

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DIOVANI REMOR MARQUESINI

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DE UM SEGMENTO DA  
RUA MINAS GERAIS NO MUNICÍPIO DE TUNEIRAS DO OESTE - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2012

DIOVANI REMOR MARQUESINI

**AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DE UM SEGMENTO DA  
RUA MINAS GERAIS NO MUNICÍPIO DE TUNEIRAS DO OESTE - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso Superior em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof Sergio Roberto Oberhauser Quintanilha Braga.

CAMPO MOURÃO

2012



Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Coordenação de Engenharia Civil

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Trabalho de Conclusão de Curso Nº 05**

### **AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DE UM SEGMENTO DA RUA MINAS GERAIS NO MUNICÍPIO DE TUNEIRAS DO OESTE - PR**

**por**

**Diovani Remor Marquesini**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 21h00 do dia 29 de maio de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Msc. Adalberto L. R. de Oliveira**  
( UTFPR )

**Profª. Drª. Helton R. Mazzer**  
( UTFPR )

**Prof. Sergio Roberto Oberhauser  
Quintanilha Braga**  
(UTFPR)  
***Orientador***

Responsável pelo TCC: **Prof. Msc. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:  
**Profª Drª Fabiana Goia Rosa de Oliveira**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.*

Dedico este trabalho a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, aos alunos, na esperança que este trabalho possa contribuir para formação dos futuros colegas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de me tornar Engenheiro Civil.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Aos Professores, pelo incentivo, dedicação.

Especial agradecimento aos meus pais, Airton Marquesini e Mariza Remor.

Agradeço ao meu orientador Sergio Roberto Oberhauser Quintanilha. Braga, pela compreensão, ajuda, incentivo.

Agradeço aos amigos por estarem presente em momentos difíceis e pelo companheirismo.

## RESUMO

MARQUESINI, Diovani Remor. Avaliação funcional e estrutural de um segmento da rua minas gerais no município de Tuneiras do Oeste – PR.2012. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012

Este trabalho apresenta avaliação funcional e estrutural da rua Minas Gerais, no município de Tuneiras do Oeste – Paraná. Foram coletados dados de campo, para avaliação funcional e estrutural com auxílio de uma equipe de técnica e de topografia. Foram realizadas as demarcações das estacas e das áreas a serem inventariadas, sendo executada a avaliação da superfície de pavimentos, classificação das ocorrências aparentes e das deformações, através dos cálculos de frequência absolutos e relativos, assim sendo determinado o valor do índice Global de Gravidade. As leituras deflectométricas obtidas através da viga Benkelman, foram obtidas nos mesmo estaqueamento em que realizado a avaliação funcional. Com tais dados foi possível calcular a deflexão de projeto. Com os valores obtidos da avaliação funcional e estrutural, foi possível conceituar o pavimento do estudo em ruim e propor um tratamento de rejuvenescimento. As análises das condições funcionais e estruturais do pavimento poderão servir de suporte ao planejamento de obras de restauração.

**Palavra Chave:** Avaliação Funcional, Avaliação Estrutural, Viga Benkelman

## ABSTRACT

MARQUESINI, Diovani Remor Structural and functional evaluation of the Minas Gerais Street, in the city of Tuneiras do Oeste, Paraná State.2012. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012

This work presents the structural and functional evaluation of the Minas Gerais Street, in the city of Tuneiras do Oeste, Paraná State. We collected field data, to functional and structural assessment with the help of a team of technical and technical of topography. We made the demarcations of the poles and the areas to be scheduled, performed the evaluation of surface pavement, classification of events and the apparent strain, through calculations of absolute and relative frequency, so being given the value of the Global Severity Index. The readings obtained by deflectometry on the Benkelman beam were obtained in the same stake in which the functional assessment was performed. With such data it was possible to calculate the deflection of the project. With the values of the functional and structural evaluation, it was possible to conceptualize the floor of the study in bad and propose a rejuvenation treatment. The analysis of functional and structural conditions of the pavement will support the planning of restoration works.

**Keywords:** Functional Evaluation, Structural Evaluation and Benkleman Beam.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – PAVIMENTO FLEXIVEL (CORTE TRANSVERSAL) .....	12
FIGURA 2 – PAVIMENTO RIGIDO (CORTE LONGITUDINAL) .....	13
FIGURA 3 – ASPECTOS DO CUSTO DE UM PAVIMENTO .....	15
FIGURA 4 - VARIAÇÃO DA SERVENTIA NO TEMPO .....	16
FIGURA 5 - TRINCA LONGITUDINAL LONGA .....	19
FIGURA 6 - TRINCA TIPO COURO DE JACARÉ COM EROSÃO .....	19
FIGURA 7 - TRINCAS TIPO BLOCO COM EROSÃO .....	20
FIGURA 8 - AFUNDAMENTO DE CONSOLIDAÇÃO DA TRILHA DE RODA .....	21
FIGURA 9 – DESGASTE .....	22
FIGURA 10 - ESCALA DO VALOR DE SERVENTIA ATUAL .....	25
FIGURA 11 - VIGA BENKELMAN .....	29
FIGURA 12 - POSICIONAMENTO DA VIGA BENKELMAN .....	31
FIGURA 13 - SEGMENTO DE ESTUDO .....	32
FIGURA 14 - DEMARCAÇÃO DO ESTAQUEAMENTO .....	34
FIGURA 15 - DEMARCAÇÃO DAS ÁREAS A SEREM AVALIADAS .....	35
FIGURA 16 - CARREGAMENTO DO CAMINHÃO .....	38
FIGURA 17 - PESAGEM DO EIXO TRASEIRO DO CAMINHÃO .....	38
FIGURA 18 - NIVELAMENTO DA VIGA BENKELMAN .....	39



# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>9</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	9
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	9
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>10</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
4.1 PAVIMENTOS: TERMINOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO .....	11
4.2 CONSERVAÇÃO PREVENTIVA .....	13
4.3 CUSTOS .....	14
4.4 DEFEITOS DO PAVIMENTO .....	17
4.5 AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS .....	23
4.6 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS .....	26
4.6.1 Manual .....	26
4.6.2 Levantamento Automatizado .....	26
4.7 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL .....	28
4.7.1 Medidas deflectométricas – Viga Benkelman .....	29
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
5.1 DETERMINAÇÃO DO SEGMENTO HOMOGÊNEO .....	32
5.2 AVALIAÇÃO FUNCIONAL .....	33
5.2.1 Demarcações das áreas a serem avaliadas .....	33
5.2.2 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE GLOBAL DE GRAVIDADE .....	35
5.3 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL .....	37
5.4 MAPA MENTAL .....	44
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
6.1 AVALIAÇÃO FUNCIONAL .....	46
6.2 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL .....	49
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>51</b>
<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>55</b>
<b>APÊNDICE B</b> .....	<b>60</b>
<b>ANEXO A</b> .....	<b>66</b>
<b>ANEXO B</b> .....	<b>67</b>
<b>ANEXO C</b> .....	<b>69</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata da adoção de ferramenta técnica de engenharia aplicada na manutenção e conservação de vias pavimentadas, dentro de um programa de acompanhamento do desempenho do serviço de pavimentação rodoviária. A análise funcional e estrutural das vias serve de referencial técnico para a realização de intervenções destinadas ao prolongamento da vida útil do serviço.

O conhecimento do estado funcional e estrutural das vias permite a intervenção nas suas características visando ampliação de sua vida útil, possibilitando assim, melhorias na malha rodoviária brasileira, de forma simples, reduzindo seus custos com as reconstruções. Tendo como objetivos, determinar o grau de deterioração da via e garantir o conforto do usuário quanto ao rolamento e a condição da superfície.

Neste trabalho foram usados procedimentos utilizados pelos órgãos rodoviários nacionais, sendo feito um levantamento cadastral dos danos existentes, uma avaliação qualitativa e quantitativa dos defeitos apresentados, uma formulação do inventário dos defeitos observados, avaliação estrutural, além de uma análise dos resultados.

Com o auxílio deste inventário e da avaliação estrutural é possível diagnosticar os problemas apresentados no revestimento analisado, realizando uma avaliação da extensão de sua degradação, determinando suas necessidades de manutenção e evitando dessa forma uma deterioração acelerada.

Com os resultados obtidos no diagnóstico dos problemas, será possível auxiliar no dimensionamento da restauração, caso esse se torne necessário.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver avaliação funcional e estrutural na rua Minas Gerais no município de Tuneiras do Oeste, delimitado pelo entroncamento com a rua Maranhão e rua Sergipe.

### 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Realizar avaliação da superfície de pavimentos flexíveis, conforme os conceitos de degradação do pavimento.
- Classificar as ocorrências aparentes e deformações permanentes através de cálculos de frequência absolutas e relativas.
- Realizar avaliação estrutural do pavimento flexível
- Encontrar a deflexão característica corrigida ou deflexão de projeto
- Calcular deflexão máxima admissível.
- Determinar a condição em que se encontra a superfície do pavimento.

### 3. JUSTIFICATIVA

Os projetos de revestimento asfáltico têm como base um número de eixos padrão solicitantes, através de uma vida útil finita.

A população municipal através dos meios de comunicação tem questionado insistentemente a qualidade dos revestimentos asfálticos municipais, bem como a eficácia de sua conservação.

A presente pesquisa irá proporcionar uma avaliação técnica referente às condições do pavimento e o grau de deterioração em que ele se encontra.

Assim, objetivamente a pesquisa irá proporcionar ferramentas de auxílio no planejamento das medidas necessárias para manter o bom funcionamento do pavimento, prolongamento da sua vida útil e, se necessário, estabelecer prioridades na programação de investimentos. Podendo também ser incluída juntamente com outros parâmetros para definir a priorização de trechos quando submetido a uma restrição orçamentária.

O prolongamento da vida útil dos pavimentos irá reduzir as reconstruções e, por conseguinte a demanda de matérias primas por energia derivada do petróleo, reduzindo assim, o consumo dos recursos naturais não renováveis.

Os custos indiretos da falta de um sistema de planejamento, acompanhamento e manutenção dos revestimentos asfálticos recaem sobre os contribuintes. Assim, a adoção de um planejamento de manutenção das vias pavimentadas ainda que incipiente, certamente servirá de instrumento de políticas administrativas, no sentido de criar uma cultura de conservação e não de reconstrução.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 PAVIMENTOS: TERMINOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO

O pavimento é composto por várias camadas com espessuras finitas, tendo a função de resistir aos esforços solicitantes pelo tráfego de veículos e ao clima, além de auxiliar na melhoria das condições de rolamento, com segurança, conforto e economia aos usuários (SENÇO, 1997).

Entende-se por estrutura, o sistema formado por várias partes do pavimento, constituída de um conjunto solidário que sofrerá deslocamentos e tensões como parte de resistir às cargas solicitantes pelos veículos e pelo clima. Ou seja, como qualquer outra estrutura de engenharia civil, distribuem-se as cargas de forma compatível com a resistência de cada camada do pavimento (MOTTA, 1995).

Segundo Balbo (2007) o pavimento rodoviário é composto pelas seguintes camadas:

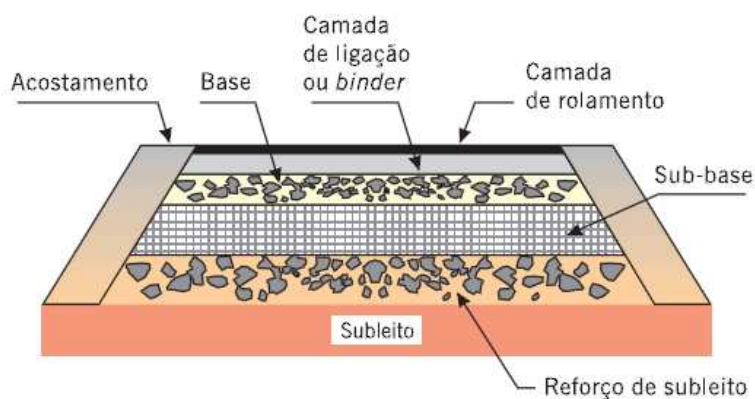
- Sub-leito: é a camada infinita do pavimento, sendo considerada a fundação do pavimento, ou seja, é o material natural da região onde se pretende inserir o pavimento.
- Reforço do sub-leito: é a camada com espessura variável, melhora a capacidade de suporte de carga do subleito, com características técnicas inferior a da camada superior (sub-base), e superior a do material do sub-leito. Sendo usado, se a capacidade de suporte de carga do material de sub-leito for muito baixa.
- Sub-base: é a camada que possui a mesma função da base, é executada sobre o sub-leito ou o reforço do sub-leito.
- Base: é a camada de pavimentação destinada a receber os esforços verticais do tráfego e distribuir as camadas subjacentes.
- Revestimento: é a camada que recebe cargas verticais e horizontais oriundas do tráfego, transmitindo as camadas subjacentes. Além de melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, e resistir aos desgastes.

