

Impacto técnico e de custos das diferenças de classificação funcional de pavimentos rodoviários

J. L. C. Sousa^{1*} , C. L. Maia¹ , S. D. Vasconcelos¹ , F. H. L. Oliveira¹ 

* Autor de Contato: levi.chaves@det.ufc.br

DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v14i2.680>

Recebido: 03/03/2024 | Correções recebidas: 16/04/2024 | Aceito: 24/04/2024 | Publicado: 15/05/2024

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de analisar se existem diferenças na classificação da condição da superfície de um pavimento flexível rodoviário utilizando o Levantamento Visual Contínuo (LVC) e o Índice de Gravidade Global (IGG). Selecionou-se um trecho de em uma rodovia revestida com Concreto Asfáltico, visando a avaliação dos custos associados a cada classificação. Dada a exigência de um tempo maior para obtenção do IGG, a análise foi limitada a esse trecho. Os resultados revelaram divergências nas classificações e nos custos dos métodos nos segmentos iniciais da rodovia. Concluiu-se que o LVC ofereceu resultados melhores que o IGG, atribuíveis à subjetividade inerente à avaliação humana. Além disso, notou-se que os dois métodos se complementam na análise funcional de pavimentos rodoviários.

Palavras-chave: avaliação; pavimentos; defeitos; reabilitação; rodovias.

Citar como: Sousa, J. L. C., Maia, C. L., Vasconcelos, S. D., Oliveira, F. H. L. (2024), "Impacto técnico e de custos das diferenças de classificação funcional de pavimentos rodoviários", Revista ALCONPAT, 14 (2), pp. 211 – 223, DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v14i2.680>

¹ Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil.

Contribuição de cada autor

Neste trabalho, o autor J. L. C. Sousa contribuiu com a atividade de coleta de dados, ideia original, revisão bibliográfica (80%), redação do trabalho (80%), discussão dos resultados e conclusões (80%), a autora C. L. Maia contribuiu com a revisão bibliográfica (20%), redação do trabalho (20%), discussão dos resultados e conclusões (20%), os autores S. D. Vasconcelos e F. H. L. Oliveira atuaram como orientadores e revisores do trabalho como um todo.

Licença Creative Commons

Copyright (2024) é propriedade dos autores. Este trabalho é um artigo de acesso aberto publicado sob os termos e condições de uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Discussões e correções pós-publicação

Qualquer discussão, incluindo a resposta dos autores, será publicada no primeiro número do ano 2025, desde que a informação seja recebida antes do fechamento do terceiro número do ano de 2024.

Technical and cost impact of differences in functional classification of road pavements

ABSTRACT

This work aims to analyze whether there are differences in the classification of the condition of a flexible road pavement using Continuous Visual Survey (LVC) and the Global Gravity Index (IGG). A section of a road paved with Asphalt Concrete was selected to assess the costs associated with each classification. Due to the longer time required for obtaining IGG, the analysis was limited to this section. The results revealed discrepancies in classifications and costs between the methods in the initial segments of the road. It was concluded that LVC provided better results than IGG, attributed to the inherent subjectivity of human assessment. Additionally, it was observed that the two methods complement each other in the functional analysis of road pavements.

Keywords: evaluation; pavement; distress; rehabilitation; highways.

Impacto técnico y económico de las diferencias en la clasificación funcional de los pavimentos de las carreteras

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo analizar las diferencias en la clasificación de la condición de la superficie de un pavimento flexible utilizando el Levantamiento Visual Continuo (LVC) y el Índice de Gravedad Global (IGG). Se seleccionó un tramo de una carretera revestida con Concreto Asfáltico, para evaluar los costos asociados a cada clasificación. Debido a la cantidad de tiempo requerido para obtener el IGG, el análisis se limitó a este tramo. Los resultados revelaron discrepancias en las clasificaciones y los costos de los métodos en los segmentos iniciales. Se concluyó que el LVC ofreció resultados superiores al IGG, atribuibles a la subjetividad inherente a la evaluación humana. Se observó que ambos métodos se complementan en el análisis funcional de pavimentos.

Palabras clave: evaluación; pavimento; defectos; recuperación; carreteras.

Informações legais

Revista ALCONPAT é uma publicação trimestral da Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de Construção, Internacional, A.C., Km. 6, antiga estrada para Progreso, Merida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Website: www.alconpat.org

Reserva de direitos de uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional de Direitos Autorais. Editor responsável: Dr. Pedro Castro Borges. Responsável pela última atualização deste número, Unidade de Informática ALCONPAT, Eng. Elizabeth Sabido Maldonado.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

A reprodução total ou parcial do conteúdo e das imagens da publicação é realizada de acordo com o código COPE e a licença CC BY 4.0 da Revista ALCONPAT.

1. INTRODUÇÃO

O estado geral da malha rodoviária brasileira piorou em 2022 em relação ao ano anterior. Dentre os 110.333 quilômetros avaliados pela Confederação Nacional do Transporte, 66% foram classificados como Regular, Ruim ou Péssimo; em 2021, esse percentual era de 61,8% (CNT, 2022). A presença de defeitos nos pavimentos exige, com o tempo, investimentos para recuperação da sua estrutura. Sendo assim, a aplicação de métodos de avaliação de defeitos tem como objetivo; determinar as condições funcionais e estruturais dos pavimentos e auxiliar gestores no processo de tomada de decisão quanto aos serviços de manutenção e reabilitação (M&R).

