.

$$IGI = fr \times fp \quad (12)$$

onde:

fr – frequência relativa;

fp – fator de ponderação, obtido mediante o uso do Quadro A8 apresentado no **Anexo A**.

De acordo com a DNIT 006/2003 – PRO, para a média aritmética das médias das flechas e para a média aritmética das variâncias das flechas, o fator de ponderação a utilizar depende do valor das médias aritméticas, conforme o critério a seguir estabelecido:

a) quando a média aritmética das médias das flechas for igual ou inferior a 30, o fator de ponderação é igual a 4/3; quando superior a 30, o Índice de Gravidade Individual é igual a 40;

b) quando a média das variâncias das flechas for igual ou inferior a 50, o fator de ponderação é igual a 1 (um); quando superior a 50, o Índice de Gravidade Individual é igual a 50.

Calculando-se o IGI para cada grupo de defeitos especificados conforme a planilha para cálculo do IGG (ver **Anexo A**, Planilha A4), basta somente somar cada valor de IGI e obter o IGG

$$IGG = \sum IGI \quad (13)$$

Na DNIT 006/2003 – PRO, é definida a relação entre o valor do IGG e o grau de degradação do pavimento, conforme apresentado na Tabela 3.1.

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Tabela 3.1 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

3.4) Avaliações Superficiais Subjetivas

Essas avaliações têm como princípio a realização de análises subjetivas com base no valor de serventia atual, de modo a indicar o grau de conforto e suavidade ao rolamento oferecido pela via à época da observação.

Na realização deste trabalho, foi seguida a Norma DNIT 009/2003 – PRO (*Procedimento: Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos*), de maneira a se encontrar o valor da serventia atual (VSA), a partir das opiniões de um grupo constituído por cinco ou mais pessoas perfeitamente conhecedoras dos propósitos desta norma.

Antes do início deste trabalho, cada membro do grupo recebeu todas as instruções necessárias para sua realização. Porém, para se tentar encaixar os procedimentos dessa norma em uma situação própria de tráfego urbano, alguns detalhes da DNIT 009/2003 – PRO foram modificados. Isso porque, como já mencionado anteriormente, tal norma foi elaborada para ser usada em rodovias, mas as características geométricas e de tráfego do sistema viário, objeto de investigação deste trabalho, se enquadram nas características normalmente encontradas em um sistema viário urbano.

Assim, as indagações a e c, apresentadas no item 2.4.2 deste trabalho, e que deveriam ser passadas aos avaliadores, foram substituídas pelas seguintes indagações:

a') Como se portaria este trecho de pavimento, atendendo à finalidade para a qual foi construído, durante um período de 24 horas por dia, se ele estivesse localizado no centro da cidade?

c') Como me sentiria se tivesse que transitar com meu veículo todo o dia sobre este pavimento?

Ao todo foram avaliados 15 subtrechos para a determinação do VSA. Foram usados nessa análise dois veículos de passeio com capacidade para transportar cinco pessoas e com distância semelhante entre eixos. Ao todo, participaram cinco avaliadores devidamente treinados e habilitados para a realização desta análise. Os veículos usados percorreram as vias selecionadas na máxima velocidade permitida, que era de 40 km/h.

O Valor da Serventia Atual de cada subtrecho foi registrado na ficha de avaliação de serventia, conforme exigido pela DNIT 009/2003 – PRO. Ver Figura 3.2

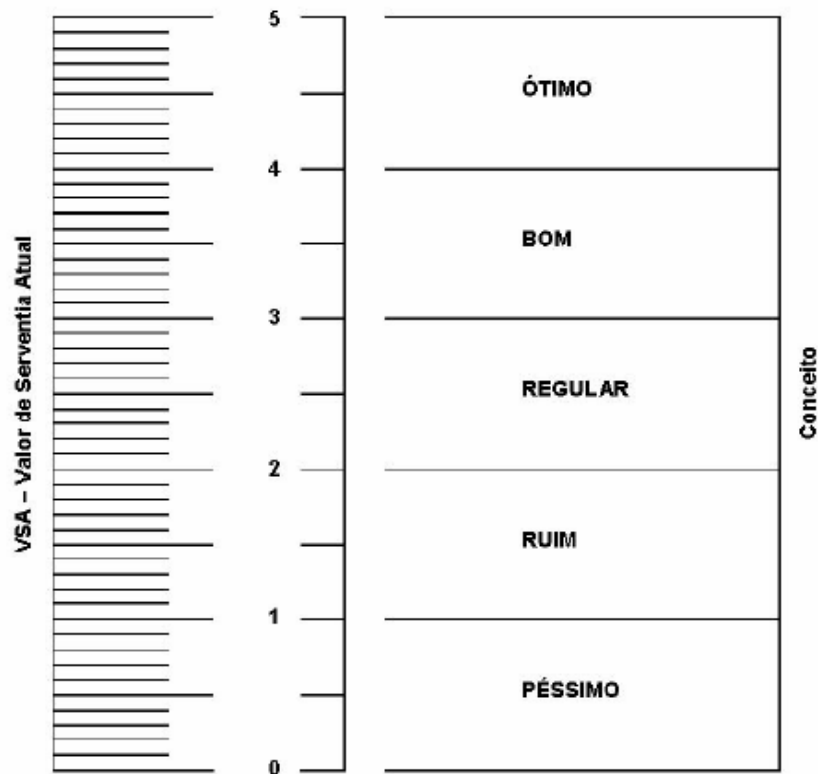


Figura 3.2 – Escala de serventia usada na ficha de avaliação do VSA

3.5) Medidas Deflectométricas

Com o objetivo de se obter informações que pudessem caracterizar o comportamento estrutural de subtrechos pré-selecionados, foi usada uma Viga Benkelman com relação entre braços de alavanca de 4:1, com extensômetro com precisão de 0,01 mm, conforme descrito na Norma DNER – ME 024/94 (*Método de ensaio: Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman*) e um caminhão toco da marca Mercedes Bens. A Figura 3.3 ilustra a Viga Benkelman e o caminhão utilizados na pesquisa.

Seguindo-se a referida norma, o caminhão deve possuir no eixo traseiro, durante os ensaios, uma carga uniformemente distribuída de 8,2 toneladas. Este ainda deve possuir um eixo traseiro simples de rodas duplas e pneus com dimensões 1000 x 20 ou 900 x 20, calibrados à pressão de 80 lb/pol² (ver DNER – ME 024/94).



Figura 3.3 – Viga Benkelman

Foi ainda necessário o uso de uma pá-carregadeira para encher o caminhão com brita e de uma balança rodoviária para pesar a carga do eixo traseiro do caminhão até que fosse alcançado o valor de 8,2 toneladas. Ver Figuras 3.4 e 3.5.



Figura 3.4 – Colocação de brita na caçamba do caminhão.



Figura 3.5 – O eixo traseiro do caminhão sendo pesado na balança da UFV.

Nos subtrechos selecionados para a análise deflectométrica, as medições realizadas foram feitas sobre as superfícies selecionadas e devidamente demarcadas nos trabalhos de avaliação superficial subjetiva. Ao todo foram pesquisadas as deflexões de cinco subtrechos. Nesses foram determinadas às deflexões recuperáveis do pavimento e o raio de curvatura da bacia de deflexão (ver item 2.5.1.3). Também foram realizadas algumas medições com o interesse de encontrar as dimensões das referidas bacias.

Essa fase do trabalho foi realizada em outubro de 2005. Porém, em dezembro desse mesmo ano (após um longo período chuvoso) foram realizadas outras medições para se comparar os níveis das deflexões entre os dois períodos. Esse comparativo teve como objetivo, apenas, verificar se os resultados estariam dentro dos valores esperados, uma vez que essa foi a primeira vez que um trabalho de medição deflectométrica foi realizado na universidade. Assim, espera-se que os níveis de deflexão de dezembro sejam maior que os de outubro. Nesse comparativo, foram feitas seis medições por subtrechos que anteriormente tiveram suas deflexões calculadas. As medições efetuadas no mês de dezembro foram realizadas sobre o mesmo local das medições anteriores referentes ao mês de outubro.

O valor do fator de correção sazonal usado para o cálculo da deflexão de projeto foi de 1,3. Esse valor foi usado por ser ele a média entre o valor máximo (1,4) e mínimo (1,2) do fator de correção sazonal para um subleito argiloso e sensível à umidade, durante uma época seca (ver item 2.5.1.1).

Durante os dias de obtenção dos dados deflectométricos, foi necessário a intervenção da patrulha de segurança da UFV, para controlar o tráfego de veículos próximos às vias que estavam sendo analisadas. Assim, antes de cada bateria de testes, a patrulha de segurança teve que ser previamente informada, para que o tráfego tivesse que ser fechado para uso da Viga Benkelman.

A equipe formada para a realização das medidas deflectométricas foi basicamente constituída de: um operador de Viga Benkelman, um motorista de caminhão, um ajudante usado para preenchimento da planilha de campo e também para auxiliar o motorista do caminhão quanto ao seu posicionamento em relação às estações de análise, um ajudante para auxiliar no transporte da Viga Benkelman e uma patrulha de segurança para controle do tráfego.

O uso de uma baliza acoplada ao caminhão (ver Figura 3.6) é importante para que, com o auxílio de uma régua colocada sobre a pista e sob a ponta da baliza, o motorista do caminhão possa deslocar esse veículo de forma padronizada, ou seja, um deslocamento de 25 cm para o cálculo do raio de curvatura, ou em sucessivos deslocamentos de 25 cm, para que se possa registrar a configuração da bacia deflectométrica.



Figura 3.6 – Baliza acoplada ao pára-choque do caminhão.

Em todas as medidas de deflexão realizadas a ponta da Viga Benkelman ficou localizada a uma distância de 70 a 90 cm da borda direita do revestimento. Durante o processo de medição, os resultados que por algum motivo se demonstraram não confiáveis, as medições deflectométricas foram repetidas.

3.5.1) Aferição da Viga Benkelman

Para se ter a certeza de que a Viga Benkelman estaria em condições de ser usada, segundo a Norma DNER – ME 024/94, esta foi devidamente aferida, seguindo-se a DNER – PRO 175/94 (*Procedimento: Aferição de Viga Benkelman*), antes de cada campanha de medições, ou após algum contratempo. Segundo a DNER – PRO 175/94, contratempos com a Viga Benkelman significam qualquer ocorrência que possa ter afetado o seu perfeito funcionamento, como quedas, choques, etc.

Como foram feitas três campanhas de medições e não ocorreu nenhum contratempo, a Viga Benkelman foi aferida três vezes. A primeira aferição foi realizada com uma prensa de ensaio Marshall e extensômetro mecânico para

medição do deslocamento da bandeja da prensa (ver Figura 3.7). As outras duas aferições foram realizadas em uma prensa de maior precisão e com um extensômetro digital.



Figura 3.7 – Viga Benkelman sendo aferida segundo a DNER – PRO 175/94.

Basicamente o que se verificou durante o processo de aferição foi a relação entre o deslocamento ocorrido na bandeja da prensa e o deslocamento registrado no extensômetro da Viga Benkelman. A partir daí, com a determinação da constante usada no cálculo das deflexões, verificou-se a aceitação ou não da viga, baseando-se nos intervalos de confiança propostos na DNER – PRO 175/94.

3.6) Espessuras das Camadas do Pavimento

Para se determinar a espessura e o tipo das camadas dos pavimentos localizados em cada subtrecho analisado com a Viga Benkelman, foram realizadas algumas prospecções com o uso de cavadeiras, marreta e ponteiros de aço (Figura 3.8). Por ser uma verificação de natureza destrutiva, solicitou-se a permissão da Pró-Reitoria de Administração da UFV para a realização dos furos.



Figura 3.8 – Furos de prospecção

4) RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1) Considerações Iniciais

Neste tópico, serão apresentados os resultados obtidos neste trabalho bem como uma análise e interpretação dos mesmos, sob a luz das metodologias indicadas no tópico “Materiais e Métodos”.

4.2) Apresentação dos Subtrechos Homogêneos

Os subtrechos selecionados neste trabalho foram distribuídos em 5 grupos denominados: trechos A, B, C, D e E. Ao todo, foram considerados 29 subtrechos no Campus da UFV, sendo que o trecho A ficou subdividido em 10 subtrechos, o trecho B em 5, o trecho C em 4, o trecho D em 5 e o trecho E em 5 subtrechos. Na figura 4.1 é apresentada a localização dos grupos de subtrechos pesquisados no Campus do UFV. No **Anexo B**, encontram-se os subtrechos pesquisados e, também, a identificação de alguns edifícios para ajudar no entendimento da distribuição do sistema viário do referido campus.

