

# AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS DE PAVIMENTO FLEXÍVEL ATRAVÉS DO MÉTODO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) EM APUCARANA-PR

Guilherme Cesar Gabriel (UTFPR) E-mail: guilherme-gabriel@outlook.com  
ME. Lucas Lauer Verdade (UTFPR) E-mail: lucasverdade@utfpr.edu.br

**Resumo:** O monitoramento da condição de um pavimento flexível é importante para avaliar os defeitos presentes e assim se atentar para a necessidade ou não de intervenções. Este trabalho possibilitou a análise das irregularidades presentes na superfície de 2200 metros da rua Denhei Kanashiro, em Apucarana-PR, através do método objetivo do Índice de Gravidade Global (IGG). Realizou-se o mapeamento de todos os defeitos presentes na superfície da via em 44 estações analisadas, na qual foi possível identificar, quantificar e calcular o quanto as irregularidades presentes na via interferiram na sua qualidade. O conceito atingido para toda a extensão estudada foi o de “ruim”, devido a grande presença dos defeitos em sua primeira metade. Concluiu-se que os primeiros 1100 metros analisados da via devem possuir uma maior atenção quanto as suas irregularidades. Recomenda-se que as atividades de monitoramento e avaliação dos pavimentos sejam feitas periodicamente, a fim de garantir qualidade aos usuários da via e assegurar uma gerência pública de pavimentos mais eficiente.

**Palavras-chave:** avaliação dos defeitos, pavimento, monitoramento, método do IGG.

## EVALUATION OF FLEXIBLE PAVEMENT DEFECTS THROUGH THE GLOBAL GRAVITY INDEX (IGG) METHOD IN APUCARANA-PR

**Abstract:** Monitoring the condition of a flexible pavement is important to assess the defects present and thus pay attention to the need or not for interventions. This work allowed the analysis of irregularities present in the surface of 2200 meters of Denhei Kanashiro Street, in Apucarana-PR, through the objective method of the Global Gravity Index (IGG). The mapping of all the defects present on the road surface was carried out in 44 analyzed stations, in which it was possible to identify, quantify and calculate how much the irregularities present in the road interfered with its quality. The concept reached for the entire studied extension was “bad”, due to the great presence of defects in its first half. It was concluded that the first 1100 meters of the track analyzed should have greater attention to their irregularities. It is recommended that pavement monitoring and assessment activities be carried out periodically, in order to guarantee quality to road users and ensure more efficient public pavement management.

**Keywords:** evaluation of defects, pavement, monitoring, IGG method.

### 1. Introdução

O principal tipo de revestimento das vias é o utilizado em pavimentos flexíveis. Isso se dá pelo fato do asfalto ser um dos materiais de construção mais flexíveis e versáteis, além de possuir características de ação ligante que proporcionam maior união entre os agregados, ser durável, impermeável e resistente à ação dos ácidos, álcalis e sais (BALBO, 2007).

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT: Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (2006a), ao passar do tempo, com a ação de intempéries, falta de manutenção e até mesmo por possíveis erros na execução, defeitos podem aparecer no revestimento asfáltico e reduzir o valor de serventia do pavimento.

Fernandes Júnior (1999) expõe a importância da realização de avaliações constantes nos pavimentos a fim de compreender as causas dos defeitos e informar o quanto a qualidade da via está sendo prejudicada e, então, planejar as atividades de manutenção e reabilitação.

O monitoramento é a principal atividade gerencial relacionada às condições dos pavimentos. Esse processo deve ser sistemático e contínuo para proporcionar a melhor avaliação e dizer quais as intervenções preventivas e corretivas mais adequadas. Portanto, o objetivo dessa atividade é manter a integridade da via (DNIT: MANUAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA, 2005).

Uma análise eficiente possibilita melhor retorno para os recursos a serem investidos, visto que o planejamento para as melhorias nos pavimentos pode gerar grande economia (FERNANDES JÚNIOR, 1999).

Para compor uma análise eficiente, métodos objetivos e subjetivos podem ser utilizados.

Destaca-se o uso do método objetivo do Índice de Gravidade Global – IGG, que é regulamentado por DNIT 006 (2003). Este método consiste no mapeamento dos defeitos de superfície e posterior análise da situação do pavimento.

Desse modo, este trabalho visa identificar e quantificar os defeitos da superfície do pavimento e analisa-los através do método objetivo do IGG, aplicando-o em uma via coletora na cidade de Apucarana-PR.