Segundo CNT (2022) as condições dos pavimentos rodoviários do nordeste brasileiro geram um aumento de custo operacional do transporte de 33,8%. Além disso, para recuperar essas rodovias, com ações emergenciais de restauração e reconstrução, são necessários R\$ 20,18 bilhões. Esse montante demonstra que a quantidade de defeitos nos pavimentos pode interferir diretamente nos custos de sua manutenção e reabilitação, mostrando, assim, a importância da análise da condição de pavimentos rodoviários.

Os métodos de avaliação da condição de superfície dos pavimentos podem ser realizados de forma subjetiva ou objetiva. Os métodos subjetivos consideram a opinião do profissional responsável pelo levantamento e os métodos objetivos realizam uma análise quantitativa dos defeitos encontrados. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) possui procedimentos específicos para realização desses levantamentos, tais como o Levantamento Visual Contínuo (LVC), um método subjetivo, e o Índice de Gravidade Global (IGG), um método objetivo. Diante desses aspectos, percebe-se que pode haver divergências nas classificações de uma mesma rodovia entre os métodos do LVC e do IGG, resultando em disparidades quanto às alternativas de M&R e os custos associados.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo verificar o impacto técnico e dos custos de M&R da condição de superfície de um pavimento flexível rodoviário, por meio dos métodos do Levantamento Visual Contínuo (LVC) e do Índice de Gravidade Global (IGG).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É notório que os pavimentos sofrem degradação ao longo do tempo devido a fatores como o tráfego e o clima. Com isso, surge a necessidade de realizar serviços de manutenção e reabilitação (M&R) e, em alguns casos, a reconstrução dos trechos analisados.

De acordo com Lira e Oliveira (2019), o momento oportuno de realizar M&R em pavimentos rodoviários deve ser bem definido, pois o custo de recuperação aumenta rapidamente conforme ocorre uma degradação do pavimento. Além disso, o mau estado de conservação das rodovias colabora com a ocorrência de acidentes, que têm altos custos para as gestões públicas. Segundo a CNT (2022), o custo em acidentes supera o investimento em rodovias com uma diferença de R\$ 4,69 bilhões. Dessa forma, a execução de intervenções em pavimentos deteriorados pode ser definida com o auxílio de avaliações para o levantamento de defeitos nos pavimentos.

DNIT (2003a e 2003b) estabelecem os critérios e os equipamentos utilizados para a realização dos levantamentos de defeitos em pavimentos rodoviários, por meio de métodos subjetivos e objetivos, respectivamente. Na avaliação subjetiva, realiza-se o Levantamento Visual Contínuo (LVC), por meio de duas pessoas a bordo de um veículo a uma velocidade constante de trabalho de 40 Km/h. Com o LVC determina-se o Índice de Gravidade Global Expedita (IGGE), o Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF) e, por fim, o Índice do Estado de Superfície (IES) (CAVALCANTE et al., 2018). Na avaliação objetiva, o levantamento é realizado a pé, verificando os defeitos e preenchendo o inventário de ocorrências conforme detalhado em DNIT (2003a), e a partir dos dados registrados e os fatores de ponderação de cada tipo de defeito é possível calcular o Índice

Gravidade Global (IGG). A classificação funcional do pavimento para cada um desses índices varia de Péssimo a Ótimo, conforme a divisão da Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do estado do pavimento pelos métodos IGG e LVC.

| LVC | | | IGG | Classificação |
|--|-----|--------|---------------------|---------------|
| Descrição | IES | Código | Limites | |
| $IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$ | 0 | A | $0 < IGG \leq 20$ | Ótimo |
| $IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$ | 1 | B | $20 < IGG \leq 40$ | Bom |
| $20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$ | 2 | | | |
| $20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$ | 3 | C | $40 < IGG \leq 80$ | Regular |
| $40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$ | 4 | | | |
| $40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$ | 5 | D | $80 < IGG \leq 160$ | Ruim |
| $60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$ | 7 | | | |
| $60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$ | 8 | E | $IGG > 160$ | Péssimo |
| $IGGE > 90$ | 10 | | | |

Fonte: Adaptado de DNIT (2003a) e DNIT (2003b)

Santos e Silva Júnior (2018) realizaram uma avaliação das condições da superfície do pavimento flexível da Rodovia TO-255, em um trecho de 39,1 Km, utilizando o Levantamento Visual Contínuo (LVC). Os autores classificaram o estado de conservação do pavimento e evidenciaram a importância de planejamentos das medidas de M&R, de modo a evitar o agravamento das condições da rodovia.

Por sua vez, Lira e Oliveira (2019) analisaram a influência das divergências entre as classificações objetiva (IGG) e subjetiva (ICPF) para a definição das estratégias de M&R em rodovias federais brasileiras. Os autores observaram que existe uma tendência de o ICPF classificar o pavimento com conceitos melhores do que aqueles verificados pelo IGG devido à interferência da percepção dos avaliadores na indicação das notas.

Silva et al. (2018b) apresentaram um procedimento de levantamento da condição funcional dos pavimentos por meio do Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura de Defeitos. Os autores observaram que o LVCI aumenta a precisão dos inventários de defeitos dos pavimentos, uma vez que considera toda área da faixa de tráfego ao longo da extensão do trecho avaliado.