De acordo com Bernucci *et al.* (2006) os pavimentos são classificados tradicionalmente em três tipos, sendo eles: rígidos, semi rígido e flexíveis.

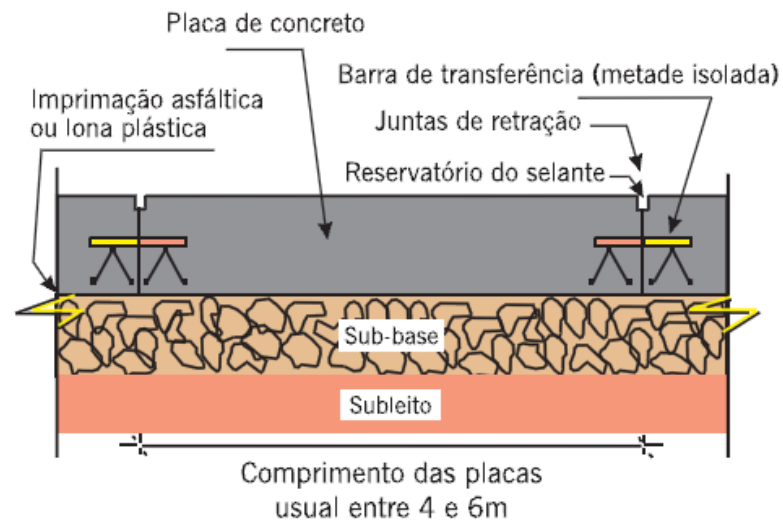
Nos pavimentos rígidos, o revestimento é de concreto de cimento Portland, sua espessura é obtida em função da resistência das placas de concreto e da resistência de suas camadas inferiores, recebendo estas, o nome de sub-base e sub-leito. As placas de concreto nesse pavimento podem ser armadas ou não com vergalhões de aço, possuindo o concreto a resistência suficiente para suportar os esforços do revestimento e da base, como mostra a Figura 1.

Os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto de uma mistura de agregados e ligantes asfálticos. É formado por camadas de revestimento, base, sub-base, reforço de sub-leito (se necessário) e sub-leito, como pode ser visualizado na Figura 2. O revestimento pode ser composto pela camada de rolamento (diretamente ligada aos pneus dos veículos) e camadas intermediárias, denominadas de binder. Conforme o dimensionamento, o tráfego e os materiais disponíveis na região poderão ser excluídas algumas das camadas ora citadas.

Os pavimentos Semi-Rígidos possuem uma definição semelhante a dos flexíveis, no entanto a base do pavimento é constituída de material estabilizado quimicamente, como: solo-cimento, solo-cal e brita graduada tratada com cimento.



**Figura 1 – Pavimento flexível (corte transversal)**  
**Fonte: Bernucci *et al.* (2006)**



**Figura 2 – Pavimento rígido (corte longitudinal)**  
**Fonte: Bernucci et al. (2006)**

## 4.2 CONSERVAÇÃO PREVENTIVA

A conservação rodoviária tem como seu principal objetivo preservar as características técnicas e físico-operacionais do sistema rodoviário, além das instalações fixas dentro dos padrões de serviços estabelecidos, sendo divididos nos conjuntos de operações rotineiras, periódicas e de emergência (DNIT, 2005):

- Conservação preventiva rotineira: é o conjunto de procedimentos de manutenção que visa à reparação do defeito e também, restabelece o funcionamento da rodovia, resultando em conforto e segurança ao usuário.
- Conservação preventiva periódica: é o conjunto de procedimentos de manutenção realizado em um dado período de tempo com objetivo de evitar o surgimento e ou agravamento de novos defeitos, ou seja, tarefas requeridas durante o ano, mas dependem do trânsito, da topografia e do clima.
- Conservação de emergência: é o conjunto de operações necessário para reparar, repor, reconstruir trechos ou estrutura da via, que tenham sido obstruídas ou danificadas devido aos efeitos de catastróficos.

De acordo com Senço (2001), as conservações de pavimentos devem dar um maior foco no estudo da conservação preventiva, ou seja, as falhas carecem de correção no momento de seu aparecimento.

O autor acrescenta que a conservação deve ter como uma de suas preocupações a manutenção de obras de drenagem, tanto superficial quanto subterrânea. No caso de drenagem superficial todo o pavimento deve possuir condições de escoamento das águas, tanto transversal como longitudinal. As galerias e as bocas de lobo devem ser mantidas desobstruídas principalmente no início das grandes chuvas, pois a água acarreta infiltração nas trincas dos pavimentos, afetando sua estrutura, expandem as deficiências existentes e até mesmo cria novas deficiências.

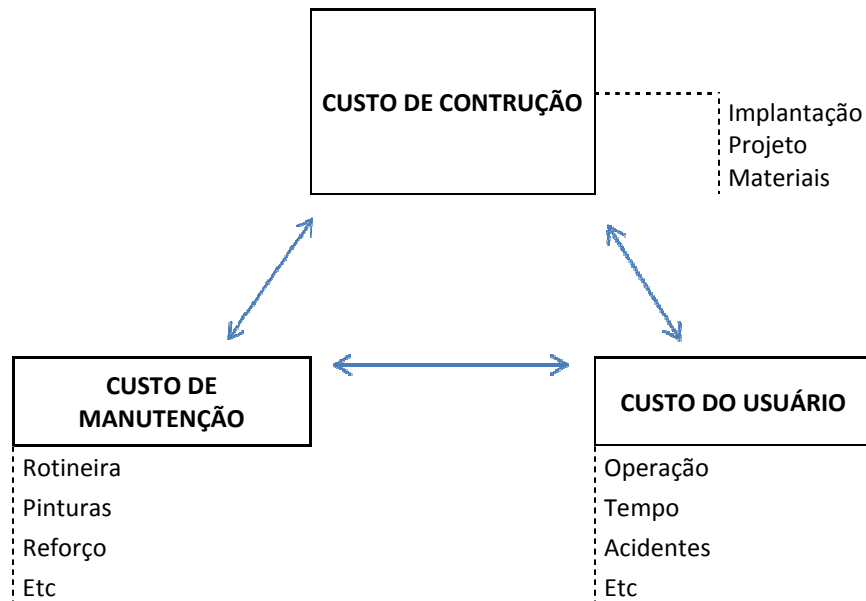
A conservação preventiva, quando feita periodicamente, evita o aparecimento de panelas maiores e trincas, evitando que as deficiências existentes se expandam em área ou profundidade, o que exigiria, posteriormente, um serviço de maior porte, reduzindo os custos dos reparos superficiais (NOGUEIRA, 1961).

### 4.3 CUSTOS

O custo global de um pavimento deve ser analisado não somente como o de implantação, mas também considerar o de manutenção e o do usuário. Enquanto os custos de construção são conhecidos, os de manutenção são parcialmente e os do usuário são ignorados e desprezados na maioria das vezes (MOTTA, 1995).

A Figura 3 mostra o custo que cada etapa possui, ou seja, se investir muito na construção, provavelmente irá economizar na manutenção, ou se investir na manutenção, reduz os custos do usuário.





**Figura 3 – Aspectos do custo de um pavimento**  
**Fonte: Motta (1995)**

Os acidentes ocorridos em vias rodoviárias são causados principalmente por travessia de águas na pista, buraco na pista, falta de sinalização horizontal e vertical, estrangulamentos de pista devido às erosões ou escorregamentos (SILVA, 2005).

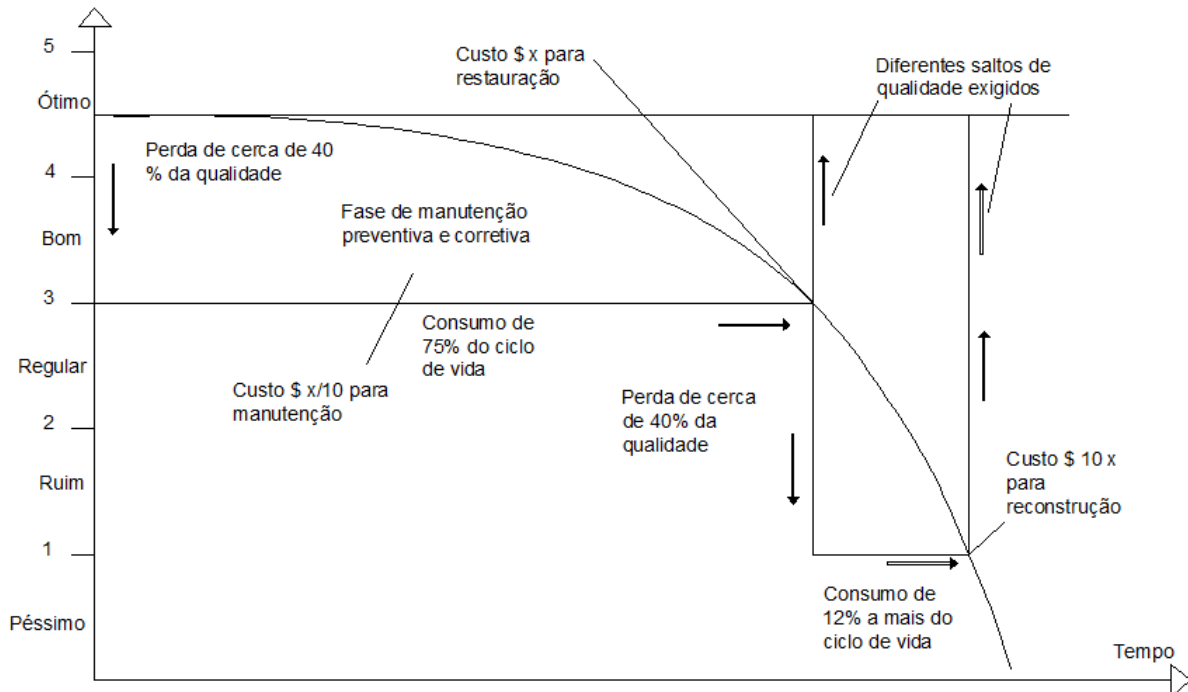
Os custos para reabilitar as estradas em condições regulares e ruins são excessivos, com relação aos custos com a manutenção, contudo, se não houver manutenção na malha rodoviária os custos aumentarão drasticamente, sendo que os trechos já deteriorados irão piorar suas condições e os trechos em boas condições tenderão a transformar-se em regulares, exigindo também manutenção (NISHIYAMA; DOMINGUES, 1995).

Os autores ainda classificam como os principais custos rodoviários decorrentes da recuperação de estradas:

- Reconstrução do pavimento;
- Recapeamento;
- Lama asfáltica;
- Tratamento preventivo;
- Remendos e rotinas de manutenção;

Balbo (2007) afirma que a AASHO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) através do critério de ruptura por serventia definiu as equações de desempenho de pavimentos. A qualidade de rolamento é avaliada na

escala de zero a cinco, situada no eixo das ordenadas e no eixo das abscissas representam o tempo decorrido conforme a Figura 4.



**Figura 4 - Variação da serventia no tempo**  
**Fonte: Balbo (2007)**

Os custos de manutenção crescem exponencialmente em relação à degradação, na falta de conservação, o pavimento irá se degradar intensamente, o qual necessitará da reconstrução total ou parcial em um curto período de tempo.