## 2. Referencial teórico

Os defeitos de superfície são os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados a partir da terminologia normatizada pela norma DNIT 005: Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos – Terminologia (2003). O levantamento dos defeitos de superfície proporciona a avaliação do estado de conservação dos pavimentos asfálticos e embasa o diagnóstico da situação funcional para que haja a definição de uma solução tecnicamente adequada e, em caso de necessidade, indicar alternativas para a restauração do pavimento (BERNUCCI et al, 2010).

A norma brasileira DNIT 005 (2003) define os termos técnicos e classifica os defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semirrígidos, padronizando a linguagem adotada na elaboração das normas, manuais, projetos e textos relativos aos pavimentos flexíveis e semirrígidos.

Os defeitos podem ser divididos em dois grandes grupos: fendas (que apresentam suas subclassificações) e outros defeitos (demais tipos de defeitos que não são fendas).

A Figura 1, que integra parte do Anexo A da norma DNIT 005 (2003), resume um quadro com a codificação e classificação dos defeitos caracterizados como fendas.

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

Figura 1 – Resumo dos defeitos caracterizados como fendas.  
Fonte: DNIT 005 (2003).

A Figura 2 também integra parte do Anexo A da norma DNIT 005 (2003) e resume um quadro com a codificação e classificação de outros defeitos não presentes na Figura 1.

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

Figura 2 – Resumo dos demais defeitos que não são caracterizados como fendas.  
Fonte: DNIT 005 (2003).

Todos os tipos de defeitos catalogados pela norma brasileira são considerados para cálculo de indicador de qualidade da superfície do pavimento (IGG). A condição de superfície de um pavimento asfáltico deve ser levantada, analisados seus defeitos e causas e então atribuídos indicadores numéricos que classifiquem seu estado geral. A norma DNIT 006 (2003) estabelece um método de levantamento sistemático de defeitos e atribuição do IGG, que pode ser empregado em projetos de manutenção.

A identificação dos defeitos superficiais é fundamental para a avaliação e elaboração de estratégias para intervenções a partir de atividades de manutenção e reabilitação de um pavimento. O reconhecimento do tipo de defeito, a quantificação, frequência de ocorrência, área do revestimento sujeita ao problema e a identificação do nível de deterioração, aliado a determinação das causas dos defeitos são os meios mais adequados para se construir a avaliação dos defeitos superficiais (FERNANDES JÚNIOR, 1999).

O IGG não é determinado para toda a área da pista, mas de maneira amostral para algumas estações com área e distanciamento entre elas prefixados pela especificação do DNIT (BERNUCCI et al, 2010).

### 3. Metodologia

O estudo de caso consistiu em uma análise das condições do pavimento flexível de 2200 metros de extensão da rua Denhei Kanashiro, que é uma via coletora do município de Apucarana, estado do Paraná. A via, localizada na região leste do perímetro urbano, possui mão dupla e é o principal acesso para importantes bairros residenciais, como Parque da Raposa, Jardim Sabiá, Jaçanã e Jardim Aeroporto. Além disso, é a principal conexão para locais públicos como um dos estacionamentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), a APAE de Apucarana, o Complexo Esportivo Áureo Francisco Silva e para o Parque Ecológico da Raposa, que é um dos principais pontos turísticos da cidade. A

representação do local do estudo de caso pode ser observada na Figura 3.



Figura 3 – Representação do local do estudo de caso.  
Fonte: Autores (2021).

O Índice de Gravidade Global (IGG) é regulamentado por DNIT 006: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento (2003).

Os defeitos analisados foram todos os classificados por DNIT 005 (2003) e foram apresentados nas Figuras 1 e 2 do referencial teórico. O mapeamento seguiu as recomendações estabelecidas em norma para obtenção do IGG. Os dados foram coletados de modo amostral, a partir da seleção das áreas da via com seis metros de extensão e largura igual à seção da faixa de rolamento.

Para auxiliar no mapeamento, materiais como trena, giz branco e formulários disponibilizados por DNIT 006 (2003) foram utilizados para localização e demarcações das estações de avaliação.

A determinação das flechas, que é a deformação permanente nos sulcos formados pelas trilhas de roda interna e externa, foram medidas em milímetros e correspondem ao ponto de máxima depressão no pavimento (DNIT 006, 2003).

As superfícies de avaliação foram adaptadas para vias urbanas, visto que a referida norma estabelece a extensão dos trajetos somente para rodovias. Tais superfícies foram delimitadas por 2 trechos de 20 metros, um em cada faixa de rolamento, a cada 100 metros do trajeto total. Desse modo, como o trajeto total estudado possui 2200 metros, selecionou-se 44 trechos de 20 metros. Conforme orientação do DNIT 006 (2003), dentro de cada trecho de 20 metros, o mapeamento dos defeitos ocorre, de fato, em uma estação escolhida de 6 metros de comprimento. Assim, tendo 2 estações de 6 metros efetivamente mapeados a cada 100, o estudo teve um total de 44 estações (22 para cada sentido da via) e 264 metros de pavimento avaliados de fato, que representam uma amostragem de 12% do trajeto total.