Para realizar um comparativo entre métodos de levantamento de defeitos em pavimentos flexíveis, em um trecho da rodovia BR-060 no estado do Mato Grosso do Sul, Cavalcante et al. (2018) analisaram as diferenças entre os métodos brasileiros e americanos. Os autores observaram que as especificações brasileiras resultaram em divergência nos resultados finais, enquanto as normas americanas resultaram em convergência.

Silva et al. (2018a) realizaram uma análise comparativa entre o Índice de Gravidade Global (IGG) e o Índice do Estado da Superfície (IES), em um trecho da Rodovia BR-116 no estado do Ceará. Ao comparar os resultados obtidos para os dois índices, os autores verificaram divergência de conceitos nos trechos analisados. Por meio do IES foi atribuída ao pavimento uma pior condição de degradação. Esse fato pode estar relacionado à maior subjetividade do método LVC.

Soncim e Fernandes Júnior (2015) desenvolveram um modelo de previsão do índice de condição dos pavimentos flexíveis com base em informações de um banco de dados de rodovias, fornecido pelo Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia. O modelo correlacionou o desempenho do ICPF às variáveis idade, tráfego e pluviometria. O modelo apresentou um

coeficiente de correlação igual a 0,64, mostrando indícios da validade da sua aplicação, para as características da malha rodoviária do estado da Bahia.

Para determinar o IGG para um trecho da Rodovia PE-095, localizado na cidade de Caruaru – PE, Santos (2014) utilizou dois métodos: DNIT (2003) e avaliação objetiva da superfície do pavimento de todo o trecho pelo método alternativo proposto no estudo. Com o IGG de 174, pode-se classificar a condição da rodovia, conforme DNIT (2003), como sendo péssima, pelos dois métodos utilizados.

Espíndola et al. (2018) analisaram as avaliações funcionais do trecho da BR-104/AL, do entroncamento da rodovia AL-404 até a Praça Centenário, com extensão de 32,47km. Os resultados de IGG e IES apresentaram similaridade, porém com conceitos de IES indicando maior gravidade na deterioração na superfície do pavimento. A via encontrava-se em estado de deterioração moderado a elevado, com necessidade de restauração/manutenção em cerca de 70% dos segmentos. Com o objetivo de comparar a aplicação do Índice de Gravidade Global (IGG) na avaliação funcional de cinco vias municipais em Caucaia, estado do Ceará, Silva et al. (2022) analisaram as vias antes e após um processo de restauração, possibilitando estimar a condição de serventia dos pavimentos em duas situações distintas, além de analisar o investimento realizado em cada via. Todas as ruas inspecionadas pelo método do IGG foram classificadas como Ruim, evidenciando diversos problemas superficiais no pavimento. Após as intervenções de requalificação, observou-se uma notável melhoria na condição de serventia atual, refletindo em um aumento do conforto ao rolamento e na segurança do tráfego.

Marcolan et al. (2020) avaliaram de forma funcional o pavimento correspondente a trechos da ERS-585 como forma de verificar o seu estado e a necessidade de medidas corretivas. Os trechos foram classificados em estado de conservação Ruim e Péssimo pelos conceitos atribuídos pelo IGG, refletindo a necessidade de medidas de restauração do pavimento. Os principais defeitos encontrados foram: trincamento interligado couro de jacaré, desgaste, panelas e remendos.

Com a intenção de identificar e analisar os principais defeitos existentes na Av. Maria Merandoilina, Santos et al. (2021) pesquisaram os impactos causados nessa via, utilizando o LVC, para avaliar a qualidade física da avenida, visando mostrar sua classificação e os reparos necessários para restaurar a qualidade da avenida. A avenida possui um IGGE de 40,3, um ICPF de 1,5 e um IES de 5. Os valores encontrados pelo LVC, classificaram a via como Ruim.

Moura (2017) avaliou o nível de manifestações patológicas que se apresentam na Rodovia TO-164, no trecho que liga o município de Xambioá ao município de Araguaianã, no Tocantins, com extensão de 25 km, pelo método LVC. Os resultados apontam que 24% do trecho estudado está em estado Bom, 36% está em estado Regular, 26% está em estado Ruim e 14% em estado Péssimo. As opções de reparo são desde uma simples manutenção preventiva, até uma reconstrução total para os piores trechos.

Com o propósito de analisar um trecho da BR-222/CE, Sousa et al. (2022) adotaram tanto um método objetivo quanto um subjetivo para classificar os segmentos selecionados nesse trecho. Os pesquisadores observaram que as classificações coincidem em 50% do trecho avaliado. Além disso, constataram que, apesar das distintas abordagens metodológicas, os índices podem ser complementares. O método subjetivo realiza uma avaliação visual abrangente de todos os defeitos ao longo do trecho, enquanto o método objetivo conduz uma avaliação quantitativa, porém, em estações específicas ao longo da rodovia. Desta maneira, ambos os métodos demonstram relevância na análise da condição da rodovia, especialmente quando empregados de forma conjunta.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa dividiu-se em três etapas distintas, mostradas de modo resumido no fluxograma da Figura 1. Realizou-se a avaliação do trecho em estudo utilizando-se os instrumentos normativos e os parâmetros exigidos por DNIT (2003a e 2003b).