Legenda

- Trecho A
- Trecho B
- Trecho C
- Trecho D
- Trecho E

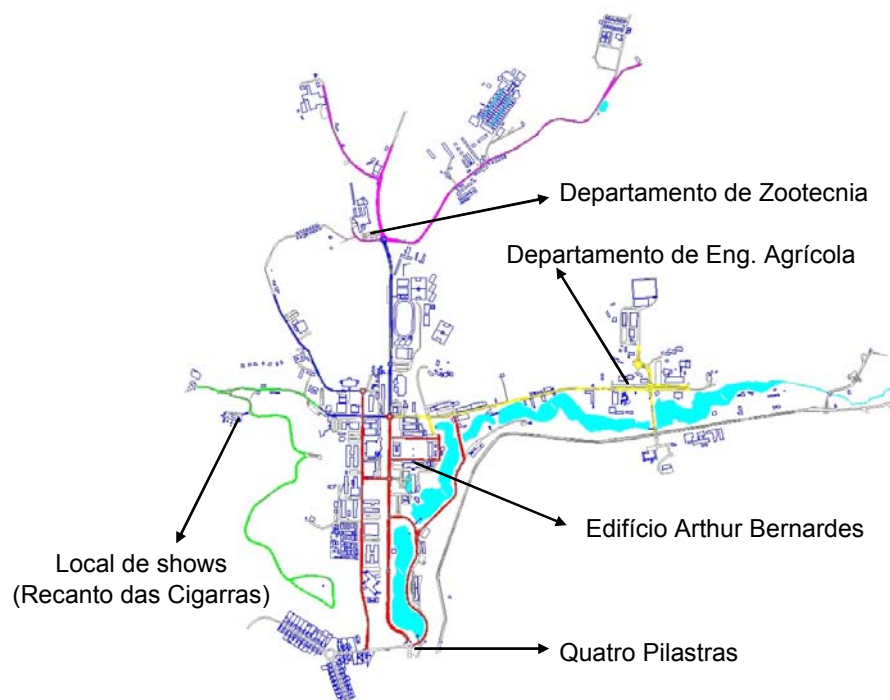


Figura 4.1 – Grupos de subtrechos selecionados no Campus da UFV

4.3) Índice de Gravidade Global (IGG)

Dos 29 subtrechos definidos no item anterior, em 26 deles foram realizados inventários de ocorrência de defeitos para que, segundo a Norma DNIT 006/2003 – PRO, fossem encontrados os IGG de cada um deles.

No **Anexo C** estão apresentados os inventários do estado da superfície de cada subtrecho analisado. Nos referidos inventários estão contidos, entre outros, a frequência de ocorrência dos defeitos especificados na Norma DNIT 005/2003_TER, o valor do IGG e a conceituação do estado do pavimento.

O Quadro 4.1 contém o resumo dos valores de IGG para cada subtrecho e seus respectivos conceitos. Os valores apresentados neste quadro foram calculados com base nos inventários do estado das superfícies. Ver **Anexo C**.

É importante ressaltar que durante as medidas das flechas das trilhas de rodas externas (TER) e internas (TRI), ocorreram algumas dificuldades práticas nesse trabalho, pois diferentemente do que normalmente ocorre em uma rodovia, as trilhas de rodas encontradas em certas ruas do Campus da UFV não se propagam de forma coerente. Isso porque os caminhos percorridos pelos veículos, por faixa de tráfego, dentro do campus, não ocorrem de forma padronizada. Isso porque o trajeto dos veículos em movimento tende a ser influenciado pelos veículos estacionados junto ao meio-fio e também pelo tráfego de ciclistas e pedestres. Assim, em certos subtrechos analisados não foi possível identificar com clareza a posição da TRE e TRI.

Quadro 4.1 - Resumo dos Valores dos IGG e do Estado da Superfície dos Subtrechos Analisados

Trecho	Subtrecho	IGG	Conceito
A	A1	300,26	Péssimo
	A2	130,46	Ruim
	A3	60,40	Regular
	A4	96,92	Ruim
	A5	306,38	Péssimo
	A6	305,25	Péssimo
	A7	119,68	Ruim
	A8	91,08	Ruim
	A9	93,42	Ruim
	A10	108,66	Ruim
B	B1	67,36	Regular
	B2	124,27	Ruim
	B3	188,12	Péssimo
C	C1	336,81	Péssimo
	C2	71,74	Regular
	C3	172,44	Péssimo
	C4	78,02	Regular
D	D1	88,61	Ruim
	D2	81,23	Ruim
	D4	135,67	Ruim
	D5	138,33	Ruim
E	E1	116,81	Ruim
	E2	152,86	Ruim
	E3	76,80	Regular
	E4	138,84	Ruim
	E5	149,38	Ruim

Também vale mencionar o critério adotado nesse trabalho para a contagem de ocorrências de trincas interligadas (ver item 2.3.1). Segundo a Norma DNIT 006/2003 – PRO, deve ser registrado no inventário de superfície a

quantidade de trincas interligadas que estejam dentro de cada superfície de avaliação. Porém, esse critério está sujeito a alguns questionamentos, pois, imagine as seguintes situações apresentadas nas superfícies de avaliação hipoteticamente criadas na Figura 4.6.

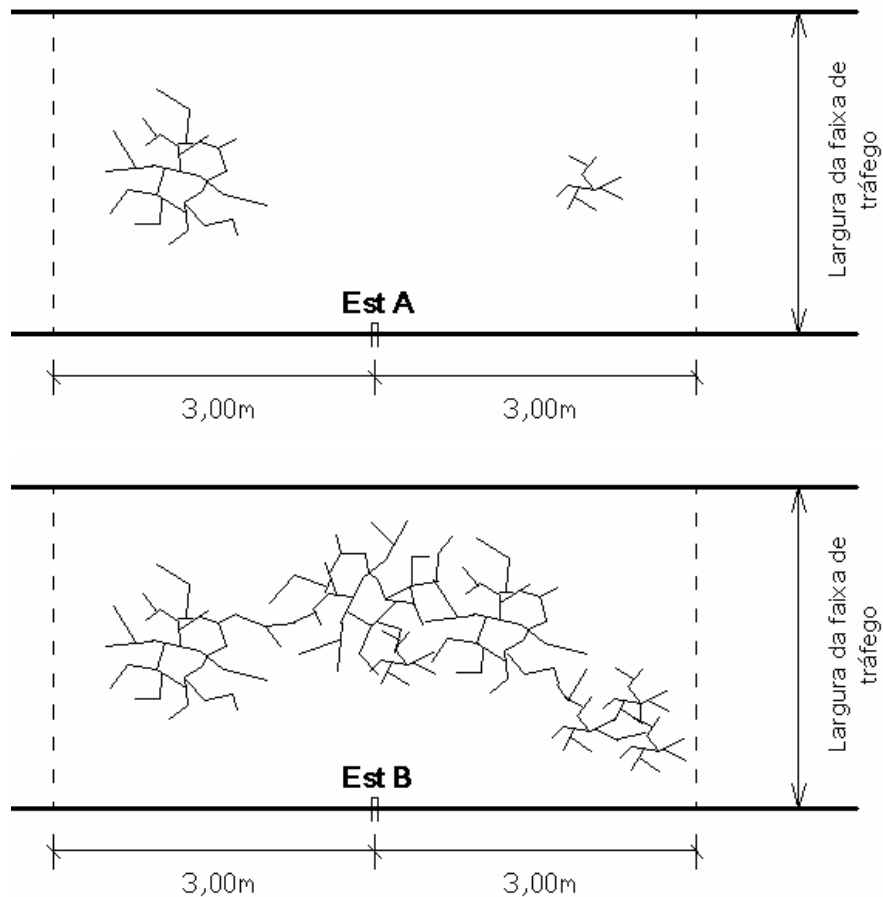


Figura 4.6 – Exemplos de ocorrência de trincas interligadas

De acordo com a DNIT 006/2003 – PRO, na superfície de avaliação pertencente à estação A (Est A), deveriam ser registradas duas trincas interligadas e, na superfície de avaliação pertencente à estação B (Est B), apenas uma trinca interligada. Com isso, o primeiro exemplo contribui mais para o aumento do IGG do que o segundo exemplo. Porém, é no segundo exemplo que ocorre uma maior degradação do pavimento. Assim, para o cálculo do IGG, seria conveniente se a superfície de avaliação da estação B gerasse maior influência do que a da estação A.

Para que isso acontecesse, ficou definido nesse trabalho que quando ocorresse em uma superfície de avaliação grandes trincas interligadas, estas deveriam ser registradas no inventário de superfície como sendo duas ou mais trincas, de acordo com sua gravidade. Voltando ao exemplo ilustrado acima, no caso da trinca pertencente à estação B, essa seria considerada nesse trabalho, para efeito de cálculo de IGG, como sendo constituída de três a quatro trincas interligadas.

4.4) Valor da Serventia Atual (VSA)

Abaixo, no Quadro 4.2, constam os resultados da avaliação superficial subjetiva realizada segundo a Norma DNIT 009/2003 – PRO. Nesse quadro, é apresentada a média do Valor de Serventia Atual (VSA) com base nos valores atribuídos pelos cinco avaliadores.

Quadro 4.2 – Apresentação do VSA para os subtrechos avaliados

Sub-trecho	Avaliadores					VSA média	Conceito
	1º	2º	3º	4º	5º		
A1	3.5	2.8	2.9	3.4	3.2	3.16	bom
A2	4.2	3.1	3.3	4.1	3.8	3.70	bom
A5	3	2.8	2.9	3	3.2	2.98	regular
A6	3	3.3	3	3.2	2.8	3.06	bom
B1	3.5	3.7	3.3	3.6	3.3	3.48	bom
B3	2.3	3.3	2.8	3.2	2.4	2.80	regular
B4	2.4	2.9	3.1	2.8	2.7	2.78	regular
B5	2.8	2.7	2.5	3.1	3.5	2.92	regular
C1	2.8	2.1	2.4	2.5	3.5	2.66	regular
C2	3.5	3.2	3.2	3.5	2.9	3.26	bom
C3	3	3.3	3	3	3.6	3.18	bom
C4	2.5	3.9	2.4	2.3	3	2.82	regular
D2	3	2.3	2.7	2.5	2.8	2.66	regular
D3	3.5	3.2	3	2.7	3.5	3.18	bom
E1	3.3	2.2	2.5	3	2.4	2.68	regular

A seguir, no Quadro 4.3, são apresentados os conceitos gerados segundo às avaliações funcionais subjetivas e objetivas.

Quadro 4.3 – Conceitos gerados segundo às avaliações objetivas e subjetivas.

Sub-trecho	Avaliação Objetiva		Avaliação Subjetiva	
	I.G.G.	Conceito	VSA	Conceito
A1	300.26	péssimo	3.16	bom
A2	130.46	ruim	3.70	bom
A5	306.38	péssimo	2.98	regular
A6	305.24	péssimo	3.06	bom
B1	67.36	regular	3.48	bom
B3	188.12	péssimo	2.80	regular
C1	336.81	péssimo	2.66	regular
C2	71.73	regular	3.26	bom
C3	172.45	péssimo	3.18	bom
C4	78.02	regular	2.82	bom
D2	81.22	ruim	2.66	regular
E1	116.8	ruim	2.68	regular

Conforme mostrado no quadro acima, verifica-se que os conceitos gerados pelas avaliações apresentadas não coincidiram. Ficou claro que os conceitos relativos aos valores de IGG tenderam a ser mais rigorosos que os conceitos relativos aos valores da serventia atual (VSA). Isto se deve ao fato de que os defeitos ocorridos nas vias não foram suficientes para permitir uma avaliação mais significativa dos níveis de conforto pelos avaliadores do método subjetivo.

4.5) Medidas Deflectométricas

Foram realizadas no mês de outubro de 2005 medições deflectométricas em 5 subtrechos, assim definidos: subtrecho A1, subtrecho A6, subtrecho B3, subtrecho C1 e subtrecho E1. O Quadro 4.4 contém o resumo com os resultados finais das medidas deflectométricas. No **Anexo D** encontram-se os dados de campo obtidos com a Viga Benkelman referente ao mês de outubro de 2005 juntamente com o valor da deflexão de cada superfície de avaliação.

Quadro 4.4 – Resumo dos Dados Deflectométricos

Subtrecho	Raio de curvatura (m)	Deflexão característica (mm)	Deflexão de projeto (mm)
A1	43,16	$147,69 \times 10^{-2}$	$192,00 \times 10^{-2}$
A6	54,55	$170,86 \times 10^{-2}$	$222,11 \times 10^{-2}$
B3	61,50	$92,19 \times 10^{-2}$	$119,84 \times 10^{-2}$
C1	74,67	$127,45 \times 10^{-2}$	$165,68 \times 10^{-2}$
E1	34,32	$172,61 \times 10^{-2}$	$224,39 \times 10^{-2}$

Em dezembro de 2005 foram realizadas novas medidas deflectométricas em algumas superfícies de avaliação localizadas em cada subtrecho homogêneo estudado no mês de outubro. No **Anexo E**, encontram-se os resultados e discussões referentes a esse comparativo.

Com o interesse em complementar as informações para futuros trabalhos no Campus da UFV, através da aplicação da Norma DNER – ME 024/94, sugere-se que as planilhas utilizadas na coleta de dados deflectométricos contenham uma coluna para registro da distância entre a ponta de prova da Viga Benkelman e o meio-fio da rua. Esse dado será importante durante a análise comparativa das deflexões medidas em diferentes datas.

4.5.1) Aferição da Viga Benkelman

Com o objetivo de se averiguar o bom funcionamento da Viga Benkelman e de se encontrar a constante para cálculo das deflexões, foram realizadas três aferições seguindo-se a Norma DNER – PRO 175/94, antes de cada campanha de medições. Porém, devido a uma pequena folga na bandeja da prensa do ensaio Marshall, os dados da primeira aferição realizada foram desconsiderados. Mas nas duas últimas aferições, foi comprovado o bom funcionamento da viga Benkelman. O valor encontrado da constante para cálculo das deflexões foi igual a 4.

No **Anexo F** encontram-se os dados das duas aferições bem sucedidas.

4.6) Espessuras de Camadas

Para cada subtrecho verificado estruturalmente com o uso de medidas defletoométricas, foram determinadas as espessuras das camadas do pavimento. No quadro 4.5 são apresentadas tais espessuras.

Quadro 4.5 – Espessuras das camadas constituintes dos pavimentos.