Já Nishiyama e Domingues (1995) selecionam os benefícios decorrentes da recuperação de vias em:

- Redução nos custos operacionais de veículos;
- Redução nos custos da manutenção futura das estradas de rodagem;
- Economia no tempo de viagem tanto no transporte de passageiros como na remessa de cargas;
- Redução nos acidentes;
- Estímulo ao desenvolvimento econômico;
- Aumento do conforto e da comodidade;
- Integração nacional mais efetiva;
- Distribuição mais equitativa da renda;

- Incremento no prestígio do país.

#### 4.4 DEFEITOS DO PAVIMENTO

A capacidade funcional do pavimento está ligada à função de fornecer uma superfície adequada à qualidade de rolamento (SENÇO, 1997).

Segundo DNIT (2006), a informação mais importante para a definição da qualidade do pavimento é a avaliação dos defeitos presentes na superfície do mesmo, pois estes refletem a atual situação do pavimento.

O clima contribui para aceleração da deterioração do pavimento, pois a infiltração da água da chuva pode ocasionar a queda da capacidade de suporte, com isso, quando o tráfego solicita a estrutura ocasiona maiores deslocamentos, assim provocando danos estruturais e funcionais. A variação de temperatura também degrada o pavimento, pois o aumento desta afeta a viscosidade dos ligantes asfálticos e a resistência da mistura. Já as deformações permanentes e as temperaturas baixas, ocasionam trincas por retração, que se possuir uma camada de revestimento fina, e construída sobre materiais deformáveis, fica mais vulnerável ao trincamento por fadiga (BERNUCCI *et al*, 2006).

A terminologia dos defeitos situados no Quadro 1 e Quadro 2 segue a norma DNIT 005/2003 – TER, que define os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem em pavimentos flexíveis e semi-rígidos.

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	

**Quadro 1: Terminologia dos defeitos 1**

Fonte: DNIT 005/2003 - TER

Fendas: São descontinuidades na superfície do pavimento, possuindo aberturas de maior ou menor porte.

Fissura: São fendas de espessura capilar, no sentido longitudinal, transversal ou obliquamente, que podem ser vistas a uma distância inferior a 1,50 metros, não causando problemas funcionais aos pavimentos.

Trinca: Fenda facilmente visível a olho nu, com espessura maior que a da fissura, podendo ser de forma de trinca isolada ou trinca interligada.

Trinca Isolada:

Trinca Transversal: Trinca isolada na direção predominantemente ortogonal ao eixo da pista, quando possui tamanho inferior a 1 metro é denominado trinca transversal curta e quando seu tamanho é superior a 1 metro é denominado trinca transversal longa.

Trinca Longitudinal: Trinca isolada na direção predominantemente paralela ao eixo da pista, quando possui tamanho inferior a 1 metro é denominado trinca

longitudinal curta e quando seu tamanho é superior a 1 metro é denominado trinca longitudinal longa (Figura 5).



**Figura 5 - Trinca longitudinal longa**  
**Fonte: Bernucci et al. (2006)**

**Trinca de Retração:** Trinca isolada que não surge com o problema de fadiga, mas sim devido aos fenômenos de retração térmica do material do revestimento ou do material de base rígida ou semi-rígida abaixo do revestimento trincado.

**Trinca interligada:**

**Trinca tipo “Couro de Jacaré”.** É um sistema de trinca interligada sem direções exatas, cujo aspecto parece com o de couro de jacaré. Pode apresentar erosão nas bordas (Figura 6) ou não.

**Trinca tipo “Bloco”:** Conjunto de trincas interligadas com aparência de blocos, podendo apresentar erosão nas bordas (Figura 7) ou não.



**Figura 6 - Trinca tipo couro de jacaré com erosão**  
**Fonte: Bernucci et al. (2006)**



**Figura 7 - Trincas tipo bloco com erosão**  
**Fonte: Bernucci et al. (2006)**

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
<b>Ondulação/Corrugação</b> - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O
<b>Escorregamento</b> (do revestimento betuminoso)				E
<b>Exsudação</b> do ligante betuminoso no revestimento				EX
<b>Desgaste</b> acentuado na superfície do revestimento				D
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos		<b>Remendo Superficial</b>		RS
		<b>Remendo Profundo</b>		RP

**Quadro 1: Terminologia dos defeitos 1**  
**Fonte: DNIT 005/2003 - TER**

Afundamento: É uma deformação permanente do pavimento, caracterizada pela depressão da superfície do pavimento, podendo ter ou não solevamento, dividida em duas classes, afundamento plástico e afundamento de consolidação.

**Afundamento plástico:** Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, com solevamento. Sendo classificada em: afundamento plástico local, ocorre em uma extensão máxima de 6 metros e afundamento plástico da trilha de roda, ocorre em uma extensão maior que 6 metros e está localizado ao longo da trilha de roda.

**Afundamento de consolidação:** Afundamento causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, sem solevamento. Sendo classificado em: afundamento de consolidação local (ocorre em uma extensão máxima de 6 metros) e afundamento de consolidação da trilha de roda, conforme a Figura 8 (incide em uma extensão maior de 6 metros e se localiza ao longo da trilha de roda).



**Figura 8 - Afundamento de consolidação da trilha de roda**  
**Fonte: Bernucci et al. (2006)**

**Ondulação ou Corrugações:** Deformações caracterizadas por corrugações transversais ou ondulações na superfície do pavimento. Silva (2005) acrescenta que devido à má execução, excesso ou pouco asfalto, possui vínculo com as tensões cisalhantes horizontais que são geradas em áreas de acelerações ou frenagem de veículos.

**Escorregamento:** Deslocamento do revestimento em relação à camada inferior do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua. Da mesma forma, afirma Silva (2005) que a causa do escorregamento é devido à falta de limpeza entre o revestimento e a camada subjacente ou por baixa resistência da massa asfáltica, ocorrendo principalmente em cruzamentos e áreas de frenagem, onde o veículo causa o deslizamento do revestimento ou a deformação.

Exsudação: É causado pela migração do ligante através do revestimento, tendo assim um excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento. Senço (1979) complementa que no calor o asfalto dilata não havendo espaço para ele ocupar e possuindo um baixo volume de vazios ou excesso de ligante, fará com que o mesmo exudará. No caso de tratamento superficial pode estar ligado à distribuição irregular do asfalto.

Desgaste: É provocado pelos esforços causados pelo tráfego. Nele arranca-se o agregado do pavimento, sendo ainda, caracterizado pela aspereza da superfície do revestimento (Figura 9).



**Figura 9 – Desgaste**  
**Fonte: Bernucci et al. (2006)**

Panela: Cavidade ou buraco que se forma no revestimento, devido à falta de aderência entre as camadas sobrepostas, podendo, dessa forma, alcançar as camadas interiores do pavimento. Sendo que, em casos específicos, ocorre a desagregação dessas camadas. Para Silva (2005) as “panelas” são evoluções das trincas, afundamentos ou desgastes, como a água é incompreensível, com a solicitação do tráfego ela tende a desagregar as camadas do pavimento, quando o acúmulo de água acontece em superfície que possui trincas superficiais, ocorre a aceleração na degradação do pavimento.

Remendo: Operação denominada de “tapa-buraco”. É o preenchimento da panela com uma ou mais camadas do pavimento, sendo dividido em remendo superficial e remendo profundo.

Remendo Superficial: Correção do revestimento com aplicação de uma camada betuminosa.



Remendo Profundo: Correção do pavimento com a substituição do revestimento e de uma ou mais camadas inferiores do pavimento.

Senço (2001) afirma que além dos defeitos estabelecidos pelo DNIT 005/2003 TER, há outros que não foram inseridas, tais como:

Falhas de borda: São causadas pela espessura insuficiente da capa, cargas excessivas, falta de suporte do acostamento e saturação da base.

Superfície gasta: Causada pela falta de asfalto ou superaquecimento do asfalto (caso ele seja misturado em usina), idade do pavimento ou agregados porosos.

Saturação da base: são águas paradas nos drenos laterais, valetas ou bueiro com vazamento, ou qualquer situação que retém umidade abaixo da superfície do revestimento.

Bombeamento de finos: ocorre quando há saturação das camadas inferiores do solo, com as solicitações de cargas sobre o pavimento, a água faz com que haja o bombeamento de finos do subleito para a camada de revestimento (BALBO, 2007).

#### 4.5 AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS

Conforme Danieleski (2004) o pavimento possui quatro objetivos principais: conforto de rodagem, capacidade de suportar cargas previamente dimensionadas, segurança e também conforto visual, estando esse último ligado à sua estética. Dessa forma, sob o parecer técnico e do usuário, um pavimento adequado é aquele cuja superfície de rolamento seja boa, suportando cargas, possuindo ligação segura entre pneu e superfície, tanto no rolamento quanto na frenagem, possuindo ainda, uma aparência agradável.

A avaliação funcional tem como objetivo a determinação do grau de deterioração do revestimento do pavimento, com identificação dos problemas que afetam o conforto e a segurança dos pavimentos. (SILVA, 2006)

Domingues (1993) enfatiza que no momento de avaliar um pavimento, devem ser consideradas as normas técnicas do órgão responsável, o padrão da rodovia e também as necessidades do usuário da via, pois há diferença visível de

uma autoestrada com o pavimento de uma rodovia vicinal, onde cada pavimento deve ser avaliado compatível com classificação da rodovia e com a categoria de veículo que nelas trafegam.

As condições funcionais devem ser avaliadas por procedimentos adequados as características da via analisada, com utilização de vários métodos para identificação dos defeitos da superfície do pavimento. Devem ser levados em conta também os fatores que geram os defeitos identificados, tais como: o clima, solicitação do tráfego, características dos materiais empregados no pavimento e o processo construtivo, atuando de forma isolada ou simultânea. Essas metodologias objetivam (BENEVIDES, 2006):

- Avaliar as condições de superfície do pavimento relativas ao conforto e à segurança oferecidos aos usuários;
- Elaborar um inventário das principais ocorrências observadas pela presença de defeitos na superfície dos pavimentos asfálticos;
- Determinar por meio de medições, os fatores que causaram os defeitos na superfície dos pavimentos.
- Descrever e caracterizar os defeitos, identificando o tipo, a severidade e a densidade.

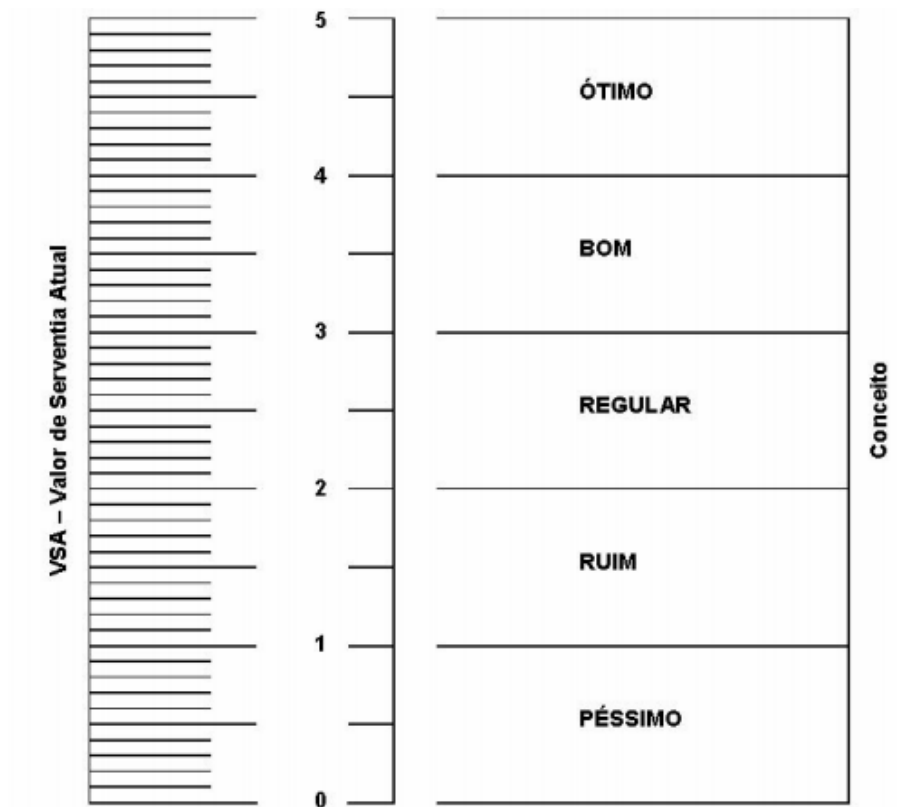
Os pavimentos de uma malha viária sofrem variações quanto a sua condição ao longo de sua extensão, isto está ligado às características físicas e de condições, onde é necessário dividir a malha viária em segmentos. Os procedimentos consistem em: (1) Adotar segmentos com extensão fixa, (2) Dividir em segmentos homogêneos (DNER, 1998).