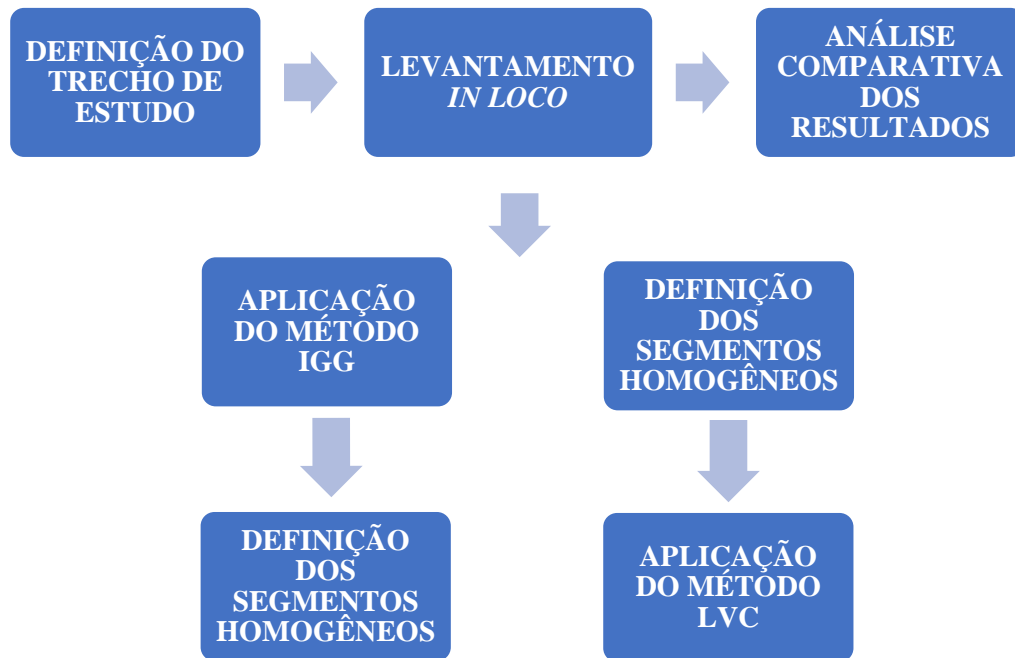


Figura 1. Etapas da pesquisa.

O trecho estudado está localizado na Rodovia BR-222, entre Forquilha e Fortaleza, Km 208 e Km 209, perfazendo um total de 2 Km. A rodovia analisada possui uma pista simples, com duas faixas de tráfego, e seu revestimento é asfáltico. A escolha da rodovia justifica-se pelo tráfego pesado, principalmente nos dias úteis, além de ser a principal rota de transporte que liga a cidade de Forquilha à capital do estado do Ceará, Fortaleza.

O método do LVC foi realizado a uma velocidade média de 30 a 40 km/h, em que foi possível fazer o registro dos defeitos encontrados na rodovia. Para isso, os dois técnicos utilizaram uma planilha para registro das ocorrências de defeitos na superfície do pavimento, sendo a pista dividida em quatro segmentos de 500m cada, conforme DNIT (2003b). Os Segmentos 1 e 2 correspondem ao quilômetro 208 e os Segmentos 3 e 4 correspondem ao quilômetro 209. Com base no levantamento de campo, foi possível a determinação do valor do Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis e Semi Rígidos (ICPF), bem como o cálculo do Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e do Índice do Estado de Superfície (IES).

Na aplicação do IGG, foi estabelecida uma marcação a cada 20 metros alternados em relação ao eixo da pista de rolamento, devido o trecho em estudo tratar-se de uma pista simples. Foram utilizados seis segmentos, tendo como critério a homogeneidade dos defeitos e dos afundamentos de trilha de roda. No que se refere à medida dos afundamentos das trilhas de roda, utilizou-se uma treliça de alumínio padronizada, com haste móvel central que tem a capacidade de medição com precisão de até 0,5mm, conforme DNIT (2003a).

DNIT (2003b) delimita que para cada classificação há uma alternativa de intervenção. Fundamentado nessa informação, os custos associados a cada atividade de manutenção e reabilitação (M&R) da rodovia analisada, foram calculados utilizando o Sistema de Custos Rodoviários (SICRO) e os Relatórios do Custo Médio Gerencial. Esses sistemas foram elaborados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e seguem as diretrizes estabelecidas em (DNIT, 2003c).

Neste estudo, foram levadas em consideração as composições de preços contidas no Relatório SICRO Nordeste para o estado do Ceará, referente à base de dados do mês de outubro/2022 (DNIT, 2022) e no Relatório do Custo Médio Gerencial referente a julho/2017 (DNIT, 2017). Conforme (DNIT, 2006), as espessuras recomendadas para o revestimento asfáltico situam-se entre 5 e 12,5 cm, e as espessuras máxima e mínima para a compactação das camadas granulares são de 20 cm e

10 cm, respectivamente. Com base nesses critérios, os custos calculados relacionados às atividades de M&R nos trechos analisados, consideraram uma espessura de 5 cm para o revestimento em concreto asfáltico e 15 cm de espessura para camadas granulares. A partir dos custos obtidos pode-se realizar uma comparação de valores de intervenções de M&R entre os métodos estudados.

Após as análises in situ e com os formulários preenchidos, realizou-se a análise dos resultados obtidos para a determinação da condição funcional do pavimento segundo as duas metodologias aplicadas. O estado de conservação do pavimento, determinado pelos dois métodos, foi comparado entre si, objetivando analisar as diferenças técnicas entre o LVC e o IGG, com o intuito de constatar as divergências entre uma avaliação objetiva e uma subjetiva e os respectivos custos.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em relação ao LVC, observou-se que os trechos selecionados apresentaram diferentes tipos de defeitos como trincas isoladas, trincas couro de jacaré, afundamentos de trilha de roda, ondulações e exsudação, cuja pontuação resultou em um ICPF variando de 2 a 4 conforme a Tab. (3). Os trechos 3 e 4 apresentam o IGGE elevado, demonstrando, assim, sua condição crítica no que se refere aos defeitos do tipo: painelas e remendos. A Figura 2 demonstra os defeitos encontrados nos trechos analisados da Rodovia BR-222.