Subtrecho	Espessuras (cm)	
	Revestimento	Base
A1	7,0	16,5
A6	3,5	31,5
B3	6,3	30,0
CI	6,9	22,7
E1	6,5	30,0

Os tipos de revestimento de cada subtrecho podem ser encontrados no **Anexo C**. O tipo de material verificado nas camadas de base foi o cascalho. Ocorreram alguns problemas práticos em se analisar as espessuras das camadas de base, bem como a existência de uma possível camada de sub-base, devido às dificuldades de se visualizar ou perceber a mudança de uma camada para outra. Essas dificuldades provavelmente estão relacionadas a processos construtivos. Por exemplo, durante a fase de escarificação de uma camada, a sua parte inferior pode ter sido envolvida com a parte inferior da camada sobreposta. Além do mais, no caso da existência de uma camada de sub-base, essa foi construída com o mesmo material da base, à exceção da energia de compactação, o que também dificulta sua identificação.

4.7) Avaliação Estrutural

A seguir, serão apresentadas as avaliações estruturais dos subtrechos A1, A6, B3, C1 e E1, segundo as Normas DNER – PRO 10/79 (Procedimento A) e DNER – PRO 11/79 (Procedimento B).

4.7.1) Avaliação Estrutural (Procedimento A)

Na realização dessa avaliação, devem ser conhecidos para cada subtrecho homogêneo, os seguintes itens:

IGG – índice de gravidade global;

F – valor médio das fechas nas trilhas de roda;

AP% - porcentagem de estações inventariadas apresentando afundamentos plásticos de reconhecida gravidade;

d₀ – deflexão de projeto referida a carga de 6,8 t ($d_0 = 0,7 \times d_p$);

d_{adm} – deflexão admissível pelo pavimento existente, referida à carga de 6,8 t.

No quadro 4.6 encontram-se os valores dos itens mencionados acima, referentes a cada subtrecho analisado sob o ponto de vista deflectométrico.

Quadros 4.6 – Dados estruturais utilizados na DNER – PRO 10/79.

Subtrecho	d _p (10 ⁻² mm)	d ₀ (10 ⁻² mm)	I.G.G.	AP%	F (mm)
A1	192,00	134,40	300,26	3,70%	2,16
A6	222,11	155,48	305,24	0,00%	3,16
B3	119,84	83,89	188,12	0,00%	2,19
C1	165,68	115,98	336,81	0,00%	2,27
E1	224,39	157,07	116,80	0,00%	4,97

Devido à falta de registros históricos e dados de projeto, não foi possível encontrar o valor da deflexão admissível (d_{adm}). Porém, conforme verificado no **Anexo A**, Quadro A5, no critério para o estabelecimento das diretrizes de projeto, constata-se que à exceção do subtrecho E1, os demais não

necessitam da d_{adm} para serem avaliados, pois esses apresentaram valores de $IGG > 180$.

Analisando-se o subtrecho E1, verifica-se que esse possui $F < 30$ mm e $AP\% < 33\%$. Desta maneira, fica evidente a necessidade de se estimar um valor para d_{adm} , para que, seguindo as informações contidas no Quadro A5 do **Anexo A**, seja possível encontrar condições para avaliar a possibilidade de aproveitamento da estrutura existente; também, às medidas corretivas a serem levadas em conta no projeto.

4.7.2) Avaliação Estrutural (Procedimento B)

Na realização dessa avaliação devem ser conhecidos para cada subtrecho homogêneo, os seguintes itens:

D_p – deflexão de projeto;

R – raio de curvatura;

D_{adm} – deflexão admissível, em função no número de solicitações equivalentes ao eixo de 8,2 t;

IGG – índice de gravidade global.

No quadro 4.7 encontram-se os valores dos itens mencionados acima, referentes a cada subtrecho analisado.

Quadros 4.7 – Dados estruturais utilizados na DNER – PRO 11/79.

Subtrecho	D_p (10^{-2} mm)	R (m)	I.G.G.
A1	192,00	43,16	300,26
A6	222,11	54,55	305,24
B3	119,84	61,50	188,12
C1	165,68	74,67	336,81
E1	224,39	34,32	116,80

O valor da deflexão admissível (d_{adm}), devido à falta de registros históricos e dados de projeto, não foi possível de ser encontrado. Porém, como ocorrido na análise estrutural do item anterior, à exceção do subtrecho E1, os demais subtrechos apresentaram $IGG > 180$. Portanto, para esses subtrechos não foi necessário a determinação da D_{adm} , segundo os critérios para avaliação estrutural apresentados no Quadro A6 (**Anexo A**). Sendo o valor do raio de curvatura médio (R) do subtrecho E1 menor que 100 m, verifica-se no Quadro A6 (**Anexo A**), que esse subtrecho enquadra-se nas hipóteses III ou IV.

5) CONCLUSÕES

- Dos 26 subtrechos analisados segundo a Norma DNIT 006/2003 – PRO, 23.1% deles receberam o conceito “péssimo”, 57.7% receberam o conceito “ruim” e apenas 19.2% receberam o conceito “regular”. Isso demonstra o elevado grau de deterioração que as vias estudadas apresentam. Porém, desses 26 subtrechos analisados objetivamente, 12 deles foram também analisados subjetivamente segundo a Norma 009/2003 – PRO. De acordo com as opiniões dos avaliadores, 58.3% desses, 12 subtrechos receberam o conceito “bom” e 41,7% receberam o conceito “regular”. Esses resultados demonstram que apesar da evoluída degradação dos subtrechos avaliados pela DNIT 006/2003 – PRO, alguns deles ainda apresentam um nível de conforto satisfatório, segundo a DNIT 009/2003 – PRO.

- A Viga Benkelman do Laboratório de Engenharia Civil da UFV (LEC-UFV) pode ser perfeitamente utilizada em futuras pesquisas. Seu bom funcionamento foi averiguado nos resultados das aferições realizadas e na observação dos dados comparativos entre as bacias deflectométricas medidas em diferentes épocas do ano.

- Com base na avaliação estrutural, seguindo a Norma DNER – PRO 10/79, ficou definido que na restauração dos subtrechos A1, A6, B3 e C1, será necessária a remoção total ou parcial do pavimento existente; a nova estrutura projetada poderá ser dimensionada pelo critério de resistência. Na avaliação estrutural baseada na Norma DNER – PRO 11/79, ficou definido que os mesmos subtrechos deveriam ser reconstruídos a partir de um dimensionamento também baseado no critério de resistência. Assim, fica estabelecida a necessidade de estudos complementares sobre esses subtrechos, buscando a realização de ensaios laboratoriais sobre as camadas de base e subleito. Para isso, será preciso a abertura de poços de sondagens, com espaçamentos previamente definidos, nas extensões dos referidos subtrechos, onde deverão ser coletados cerca de 180 kg de material, que serão usados para a realização de ensaios de caracterização, compactação, CBR. Também, ensaios de campo para a determinação do peso específico dos

materiais constituintes das camadas do pavimento e subleito para a obtenção do grau de compactação.

- Para se verificar a possibilidade do uso de um critério deflectométrico para o dimensionamento de um reforço estrutural no pavimento do subtrecho E1, será preciso encontrar maneiras de se estimar o valor de D_{adm} , segundo a Norma DNER – PRO 11/79 e d_{adm} , segundo a Norma DNER – PRO 10/79).

- O armazenamento dos inventários de superfície de cada subtrecho analisado tornará possível um comparativo entre os atuais e futuros valores de IGG. Com isso, poderão ser feitas avaliações com intuito de determinar a evolução dos defeitos ocorridos ao longo do tempo. Uma análise dessa natureza possibilitará maiores subsídios para a compreensão dos níveis de degradação desenvolvidos em cada subtrecho. Nesse contexto, também poderão ser feitos comparativos futuros entre as atuais e futuras deflexões recuperáveis.

- Como sugestão de pesquisa, pode-se mencionar que um comparativo entre os níveis de deflexão ocorridos em diferentes épocas do ano, pode fornecer valores mais adequados para os fatores de correção sazonal (ver item 2.5.1.1), a serem utilizados em futuras avaliações deflectométricas no Campus da UFV.

- Para melhor adequar a aplicação da Norma DNIT 006/2003 – PRO em uma via de características urbanas, sugere-se que sejam feitas pesquisas que objetivem encontrar novos coeficientes de ponderação para o cálculo do IGG, de modo a atender tal situação.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. *Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Washington, DC, 1993.

BALBO, José T. *Pavimentos Asfálticos – Patologias e Manutenção*. Editora Plêiade Ltda, São Paulo, SP, 1997. 103 p.

DNER (1998). *Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos*. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Rio de Janeiro, RJ, 1998. 242 p.

O DNER-ES 173/86 – Especificação de Serviço, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *Método de nível e mira para calibração de sistemas medidores de irregularidade tipo resposta*. Rio de Janeiro, 1986

DNER-ME 024/94 – Método de Ensaio, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *Determinação das deflexões no pavimento pela Viga Benkelman*. Norma Rodoviária. Rio de Janeiro, 1994.

DNER-ME 053/94 – Método de Ensaio, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *Misturas betuminosas – porcentagem de betume*. Norma Rodoviária. Rio de Janeiro, 1994.

DNER-ME 083/94 – Método de Ensaio, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *Agregados – análise granulométrica*. Norma Rodoviária. Rio de Janeiro, 1994.

DNER-PRO 010/79 – Procedimento A, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *Avaliação Estrutural de Pavimentos Flexíveis*. Norma Rodoviária. Rio de Janeiro, 1979.

DNER-PRO 011/79 – Procedimento B, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *Avaliação Estrutural de Pavimentos Flexíveis*. Norma Rodoviária. Rio de Janeiro, 1979.

DNIT (2006). Manual de Pavimentação. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Publicação IPR – 719, 3ª edição, Rio de Janeiro, RJ. 274 p.

DNIT 005/2003 – Terminologia, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. *Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos*. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT 006/2003 – Procedimento, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. *Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos*. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT 007/2003 – Procedimento, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. *Levantamento para Avaliação da Condição de Superfície de Subtrecho Homogêneo de Rodovias de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos para Gerência de Pavimentos e Estudos e Projetos*. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT 009/2003 – Procedimento, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. *Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos*. Rio de Janeiro, 2003.

MEDINA, JAQUES. *Mecânica dos Pavimentos*. Editora UFRJ. Rio de Janeiro/RJ.1997. 380 p.

MEDINA, Jaques; MOTTA, Laura Maria Goretti. *Mecânica dos Pavimentos*. Capa e Editoração Eletrônica Imagemaker Interactive, 2ª Edição, Rio de Janeiro/RJ, 2005. 570 p.

MORAIS, Carlos A. S.; RODRIGUES, John K. G.; FERNANDES, Marcel. W. Q.; LUCENA, Leda C. F. L. *Uma Proposta para Avaliação, Manutenção e Restauração das Condições de Superfície de Pavimentos de Vias Urbanas*. 35ª Reunião Anual de Pavimentação (Trabalho 35ª RAPv – 063), Rio de Janeiro, RJ, 2004.

NASCIMENTO, Humberto R. C; REIS, Rafael M. M. (1999) – *Camadas Porosas de Atrito com Utilização de Asfalto Modificado com Polímeros*. Ipiranga Asfaltos S. A.

PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto. *Conceitos Fundamentais Sobre Pavimentos Flexíveis*. COPIARTE - Copiadora e Artes Gráficas Ltda, Rio Janeiro, 2001. 259p.

QUEIROZ, César A.V. *Modelos de previsão do desempenho para a gerência de pavimentos no Brasil*. - Ministério dos Transportes - GEIPOT/DNER, Brasília, 1984. 360 p. Tese (Doutorado)

REIS, Rafael M. M.; SANTO, Nelson R. E. (1999) – *Micro Revestimento Asfalto a Frio – Uma inovação tecnológica para tratamento de superfície*. Ipiranga Asfaltos S.A

SENÇO, Wlastermiller (1997). *Manual de Técnicas de Pavimentação*. Editora PINI Ltda, Volume I, São Paulo – SP. 746 p.

SILVA, Paulo F. A. *Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos*. Editora PINI Ltda, São Paulo, 2005. 114 p.

ANEXO A

PLANILHAS, QUADROS E ÁBACOS

QUADRO A2

QUADRO RESUMO DOS DEFEITOS – CODIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO			
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP			
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP			
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC			
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC			
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O			
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E			
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX			
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D			
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P			
Remendos			Remendo Superficial		RS		
			Remendo Profundo		RP		

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.

FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.

FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

QUADRO A3

FATORES DE PONDERAÇÃO UTILIZADOS NO CÁLCULO DO IGG

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER "Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia" (ver item 6.4 e Anexo D)	Fator de Ponderação fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA:Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O e P	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

PLANILHA A4

PLANILHA PARA CÁLCULO DO IGG

RODOVIA:		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)										Data:		Folha:	
TRECHO:		REVESTIMENTO TIPO:										Estaca ou Quilômetro		Estaca ou Quilômetro	
SUB-TRECHO:		Natureza do defeito		Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual			Observações				
1		Trincas isoladas Fi, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR					0,2								
2		(FC - 2) J, TB					0,5								
3		(FC - 3) JE, TBE					0,8								
4		ALP, ATP	X	X	X		0,9								
5		O e P	X	X	X		1,0								
6		EX	X	X	X		0,5								
7		D	X	X	X		0,3								
8		R	X	X	X		0,6								
9		Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =		1 A () 1 B ()								
10		Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trihas	TREv =	TRIV =	FV =		2 A () 2 B ()								
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES			n =	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG										Conceito	
1A) IGI = $\bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$			2A) IGI = \bar{FV} quando $\bar{FV} \leq 50$										Operator		
1B) IGI = 40 quando $\bar{F} > 30$			2B) IGI = 50 quando $\bar{FV} > 50$										Cálculo		
													Visto		

QUADRO A5

Critério para o Estabelecimento das Diretrizes do Projeto – Fonte: Norma DNER – PRO 010/79			
IGG	F e AP%	d_0 e d_{adm}	Decisão quanto ao aproveitamento da estrutura existente e quanto às medidas corretivas a serem levadas em conta no projeto
IGG ≤ 180	F ≤ 30 mm e AP% ≤ 33%	$d_0 \leq d_{adm}$	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente. 2) Programação de reparos locais, se necessário. 3) Programação de tratamento de rejuvenescimento, se necessário.
		$3d_{adm} \geq d_0 > d_{adm}$	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente. 2) Programação de reparos locais, se necessário. 3) Projeto de reforço com base no critério de deformabilidade.
		$d_0 > 3d_{adm}$	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aproveitamento total ou parcial do valor residual do pavimento existente. 2) Programação de reparos locais, se necessário. 3) Projeto de reforço com base no critério de deformabilidade e projeto de reforço com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente. <p>Projeto de nova estrutura com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente.</p>
IGG > 180	F > 30 mm ou AP% > 33%	-	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente. 2) Programação de reparos locais. 3) Projeto de reforço com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente. <p>Projeto de nova estrutura com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente.</p>
	-	-	<p>Remoção parcial ou total do pavimento existente e sua substituição parcial ou total por nova estrutura projetada com base no critério de resistência.</p>

QUADRO A6

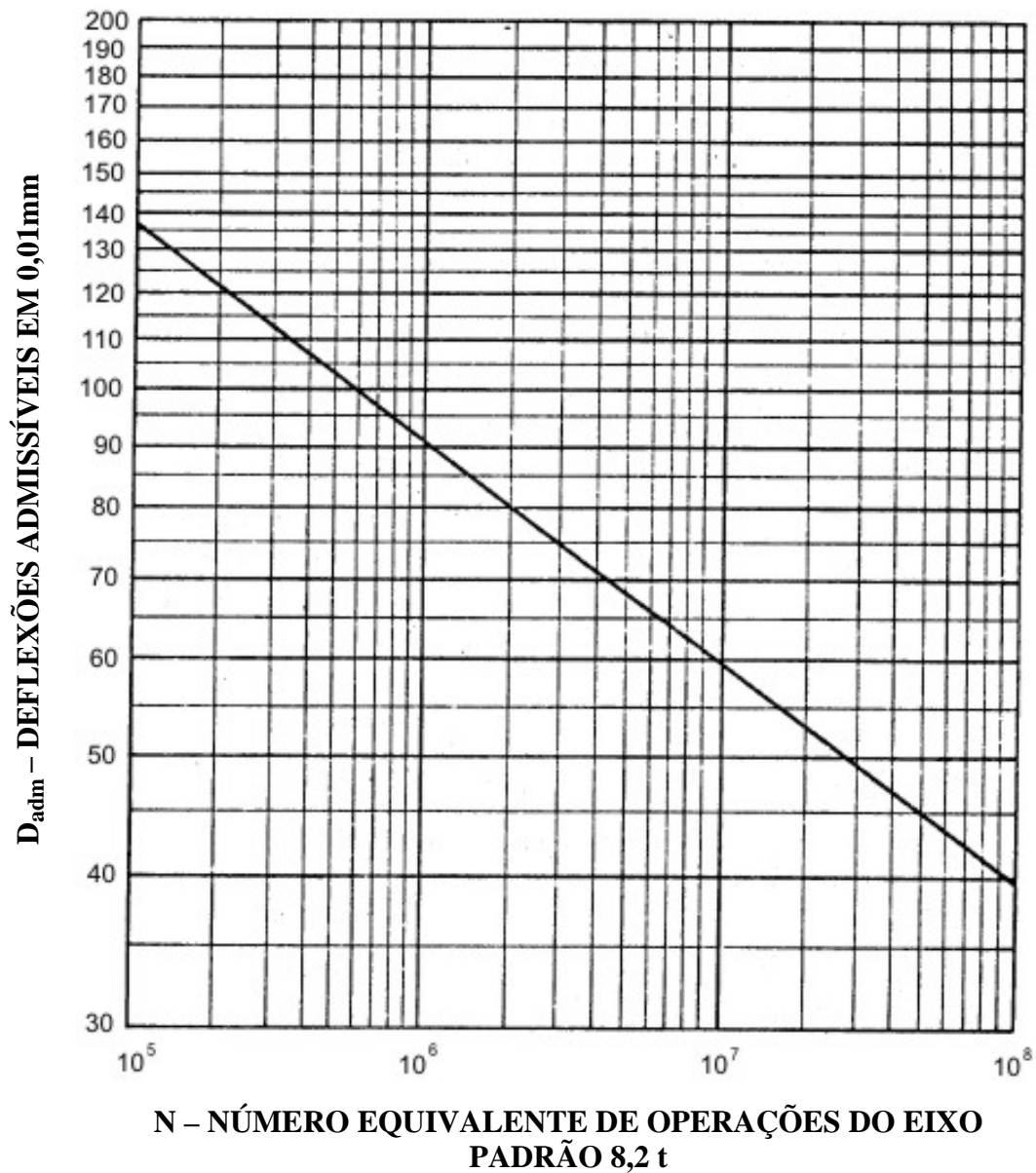
CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

(baseado na Norma DNER – PRO 011/79)

Hipótese	Dados Deflectométricos	Qualidade Estrutural	Necessidade de Estudos Complementares	Critério para Cálculo de Reforço	Medidas Corretivas
I	$D_p \leq D_{adm}$ $R \geq 100$	BOA	NÃO		Apenas correções de superfície
II	$D_p > D_{adm}$ $R \geq 100$	Se $D_p \leq 3D_{adm}$ REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Reforço
		Se $D_p > 3D_{adm}$ MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
III	$D_p \leq D_{adm}$ $R < 100$	REGULAR PARA MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
IV	$D_p > D_{adm}$ $R < 100$	MÁ	SIM	Resistência	Reforço ou Reconstrução
V	-	MÁ O pavimento apresenta deformações permanentes e rupturas plásticas generalizadas (IGG > 180)	SIM	Resistência	Reconstrução

ÁBACO A7

DEFLEXÃO ADMISSÍVEL PARA CONCRETO BETUMINOSO (DEFLEXÕES MEDIDAS COM CARGA POR EIXO DE 8,2 T)



$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,175 \log N$$

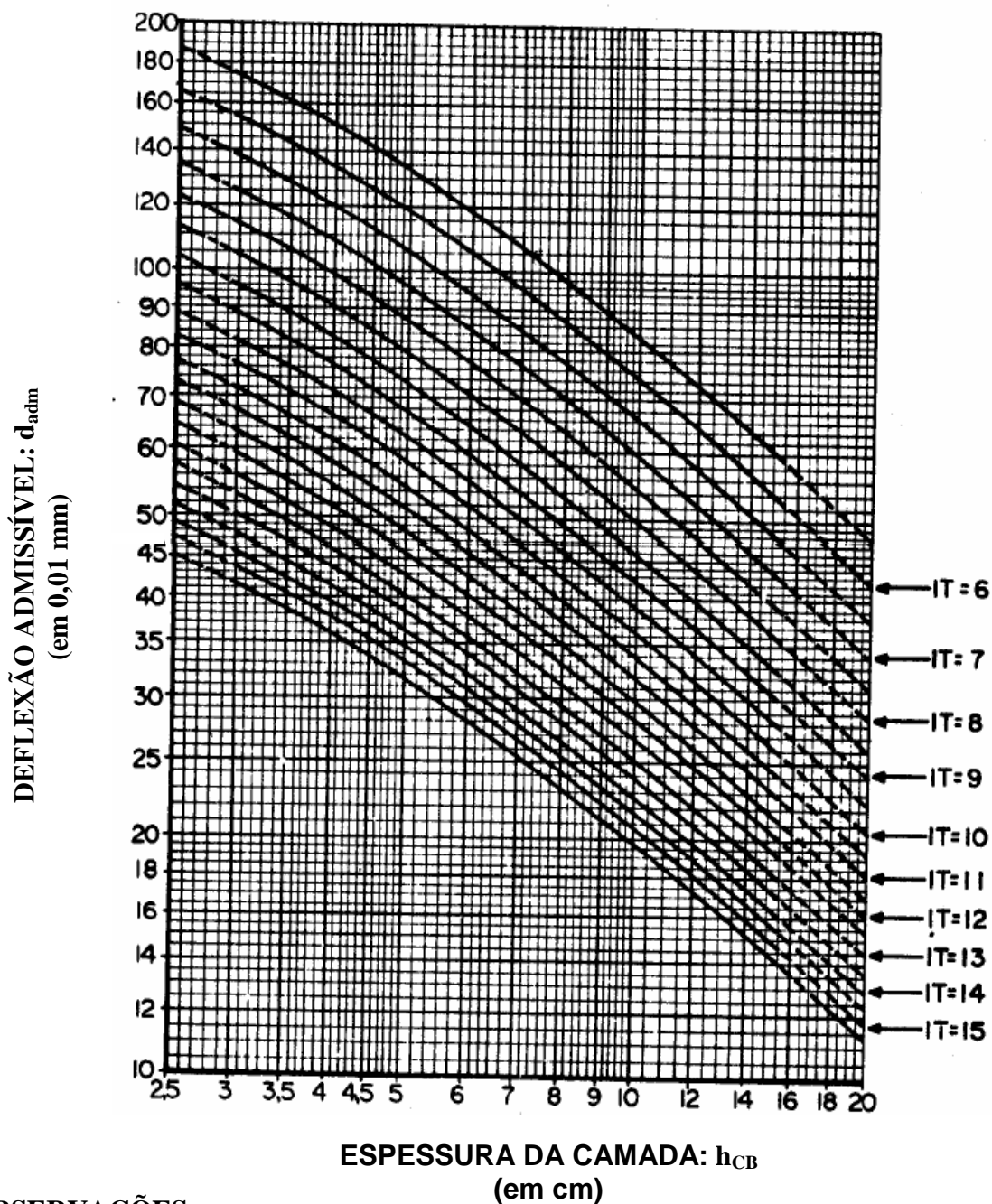
N	D _{adm}
10 ⁵	135
10 ⁶	90
10 ⁷	60
10 ⁸	40

ÁBACO A8

VARIAÇÃO DA DEFLEXÃO ADMISSÍVEL EM FUNÇÃO DA ESPESSURA DA CAMADA CRÍTICA E DA INTENSIDADE DO TRÁFEGO

(com base no nomograma 1 da DNER – PRO 010/79, página 27)

MATERIAL: CONCRETO BETUMINOSO



OBSERVAÇÕES:







- 1 – A camada de concreto betuminoso é a camada superior da estrutura.
- 2 – O valor d_{adm} se refere à carga de 6,8 t, e são consideradas na superfície da camada de concreto betuminoso.
- 3 – A camada de concreto betuminoso é a crítica no que concerne a flexibilidade.
- 4 – As extremidades tracejadas das curvas resultaram de extrapolação.

ANEXO B

SUBTRECHOS HOMOGÊNEOS DA UFV SELECIONADOS PARA ANÁLISE

B1) SUBTRECHOS DO TRECHO A

Legenda

-  Restaurante Universitário
-  Quatro pilastras
-  Alojamento masculino (Posinho)
-  Edifício Arthur Bernardes
-  Departamento de Arquitetura
-  COLUNI

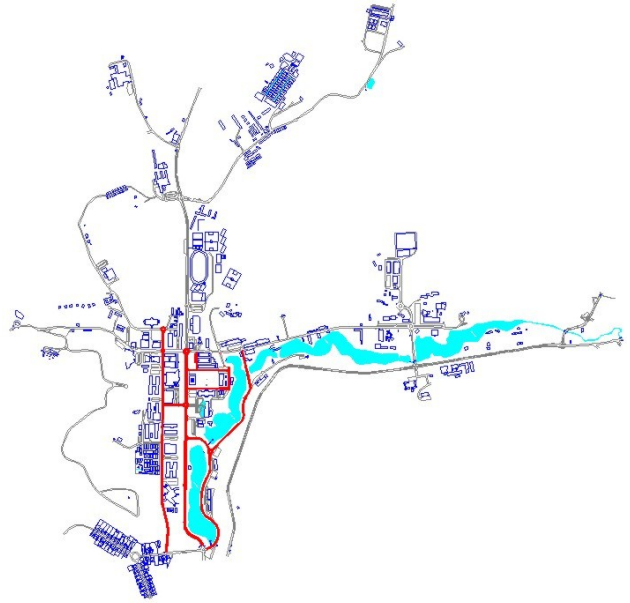


Figura B1.1 – Localização do trecho A no campus.