As estações foram demarcadas com giz branco. Cada uma recebeu um número para identificação, de 1 a 44 (1 sendo o local mais próximo a extremidade leste da via e 44 o local

mais próximo a extremidade oeste da via. Ver Figura 3). As flechas foram medidas nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE), em milímetros.

Para cada estação de 6 metros, a ocorrência de qualquer defeito no pavimento foi anotada em planilha adaptada da norma do IGG e preenchida seguindo as recomendações impostas. Na sequência, os cálculos foram realizados conforme ordem descrita abaixo.

A frequência absoluta e a relativa dos defeitos foram determinadas. A frequência absoluta corresponde ao número de vezes em que a ocorrência de determinado defeito foi verificada e a relativa obtida pela seguinte expressão:

$$f_r = \frac{f_a \cdot 100}{n} \quad (2)$$

Em que  $f_r$  é a frequência relativa;  $f_a$  é a frequência absoluta; e  $n$  é o número de estações analisadas.

Em relação às flechas, a média e a variância de todas as deformações coletadas são obtidas. Suas respectivas fórmulas a serem utilizadas são:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Em que  $\bar{X}$  é a média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);  $X_i$  são os valores individuais; e  $s$  é o desvio padrão dos valores das flechas medidas (TRI e TRE). Ao elevarmos o desvio padrão ao quadrado teremos a variância.

A partir disso, calculou-se o Índice de Gravidade Individual (IGI) para cada um dos defeitos mapeados, pela seguinte expressão:

$$IGI = f_r * f_p \quad (5)$$

Em que  $f_r$  é a frequência relativa; e  $f_p$  é o fator de ponderação, obtido de acordo com o quadro da Figura 4.

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 $f_p$
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 ( $f_r$ ) 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, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Figura 4 – Valores do fator de ponderação para cada defeito.  
Fonte: DNIT 006 (2003).

Vale ressaltar que para as flechas, caso sua média aritmética calculada for igual ou inferior a 30, o fator de ponderação é igual a 4/3 e, quando superior a 30, o IGI é igual a 40. Já se a média da variância das flechas for igual ou inferior a 50, o fator de ponderação é igual a 1 e, quando superior a 50, o IGI é igual a 50 (DNIT 006, 2003).

Após essas etapas, o IGG foi calculado pela seguinte expressão:

$$IGG = \sum IGI \quad (6)$$

Em que  $\sum IGI$  é o somatório dos Índices de Gravidade Individuais.

O IGG pode ser calculado para cada trecho homogêneo, com auxílio de uma planilha de cálculo adaptada da referida norma.

Os resultados obtidos com o IGG possibilitou uma análise crítica a partir dos parâmetros estipulados por DNIT 006 (2003) e, conseqüentemente, possibilitou descobrir a condição da superfície do pavimento a partir dos parâmetros da Tabela 1.

Tabela 1 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG < 20$
Bom	$20 < IGG < 40$
Regular	$40 < IGG < 80$
Ruim	$80 < IGG < 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: Adaptado de DNIT 006 (2003).

#### 4. Resultados e discussões

Após a divisão dos 44 trechos, iniciou-se o levantamento e quantificação dos defeitos. Essa atividade aconteceu na primeira quinzena do mês de fevereiro de 2021.

Esse procedimento ocorreu através da observação das irregularidades. Os defeitos puderam ser reconhecidos ao compará-los com as imagens e descrições de cada um ao se consultar a norma DNIT 005 (2003).

A presença de todos os defeitos e também as medidas das trilhas de roda interna e externa puderam ser levantadas e preenchidas em um inventário do estado da superfície do pavimento. Essa ficha de inventário é disponibilizada pela norma DNIT 006 (2003) que regulamenta o IGG e trás informações sobre a rua analisada (extensão, tipo de pavimento e data da atividade), as estações e o local para marcação ou não da presença de todos os tipos de defeitos considerados pela norma e as trilhas de roda, além de observações, caso necessário.

Ao se realizar a análise das aparições dos defeitos, observou-se que nas primeiras 22 estações (ou seja, primeira metade do trajeto total) a presença de irregularidades foi mais constante do que nas demais estações. Isso comprova a não uniformidade da ocorrência dos defeitos ao longo de todo o trajeto.