Figura 2. Principais defeitos encontrados na Rodovia BR-222: (a) remendos e trinca couro de jacaré (b) afundamentos (c) trincas transversais (d) painelas e desgaste

Com o ICPF e o IGGE foi possível determinar o IES e classificar o pavimento quanto ao seu estado de conservação. Os resultados estão resumidos na Tabela 2. Com a divisão dos segmentos individuais de 500m.

Tabela 2. Resumo dos resultados do LVC – Rodovia BR-222 (Km 208 e Km 209).

| Segmentos | Resultados | | IES | |
|------------------|------------|------|-------|---------------|
| | ICPF | IGGE | Valor | Classificação |
| Km 208 1 (500 m) | 4 | 0 | 0 | Ótimo |
| 2 (500 m) | 3 | 10,4 | 2 | Bom |
| Km 209 3 (500 m) | 2 | 83,2 | 8 | Péssimo |
| 4 (500 m) | 2 | 89,4 | 8 | Péssimo |

Os resultados observados na Tabela 2 evidenciaram que os segmentos 1 e 2 apresentaram classificação Ótimo e Bom, respectivamente, enquanto os segmentos 3 e 4 apresentaram um estado Péssimo, dado o elevado número de defeitos no pavimento.

Em relação ao IGG, os resultados encontrados com as respectivas classificações estão apresentados na Tabela 3, em que constam os valores dos seis segmentos homogêneos entre os Km 208 e Km 209 da Rodovia estudada.

Tabela 3. Resumo dos resultados do IGG – Rodovia BR-222 (Km 208 e Km 209).

| Segmentos | Resultados | |
|------------------|------------|---------------|
| | IGG | Classificação |
| Km 208 1 (240 m) | 55 | Regular |
| 2 (260 m) | 25 | Bom |
| 3 (500 m) | 65 | Regular |
| Km 209 4 (240 m) | 141 | Ruim |
| 5 (500 m) | 162 | Péssimo |
| 6 (260 m) | 126 | Ruim |

Verificou-se que os resultados obtidos no IGG indicam que nenhum dos trechos apresentou classificação Ótimo, somente o Segmento 2, apresentou classificação Bom, possuindo exsudação e remendos em cinco estações. Os Segmentos 1 e 3 apresentaram classificação Regular, o defeito mais constante no Segmento 1 foi a exsudação encontrada em todas as estações, não tendo sido localizadas trincas isoladas ou fissuras, já o Segmento 3 possui, principalmente, a presença de trincas dos tipos 1, 2 e 3. Os Segmentos 4 e 6 apresentaram classificação Ruim, os dois segmentos possuíam a presença de defeitos como afundamentos, trincas e remendos. O único segmento classificado como Péssimo é o 5, no qual foram encontrados defeitos como painelas, escorregamento, remendos, trincas, afundamentos e desgastes. As causas desses defeitos podem estar associadas a falhas executivas, recalques diferenciais ou a própria ação do tráfego pesado dos veículos.

Ademais, buscou-se realizar um comparativo entre a avaliação pelos dois métodos, com destaque à condição funcional da rodovia avaliada e aos defeitos encontrados no pavimento. Para isso, apresenta-se na Figura 3, um esquema da classificação nos trechos de acordo com o método utilizado.

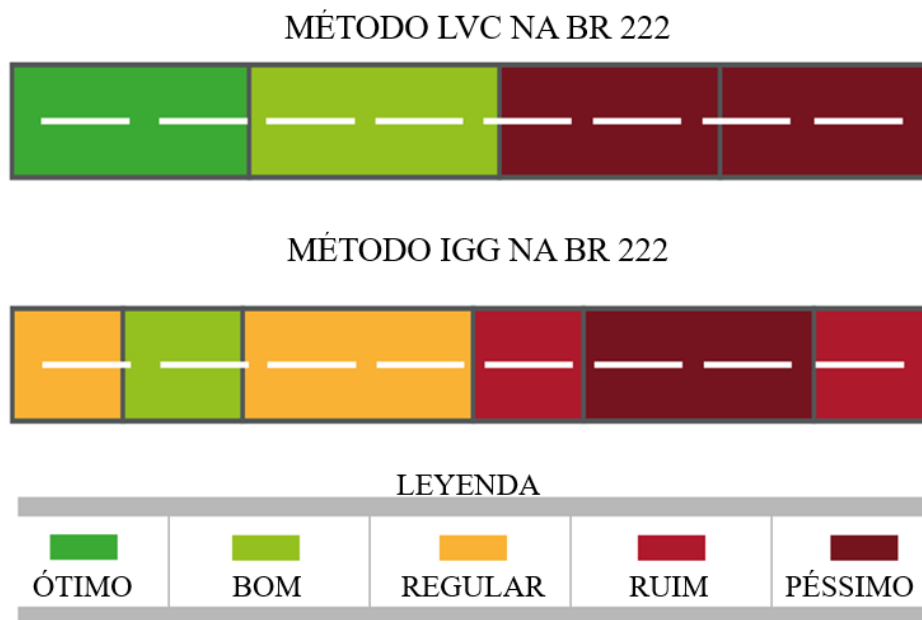


Figura 3. Comparativo das classificações dos métodos LVC e IGG.