Ainda segundo a entidade, a divisão fixa possui desvantagens, pois pode haver diversidade na característica estrutural do pavimento. Já os segmentos homogêneos devem apresentar o mesmo tipo de estrutura (revestimento, base, sub-base e sub-leito), de materiais e espessuras nas suas camadas, de tráfego e também de clima.

Haas *et al.* (1994) afirma que na década de 1950, a avaliação funcional não possuía atenção para a evolução da degradação do pavimento, assim desenvolvendo a medida de serventia em conjunto com a pista experimental da AASHO.

Benevides (2006) afirma que na pista experimental da AASHO, através de 5 avaliadores foram realizadas avaliações subjetivas para medir o índice de serventia,

onde cada avaliador atribua nota conforme o estado do pavimento, variando de 0 (muito fraco) a 5 (muito bom), sendo a média desses valores representa o “*Present Serviceability Radio*” –PSR. Mota (2009) complementa que no Brasil essa Avaliação equivale à norma DNIT 009/2006 – PRO, que sua média final representa o Valor de Serventia Atual - VSA cuja sua escala está apresentada na Figura 10.



**Figura 10 - Escala do valor de serventia atual**  
**Fonte: DNIT 009/2003 - PRO**

A degradação superficial pode ser classificada de forma subjetiva, ou seja, inspeções visuais realizadas por profissionais devidamente treinados, ou de forma objetiva, através das definições dos tipos de defeitos situados na superfície do pavimento (Gontijo *et al.*, 1994).

No Brasil, a avaliação funcional subjetiva é regulamentada pela norma DNIT 009/2003 – PRO (avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento) e a objetiva através da norma DNIT 006/2003 – PRO (Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos –

Procedimento) e DNIT 007/2003 – Pro (Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento).

O Índice Global de Gravidade (IGG) obtido pelo método DNIT 006/2003 – Pro, serve como parâmetro numérico para avaliação da intensidade de deterioração do pavimento rodoviário, refletindo também o estado de cada trecho considerado de forma isolada, permitindo a comparação entre os trechos distintos (FILHO; FELEX; RODRIGUES, 1996).

## 4.6 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS

### 4.6.1 Manual

No levantamento manual, a avaliação de superfície é feita por amostragem, ou seja, somente parte da superfície é avaliada, a amostra pode variar de 10 a 25 % do tamanho do trecho avaliado, sendo em função dos tipos de defeitos e dos recursos disponíveis (HAAS *et al*, 1994).

O levantamento manual pode ser realizado a pé ou no interior de um veículo trafegando numa velocidade baixa. O DNER (1998) estabelece que a velocidade esteja na faixa de 5 a 30 km/h. Para os métodos que utilizam veículos, é recomendado que a equipe de avaliadores desça do veículo em intervalo constante e/ou quando a condição do pavimento sofra alterações. Os defeitos obtidos podem ser registrados em planilhas padronizadas de papel ou eletrônica (com auxílio de computador portátil) (CUNHA, 2008).

### 4.6.2 Levantamento Automatizado

Segundo Benevides (2006, p. 56):

Nos levantamentos automatizados, os veículos são aparelhados com equipamentos especiais dotados de câmeras de vídeo-filmagem e também fotográficas. A velocidade do veículo varia entre 30 km/h e 110 km/h. O estado do pavimento é registrado por meio das câmeras, possibilitando uma

posterior análise no escritório a partir do monitor do vídeo. Este levantamento permite que por meio de sensores computadorizados sejam separados e codificados os defeitos quanto aos tipos, severidade e integridade, assim como a integração destas imagens com dados de construção dos pavimentos, tais como: espessura e materiais das camadas, largura, número de faixas e sinalização, além do volume de tráfego.

Segundo o DNIT 008/2003 - PRO estabelece que os equipamentos devam ser instalados na frente ou atrás dos veículos, assim realizando um Levantamento Visual Contínuo (LVC).

Existem dois equipamentos existentes para levantamento automático, o GERPHO *Systeme* o ARAN. O GERPHO *System* registra as condições de superfície através de fotografias em filmes de 35 mm, sendo instalado em uma camioneta (CUNHA, 2008). Segundo Alves (2007) o sistema ARAN (*Automatic Road Analyser*) é um equipamento que permite observação global dos pavimentos, efetuando observações à velocidade de tráfego, permitindo definições de várias configurações, podendo ser equipado conforme a necessidade da entidade que o utiliza.

O sistema ARAN pode ser dotado de várias combinações de sistemas, segundo a empresa Roadware (2011):

- Sistema de vídeo, em que as imagens recolhidas para análise posterior.
- Sistema de medição de distância independente da velocidade de ensaio.
- Sistema de determinação das características geométricas da estrada, como por exemplo, as Inclinações, os raios de curvatura, utilizando uma combinação de giroscópios.
- Sistema de GPS (*Global Positioning System*).
- Sistema de determinação de perfil longitudinal a partir de tecnologia laser (determinação em tempo real de índices de irregularidade, como por exemplo o IRI).
- Sistema de determinação de irregularidade transversal (profundidade de rodeiras) utilizando um total de 37 sensores.
- Sistema de determinação da macrotextura do pavimento utilizando lasers de elevada frequência.

## 4.7 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

Segundo Bernucci *et al.* (2006), a avaliação estrutural está ligada a capacidade de carga do pavimento, cuja a qual corresponde ao projeto do pavimento e ao seu dimensionamento. Os defeitos estruturais são resultados das repetições das cargas, ocasionando as deformações elásticas ou plásticas. As deformações plásticas, são consideradas acumulativas durante a vida do pavimento, resultando assim, em defeitos do tipo de afundamento localizado ou trilhas de rodas, sendo medida através da treliça, já as deformações elásticas, são avaliadas pelas deformações verticais (deflexão do pavimento), medidas por deflectômetros.

Os autores ainda afirmam que a avaliação estrutural é feita por 3 métodos

- Métodos destrutivos: é realizado através de abertura de trincheiras ou poços de visitas, fazendo assim, a avaliação estrutural das camadas que compõem o pavimento. Realizada a coleta de amostras de cada material para análise em laboratório e ensaios de capacidade de carga *in situ*.
- Métodos semi-destrutivos: utiliza instrumentos portáteis com pequenas dimensões para realizar ensaios de capacidade de carga, assim resultando em menores aberturas no pavimento.
- Não destrutivos: é a avaliação realizada através de medidas de deflexão, as quais são mais indicadas para grandes extensões de pista.

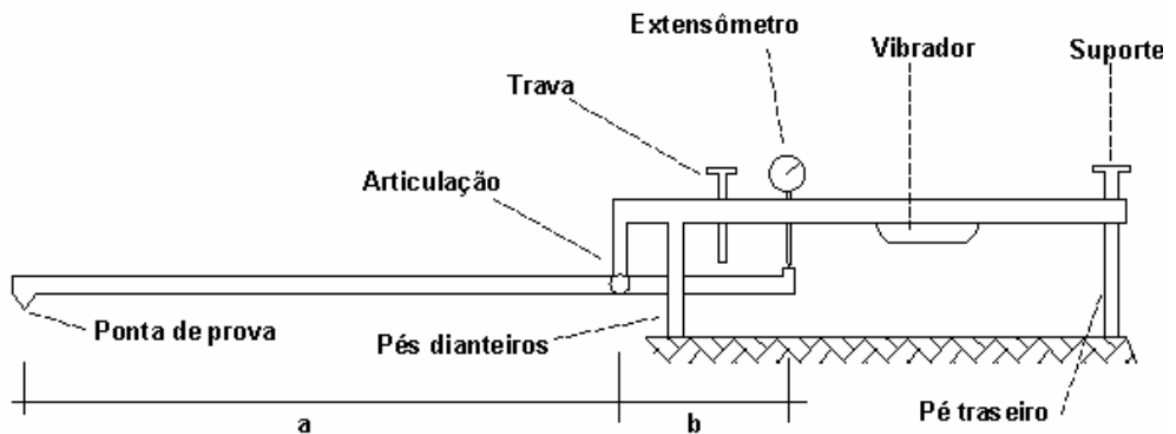
Segundo Macêdo (1996), a avaliação estrutural não destrutiva, possui uma maior facilidade para avaliação do pavimento, pois pode ser realizado em qualquer estágio da vida do pavimento e também provoca menores interrupções no tráfego em relação ao método destrutivo e semi-destrutivo.

Haas *et al.* (1994) classifica a avaliação estrutural não destrutivas em 4 grupos, conforme o tipo de solicitações impostas ao pavimento, sendo eles:

- Solicitações Estáticas – ensaios de placa, curvímetro e viga Benkelman;
- Solicitações por Vibração – dinaflex e road rater;
- Solicitações por impulso - FWD
- Solicitações diversas - FHWA

#### 4.7.1 Medidas deflectométricas – Viga Benkelman

O equipamento foi criado por Benkelman no período de estudos na pista experimental da WASHO, a viga Benkelman (Figura 11), é utilizada no mundo todo, devido a sua fácil concepção econômica. A viga é apoiada por dois pés dianteiros e um traseiro (regulável), o braço de prova é rotulado na parte frontal da viga, formando dois braços de comprimentos  $a$  e  $b$ , os quais possuem relação de 2/1, 3/1 ou 4/1. O braço de prova deve tocar o pavimento no ponto em que deseja a leitura, assim fazendo com que a outra extremidade aciona o extensômetro da viga (RODRIGUES, 2007).



**Figura 11 - Viga Benkelman**  
**Fonte: DNER 24/94**

Segundo a DNER – ME 024/94 (Pavimento - Determinação das deflexões no pavimento pela viga Benkelman), para realizar as leituras de deflexão do pavimento, é necessário um caminhão com eixo traseiro simples com roda dupla, com carga de 8,2 toneladas no eixo traseiro, simetricamente distribuídas sobre as rodas. Os pneus utilizados devem possuir as dimensões de 1.000x20 ou 900x20, com 12 lonas, tipo “câmara” e calibrado com pressão de 80 lb/pol<sup>2</sup>.(sistema internacional)

A norma DNER – PRO 175/94 ( Aferição de viga Benkelman) afirma que as medidas deflectométricas devem ser realizadas através do uso da viga benkelman (Figura 6), previamente calibrada.

Para efetuar a leitura, a viga benkelman deve ser posicionada de acordo com as áreas delimitadas para avaliação funcional, conforme a recomendação DNIT 006/2003, e respeitando a distância exigida pela norma DNER 024/79 do bordo do pavimento, como o listado na tabela 1.