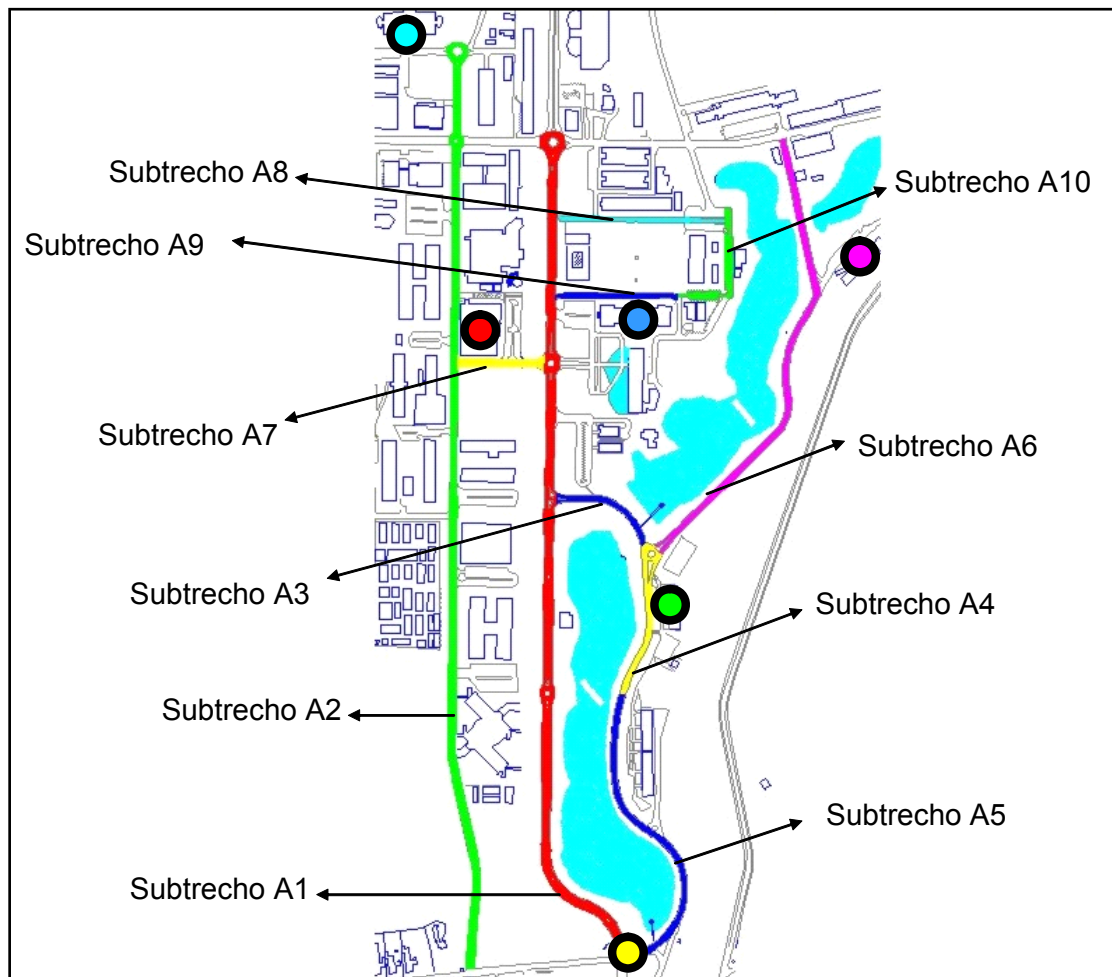


Figura B1.2 – Apresentação dos subtrechos pertencentes ao trecho A.

B2) SUBTRECHOS DO TRECHO B

Legenda

- Local de shows (Recanto das Cigarras)
- Departamento de Direito
- Três Bandeiras (Recanto das Cigarras)



Figura B2.1 – Localização do trecho B no campus.

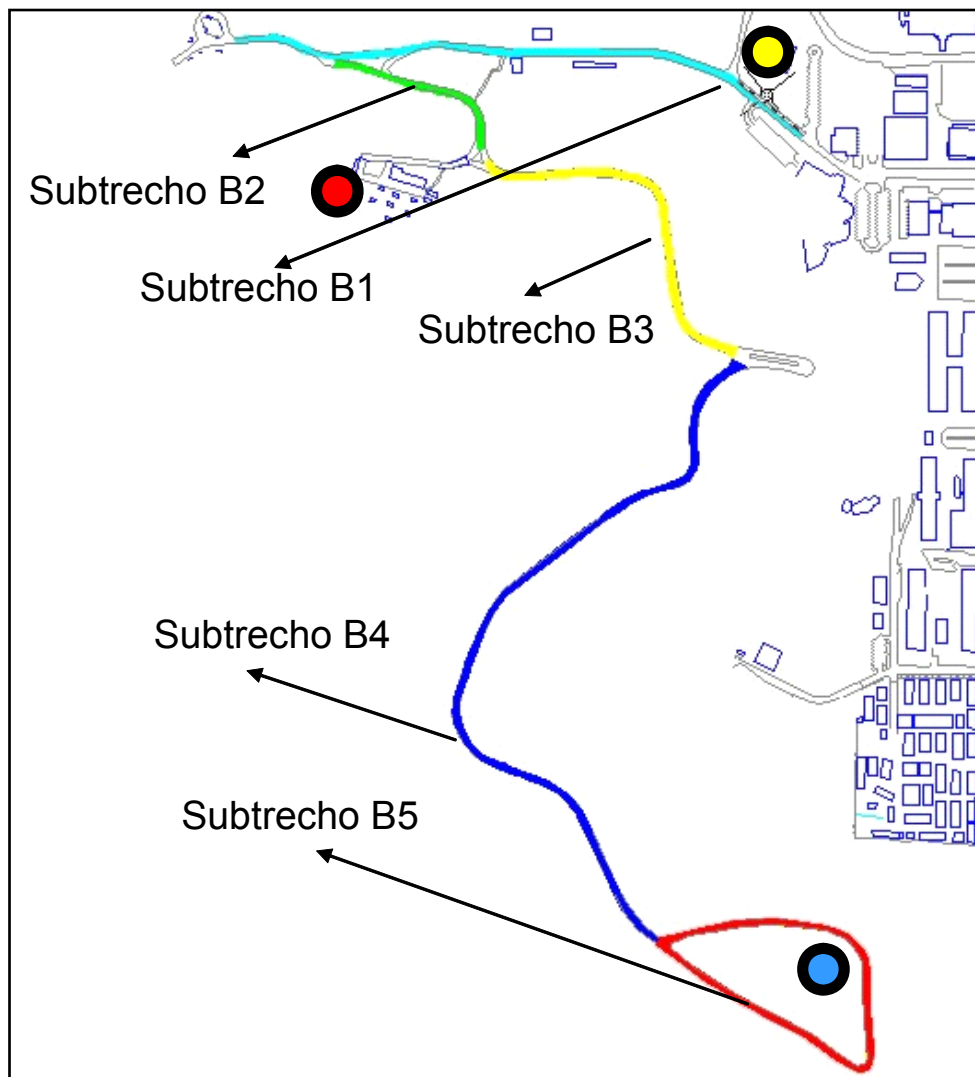


Figura B2.2 – Apresentação dos subtrechos pertencentes ao trecho B.

B3) SUBTRECHOS DO TRECHO C

Legenda





-  COLUNI
-  Departamento de Economia Rural
-  Hospital Universitário
-  Departamento de Educação Física



Figura B3.1 – Localização do trecho C no campus.

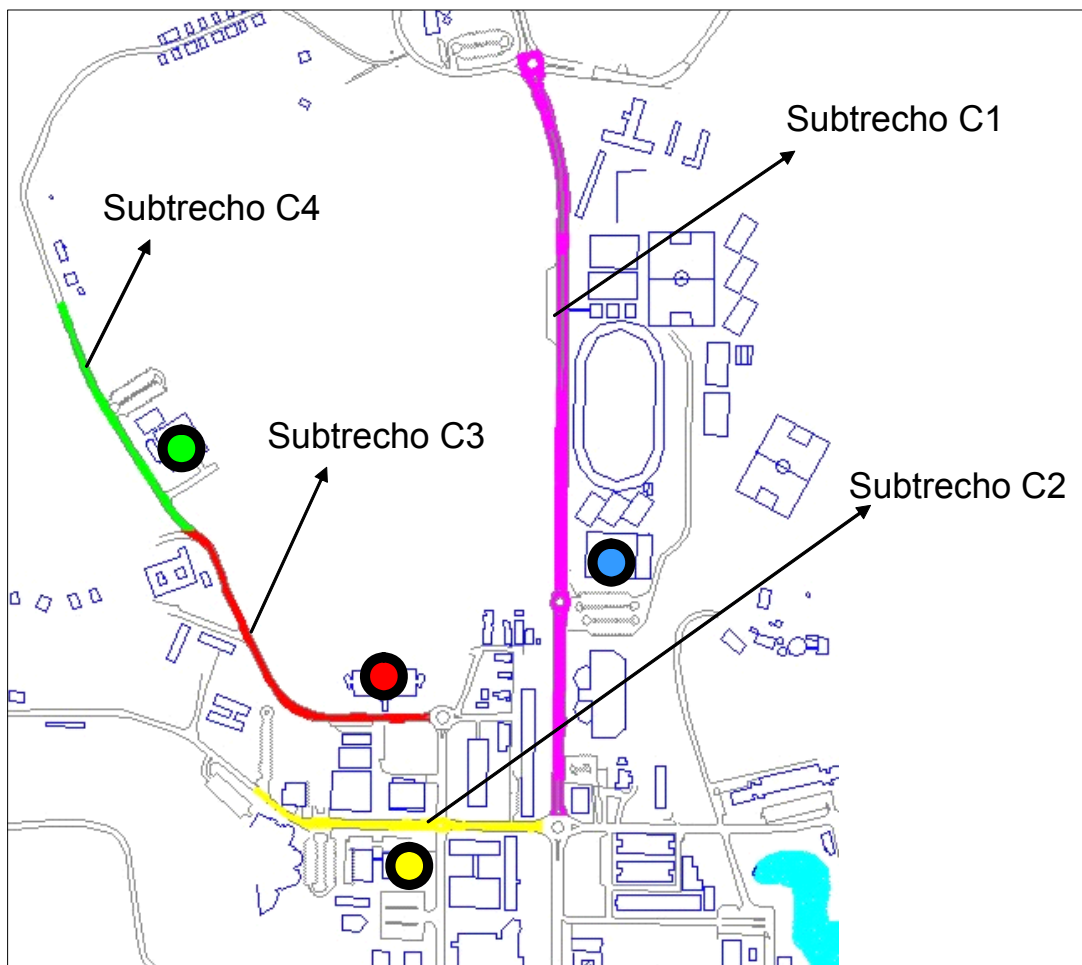


Figura B3.2 – Apresentação dos subtrechos pertencentes ao trecho C.

B4) SUBTRECHOS DO TRECHO D

Legenda

- Departamento de Zootecnia
- Departamento de Veterinária
- Piscicultura

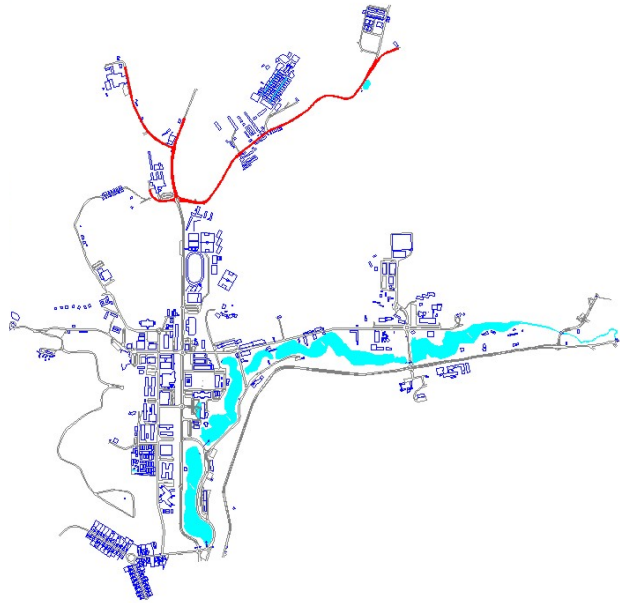


Figura B4.1 – Localização do trecho D no campus.

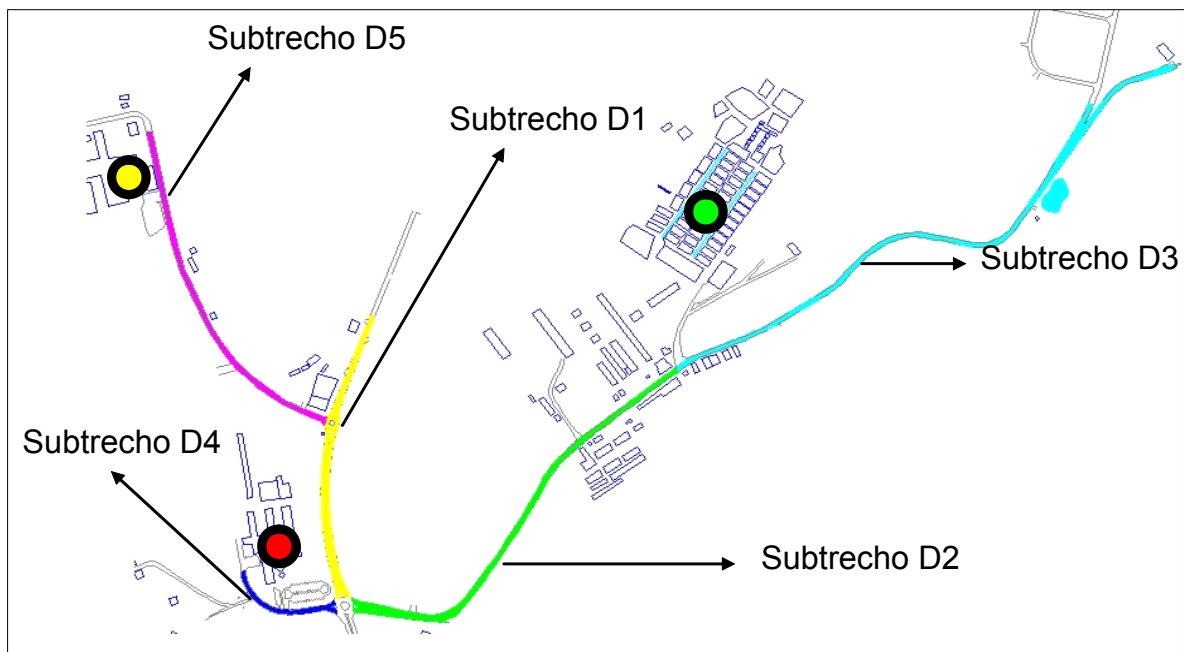





Figura B4.2 – Apresentação dos subtrechos pertencentes ao trecho D.