Observa-se que as divergências entre os métodos encontram-se na sua forma subjetiva ou objetiva, uma vez que, enquanto o IGG é uma avaliação considerada amostral, na qual são analisados os defeitos encontrados em todas as estações do trecho escolhido, o LVC é feito de forma contínua, ou seja, a verificação de defeitos é feita em toda a malha rodoviária do trecho, porém, realizado de forma breve por conta da velocidade do veículo, dando margem ao erro por parte dos técnicos avaliadores. A partir disso pode-se compreender que por conta dessas diferenças tem-se classificações diferentes para os segmentos analisados nesse estudo.

Em relação ao estado do pavimento, os dois métodos classificaram os segmentos do km 209 como Ruim ou Péssimo, mostrando que, apesar do método LVC ser subjetivo, um pior estado de superfície pode ser mais facilmente identificado pelos avaliadores, devido à presença de uma maior quantidade de defeitos. Em relação ao segmento 2, o método do IGG classificou-o como Bom, enquanto o método do LVC classificou-o como Ótimo.

Diversos autores realizaram estudos comparativos entre métodos de avaliação da condição de pavimentos, sejam eles objetivos ou subjetivos (VIEIRA *et al.* 2016, CAVALCANTE *et al.* 2018, SILVA *et al.* 2018a, FERNANDES *et al.* 2018, SOUSA *et al.* 2022). Esses estudos evidenciaram que cada abordagem possui suas vantagens e desvantagens, contribuindo para a compreensão do estado funcional dos pavimentos rodoviários. Destaca-se que, devido às diferentes abordagens e focos nas avaliações, os métodos podem se complementar de maneira eficaz. Enquanto alguns métodos fornecem uma análise quantitativa (objetiva), outros oferecem uma análise qualitativa (subjetiva).

A combinação dessas abordagens contribui para preencher lacunas, resultando em uma avaliação mais abrangente do estado do pavimento. Portanto, a escolha do método mais adequado dependerá das características específicas de cada situação, bem como de suas limitações. A integração de métodos diversos pode fortalecer a confiabilidade das avaliações.

Na Tabela 4 buscou-se apresentar alternativas para intervenções de manutenção e reabilitação (M&R) de acordo com a classificação de cada segmento analisado. Além disso, também estão representados os custos de M&R para cada uma das intervenções propostas.

Tabela 4. Alternativas de intervenção e custos de M&R.

| Classificações | Alternativas de M&R | Custos unitários | | Custo (R\$/ Km) |
|----------------|--------------------------------|------------------|--------------------|-----------------|
| Ótimo | Não fazer nada | - | - | 0,00 |
| Bom | Aplicação de lama asfáltica | 1,14 | R\$/m ² | 8.208,00 |
| Regular | Correção de pontos localizados | 111,26 | R\$/m ³ | 40.053,60 |
| Ruim | Restauração | 833,33 | R\$/m ³ | 1.200.000,00 |
| Péssimo | Reconstrução | 1.620,83 | R\$/m ³ | 2.334.000,00 |

Fonte: Adaptado da Norma DNIT (2003b), DNIT (2022), DNIT (2017)

A diferença na classificação do estado de conservação do pavimento resulta em estratégias de M&R e custos diferentes. Nesse sentido, o método do IGG, por ser um método objetivo, pode ser capaz de classificar o estado do pavimento com melhor precisão, uma vez que independe da opinião do avaliador. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2018a). Na Tabela 5 buscou-se mostrar um comparativo de valores entre os dois métodos.

Tabela 5. Custos das alternativas de M&R e de mão de obra de levantamentos de campo.

| LCV | | | | IGG | | | |
|---------------------------|---------|----------|--------------|---------------------------|---------|----------|--------------|
| Seg. | Clas. | Ext. (m) | Custos (R\$) | Seg. | Clas. | Ext. (m) | Custos (R\$) |
| 1 | Ótimo | 500 | 0,00 | 1 | Regular | 240 | 9.612,86 |
| | | | | 2 | Bom | 260 | 2.134,08 |
| 2 | Bom | 500 | 4.104,00 | 3 | Regular | 500 | 20.026,80 |
| 3 | Péssimo | 500 | 1.167.000,00 | 4 | Ruim | 240 | 288.000,00 |
| | | | | 5 | Péssimo | 500 | 1.167.000,00 |
| 4 | Péssimo | 500 | 1.167.000,00 | 6 | Ruim | 260 | 312.000,00 |
| Custo de mão de obra | | | 520,00 | Custo de mão de obra | | | 620,00 |
| Custo Total (R\$): | | | 2.338.624,00 | Custo Total (R\$): | | | 1.799.393,74 |

Pode-se perceber que o LVC obteve um custo total superior ao IGG em cerca de 30%. O LVC classificou o km 209 como péssimo, para o qual DNIT (2003b) recomenda a reconstrução do segmento, fazendo com que R\$ 2.334.000,00 sejam necessários para a reabilitação dos segmentos finais do trecho analisado. Os custos menores de R\$ 2.134,08 e R\$ 4.104,00 ficaram com o Segmento 2 em ambos os métodos, onde somente é necessário aplicação de lama asfáltica. No IGG o custo maior de M&R é no Segmento 5, totalizando R\$ 1.167.000,00, onde também é necessário a reconstrução do trecho.