Notou-se que alguns defeitos apareceram com mais frequência, como as trincas isoladas longitudinais e as fissuras. Para melhor visualizar tais aparições elaborou-se o gráfico da Figura 5, no qual são expressados todos os defeitos que tiveram pelo menos uma ocorrência e em quantas estações eles apareceram (menos as irregularidades das trilhas de roda). Vale ressaltar que a identificação dos defeitos está pelo código de cada um.

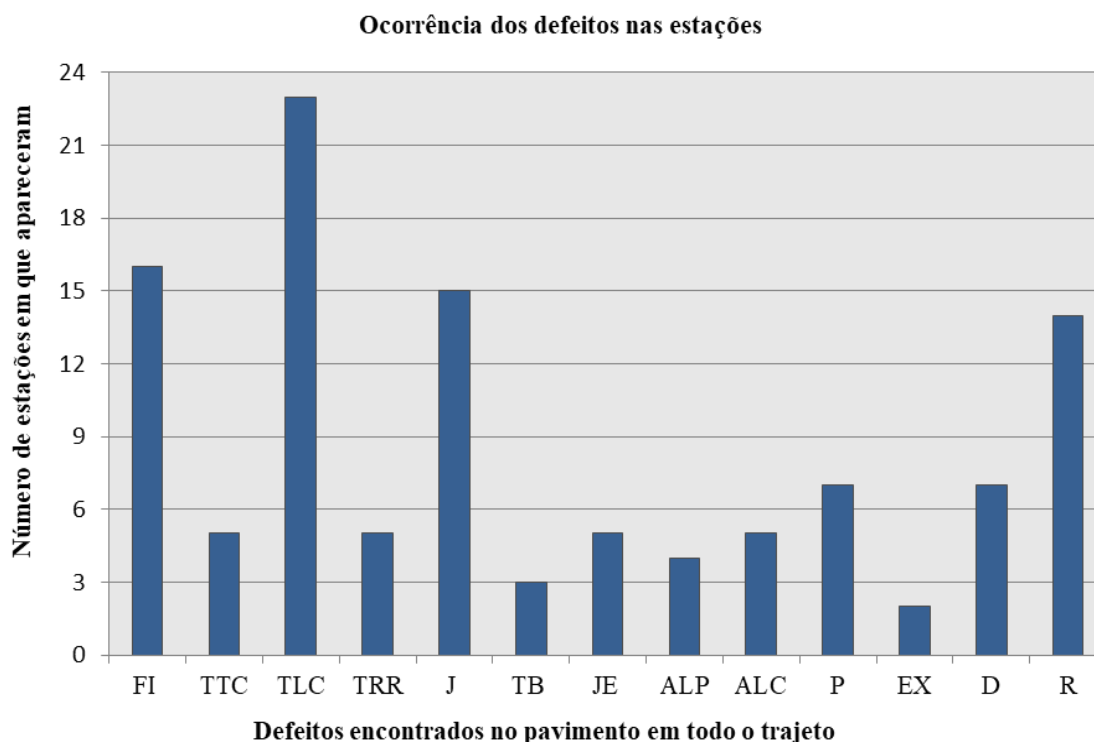


Figura 5 – Gráfico da ocorrência dos defeitos nas estações analisadas.  
Fonte: Autores (2021).

As irregularidades identificadas em campo foram: fissuras (FI); trincas isoladas transversais curtas (TTC); trincas isoladas longitudinais curtas (TLC); trincas isoladas devido a retração térmica (TRR); trincas interligadas tipo jacaré sem erosão (J); trincas isoladas tipo blocos sem erosão (TB); trincas interligadas tipo jacaré com erosão (JE); afundamentos plásticos locais (ALP); afundamentos de consolidação locais (ALC); painelas (P); exsudações (EX); desgastes (D) e remendos (R).

Ao analisar a ocorrência dos defeitos observa-se que quatro tipos ultrapassaram a marca de dez estações aparecidas. Foram eles, em ordem decrescente: trincas isoladas longitudinais curtas (em 23 das 44 estações: 52,3%); fissuras (em 16 das 44 estações: 36,4%); trincas interligadas tipo jacaré sem erosão (em 15 das 44 estações: 34,1%) e remendos (em 14 das 44 estações: 31,8%).

Desse modo, pode-se dizer que a principal ocorrência dos defeitos na via analisada é proveniente do grupo das fendas (fissuras e trincas), que de fato são as primeiras demonstrações de defeitos que surgem nos revestimentos. A frequente presença dos remendos nas estações analisadas evidenciam também as manutenções inadequadas que foram feitas na via, que sinalizam intervenções realizadas para a correção de antigos defeitos que não foram eficazes e acabaram se tornando irregularidades, seja por seu ressalto ou afundamento que ocorreu com os respectivos remendos.