B5) SUBTRECHOS DO TRECHO E

Legenda

-  Centro de Ciências Exatas
-  Departamento de Eng. Agrícola
-  FUNARBE

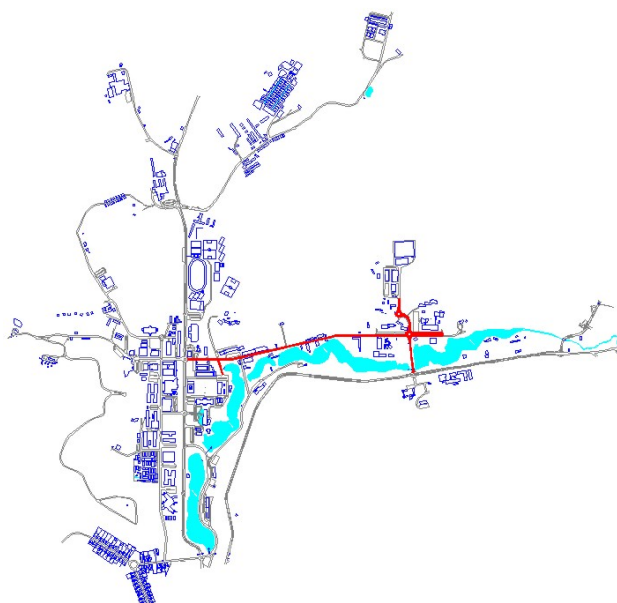


Figura B5.1 – Localização do trecho E no campus.

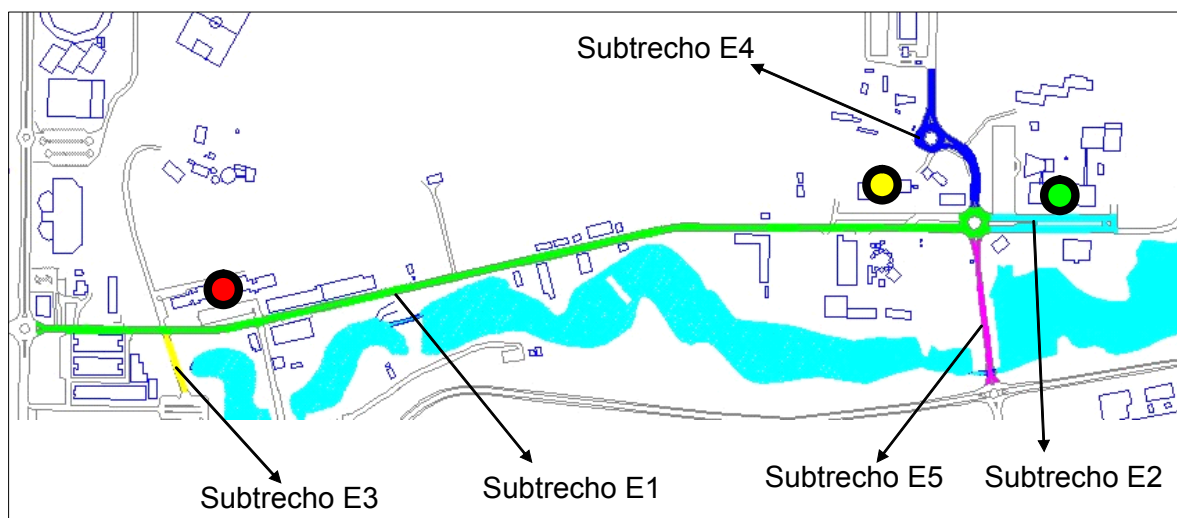


Figura B5.2– Apresentação dos subtrechos pertencentes ao trecho E.

ANEXO C

**INVENTÁRIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE
PARA OS SUBTRECHOS ANALISADOS
SEGUNDO A NORMA DNIT 006/2003 – PRO**

C1) INVENTÁRIOS DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS SUBTRECHOS PERTENCENTES AO TRECHO A

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: A		SUBTRECHO: A1		TIPO DE REVESTIMENTO CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1,TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	76	138,18	0,2	27,64
2	(FC-2): J, TB	1	1,82	0,5	0,91
3	(FC-3): JE, TBE	86	156,36	0,8	125,09
4	ALP, ATP	2	3,64	0,9	3,27
5	O e P	35	63,64	1,0	63,64
6	EX	2	3,64	0,5	1,82
7	D	34	61,82	0,3	18,55
8	R	47	85,45	0,6	51,27
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	2,18	-----	1,333	2,87
10	Média aritmética das variâncias das flexas	5,20	-----	1,0	5,20
Nº Total de estações inventariadas		55	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		300,26
					Conceito: Péssimo

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: A		SUBTRECHO: A2		TIPO DE REVESTIMENTO CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1,TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	52	88,14	0,2	17,63
2	(FC-2): J, TB	7	11,86	0,5	5,93
3	(FC-3): JE, TBE	3	5,08	0,8	4,07
4	ALP, ATP	2	3,39	0,9	3,05
5	O e P	11	18,64	1,0	18,64
6	EX	41	69,49	0,5	34,75
7	D	40	67,80	0,3	20,34
8	R	21	35,59	0,6	21,36
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	1,11	-----	1,333	1,48
10	Média aritmética das variâncias das flexas	3,22	-----	1,0	3,22
Nº Total de estações inventariadas		59	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		130,46
					Conceito: Ruim

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: A		SUBTRECHO: A3		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1,TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	7	100,00	0,2	20,00
2	(FC-2): J, TB	1	14,29	0,5	7,14
3	(FC-3): JE, TBE	0	0,00	0,8	0,00
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	1	14,29	1,0	14,29
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	3	42,86	0,3	12,86
8	R	0	0,00	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	2,61	-----	1,333	3,48
10	Média aritmética das variâncias das flexas	2,64	-----	1,0	2,64
Nº Total de estações inventariadas		7	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		60,40
					Conceito: Regular

C2) INVENTÁRIOS DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS SUBTRECHOS PERTENCENTES AO TRECHO A (continuação)

INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV					
TRECHO: A		SUBTRECHO: A4		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Cofic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1,TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	9	90,00	0,2	18,00
2	(FC-2): J, TB	4	40,00	0,5	20,00
3	(FC-3): JE, TBE	2	20,00	0,8	16,00
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	0	0,00	1,0	0,00
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	6	60,00	0,3	18,00
8	R	2	20,00	0,6	12,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	3,95	-----	1,333	5,27
10	Média aritmética das variâncias das flexas	7,65	-----	1,0	7,65
Nº Total de estações inventariadas		10	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		96,92
					Conceito: Ruim

INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV					
TRECHO: A		SUBTRECHO: A5		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Cofic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1,TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0	0,00	0,2	0,00
2	(FC-2): J, TB	0	0,00	0,5	0,00
3	(FC-3): JE, TBE	39	195,00	0,8	156,00
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	14	70,00	1,0	70,00
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	9	45,00	0,3	13,50
8	R	19	95,00	0,6	57,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	3,65	-----	1,333	4,87
10	Média aritmética das variâncias das flexas	5,01	-----	1,0	5,01
Nº Total de estações inventariadas		20	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		306,38
					Conceito: Péssimo

INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV					
TRECHO: A		SUBTRECHO: A6		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Cofic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1,TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	5	16,67	0,2	3,33
2	(FC-2): J, TB	5	16,67	0,5	8,33
3	(FC-3): JE, TBE	43	143,33	0,8	114,67
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	32	106,67	1,0	106,67
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	14	46,67	0,3	14,00
8	R	25	83,33	0,6	50,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	3,16	-----	1,333	4,21
10	Média aritmética das variâncias das flexas	4,04	-----	1,0	4,04
Nº Total de estações inventariadas		30	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		305,25
					Conceito: Péssimo

C3) INVENTÁRIOS DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS SUBTRECHOS PERTENCENTES AO TRECHO A (continuação)

INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV					
TRECHO: A		SUBTRECHO: A7		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Cofic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1,TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	1	20,00	0,2	4,00
2	(FC-2): J, TB	0	0,00	0,5	0,00
3	(FC-3): JE, TBE	0	0,00	0,8	0,00
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	4	80,00	1,0	80,00
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	3	60,00	0,3	18,00
8	R	0	0,00	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	4,20		1,333	5,60
10	Média aritmética das variâncias das flexas	12,08		1,0	12,08
Nº Total de estações inventariadas		5	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		119,68
					Conceito: Ruim

INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV					
TRECHO: A		SUBTRECHO: A8		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Cofic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1,TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0	0,00	0,2	0,00
2	(FC-2): J, TB	0	0,00	0,5	0,00
3	(FC-3): JE, TBE	4	66,67	0,8	53,33
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	0	0,00	1,0	0,00
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	3	50,00	0,3	15,00
8	R	1	16,67	0,6	10,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	3,54		1,333	4,72
10	Média aritmética das variâncias das flexas	8,02		1,0	8,02
Nº Total de estações inventariadas		6	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		91,08
					Conceito: Ruim

INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV					
TRECHO: A		SUBTRECHO: A9		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Cofic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1,TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0	0,00	0,2	0,00
2	(FC-2): J, TB	0	0,00	0,5	0,00
3	(FC-3): JE, TBE	4	100,00	0,8	80,00
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	0	0,00	1,0	0,00
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	1	25,00	0,3	7,50
8	R	0	0,00	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	2,75		1,333	3,67
10	Média aritmética das variâncias das flexas	2,25		1,0	2,25
Nº Total de estações inventariadas		4	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		93,42
					Conceito: Ruim

**C4) INVENTÁRIOS DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS
SUBTRECHOS PERTENCENTES AO TRECHO A
(continuação)**

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: A		SUBTRECHO: A10		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Cofic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	2	40,00	0,2	8,00
2	(FC-2): J, TB	2	40,00	0,5	20,00
3	(FC-3): JE, TBE	2	40,00	0,8	32,00
4	ALP, ATP	1	20,00	0,9	18,00
5	O e P	1	20,00	1,0	20,00
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	0	0,00	0,3	0,00
8	R	0	0,00	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	4,55	-----	1,333	6,07
10	Média aritmética das variâncias das flexas	4,59	-----	1,0	4,59
Nº Total de estações inventariadas		5	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		108,66
					Conceito: Ruim

C5) INVENTÁRIOS DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS SUBTRECHOS PERTENCENTES AO TRECHO B

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: B		SUBTRECHO: B1		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	9	31,03	0,2	6,21
2	(FC-2): J, TB	4	13,79	0,5	6,90
3	(FC-3): JE, TBE	3	10,34	0,8	8,28
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	2	6,90	1,0	6,90
6	EX	3	10,34	0,5	5,17
7	D	26	89,66	0,3	26,90
8	R	1	3,45	0,6	2,07
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	1,83	-----	1,333	2,44
10	Média aritmética das variâncias das flexas	2,51	-----	1,0	2,51
Nº Total de estações inventariadas		29	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		67,36
					Conceito: Regular

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: B		SUBTRECHO: B2		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	42	420,00	0,2	84,00
2	(FC-2): J, TB	1	10,00	0,5	5,00
3	(FC-3): JE, TBE	0	0,00	0,8	0,00
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	0	0,00	1,0	0,00
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	10	100,00	0,3	30,00
8	R	0	0,00	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	2,46	-----	1,333	3,28
10	Média aritmética das variâncias das flexas	1,99	-----	1,0	1,99
Nº Total de estações inventariadas		10	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		124,27
					Conceito: Ruim

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: B		SUBTRECHO: B3		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	94	522,22	0,2	104,44
2	(FC-2): J, TB	0	0,00	0,5	0,00
3	(FC-3): JE, TBE	5	27,78	0,8	22,22
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	4	22,22	1,0	22,22
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	15	83,33	0,3	25,00
8	R	2	11,11	0,6	6,67
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	2,19	-----	1,333	2,92
10	Média aritmética das variâncias das flexas	4,64	-----	1,0	4,64
Nº Total de estações inventariadas		18	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		188,12
					Conceito: Péssimo

C6) INVENTÁRIOS DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS SUBTRECHOS PERTENCENTES AO TRECHO C

INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV					
TRECHO: C		SUBTRECHO: C1		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0	0,00	0,2	0,00
2	(FC-2): J, TB	1	2,50	0,5	1,25
3	(FC-3): JE, TBE	91	227,50	0,8	182,00
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	12	30,00	1,0	30,00
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	40	100,00	0,3	30,00
8	R	52	130,00	0,6	78,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	4,65	-----	1,333	6,20
10	Média aritmética das variâncias das flexas	9,36	-----	1,0	9,36
Nº Total de estações inventariadas		40	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		336,81
					Conceito: Pésimo

INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV					
TRECHO: C		SUBTRECHO: C2		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	18	120,00	0,2	24,00
2	(FC-2): J, TB	0	0,00	0,5	0,00
3	(FC-3): JE, TBE	0	0,00	0,8	0,00
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	3	20,00	1,0	20,00
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	4	26,67	0,3	8,00
8	R	2	13,33	0,6	8,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	3,14	-----	1,333	4,19
10	Média aritmética das variâncias das flexas	7,55	-----	1,0	7,55
Nº Total de estações inventariadas		15	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		71,74
					Conceito: Regular

INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV					
TRECHO: C		SUBTRECHO: C3		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	11	61,11	0,2	12,22
2	(FC-2): J, TB	6	33,33	0,5	16,67
3	(FC-3): JE, TBE	12	66,67	0,8	53,33
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	8	44,44	1,0	44,44
6	EX	1	5,56	0,5	2,78
7	D	17	94,44	0,3	28,33
8	R	1	5,56	0,6	3,33
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	3,06	-----	1,333	4,08
10	Média aritmética das variâncias das flexas	7,25	-----	1,0	7,25
Nº Total de estações inventariadas		18	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		172,44
					Conceito: Pésimo

**C7) INVENTÁRIOS DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS
SUBTRECHOS PERTENCENTES AO TRECHO C
(continuação)**

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: C		SUBTRECHO: C4		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	3	21,43	0,2	4,29
2	(FC-2): J, TB	0	0,00	0,5	0,00
3	(FC-3): JE, TBE	0	0,00	0,8	0,00
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	5	35,71	1,0	35,71
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	15	107,14	0,3	32,14
8	R	0	0,00	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	2,27	-----	1,333	3,03
10	Média aritmética das variâncias das flexas	2,85	-----	1,0	2,85
Nº Total de estações inventariadas		14	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		78,02
Conceito:					Regular

C8) INVENTÁRIOS DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS SUBTRECHOS PERTENCENTES AO TRECHO D

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: D		SUBTRECHO: D1		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	10	47,62	0,2	9,52
2	(FC-2): J, TB	2	9,52	0,5	4,76
3	(FC-3): JE, TBE	8	38,10	0,8	30,48
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	1	4,76	1,0	4,76
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	7	33,33	0,3	10,00
8	R	7	33,33	0,6	20,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	2,54	-----	1,333	3,39
10	Média aritmética das variâncias das flexas	5,70	-----	1,0	5,70
Nº Total de estações inventariadas		21	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		88,61
					Conceito: Ruim

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: D		SUBTRECHO: D2		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	43	134,38	0,2	26,88
2	(FC-2): J, TB	0	0,00	0,5	0,00
3	(FC-3): JE, TBE	2	6,25	0,8	5,00
4	ALP, ATP	3	9,38	0,9	8,44
5	O e P	0	0,00	1,0	0,00
6	EX	7	21,88	0,5	10,94
7	D	25	78,13	0,3	23,44
8	R	1	3,13	0,6	1,88
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	1,93	-----	1,333	2,57
10	Média aritmética das variâncias das flexas	2,09	-----	1,0	2,09
Nº Total de estações inventariadas		32	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		81,23
					Conceito: Ruim

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: D		SUBTRECHO: D4		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	1	9,09	0,2	1,82
2	(FC-2): J, TB	2	18,18	0,5	9,09
3	(FC-3): JE, TBE	4	36,36	0,8	29,09
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	1	9,09	1,0	9,09
6	EX	2	18,18	0,5	9,09
7	D	8	72,73	0,3	21,82
8	R	8	72,73	0,6	43,64
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	3,98	-----	1,333	5,31
10	Média aritmética das variâncias das flexas	6,73	-----	1,0	6,73
Nº Total de estações inventariadas		11	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		135,67
					Conceito: Ruim

**C9) INVENTÁRIOS DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS
SUBTRECHOS PERTENCENTES AO TRECHO D
(continuação)**

INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV					
TRECHO: D		SUBTRECHO: D5		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Cofic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	17	68,00	0,2	13,60
2	(FC-2): J, TB	9	36,00	0,5	18,00
3	(FC-3): JE, TBE	10	40,00	0,8	32,00
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	2	8,00	1,0	8,00
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	24	96,00	0,3	28,80
8	R	9	36,00	0,6	21,60
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	3,47	-----	1,333	4,63
10	Média aritmética das variâncias das flexas	11,70	-----	1,0	11,70
Nº Total de estações inventariadas		25	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		138,33
					Conceito: Ruim

C10) INVENTÁRIOS DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS SUBTRECHOS PERTENCENTES AO TRECHO E

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: E		SUBTRECHO: E1		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1,TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	43	72,88	0,2	14,58
2	(FC-2): J, TB	4	6,78	0,5	3,39
3	(FC-3): JE, TBE	33	55,93	0,8	44,75
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	5	8,47	1,0	8,47
6	EX	8	10,17	0,5	5,08
7	D	47	79,66	0,3	23,90
8	R	12	20,34	0,6	12,20
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	1,14	-----	1,333	1,52
10	Média aritmética das variâncias das flexas	2,92	-----	1,0	2,92
Nº Total de estações inventariadas		59	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		116,81
					Conceito: Ruim

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: E		SUBTRECHO: E2		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1,TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	2	22,22	0,2	4,44
2	(FC-2): J, TB	7	77,78	0,5	38,89
3	(FC-3): JE, TBE	1	11,11	0,8	8,89
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	1	11,11	1,0	11,11
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	4	44,44	0,3	13,33
8	R	10	111,11	0,6	66,67
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	3,33	-----	1,333	4,44
10	Média aritmética das variâncias das flexas	5,09	-----	1,0	5,09
Nº Total de estações inventariadas		9	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		152,86
					Conceito: Ruim

<i>INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV</i>					
TRECHO: E		SUBTRECHO: E3		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coefic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1,TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	10	250,00	0,2	50,00
2	(FC-2): J, TB	1	25,00	0,5	12,50
3	(FC-3): JE, TBE	0	0,00	0,8	0,00
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	0	0,00	1,0	0,00
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	1	25,00	0,3	7,50
8	R	0	0,00	0,6	0,00
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	3,13	-----	1,333	4,17
10	Média aritmética das variâncias das flexas	2,63	-----	1,0	2,63
Nº Total de estações inventariadas		4	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		76,80
					Conceito: Regular

**C11) INVENTÁRIOS DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS
SUBTRECHOS PERTENCENTES AO TRECHO E
(continuação)**

INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV					
TRECHO: E		SUBTRECHO: E4		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coeffic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	20	222,22	0,2	44,44
2	(FC-2): J, TB	4	44,44	0,5	22,22
3	(FC-3): JE, TBE	3	33,33	0,8	26,67
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	2	22,22	1,0	22,22
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	3	33,33	0,3	10,00
8	R	1	11,11	0,6	6,67
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	2,50	-----	1,333	3,33
10	Média aritmética das variâncias das flexas	3,28	-----	1,0	3,28
Nº Total de estações inventariadas		9	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		138,84
					Conceito: Ruim

INVENTARIO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS DA UFV					
TRECHO: E		SUBTRECHO: E5		TIPO DE REVESTIMENTO: CBUQ	
ITEM	Natureza do Defeito	Frequen. absoluta	Frequen. relativa	Coeffic. ponderação	I.G.I.
1	(FC-1): F1, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	7	63,64	0,2	12,73
2	(FC-2): J, TB	4	36,36	0,5	18,18
3	(FC-3): JE, TBE	2	18,18	0,8	14,55
4	ALP, ATP	0	0,00	0,9	0,00
5	O e P	5	45,45	1,0	45,45
6	EX	0	0,00	0,5	0,00
7	D	10	90,91	0,3	27,27
8	R	3	27,27	0,6	16,36
9	Média aritmética dos valores médios das flexas	4,97	-----	1,333	6,63
10	Média aritmética das variâncias das flexas	8,21	-----	1,0	8,21
Nº Total de estações inventariadas		11	Somatorio do I.G.I. = I.G.G.		149,38
					Conceito: Ruim

ANEXO D

DADOS DEFLECTOMÉTRICOS OBTIDOS COM VIGA BENKELMAN

Quadro D1 – Dados deflectométricos obtidos no subtrecho A1

Subtrecho: A1			Data: 15/10/2005		
Estação	Leituras na Viga Benkelman			Dados Deflectométricos	
	L ₀ (10 ⁻² mm)	L ₂₅ (10 ⁻² mm)	L _f (10 ⁻² mm)	RC *	Deflexão **
2	0		-33,5		134,00
3	0	-3,00	-28	31,25	112,00
4	0		-21		84,00
5	0		-52		208,00
7	0		-65		260,00
8	-0,5		-17		66,00
9	0	-5,5	-23,3	43,89	93,20
10	0		-23,5		94,00
11	-1,5		-42		162,00
12	0	-13	-50	21,11	200,00
13	0	-8	-35	28,94	140,00
14	0		-32		128,00
15	0		-33		132,00
16	0		-41		164,00
17	0	-9	-42	23,67	168,00
18	0	-7	-19	65,10	76,00
19	-1		-22		84,00
20	1		-28		116,00
21	1	-10	-28,3	40,48	117,20
22	0		-36		144,00
23	0		-22		88,00
24	0		-13,8		55,20
25	0		-20,2		80,80
26	0	-7	-33,5	29,48	134,00
27	0	-9,6	-36,5	29,04	146,00
28	0		-28,5		114,00
29	0		-26,9		107,60
30	0		-13,5		54,00
31	0,5		-28,8		117,20
32	0		-15,2		60,80
33	0		-27		108,00
34	0,5		-23		94,00
35	0	-9	-28,8	39,46	115,20

* raio de curvatura apresentado em metros

**deflexão apresentada em 10⁻² milímetros

Quadro D1 (continuação) – Dados deflectométricos obtidos no subtrecho A1

Subtrecho: A1			Data: 15/10/2005		
Estação	Leituras na Viga Benkelman			Dados Deflectométricos	
	L ₀ (10 ⁻² mm)	L ₂₅ (10 ⁻² mm)	L _f (10 ⁻² mm)	RC *	Deflexão **
36	0	-3,8	-14,8	71,02	59,20
37	0		-27,5		110,00
38	0		-30		120,00
39	0,5	-9,8	-26	46,78	106,00
40	0		-22,5		90,00
41	0		-16		64,00
42	0,5		-29		118,00
43	0	-7	-24,5	44,64	98,00
44	0		-10		40,00
45	-0,5		-35,5		140,00
46	0,5	-3,2	-14,5	66,21	60,00
47	0		-21,5		86,00
48	0		-15		60,00
49	0,3		-39		157,20
50	0		-44		176,00
51	0	-10	-23	60,10	92,00
52	0	-13	-28,8	49,45	115,20
53	0		-15,9		63,60

* raio de curvatura apresentado em metros

**deflexão apresentada em 10⁻² milímetros

Quadro D2 – Dados deflectométricos obtidos no subtrecho A6

Subtrecho: A6			Data: 16/10/2005		
Estação	Leituras na Viga Benkelman			Dados Deflectométricos	
	L ₀ (10 ⁻² mm)	L ₂₅ (10 ⁻² mm)	L _f (10 ⁻² mm)	RC *	Deflexão **
13	0		-16		64,00
14	0		-16		64,00
15	0	-13,2	-35	35,84	140,00
16	0		-39		156,00
17	0		-47,5		190,00
18	0		-45,5		182,00
19	0		-35		140,00
20	0,5	-5	-21,5	45,96	88,00
21	0	-15,5	-47	24,80	188,00
22	0,3		-28,2		114,00
23	0		-28		112,00
24	-3		-26,2		92,80
25	0		-43,5		174,00
27	0	-3	-10	111,61	40,00
28	0,5		-34		138,00
29	0		-22		88,00

* raio de curvatura apresentado em metros

**deflexão apresentada em 10⁻² milímetros

Quadro D3 – Dados deflectométricos obtidos no subtrecho B3

Subtrecho: B3			Data: 15/10/2005		
Estação	Leituras na Viga Benkelman			Dados Deflectométricos	
	L ₀ (10 ⁻² mm)	L ₂₅ (10 ⁻² mm)	L _f (10 ⁻² mm)	RC *	Deflexão **
2	-1		-17		64,00
3	0		-11		44,00
4	0		-15,8		63,20
5	0	-4	-14	78,13	56,00
6	0	-6,2	-17,2	71,02	68,80
7	0	-2,2	-10,2	97,66	40,80
8	0	-5	-27	35,51	108,00
9	0		-19,1		76,40
10	0		-18		72,00
11	0	-2,2	-17,2	52,08	68,80
12	0		-30		120,00
13	0		-19		76,00
14	0	-4	-22,5	42,23	90,00
15	0		-19,5		78,00
16	0		-17		68,00
17	0	-2	-16,5	53,88	66,00
18	0		-18		72,00

* raio de curvatura apresentado em metros

**deflexão apresentada em 10⁻² milímetros

Quadro D4 – Dados deflectométricos obtidos no subtrecho C1

Subtrecho: C1			Data: 16/10/2005		
Estação	Leituras na Viga Benkelman			Dados Deflectométricos	
	L ₀ (10 ⁻² mm)	L ₂₅ (10 ⁻² mm)	L _f (10 ⁻² mm)	RC *	Deflexão **
2	0		-9		36,00
3	0	-3,00	-9,5	120,19	38,00
4	0	-2,5	-13,5	71,02	54,00
5	0		-4		16,00
6	0		-26,4		105,60
7	0		-4,5		18,00
8	0		-26,5		106,00
9	0		-19,4		77,60
10	0	-6,2	-15,5	84,01	62,00
11	0		-10		40,00
13	0	-2,5	-13,5	71,02	54,00
14	0		-24		96,00
15	0		-35,5		142,00
16	0		-24		96,00
17	0		-31		124,00
18	0		-31		124,00
19	0		-30		120,00
20	0	-5,8	-11,2	144,68	44,80
21	0		-32,5		130,00
22	0		-19,5		78,00
23	0		-20		80,00
24	0		-7,5		30,00
25	0		-25,5		102,00
26	0		-39		156,00
27	0	-4,8	-26,5	36,00	106,00
28	0		-27		108,00
29	0		-9		36,00
30	0		-40		160,00
31	0		-17,5		70,00
32	0		-25		100,00
33	0		-18		72,00
34	0	-10,5	-31,5	37,20	126,00
35	0		-23		92,00
36	0		-27		108,00
37	0	-7	-30,5	33,24	122,00
38	0		-34		136,00