Para integrar os dois métodos de maneira complementar, realizou-se o cálculo dos custos de manutenção e reabilitação nos segmentos considerando a classificação mais desfavorável (regular, ruim ou péssimo) entre o LVC e o IGG. Nesse contexto, ao se considerar o pior cenário de classificação, obtém-se o valor total de R\$ 2.365.773,74. Observa-se que, em relação ao método de maior custo (LVC), a diferença de complemento dos métodos é de R\$ 27.149,74 para os segmentos avaliados.

Sobre os custos associadas aos levantamentos, ao se considerar apenas os custos de mão de obra responsável pelos serviços de campo, a execução do LVC resultou na alocação de uma diária para o técnico e outra para o motorista. Conforme estipulado por DNIT (2021), essas diárias representam um custo de R\$ 310,00 e R\$ 210,00, respectivamente, totalizando R\$ 520,00. Em contrapartida, no IGG, foram necessárias duas diárias para o técnico, resultando em um total de R\$ 620,00.

O Levantamento Visual Contínuo (LVC) apresentou que o Km 208 está em condições melhores que Km 209, pois os Segmentos 1 e 2 receberam classificações Ótimo e Bom, respectivamente, representando 50% do trecho analisado, já os Segmentos 3 e 4 também representando 50% receberam classificação Péssimo. O Índice de Gravidade Global (IGG), apresentou que os segmentos do km 208, foram classificados como Regular e Bom, entretanto os segmentos do Km 209 receberam classificação Ruim e Péssimo, confirmando que o Km 208 está em um estado melhor de conservação do pavimento asfáltico.

O LVC apresenta uma vantagem em relação ao IGG na questão do tempo de realização, que durou, aproximadamente, 3 horas para determinar o Índice de Gravidade Global Expedido (IGGE), o Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis e Semi Rígidos (ICPF) e o Índice do Estado de Superfície (IES) da rodovia, e uma desvantagem associada ao fato de que este método não considera todos os defeitos, contempla, apenas, trincas, deformações, panelas e remendos. No Índice de Gravidade Global tem-se a vantagem de que o método contempla uma variedade maior de defeitos e é realizado a pé, no qual o avaliador consegue de fato visualizar e constatar o defeito presente na rodovia. Contudo, quanto à sua duração, foram necessárias cerca de 12 horas para a coleta de dados do trecho analisado, exigindo, assim, um tempo maior dos avaliadores.

O IGG contribui para uma avaliação detalhada por ser objetivo. Ele proporciona parâmetros para a condição de superfície do pavimento, gerando um inventário da ocorrência de defeitos por meio dos formulários e classificação dos trechos. Por fim, os dois métodos são fundamentais para que se tenha conhecimento dos defeitos no pavimento, o que possibilita agir no sentido de minimizar estes problemas.

5. CONCLUSÃO

Esta pesquisa objetivou realizar uma comparação entre dois métodos de avaliação de defeitos de superfície em pavimentos rodoviários, um método subjetivo e um método objetivo, respectivamente, o Levantamento Visual Contínuo (LVC) e o Índice de Gravidade Global (IGG). Comparou-se as classificações dos segmentos do trecho escolhido, bem como também, possibilitou-se a comparação das alternativas de intervenção e custos de M&R.

Verificou-se diferenças no que se refere a classificação funcional do mesmo segmento entre os dois métodos de avaliação. O LVC apresentou os dois segmentos iniciais com classificação Bom e Ótima, enquanto os segmentos finais foram classificados como péssimo, decorrente do grande número de defeitos identificados. No IGG, apenas um segmento apresentou classificação Bom, dois segmentos apresentaram classificação Regular e a metade final do trecho analisado recebeu classificações Ruim e Péssima.

No que se diz respeito aos custos de manutenção e reabilitação pode-se perceber que o LVC apresentou a necessidade de um custo maior em relação ao IGG, devido à classificação dos segmentos finais que indicam a necessidade de reconstrução da rodovia.

Sabe-se que diferentes classificações do estado funcional do pavimento demandam estratégias de M&R e recursos distintos, devendo-se analisar o método de levantamento mais apropriado, levando-se em consideração aspectos como custo e tempo de levantamento, materiais e pessoal necessários, entre outros. Ademais, o IGG, por ser um método objetivo, pode ser mais acurado na classificação do estado de conservação do pavimento, pois quantifica os defeitos existentes, sem dependência da opinião dos avaliadores, como o LVC.

Nesse sentido, é importante destacar que a complementaridade entre o IGG e o LVC pode ser