**Tabela 1 - Distância do Bordo do Pavimento**

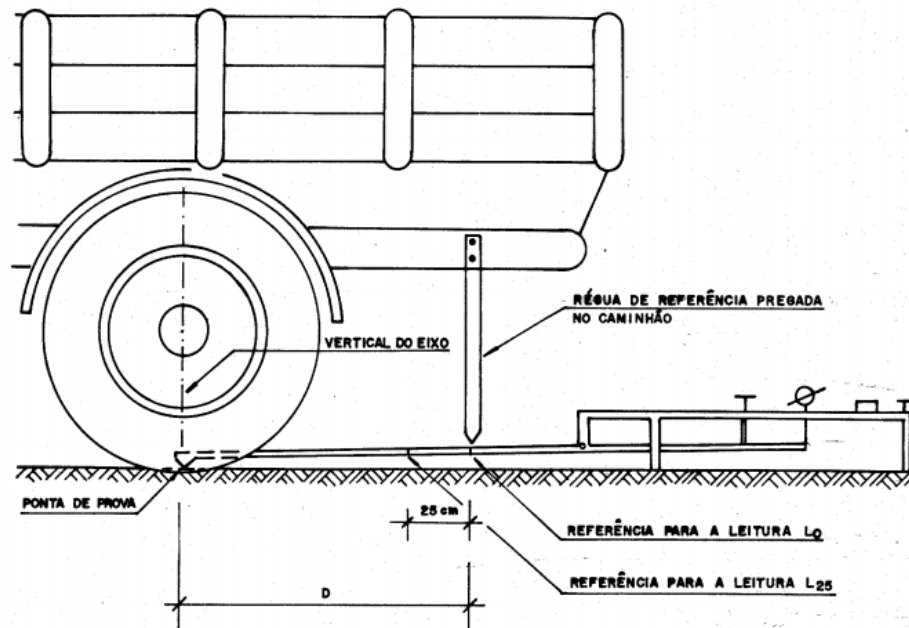
Largura da faixa de tráfego (m)	Distância da borda do revestimento (m)
2,70	0,45
3,00	0,6
3,30	0,75
3,5 ou mais	0,9

Fonte: DNER 024/94

De acordo com o DNER 24/94, para realização da leitura inicial ( $L_0$ ) e da leitura final ( $L_f$ ), a ponta da viga deve ser posicionada entre as rodas duplas do caminhão (Figura 12), isso feito, destrava-se a viga e liga-se o vibrador. Decorridos 3 minutos ou quando o movimento do extensômetro for igual ou inferior a 0,01 mm/min, refaz-se a leitura  $L_0$ . Após a leitura, o caminhão deve se mover, no mínimo, 10 metros, lentamente, para assim possibilitar a leitura  $L_f$ .

A norma DNER 10/79 (Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento A), impõe, para realização das medidas deflectométricas, que o subleito esteja com o máximo de umidade possível, ou seja, que esta se realize após a estação chuvosa. No entanto, caso as medidas sejam feitas em estações de seca, pode-se utilizar um fator de correção sazonal, ainda pouco existente no Brasil e carecedor de pesquisas regionais. Sendo assim, sugerem-se os seguintes valores (quadro 3):





**Figura 12 - Posicionamento da viga Benkelman.**  
**Fonte: DNER 024/94**

Natureza do Subleito	Fator de Correção Sazonal - Fs	
	Estação Seca	Estação Chuvosa
Arenoso e Permeável	1,10-1,30	1
Argiloso e Sensível a Umidade	1,20 - 1,40	1

**Quadro3: Fator de correção sazonal**  
**Fonte: DNER 10/79**

O DNER 11/79, a partir do número N de solicitações do eixo padrão de projeto, propõe um limite máximo tolerável para deflexões em pavimentos. Dessa forma, os níveis de deflexão obtidos em campo, deverão ser inferiores ao limite máximo tolerável do projeto.

A norma IP-02 da prefeitura de São Paulo, mostra que as ruas de tráfego leve, com características residenciais, onde há passagens de caminhões ou ônibus com número inferior a 20 ao dia por faixa de tráfego, são projetadas para um número N de  $10^5$  solicitações.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo realizado em Tuneiras do Oeste, Paraná, no bairro centro, a análise decorreu em um trecho da Rua Minas Gerais, cuja largura é de 8 metros e a extensão de 860 metros, caracterizando-se esta por ser um segmento homogêneo.

### 5.1 DETERMINAÇÃO DO SEGMENTO HOMOGÊNEO

Em princípio, com o intuito de definir o segmento utilizado no estudo, realizou-se uma avaliação visual nas ruas do município de Tuneiras do Oeste.

Ademais, utilizou-se na avaliação o mapa digital do município, fornecido pela própria prefeitura (Figura 13), para assim planejar quais ruas seriam percorridas. Ao final, optou-se pela via mais solicitada do município, ou seja, a de acesso à cidade.



Figura 13 - Segmento de estudo

Para a escolha da rua utilizada em estudo foram considerados os segmentos que apresentavam características semelhantes, tais como, textura, tipo de revestimento, intensidade de defeitos (trincas, panelas, remendos, afundamento, desgastes), entre outras. Além disso, para possibilitar um bom resultado, a inspeção

foi realizada por 4 profissionais da área de pavimentação, como pode ser visto no quadro que segue:

Profissionais de Pavimentação	
Quantidade	Profissionais
1	Engenheiro Civil
1	Estudante de engenharia civil
1	Topógrafo
1	Laboratorista

**Quadro 4: Equipe de levantamento visual**

## 5.2 AVALIAÇÃO FUNCIONAL

Utilizou-se o método DNIT 006/2003 (Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos) para realização da avaliação funcional da via.

### 5.2.1 Demarcações das áreas a serem avaliadas

Para demarcação das áreas a serem avaliadas foram utilizados os seguintes materiais:

- Fita métrica de 30 metros;
- Tinta a base de água da cor branca para marcação das estacas no eixo;
- Pincel de 50 milímetros;
- Baliza;
- Formulários padronizados conforme DNIT 006/2003 - TER, para construção do inventário;
- Treliça de alumínio.

Com auxílio da equipe de topografia usou-se a fita métrica, a tinta a base de água e o pincel para demarcação do estaqueamento, sendo este a cada 20 metros, com início na estaca 00 e fim na estaca 42, conforme a Figura 14.



**Figura 14 - Demarcação do estaqueamento**

Depois de demarcado o estaqueamento, a equipe utilizou os mesmos materiais para as demarcações das áreas a serem avaliadas.

Como o segmento apresenta características de rodovia de pista simples, foram delimitadas as áreas a cada estaca, alternadas em relação ao eixo da rua, possuindo a largura da pista e comprimento de 6 metros, sendo 3 metros avante da estaca e 3 metros a ré (Figura 15).

Após ser executada a demarcação ao longo do segmento, iniciou-se a avaliação das áreas delimitadas, sendo que, para cada superfície de estudo delimitada foram avaliados os defeitos elencados na DNIT 005/2003 TER, os quais foram anotados nos formulários de campo, conforme o modelo proposto pelo DNIT 006/2003 (planilhas A1 e A2 do anexo A). Além do mais, através da treliça de alumínio, foram executadas as medidas das flechas das trilhas de rodas internas e externas.

A treliça de alumínio foi confeccionada seguindo o padrão descrito na norma DNIT 006/2003 TER, conforme Figura B1 do anexo B. As medidas foram obtidas na estação demarcada e nos locais que haviam remendos, foi necessário deslocar a treliça, porém no interior da área demarcada.



**Figura 15 - Demarcação das áreas a serem avaliadas**

### 5.2.2 Determinação do Índice Global de Gravidade

Para cada defeito observado foi calculada a frequência absoluta, através da contagem dos defeitos inventariados e uma relativa das suas ocorrências, através da Equação 1:

$$fr = \frac{fa \times 100}{n} \quad \text{Equação 1}$$

onde:

$fr$  - frequência relativa;

$fa$  - frequência absoluta (número de defeitos de cada tipo no trecho);

$n$  - número de estações inventariadas.

Para cada uma das ocorrências inventariadas, foi calculado o Índice de Gravidade Individual (IGI) através da Equação 2:

$$IGI = fr \times fp \quad \text{Equação 2}$$

$fp$  - fator de ponderação;

O valor de ponderação para cada tipo de ocorrência pode ser verificado na tabela 2. Para os trilhos de rodas, devido a sua variação, foi necessário a utilização das Equações 3 e 4 para cálculo da média e da variância respectivamente.

$$x = \frac{\sum x_i}{N} \quad \text{Equação 3}$$

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - x)^2}{n - 1} \quad \text{Equação 3}$$

x - média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE)

x<sub>i</sub> - valores individuais

s<sup>2</sup> - variância.

Caso a média aritmética das flechas médias resulte em valor igual ou inferior a 30, adota-se um fator de ponderação igual a 4/3. Caso o valor seja superior a 30, adota-se o Índice Global Individual de 40.

Caso a média da variância resulte em valor igual ou inferior a 50, o fator de ponderação a adotar será de 1, se superior a 50, adotar como Índice de Gravidade Global Individual de 50.

Posteriormente foi calculado o Índice de gravidade global (IGG) pela Equação 5:

$$IGG = \sum IGI \quad \text{Equação 4}$$

Com o valor obtido da aplicação da equação 5 e com auxílio da tabela 3, obtém-se o conceito do pavimento avaliado.

**Tabela 2 – Valor do Fator de Ponderação**

<i>Ocorrência Tipo</i>	<i>Codificação de ocorrências</i>	<i>Fator de Ponderação fp</i>
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)	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT 006/2003 PRO

**Tabela 3 – Conceitos de Degradação do Pavimento em Função do IGG**

<i>CONCEITOS</i>	<i>LIMITES</i>
ÓTIMO	$0 < IGG \leq 20$
BOM	$20 < IGG \leq 40$
REGULAR	$40 < IGG \leq 80$
RUIM	$80 < IGG \leq 160$
PÉSSIMO	$IGG > 160$

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

### 5.3 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

Para a realização da avaliação estrutural optou-se pelo processo não destrutivo, através das medidas deflectométricas com auxílio da viga Benkelman, com a relação entre os braços da alavanca de 4:1. Ademais, utilizou-se o extensômetro de precisão 0,01 mm e caminhão da marca Ford, possuindo este um eixo traseiro, pneus de dimensões 1.000 x 20, com 12 lonas tipo “com câmara”, e pneus calibrados com 80 lb/pol<sup>2</sup>.

Com o auxílio da retro-escavadeira, foi realizado o carregamento do caminhão para obtenção de 8,2 toneladas no eixo traseiro, uniformemente distribuídas em relação as suas rodas, conforme a Figura 16.



**Figura 16 - Carregamento do caminhão**

Com o caminhão já carregado, foi realizada a pesagem do eixo traseiro em balança rodoviária (Figura 17), assim confirmando as 8,2 toneladas.



**Figura 17 - Pesagem do eixo traseiro do caminhão**



A aferição da viga Benkelman foi realizada por empresa terceirizada, que emitiu certificado de aferição, contido na Figura C1 do anexo C.

Os pontos utilizados para avaliação funcional serviram também para realização das leituras deflectométricas. A roda externa do caminhão foi centrada sobre o ponto selecionado na trilha de roda externa. Sendo a largura da faixa de tráfego de 4 metros, a distância da borda do revestimento adotada, consoante tabela 1, foi de 90 centímetros tomados ortogonalmente ao eixo da via. Onde a extremidade da viga Benkelman está centralizada no eixo entre os dois pneus.

Para realização das leituras deflectométricas, procedeu-se da seguinte forma:

- Nivelamento da viga (Figura 18);
- Ativação do aparelho de vibração;
- Leitura  $L_0$ ;
- Deslocamento de, no mínimo, 10 metros para frente, e então feito a leitura  $L_f$ ;
- Desligado o vibrador;
- Travamento da viga;
- Deslocamento da viga para o próximo ponto de leitura.



Figura 18 - Nivelamento da viga Benkelman

Para verificação dos resultados obtidos em campo, foram necessários encontrar a deflexão característica corrigida ou deflexão de projeto, o raio de curvatura, e a deflexão máxima admissível.

Para ser encontrada a real deflexão do pavimento foi necessário realizar o cálculo da Equação 6.

$$d_i = \frac{(L_o - L_f) \times a}{b} \quad \text{Equação 6}$$

$d_i$  - valores individuais das deflexões recuperáveis encontradas;

$L_o$  - Leitura Inicial;

$L_f$  – Leitura Final;

$a$  e  $b$  – Dimensões da viga Benkelman, figura 6;

Assim, foi realizado o cálculo estatístico do valor característico correspondente, através da Equação 7, e o cálculo do valor do desvio padrão, pela Equação 8.

$$d' = \frac{\sum d_i}{n} \quad \text{Equação 7}$$

$$\sigma = \frac{\sum (d_i - d')^2}{n-1} \quad \text{Equação 8}$$

$d'$  – média aritmética dos valores individuais;

$n$  – número de valores individuais computados;

$\sigma$  – desvio padrão;

Desta forma, estabeleceu-se o intervalo de aceitação para os valores individuais, através dos limites  $d' + \sigma z$  e  $d' - \sigma z$ , sendo  $z$  estimado em função do número de valores individuais computados, através da Tabela 4.