* raio de curvatura apresentado em metros

**deflexão apresentada em 10⁻² milímetros

Quadro D5 – Dados deflectométricos obtidos no subtrecho E1

Subtrecho: E1			Data: 15/10/2005		
Estação	Leituras na Viga Benkelman			Dados Deflectométricos	
	L ₀ (10 ⁻² mm)	L ₂₅ (10 ⁻² mm)	L _f (10 ⁻² mm)	RC *	Deflexão **
4	0	-8,00	-28	39,06	112,00
6	0		-50		200,00
8	0		-33,5		134,00
9	0		-25,2		100,80
10	0	-9,00	-28	41,12	112,00
11	0,5	-11,20	-37,8	28,83	153,20
12	0		-37,8		151,20
15	0		-37,5		150,00
16	0		-32		128,00
19	0	-13,50	-44,5	25,20	178,00
20	0		-28,2		112,80
21	0		-37		148,00
22	0	-23,00	-46,5	33,24	186,00
23	0		-41,5		166,00
25	0,5		-39		158,00
26	0		-29,6		118,40
27	0	-9,50	-29,5	39,06	118,00
28	0		-33,5		134,00
29	0		-50		200,00

* raio de curvatura apresentado em metros

**deflexão apresentada em 10⁻² milímetros

Quadro D5 (continuação) – Dados deflectométricos obtidos no subtrecho E1

Subtrecho: E1			Data: 15/10/2005		
Estação	Leituras na Viga Benkelman			Dados Deflectométricos	
	L ₀ (10 ⁻² mm)	L ₂₅ (10 ⁻² mm)	L _f (10 ⁻² mm)	RC *	Deflexão **
31	0		-32,5		130,00
32	0		-26,5		106,00
33	0		-34		136,00
34	0		-34,5		138,00
35	0		-37,5		150,00
36	0		-30,5		122,00
38	0	-7,30	-26	41,78	104,00
39	0	-3,00	-23	39,06	92,00
40	0		-34,8		139,20
41	0		-36		144,00
42	0		-28		112,00
43	1		-38,5		158,00
44	0		-8		32,00
45	0		-43		172,00
46	0	-10,00	-24	55,80	96,00
47	0,5		-37		150,00
48	0		-28,5		114,00
49	0,5		31,5		-124,00
50	0		-19		76,00
51	0	-10,00	-26	48,83	104,00
52	0		-13		52,00
53	0		-17		68,00
54	0,5		-16,5		68,00
55	0		-27,5		110,00
56	0		-17		68,00

* raio de curvatura apresentado em metros

**deflexão apresentada em 10⁻² milímetros

ANEXO E

**DADOS DEFLECTOMÉTRICOS DOS MESES DE
OUTUBRO E DEZEMBRO DE 2005**

E1) DADOS DEFLECTOMÉTRICOS DOS MESES DE OUTUBRO E DEZEMBRO DE 2005

A realização desse comparativo foi para averiguar a variação dos dados deflectométricos ocorridos entre os meses de outubro e dezembro. Espera-se que nesse último mês, os dados coletados, segundo a Norma DNER – ME 024/94 apresentem maiores deflexões características e menores raios de curvatura. Essa variação é esperada devido à diferença dos índices pluviométricos ocorridos entre os referidos meses.

Quadro E1 – Quadro Comparativo entre dados deflectométricos

Estações	Dados Deflectométricos								Variação %	
	Outubro				Dezembro					
	RC*	D**	Rc _{médio}	D _{médio}	RC*	D**	Rc _{médio}	D _{médio}	Rc _{médio}	D _{médio}
C1-3	260	38	169,94	74,47	391	52	411,93	101,47	142,40%	36,26%
C1-10	126	62			82,2	116				
C1-13	313	54			1563	60				
C1-20	135	44,8			97,7	80				
C1-34	74,4	126			260	113				
C1-37	112	122			78,1	188				
A1-42		118	127,62	102,87		116	109,75	113,33	-14,00%	10,17%
A1-43	112	98			78,1	116				
A1-45		140				132				
A1-46	211	60			195	50				
A1-47		86				94				
A1-52	60,1	115			55,8	172				
E1-10	86,8	112	77,51	136,57	71	154	55,85	168,91	-27,94%	23,68%
E1-22	34	186			35,2	184				
E1-23		166				198				
E1-27	82,2	118			52,1	180				
E1-28		134				162				
E1-33		136				172				
E1-38	107	104			65,1	132				
A6-5		0	54,7944	157,5		0	45,2953	210,4	-17,34%	33,59%
A6-15	59,2	140			54,3	186				
A6-17		190				216				
A6-21	50,4	188			36,3	280				
A6-23		112				160				
B3-6	126	68,8	263,07	73,73	391	64	125,70	155,00	-52,22%	110,22%
B3-7	355	40,8			79,7	124				
B3-8	156	108			71	216				
B3-11	355	68,8			112	160				
B3-14	195	90			41,1	208				
B3-17	391	66			60,1	158				

* raio de curvatura (metros)

** deflexão recuperável (mm) X 10⁻²

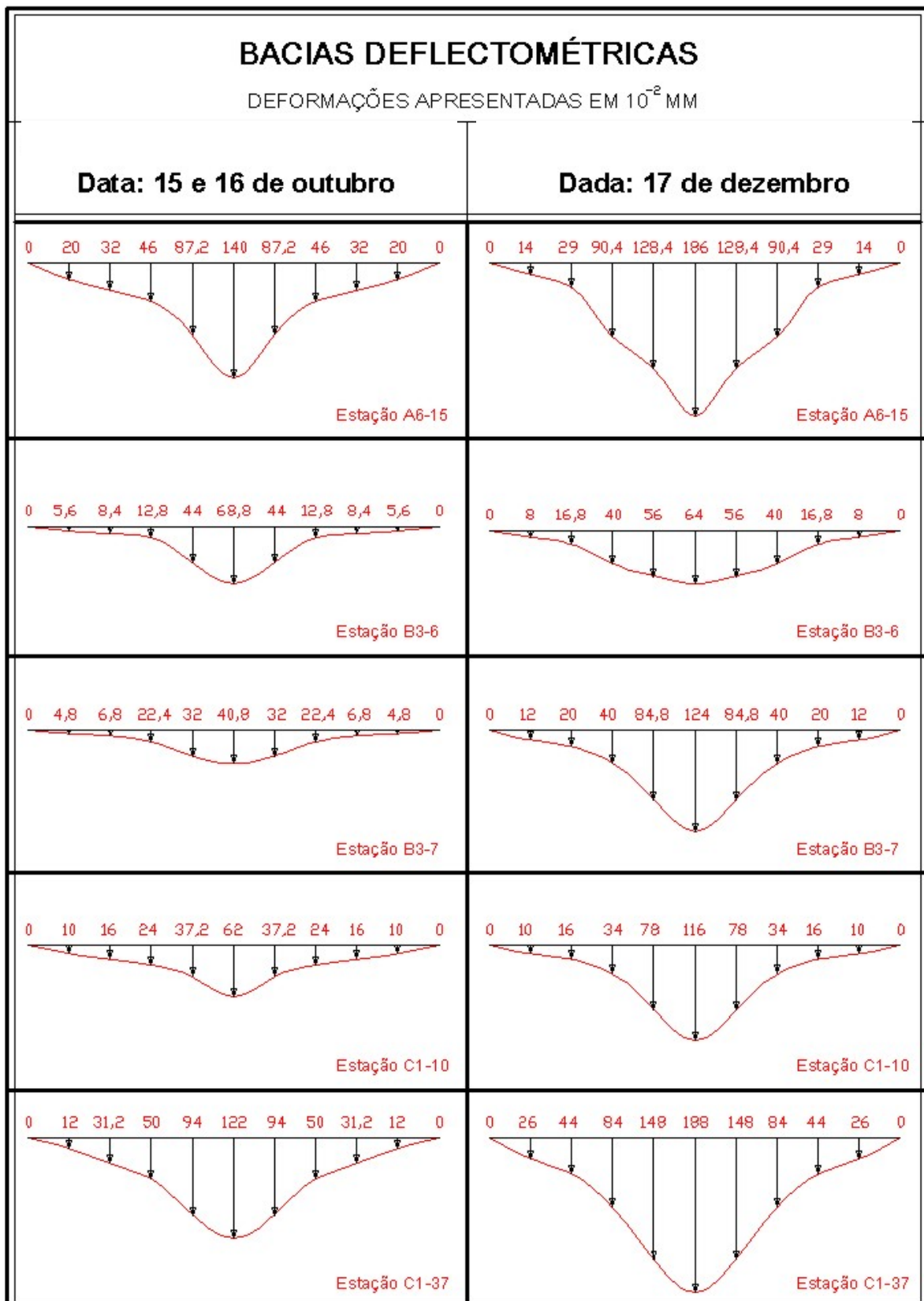
E2) DADOS DEFLECTOMÉTRICOS DOS MESES DE OUTUBRO E DEZEMBRO DE 2005 (CONTINUAÇÃO)

Conforme apresentado do **Quadro E1**, à exceção da média dos raios de curvatura medidos entre os meses de outubro e dezembro, nas estações pertencentes ao subtrecho C1, os demais valores médios se enquadraram dentro do esperado. Uma possível explicação para os inesperados valores dos raios de curvatura medidos em dezembro no subtrecho C1, pode ser atribuída ao fato de que nesse subtrecho, as medições realizadas em dezembro foram por volta das 7:00 horas da manhã. Nesse horário, o revestimento asfáltico ainda se encontrava bastante frio. Assim, devido a sua suscetibilidade térmica, o mesmo se encontrava mais rígido o suficiente para influenciar nas medidas deflectométricas realizadas.

Essa análise comparativa serviu de experiência para os pesquisadores do Laboratório de Engenharia Civil da UFV (LEC-UFV), para futuros trabalhos que objetivam o monitoramento de vias pavimentadas, usando-se de medições deflectométricas.

A seguir são ilustradas dez bacias deflectométricas medidas nos meses de outubro e dezembro de 2005.

E3) BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS OBTIDAS NOS MESES DE OUTUBRO E DEZEMBRO DE 2005



NOTA: A distância entre as deflexões que compõem as bacias é de 25 cm.

ANEXO F

AFERIÇÃO DA VIGA BENKELMAN

F1) PRIMEIRA AFERIÇÃO BEM SUCEDIDA

Aferição da Viga Benkelman							
Mês: outubro de 2005							
n° da Leitura	LP * (10 ⁻² mm)	LV ** (10 ⁻² mm)	LP/LV	n° da Leitura	LP * (10 ⁻² mm)	LV ** (10 ⁻² mm)	LP/LV
1	10	2,4	4,17	30	10	2,9	3,45
2	20	5	4,00	29	20	5,5	3,64
3	30	7,3	4,11	28	30	7,8	3,85
4	40	10	4,00	27	40	10,2	3,92
5	50	12,5	4,00	26	50	13	3,85
6	60	15	4,00	25	60	15,7	3,82
7	70	17,6	3,98	24	70	18	3,89
8	80	20,1	3,98	23	80	20,7	3,86
9	100	25,1	3,98	22	100	26,1	3,83
10	120	30,1	3,99	21	120	31	3,87
11	140	34,8	4,02	20	140	35,3	3,97
12	160	39,5	4,05	19	160	41,5	3,86
13	180	44,6	4,04	18	180	45,5	3,96
14	200	49,6	4,03	17	200	50,2	3,98
15	220	54,8	4,01	16	220	54,8	4,01
Média			3,94	Limites do intervalo de confiança			
Desvio padrão			0,138	Li = 3,89		Ls = 3,99	
Desvio padrão da média			0,025	como Li > 3,80 e Ls < 4,20 então:			
Erro de estimativa da média (E ₀)			0,05	caso 1: constante = 4			

* valor medido através do deslocamento da bandeja.

** valor registrado na Viga Benkelman.

F2) SEGUNDA AFERIÇÃO BEM SUCEDIDA

Aferição da Viga Benkelman							
Mês: dezembro de 2005							
nº da Leitura	LP * (10 ³ mm)	LV ** (10 ³ mm)	LP/LV	nº da Leitura	LP * (10 ³ mm)	LV ** (10 ³ mm)	LP/LV
1	10	2,5	4,00	30	10	2,5	4,00
2	20	5	4,00	29	20	5	4,00
3	30	7,2	4,17	28	30	7,5	4,00
4	40	9,2	4,35	27	40	9,8	4,08
5	50	11,8	4,24	26	50	12,3	4,07
6	60	14	4,29	25	60	14,5	4,14
7	70	17	4,12	24	70	17	4,12
8	80	19	4,21	23	80	19,7	4,06
9	100	24	4,17	22	100	24,2	4,13
10	120	28,6	4,20	21	120	29,2	4,11
11	140	33,8	4,14	20	140	34,5	4,06
12	160	38,5	4,16	19	160	39,2	4,08
13	180	43,8	4,11	18	180	44,2	4,07
14	200	48,6	4,12	17	200	49,2	4,07
15	220	53,7	4,10	16	220	53	4,15
Média			4,12	Limites do intervalo de confiança			
Desvio padrão			0,084	Li = 4,08		Ls = 4,15	
Desvio padrão da média			0,015	como Li > 3,80 e Ls < 4,20 então:			
Erro de estimativa da média (E ₀)			0,03	caso 1: constante = 4			

* valor medido através do deslocamento da bandeja.

** valor registrado na Viga Benkelman.