estratégica. Enquanto o IGG oferece uma abordagem quantitativa (objetiva), fornecendo dados específicos sobre os defeitos, o LVC contribui com uma avaliação qualitativa (subjetiva), identificando visualmente uma variedade de defeitos. A combinação desses métodos pode proporcionar uma visão mais abrangente da condição do pavimento, permitindo uma tomada de decisão mais racional na definição de estratégias de M&R. Dessa forma, a escolha entre o IGG e o LVC, ou mesmo a aplicação conjunta, dependerá das necessidades específicas da avaliação do pavimento em questão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cavalcante, R. L., Fernandes Junior, J. L., Suárez, D. A. A. (2018), Análise Comparativa Entre Métodos de Levantamento de Defeitos em Pavimentos Flexíveis: Estudo de Caso na BR 060/MS. *46ªed. Revista Pavimentação*. 14 (1): 52-70.
- Confederação Nacional do Transporte. (2022), Pesquisa CNT Rodovias. Relatório gerencial. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2003a). *DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2003b). *DNIT 008/2003 – PRO: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2003c) Diretoria Executiva. Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes. *Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes*. Volume 01: Metodologia e Conceitos - 3ª Edição - Brasília.
- Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes. (2006). *Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos*. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro.
- Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes. (2017). *CMG: Custos Médios Gerenciais*. Disponível em: [copy_of_anexoixcustomdiogerencialjulho2017.pdf \(www.gov.br\)](http://www.gov.br/copy_of_anexoixcustomdiogerencialjulho2017.pdf). Acesso em: 19 jan. 2023.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2021). Relatório de Consolidação dos Custos de Mão de Obra. Tabela de Preços de Consultoria - mês de referência: outubro de 2021.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2022). Sistema de Custos Referenciais de Obras - SICRO. Relatório Sintético de Composições de Custos CE, outubro/2022.
- Espíndola, A. C., Silva, C. A. U., Nobre Junior, E. F., Romeiro Junior, C. L. S. (2018). “Avaliação Funcional da Rodovia BR-104/AL–Trecho Urbano Da Cidade De Maceió/AL” in: Anais do 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET, Gramado (Brasil), pp. 1398-1409.
- Fernandes, P. G. P. S.; Carvalho, P. H. F. C.; Nobre Júnior, E. F.; Oliveira, F. H. L. (2018). “Avaliação das condições de superfície de pavimentos rodoviários por meio do VSA e do IRI obtido por aplicativo para smartphones”. in: Anais do 32º Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes (ANPET), Gramado, Santa Catarina, pp. 1212-1221.
- Lira, M. N., Oliveira, F. H. L. (2019). “A Influência das Avaliações Objetiva e Subjetiva na Manutenção e Reabilitação de Rodovias Brasileiras” in: XX Congresso Ibero-Latino-Americano do Asfalto. Anais do Congresso Ibero-Latino-Americano do Asfalto, Guadalajara (México), pp. 1-10.
- Marcolan, C. M., Klamt, R. A., Knierim, L. S. (2020), Avaliação das Condições Funcionais de um Pavimento para Soluções de Restauração. *Revista de Engenharia e Tecnologia*. 12 (2):149-160. ISSN 2176-7270.
- Moura, M. A. S. (2017) “Avaliação de Manifestações Patológicas na TO-164 entre os Municípios De Xambioá e Araguaianã–TO”. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário Luterano de Palmas.

- Santos, D. C. M. F., Silva Júnior, F. V. (2018), Levantamento Visual Contínuo: Análise da Rodovia TO-255, trecho de Porto Nacional a Monte do Carmo. *Engineering Sciences*. 6 (1):10-20. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2018.001.0002>
- Santos, T. S. P. (2014), “Comparação do método DNIT 006/2003 com Solução Alternativa para Determinação do Índice de Gravidade Global (IGG): avaliação de trecho da PE-95 Caruaru-Limoeiro”. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Pernambuco.
- Santos, Y. R. P., Barbosa, C. E. B., Lima, J. J., Meneses, M. M. M., Nascimento, P. D. L. (2021), Classificação e Diagnóstico do Estado de Conservação de uma Via em Pavimentação Asfáltica do Município de Caruaru, Pernambuco, Brasil. *Research, Society and Development*. 10 (17): 1-12. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i17.24257>.
- Silva, J. P. O., Oliveira, F. H. L., Araújo, C. B. C. (2018a) Análise Funcional Comparativa de Trecho da BR-116 no Estado do Ceará. *Revista Tecnologia*. 39 (2): p. 1-21. <https://doi.org/10.5020/23180730.2018.7427>.
- Silva, R. C., Motta, L. M. G., Vianna, K. K. L., Souza Junior, J. G., Costa, D. P. (2018b) Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) Pelo Método da Varredura - Comparação com Outros Métodos. *Revista Estradas*. 23 (1): 64-70.
- Silva, S. O., Chaves, J. W. R., Almeida, L. C., Oliveira, F. H. L. (2022). “Avaliação Funcional De Vias Urbanas Por Meio Do Índice De Gravidade Global (IGG) -Estudo De Caso No Município De Caucaia-Ce”. in: Anais do 24º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR)/47ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv), pp. 1011-1021.
- Soncim, S. P.; Fernandes Júnior, J. L. (2015), Modelo de Previsão do Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis. *Journal of Transport Literature*, 9 (3):25-29. <https://doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v9n3a5>
- Sousa, J. L. C., Batista, J. C., Bastos, S. D. V., Nascimento, N. V., Barcelos, P. F., Ramos, S. P., Brasileiro, F. L. C. (2022), Avaliação da superfície de pavimentos flexíveis pelos métodos do IGG e LVC: na BR 222 (Trecho Forquilha- Fortaleza). *Brazilian Journal of Development*. 8(5): 36507–36519. DOI: 10.34117/bjdv8n5-250.
- Vieira, S. A., Pinho Júnior, A. A. E., Oliveira, F. H. L., Aguiar, M. F. P. (2016), Análise Comparativa de Metodologias de Avaliação de Pavimentos Através do IGG e PCI. *Conexões - Ciência e Tecnologia*, 10(3):20-30. ISSN 2176-0144. <https://doi.org/10.21439/conexoes.v10i3.799>.