**Tabela 4: Estimativa do valor Z**

n	Z
3	1
4	1,5
5 - 6	2
7 - 19	2,5
≥ 20	3

**Fonte: DNER 10/79**

O valor da deflexão característica é obtido pela Equação 9.

$$d_c = d' + \sigma \quad \text{Equação 9}$$

$d_c$  – deflexão característica referida à época do levantamento deflectométrico, em centésimo de milímetro;

A deflexão característica corrigida ou deflexão de projeto é calculada pela Equação 10.

$$d_p = d_c \times F_s \quad \text{Equação 10}$$

$d_p$  - deflexão característica corrigida ou deflexão de projeto, em centésimo de milímetro;

$F_s$  – fator de correção sazonal, obtido no quadro 3;

Devido o ensaio ser realizado após três dias de chuva, o fator de correção sazonal foi de 1.

A partir do conhecimento do valor da deflexão de projeto, referida à carga de eixo padrão de 8,2 toneladas, é necessário calcular o valor de  $d_0$  através da equação 12.

$$d_0 = 0,7 \times d_p \quad \text{Equação 12}$$

$d_0$  – deflexão de projeto, correspondente à extensão considerada, referida a carga de eixo de 6,2 toneladas;

Para determinação da deflexão máxima admissível ( $d_{adm}$ ), foi utilizada a Equação 12.

$$\text{Log } d_{adm} = 3,01 - 0,176 \log N \quad \text{Equação 12}$$

N – número equivalente de operações do eixo padrão 8,2 t;

$d_{adm}$  – deflexão máxima admissível;

Devido a não localização da empresa que executou o asfalto, e o segmento homogêneo ser urbano, foi adotado o número N ( $10^5$ ) de solicitações para pavimentos urbanos, conforme descrito pelo IP 02 da prefeitura de São Paulo.

Com os resultados obtidos da avaliação funcional, e estrutural e com auxílio do quadro 5, obtém-se o critério para estabelecimento das diretrizes do projeto.

IGG	$\dot{F}$ 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 $\leq$ 180	$\dot{F} \leq 30$ mm e AP % $\leq$ 33%	$d_0 \leq d_{adm}$	1. Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente 2. Programação de reparos locais, se necessário 3. Programação de tratamento de rejuvenescimento, se necessário
		$3d_{adm} \geq d_0 > d_{adm}$	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
		$d_0 > d_{adm}$	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  Projeto de nova estrutura com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente
	$\dot{F} > 30$ mm ou AP % $>$ 33%	-	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  Projeto de nova estrutura com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente
IGG $>$ 180	-	-	Remoção parcial ou total do pavimento existente e sua substituição parcial ou total por nova estrutural projetada com base no critério de resistência

**Quadro 5 - Critério para estabelecimento das diretrizes do Projeto**

Fonte: DNER 10/79

Sendo:

$\dot{F}$  - Porcentagem de estações inventariadas, apresentando afundamentos plásticos (locais e/ou nas trilhas de rodas);

AP – Valor médio das flechas nas trilhas de roda.

## 5.4 Mapa Mental

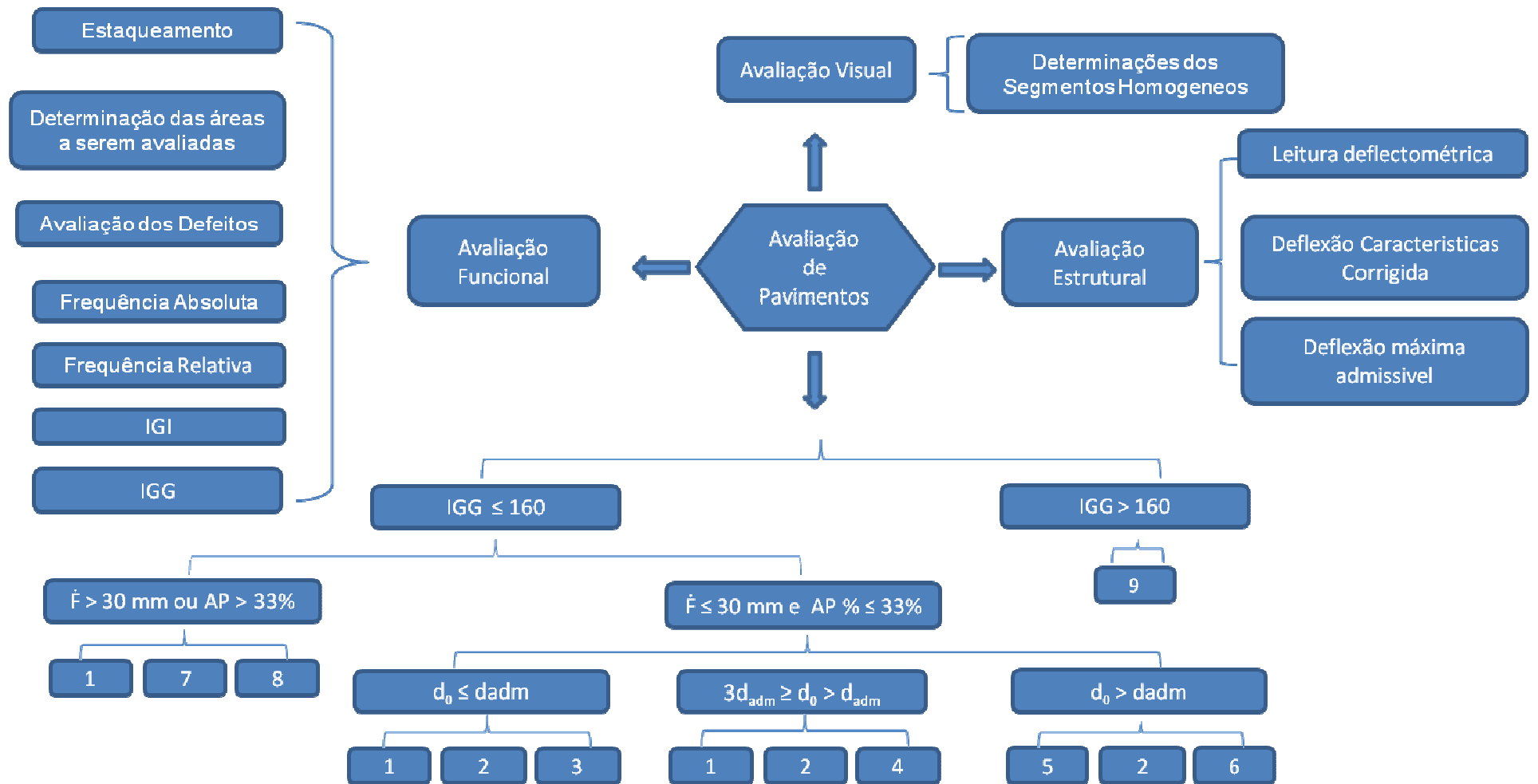


Figura 14: Mapa mental

Legenda:

- 1 - Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente
- 2 - Programação de reparos locais, se necessário
- 3 - Programação de tratamento de rejuvenescimento, se necessário
- 4 - Projeto de reforço com base no critério de deformabilidade
- 5 - Aproveitamento total ou parcial do valor residual do pavimento existente
- 6 - 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  
Projeto de nova estrutura com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente.
- 7 - Programação de reparos locais.
- 8 - Projeto de reforço com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor.  
Projeto de nova estrutura com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor.
- 9 - Remoção parcial ou total do pavimento existente e sua substituição parcial ou total por nova.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 AVALIAÇÃO FUNCIONAL

Os resultados da avaliação funcional obtidos no trabalho encontram-se na planilha A1 do apêndice A e no Quadro 6, no qual estão expostas as planilhas de campo, com seus respectivos resultados, a planilha de frequência das ocorrências dos defeitos encontrados, assim como, o valor calculado do IGG e o conceito alcançado pelo trecho.

No pavimento foram encontrados diversos tipos de patologias, algumas com uma frequência maior e outras com uma frequência menor.

Os dados citados a seguir encontram-se no Quadro 6.

O defeito de trincas interligadas e exsudação, item 2, 3 e 6, não foram constatados nas estações inventariadas.

No item 1, onde as fissuras, as trincas transversais curtas e longas, as trincas longitudinais curtas e longas estão inseridas, obtiveram uma frequência absoluta de 39, as quais resultaram em 91 % de frequência relativa.

Os afundamentos plásticos e de consolidação descrito no item 4, foram encontrados em 18 das áreas inventariadas, resultando uma frequência relativa de 42 %.

Foram encontrados também, ondulações e panelas (item 5), as quais obtiveram uma frequência absoluta de 10, resultando em 23% de frequência relativa.

O desgaste apresentado no item 7, foram encontrados em 25 áreas indicando desgaste no pavimento, o que ocasionou 58 % de frequência relativa.

Além das panelas encontradas nas áreas avaliadas, também foi encontrada uma quantidade elevada de remendos (item 8), com frequência absoluta de 19 e relativa de 44%.

Os trilhos de rodas (TRI e TRE), apresentaram um deslocamento máximo de 2 mm nas estações inventariadas, apresentando uma média aritmética das flechas e das variâncias das flechas de 0,22 e 0,28, respectivamente. Tais valores de flechas resultam num valor baixo de IGI, portanto, tendo uma baixa contribuição para o IGG.



Tal resultado já era esperado, pois as trilhas de rodas em trecho urbano não são localizados.

Seguindo critérios preconizados pelo DNIT, particularmente DNIT 005/2003 e 006/2003, descrito no item 5.2.2 determinação do Índice Global de Gravidade, acima, o Índice Global de Gravidade resulta em 123,37. Ainda de acordo com o critério do DNIT, o pavimento foi considerado como RUIM, numa escala compreendida entre ótimo ( $IGG < 20$ ) e péssimo ( $IGG > 160$ ).

MUNICÍPIO: TUNEIRAS DO OESTE						Data: 17/03/12	Folha: 1
RUA: MINAS GERAIS						Estaca ou Quilômetro 00	Estaca ou Quilômetro 42
TRECHO: ENTR. RUA MARNHÃO - ENTR. RUA SERGIPE			REVESTIMENTO TIPO: CBUQ				
Item	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	39		91	0,2	18,2	
2	(FC-2) J, TB	0		0	0,5	0	
3	(FC-3) JE, TBE	0		0	0,8	0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	18		42	0,9	37,8	
5	O, P, E	10		23	1,0	23	
6	EX	0		0	0,5	0	
7	D	25		58	0,3	17,4	
8	R	19		44	0,6	26,4	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 0,35	TRI = 0,09	F = 0,22	1 A ( 4 / 3 ) 1 B (       )	0,29	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 0,47	TRIV = 0,09	FV = 0,28	2 A ( 1 ) 2 B (       )	0,28	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 43	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			123,37	RUIM
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$						Operador	Diovani Remor
2A) $IGI = \bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$						Cálculo	
1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$						Visto	
2B) $IGI = 50$ quando $\bar{FV} > 50$							

**Quadro 6: Resultados da avaliação funcional**

## 6.2 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

Os resultados da avaliação estrutural estão apensos na planilha B1 e tabela B2 do apêndice B. A planilha contém as leituras iniciais e finais de deflexão, o valor calculado dos raios de curvatura e das deflexões da pista.

Devido à falta de histórico da via, houve a necessidade de estimar o número N de solicitações de projeto, adotando o valor de  $10^5$ , o que resultou num valor de 134,9 centésimos de milímetro para a deflexão admissível de projeto.

A comparação da deflexão admissível com a deflexão medida em campo e adotando-se os critérios preconizados no DNER 10/79, descritos no item 5.3 Avaliação Estrutural, acima, conclui-se que há quatro providências possíveis a serem tomadas para o trecho em questão, a saber:

- Aproveitamento total do valor residual do pavimento existente;
- Programação de reparos locais, se necessário;
- Projeto de reforço com base de critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente.
- Projeto de nova estrutura com base no critério de resistência, no caso de aproveitamento total do valor residual do pavimento existente.