Com o levantamento de todos os defeitos o IGG pode ser obtido. O cálculo se deu conforme orientações descritas na metodologia deste trabalho e contou com auxílio de uma planilha de cálculo disponibilizada também pela norma regulamentadora do IGG. Nela estão especificados os grupos que cada defeito se enquadra, bem como suas frequências e também os fatores de ponderação utilizados. Com isso, a planilha estabelece o índice de gravidade individual e determina, por último, a soma que resulta no índice de gravidade global para a via analisada, bem como seu conceito final de qualidade da via.

A Tabela 2 a seguir informa de modo resumido os valores calculados que resultaram na classificação do IGG.

Tabela 2 – Resumo dos cálculos para classificação do IGG.

Grupo	Natureza do defeito	Índice de Gravidade Individual
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	6,36
2	(FC – 2) J, TB	12,50
3	(FC – 3) JE, TBE	9,09
4	ALP, ATP, ALC, ATC	18,41
5	O, P, E	15,91
6	EX	2,27
7	D	4,77
8	R	19,09
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	5,07
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	3,92
<b><math>\Sigma</math> IND. GRAVID. IND. = IGG</b>		<b>97,40</b>
<b>CONCEITO</b>		<b>RUIM</b>

Fonte: Autores (2021).

Portanto, após os cálculos, determinou-se que o valor do IGG foi igual a 97,40 e a associação correspondente para esse valor é o conceito “ruim” para todo o trecho (conforme os conceitos indicados na Tabela 1).

É possível dizer que os defeitos que aparecem na primeira metade do trajeto total (estação 1 a 22) são que contribuem fortemente para a situação ruim encontrada para a via. Isso se comprova quando se analisa a segunda metade do trajeto total (estação 22 a 44), pois nesse intervalo a presença de irregularidades é baixa.

O mosaico fotográfico exibido na Figura 5 ilustra a situação da via ao longo de sua extensão.





Figura 5 – Mosaico fotográfico da via analisada.  
Fonte: Autores (2021).

As imagens comprovam a ideia de que a primeira metade do trajeto total possui maiores irregularidades e, desse modo, deve-se ter maior atenção e procurar realizar medidas corretivas nessas regiões para promover melhorias na qualidade da via.

Entende-se que o conceito ruim que se encontrou com o IGG calculado deve ser levado em conta para manutenções nos primeiros 1200 m estudados. De modo geral, considera-se satisfatório o resultado obtido por este método, que esclarece de fato as condições da via quando analisado junto ao mapeamento realizado.

### 5. Considerações finais

A partir do método do IGG, a consideração em que se chegou foi a de “ruim” para todo o pavimento analisado.

O IGG, como é um método objetivo, expressa com mais exatidão a presença das irregularidades na superfície. Mas também houve um ponto negativo com sua utilização, uma vez que a grande incidência de defeitos na primeira metade da extensão da via estudada, em relação à metade final (que possuiu poucos problemas), acabou levando ao resultado final ter sido ruim para todo pavimento.

Caso o trajeto tivesse sido dividido em duas partes iguais, a situação final para a primeira

metade manteria o conceito “ruim” ou mudaria para o “péssimo”. Em contrapartida, a segunda metade teria grandes chances de apresentar o conceito “bom” ou “ótimo”. Essa comparação, caso houvesse divisão, representaria melhor a condição da superfície da via através dos conceitos estipulados pelo IGG.

Conclui-se que deve ser dada maior atenção para a situação do pavimento nos primeiros 1100 metros da via, que apresenta maiores irregularidades.

Por fim, é válido ressaltar que as atividades de monitoramento da situação do pavimento das vias devem ser realizadas periodicamente. Por isso, recomenda-se que ao menos uma vez no ano sejam realizadas tais análises, o que possibilitará acompanhar a situação das vias ao longo do tempo (cria-se uma base de dados) e, conseqüentemente, auxiliará na gerência pública de pavimentos mais eficiente.

**Referências**

- BALBO, J. T.** Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração. 5. ed. Oficina do texto, 2007.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B.** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS. 3. ed. ABEDA, 2010.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.** Manual de Conservação Rodoviária. 2ª edição. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2005.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.** Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. 2ª edição. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006a.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.** Norma DNIT 005/2003 – TER: Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.** Norma DNIT 006/2003 – PRO: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos. Rio de Janeiro, 2003.
- FERNANDES JÚNIOR, J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F.** Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos. Apostila. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.