O aproveitamento residual do pavimento existente é possível, porém com base nos dados obtidos nesta avaliação funcional, constatou-se que o IGG do trecho analisado está bem próximo do IGG mínimo preconizado para reconstrução.

A programação de reparos locais, já foi efetuada, estando refletida no quadro: Resultados da avaliação funcional, onde descreve o número de remendos já executados na via.

Tecnicamente é recomendável a terceira opção conjugada com quarta, ou seja, reforço no revestimento acompanhado com reforço de base nos locais onde apresentam afundamentos plásticos.

A análise dos dados obtidos para o trecho em estudo, comparados com Figura 4 - Variação da serventia no tempo – item 4.3, permite avaliar que o momento da decisão entre restaurar ou deixar que o pavimento se consuma até a exaustão, é agora, pois o valor do IGG encontrado para o trecho está próximo do IGG mínimo de reconstrução.

## 7. CONCLUSÃO

Avaliação funcional e estrutural das vias é um procedimento padrão e de fácil execução, permite tomada de decisão rápida e de fácil assimilação, a maioria dos órgãos responsáveis pela pavimentação municipal, deveriam se valer dessa ferramenta em seus planejamentos.

A conservação rodoviária utiliza-se dessa ferramenta para o planejamento dos trabalhos, a curto e em longo prazo, da mesma forma os municípios podem se valer das mesmas ferramentas, para obtenção do mesmo modelo de gestão da qualidade em suas vias.

O desenvolvimento econômico com consequência do aumento do tráfego, permite juntamente com os dados colhidos na avaliação estrutural, e com base nos padrões sugeridos pelos órgãos rodoviários, que o trecho em análise, necessita de reforço no revestimento acompanhado com reforço de base nos locais onde forem necessários, a fim de manter as características originais para as finalidades com que os mesmos foram projetados.

Os defeitos observados tiveram sua gênese na falta de dispositivos de drenagem da via e execução homogênea da base. As soluções adotadas pelas pequenas prefeituras pelo país, normalmente restringe-se a operações tapa buraco e ou rejuvenescimento, vê-se a luz desta pesquisa que o trabalho de rejuvenescimento seria inócuo, para o trecho considerado, gerando aplicação de recursos desnecessários.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Teresa Sofia Figueiredo. **Metodologia de Auscultação de Pavimentos Rodoviários aplicação prática do Radar de Prospecção e do Deflectómetro de Impacto**. 2007. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007. Disponível em: < [https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/146673/1/Dissertacao\\_Teresa\\_Alves.pdf](https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/146673/1/Dissertacao_Teresa_Alves.pdf) select\_action=&co\_obra=190018>. Acesso em: 14 Out. 2011.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2007.

BENEVIDES, Sérgio Amado de Sá e. **Modelos de Desempenho de Pavimentos Asfáltico para um Sistema de Gestão de Rodovias Estaduais do Ceará**. 2006. 381 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: < [http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=modelos%20de%20desempenho%20de%20pavimentos%20asf%C3%A1ltico%20para%20um%20sistema%20de%20gest%C3%A3o%20de%20rodovias%20estaduais%20do%20cear%C3%A1&source=web&cd=1&ved=0CCcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.det.ufc.br%2Findex.php%3Foption%3Dcom\\_docman%26task%3Ddoc\\_download%26gid%3D159%26Itemid%3D137&ei=MUXKTVH0LIObtweE7fTFcw&usq=AFQjCNFqABEilUnvPnVljOO05tVD3fu8Bw&cad=rja](http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=modelos%20de%20desempenho%20de%20pavimentos%20asf%C3%A1ltico%20para%20um%20sistema%20de%20gest%C3%A3o%20de%20rodovias%20estaduais%20do%20cear%C3%A1&source=web&cd=1&ved=0CCcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.det.ufc.br%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D159%26Itemid%3D137&ei=MUXKTVH0LIObtweE7fTFcw&usq=AFQjCNFqABEilUnvPnVljOO05tVD3fu8Bw&cad=rja) >. Acesso em: 20 Out. 2011.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006.

Brasil. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de reabilitação de pavimentos asfálticos**. Rio de Janeiro, 1998.

Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de conservação rodoviária**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de restauração rodoviária**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006.

CUNHA, Carlos Roberto. Determinação de modelo de deterioração do Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual do Ceará. 2008. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008. Disponível em: < [http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetailheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=190018](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetailheObraForm.do?select_action=&co_obra=190018) >. Acesso em: 14 Out. 2011.

DANIELESKI, Maria L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de porto alegre**. 2004. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em:< [http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/maria\\_luiza\\_danieleski.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/maria_luiza_danieleski.pdf)> Acesso em: 29 set. 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 10/79**: Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento A.

\_\_\_\_\_. **DNER-ME 11/79**: Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento B.

\_\_\_\_\_. **DNER-ME 24/94**: Determinação das deflexões do pavimento pela viga Benkelman.

\_\_\_\_\_. **DNER-ME 175/94**: Aferição da viga Benkelman.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2003 – TER**: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **DNIT 006/2003 – PRO**: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **DNIT 007/2003 – PRO**: 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 Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **DNIT 008/2003 – PRO**: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **DNIT 009/2003 – PRO**: Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003

DOMINGUES, F.A.A.. “Avaliação de Pavimentos: Construção de índice de Defeitos”. In: Reunião Anual de Pavimentação, 27<sup>a</sup>. 1993, Teresina, **Anais...** Teresina, Associação Brasileira de Pavimentação, Teresina. p 285-293

FILHO, Glauco Pontes; FELEX, José Bernardes; RODRIGUES, John Kennedy G.. Automatização do Cálculo do Índice de Gravidade Global (1995). In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 7ª. 1996, São José dos Campos. **Anais...**São José dos Campos, Associação Brasileira de Pavimentação, Santos. p 239-262.

GONTIJO, P.R.A., GUIMARÃES, F.H.R., NOGUEIRA, C.L.. Metodologias Brasileiras para Avaliação das Características Funcionais e Estruturais de Pavimentos Rodoviários (1994). In: Reunião Anual de Pavimentação, 28ª. ANO, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte, Associação Brasileira de Pavimentação, Belo Horizonte. p 501-529.

Haas, R., Hudson, W.R., Zaniewski, J.P. **Modern Pavement Management**. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1994.

MACEDO, J.A.G. (1996). **Interpretação de Ensaio Deflectométricos para Avaliação estrutural de Pavimentos Flexíveis – A experiência com FWD no Brasil**. 1996. Tese Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

MOTTA, L.M.G. (1995). Considerações a respeito de pavimentos e tráfegos em vias urbanas. In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 6ª. 1995, Santos. **Anais...**Santos, Associação Brasileira de Pavimentação, Santos. p 25-52.

MOTA, Marcus Vinicius. **Pavimento de Baixo Volume de Tráfego: Estudo comparativo da vida útil estimada e após abertura ao tráfego**. 2009. 273 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009. Disponível em:< [http://www.tede.ufop.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=521](http://www.tede.ufop.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=521)> Acesso em: 29 set. 2011.

NISHIYAMA, Elisa Saeko; DOMINGUES Felipe Augusto Aranha. Atualização de Custos e Benefícios, para Uso em Sistemas de Gerência de Pavimentos. In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 6ª. 1995, Santos. **Anais...**Santos, Associação Brasileira de Pavimentação, Santos. p 389-406.  
NOGUEIRA, Cyro. **Pavimentação: projeto e construção**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1961.

NOGUEIRA, Cyro. **Pavimentação: Projeto e construção**. Rio de Janeiro, RJ: Ao livro técnico S.A., 1961.

Prefeitura Municipal de São Paulo. **IP-02: Classificação das Vias**. São Paulo, 2007.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. vol 2. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SENÇO, Wlastermiler de. **Pavimentação**. 2. ed. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1979.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. São Paulo: PINI, 2005.

SILVA, Marcelo C. da. **Avaliação funcional e estrutural das vias asfaltadas do campus da UFV**. 2006. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006. Disponível em: <[http://www.ufv.br/dec/ppg/Teses/MS\\_Silva.pdf](http://www.ufv.br/dec/ppg/Teses/MS_Silva.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2011.

Roadware

Disponível em: <<http://www.roadware.com>>. Acesso em: 16 Nov. 2011.

RODRIGUES, Ricardo Lima. **Avaliação Estrutural de Segmento da Av. Floriano Peixoto na Zona Urbana de Campina Grande –PB**. 2007. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007. Disponível em:< [http://www.coenge.ufcg.edu.br/publicacoes/Public\\_c\\_311.pdf](http://www.coenge.ufcg.edu.br/publicacoes/Public_c_311.pdf)> Acesso em: 24 abr. 2011.



## **APÊNDICE A**

### **RESULTADOS DA AVALIAÇÃO FUNCIONAL**

PLANILHA A1  
INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO

MUNICÍPIO: TUNEIRAS DO OESTE			OPERADOR: DIOVANI REMOR MARQUESINI													FOLHA: 1									
RUA: MINAS GERAIS			REVESTIMENTO TIPO: CBUQ													ESTACA OU QUILOMETRO	ESTACA OU QUILOMETRO								
TRECHO: ENTR. RUA MARANHÃO - ENTR. RUA SERGIPE			DATA: 15/03/12													00	42								
Estaca ou km	Faixa/Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:		
			ISOLADAS					INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLIDADO		O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE			
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP										ALC	ATC
			1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4										4	4
00	C		X	X		X							X								X		0	0	
1	C																				X		0	0	
2	C																				X	X	0	0	
3	C		X											X							X	X	0	1	
4	C					X							X			X					X		0	0	
5	C		X			X															X	X	0	2	
6	C		X										X								X	X	1	0	
7	C					X																X	0	0	
8	C			X	X								X									X	0	0	
9	C			X	X																		0	0	
10	C					X															X	X	0	0	
11	C					X															X		0	0	
12	C						X							X							X		0	1	

MUNICÍPIO: TUNEIRAS DO OESTE										OPERADOR: DIOVANI REMOR MARQUESINI						FOLHA: 2								
RUA: MINAS GERAIS										REVESTIMENTO TIPO: CBUQ						ESTACA OU QUILOMETRO								
TRECHO: ENTR. RUA MARANHÃO - ENTR. RUA SERGIPE										DATA: 15/03/12						00 42								
Estaca ou km	Faixa/Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:	
			ISOLADAS					INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLIDADO		O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE		
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4										ALC 4
J 2	TB 2	JE 3	TBE 3																					
13	C		X	X			X					X								X		1	0	
14	C					X										X					X	0	0	
15	C		X	X	X								X							X	X	0	1	
16	C					X														X		0	0	
17	C																				X	0	1	
18	C		X	X								X								X		0	0	
19	C		X		X	X										X						0	0	
20	C					X														X	X	0	0	
21	C		X	X	X																	0	0	
22	C			X		X										X						0	2	
23	C		X	X			X					X									X	0	0	
24	C					X										X				X		0	0	

MUNICÍPIO: TUNEIRAS DO OESTE										OPERADOR: DIOVANI REMOR MARQUESINI										FOLHA: 3								
RUA: MINAS GERAIS										REVESTIMENTO TIPO: CBUQ										ESTACA OU QUILOMETRO								
TRECHO: ENTR. RUA MARANHÃO - ENTR. RUA SERGIPE										DATA: 16/03/12										00 42								
Estaca ou km	Faixa/Seção Terrap.	OK	TRINCAS											AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS								TRINCAS RODAS		Observações:
			ISOLADAS						INTERLIGADAS					PLÁSTICO		CONSOLIDADO		O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE			
			FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3			ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4									5	5	
J 2	TB 2	JE 3	TBE 3																									
25	C			X		X	X										X				X	0	0					
26	C		X		X								X								X	0	0					
27	C			X		X								X								1	2					
28	C				X		X									X				X	X	0	0					
29	C												X									0	0					
30	C			X	X	X											X			X		0	0					
31	C		X																			0	0					
32	C				X		X						X								X	0	1					
33	C		X	X																X		0	0					
34	C			X		X											X			X		0	0					
35	C		X		X		X						X								X	0	2					
36	C					X										X				X		0	0					
37	C			X	X	X							X							X	X	0	0					



## **APÊNDICE B**

### **RESULTADOS DA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL**

PLANILHA B1  
LEITURAS DEFLECTOMÉTRICAS DO PAVIMENTO

<b>MUNICÍPIO: Tuneiras do Oeste</b>			<b>Operador: Diovani Remor M.</b>
<b>Rua: Minas Gerais</b>			<b>Revestimento Tipo: CBUQ</b>
<b>Trecho: ENTR. RUA MARANHÃO - ENTR. RUA SERGIPE</b>			<b>DATA: 27/04/12</b>
<b>Estaca</b>	<b>Leituras na Viga Venkelman</b>		<b>Dados Deflectométricos</b>
	<b>L<sub>0</sub> (10<sup>-2</sup> mm)</b>	<b>L<sub>f</sub> (10<sup>-2</sup> mm)</b>	<b>Deflexão (10<sup>-2</sup> mm)</b>
0	50	40	40,00
1	50	44	24,00
2	50	50	0,00
3	50	40	40,00
4	50	38	48,00
5	50	46	16,00
6	50	42	32,00
7	50	47	12,00
8	50	45	20,00
9	50	41	36,00
10	50	32	72,00
11	50	46	16,00
12	50	48	8,00
13	50	37	52,00
14	50	36	56,00
15	50	37	52,00
16	50	35	60,00
17	50	40	40,00
18	50	42	32,00
19	50	43	28,00
20	50	30	80,00
21	50	40	40,00
22	50	42	32,00
23	50	36	56,00
24	50	34	64,00
25	50	37	52,00
26	50	30	80,00
27	50	31	76,00
28	50	36	56,00
29	50	31	76,00
30	50	42	32,00
31	50	38	48,00
32	50	37	52,00
33	50	42	32,00

<b>MUNICIPIO: Tuneiras do Oeste</b>		<b>Operador: Diovani Remor M.</b>	
<b>Rua: Minas Gerais</b>		<b>Revestimento Tipo: CBUQ</b>	
<b>Trecho: ENTR. RUA MARANHÃO - ENTR. RUA SERGIPE</b>		<b>DATA: 27/04/12</b>	
<b>Estaca</b>	<b>Leituras na Viga Venkelman</b>		<b>Dados Deflectométricos</b>
	<b>L<sub>0</sub> (10<sup>-2</sup> mm)</b>	<b>L<sub>f</sub> (10<sup>-2</sup> mm)</b>	<b>Deflexão (10<sup>-2</sup> mm)</b>
34	50	39	44,00
35	50	33	68,00
36	50	35	60,00
37	50	39	44,00
38	50	40	40,00
39	50	30	80,00
40	50	35	60,00
41	50	38	48,00
42	50	36	56,00



TEBELA B1  
RESULTADOS DA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

d'	$\sigma$	d <sub>c</sub>	d <sub>p</sub>	d <sub>0</sub>	d <sub>adm</sub>	$\dot{F}$	AP
45,58	20,21	65,79	65,79	46,05	134,9	0,22	42

**ANEXO A**  
**FORMULÁRIOS**



PLANILHA A2

PLANILHA PARA CÁLCULO DO IGG SEGUNDO A NORMA DNIT 006/2003

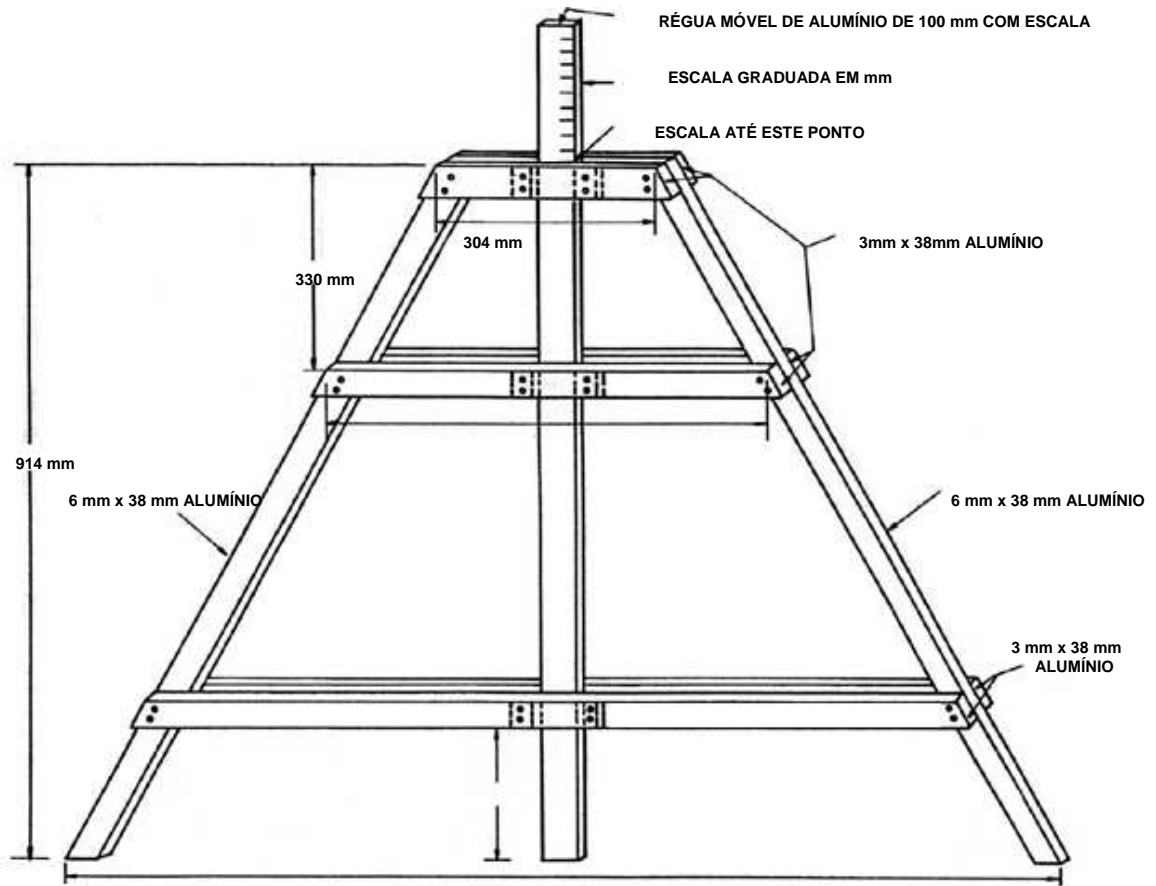
<b>MUNICÍPIO:</b>						Data:	Folha:
<b>RUA:</b>						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
<b>TRECHO:</b>			REVESTIMENTO TIPO:				
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas 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, ALC, ATC				0,9		
5	O, P, E				1,0		
6	EX				0,5		
7	D				0,3		
8	R				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 trilhas	TREv =	TRIV =	FV =	2 A ( ..... ) 2 B ( ..... )		
<b>Nº TOTAL DE ESTAÇÕES</b>		n =	$\Sigma$ IND. GRAVID. IND. = IGG				Conceito
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$			2A) $IGI = \bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$			Operador	
1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$			2B) $IGI = 50$ quando $\bar{FV} > 50$			Cálculo	
						Visto	

**ANEXO B**

**TRELIÇA PARA MEDIÇÃO DAS FLECHAS DA TRILHA DE RODA SEGUNDO A  
NORMA DNIT 006/2003**

FIGURA B1


Treliça para medição das flechas da trilha de roda – Padrão DNIT 006/2003 PRO



**ANEXO C**

**AFERIÇÃO DA VIGA BENKELMAN**

FIGURA C1  
AFERIÇÃO DA VIGA BENKELMAN

<b>METROSUL - Soluções em Metrologia Ltda.</b> Matriz - Rua de Várzea, 235 - Porto Alegre - RS (51) 33 45 22 66 Filial 1 - Rua Frei Pacífico, 282 - Caxias do Sul - RS (54) 32 24 34 42 Filial 2 - Complexo Ind. Automotivo de Gravataí - RS (51) 34 30 10 11	<b>Certificado de Calibração</b> <b>N° 34074-2011</b> <b>Data da Calibração</b> <b>22/12/2011</b>																														
<b>LABORATÓRIO DIMENSIONAL - RECONHECIDO PELA REDE METROLÓGICA RS - 3203</b>																															
Descrição : Viga Benkelman CPL Empresa : A92 - ICCILA IND. COMÉRCIO E CONSTRUÇÕES IBAGE LTDA. Endereço : Rua Dr. Tostes, 318 Salas 101, 102 - Estrela - RS Código : 000732 Procedimento : NP-020 Revisão 07	Resolução : -- Capac. Min. : -- Capac. Máx. : K = 2 mm																														
Condições Ambientais (Laboratório Matriz): Temperatura: 20 ± 2 °C Umidade: 55 ± 10 % <b>PADRÃO/INSTRUMENTO DE REFERÊNCIA UTILIZADO</b> <b>CABEÇOTE MICROMÉTRICO MITUTOYO</b> Código : CAM002 N° Certificado : 18312-2011 Validade : 30/08/2012 Laboratório : METROSUL - Reconhecido RMRS e ANFAVEA																															
<i>INCERTEZA DE MEDIÇÃO: Incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com var. graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95 %. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.</i>																															
<b>LEGENDA:</b> E.I. - Erro de Indicação (M.M. - V.R.) V.R. - Valor da Referência																															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="padding-left: 20px;"><b>ESCALA : Constante da Viga</b></td> <td colspan="2"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">V.R. (mm)</td> <td style="padding-left: 40px;">M.M. (mm)</td> <td style="padding-left: 40px;">E.I. (mm)</td> <td style="padding-left: 40px;">± I.M. (mm)</td> <td style="padding-left: 40px;">k</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">4,0000</td> <td style="padding-left: 40px;">4,1182</td> <td style="padding-left: 40px;">0,1182</td> <td style="padding-left: 40px;">0,1354</td> <td style="padding-left: 40px;">2</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding-left: 20px;"><b>ESCALA : E0</b></td> <td colspan="2"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">V.R.</td> <td style="padding-left: 40px;">M.M.</td> <td style="padding-left: 40px;">E.I.</td> <td style="padding-left: 40px;">± I.M.</td> <td style="padding-left: 40px;">k</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">0,0000</td> <td style="padding-left: 40px;">0,0652</td> <td style="padding-left: 40px;">0,0652</td> <td style="padding-left: 40px;">0,0000</td> <td style="padding-left: 40px;">2</td> </tr> </table>		<b>ESCALA : Constante da Viga</b>					V.R. (mm)	M.M. (mm)	E.I. (mm)	± I.M. (mm)	k	4,0000	4,1182	0,1182	0,1354	2	<b>ESCALA : E0</b>					V.R.	M.M.	E.I.	± I.M.	k	0,0000	0,0652	0,0652	0,0000	2
<b>ESCALA : Constante da Viga</b>																															
V.R. (mm)	M.M. (mm)	E.I. (mm)	± I.M. (mm)	k																											
4,0000	4,1182	0,1182	0,1354	2																											
<b>ESCALA : E0</b>																															
V.R.	M.M.	E.I.	± I.M.	k																											
0,0000	0,0652	0,0652	0,0000	2																											
OBS.: De acordo com o procedimento DNER-PRO 175/84, Calbrado com o relógio RC01 Mitutoyo (230015).																															
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px;"> <b>CÓPIA CONTROLADA</b> </div>																															
METROSUL - Soluções em Metrologia Ltda. Home Page: <a href="http://www.metrosul-rs.com.br">www.metrosul-rs.com.br</a> e-mail: <a href="mailto:metrosul@metrosul-rs.com.br">metrosul@metrosul-rs.com.br</a>	Signatário Autorizado  Nilo Gustavo Ardaiz																														
Este Certificado é válido somente para o instrumento calibrado não sendo extensivo a quaisquer outros, mesmo que similares. O certificado de calibração não deve ser parcialmente reproduzido sem prévia autorização.																															
Folha 1 / 1																															

4,254  
✓