

Aplicação do Índice de Gravidade Global em Trecho da PB-262 como Estratégia de Reabilitação de danos na Pavimentação

João Paulo Marçal de Souza

Bacharelando em Engenharia Civil, Instituto Federal da Paraíba, Patos, Brasil,
joao.marcal@academico.ifpb.edu.br

Kyvya Dayse Alves de Medeiros

Bacharelada em Engenharia Civil, Instituto Federal da Paraíba, Patos, Brasil,
kyvya.medeiros@academico.ifpb.edu.br

Lucas Candeia Porto

Bacharelando em Engenharia Civil, Instituto Federal da Paraíba, Patos, Brasil,
lucas.candeia@academico.ifpb.edu.br

Vinicius Cruz Damascena

Bacharelando em Engenharia Civil, Instituto Federal da Paraíba, Patos, Brasil,
vinicius.cruz@academico.ifpb.edu.br

Diego de Paiva Bezerra

Professor orientador, Instituto Federal da Paraíba, Patos, Brasil, diego.paiva@ifpb.edu.br

RESUMO: O sistema viário é o principal meio de transporte no Brasil e desempenha um papel crucial no desenvolvimento econômico e social do país. Portanto, é imperativo que esse sistema ofereça aos usuários uma infraestrutura de alta qualidade, atendendo às necessidades fundamentais de conforto e segurança, o que implica na adequada manutenção da superfície de circulação. Nessa perspectiva, este estudo parte das experiências de diversos usuários da rodovia PB-262 (trecho Teixeira, PB - Pedra do Tendó), que enfrenta problemas funcionais prejudicando sua eficácia. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estado do pavimento asfáltico de um trecho turístico da PB-262, utilizando o Índice de Gravidade Global (IGG), buscando oferecer um embasamento técnico-científico para um programa de restauração e preservação da rodovia. O programa metodológico foi dividido em duas etapas: i) Coleta de dados fotográficos e construtivos do trecho analisado; e ii) Aplicação do Método do Índice de Gravidade Global. Com base no inventário e na classificação pelo IGG, foram analisadas as interferências dos veículos de carga nas condições da rodovia, assim como as influências das condições do pavimento na trafegabilidade dos veículos. O método indicou uma condição avançada de deterioração nas faixas de rolamento da rodovia, com o surgimento de diversos defeitos significativos que requerem reparos. Além disso, no trecho estudado, observou-se que os danos causados pela carga são os mais frequentes, comprometendo a segurança dos veículos e dos seus usuários.

PALAVRAS-CHAVE: Defeitos em Pavimentos, Manutenção, Restauração, Metodologia de Avaliação de rodovias.

ABSTRACT: The road system is the main means of transportation in Brazil and plays a crucial role in the country's economic and social development. Therefore, it is imperative that this system offers users a high-quality infrastructure, meeting the fundamental needs of comfort and safety, which implies proper maintenance of the road surface. With this in mind, this study draws on the experiences of several users of the PB-262 highway (Teixeira, PB - Pedra do Tendó section), which is facing functional problems that are hampering its effectiveness. The aim of this work was to assess the state of the asphalt sidewalk on a tourist stretch of the PB-262, using the Global Gravity Index (GGI), in order to provide a technical and scientific basis for a program to restore and preserve the road. The methodological program was divided into two stages: i) Collection of photographic and construction data of the stretch analyzed; and ii) Application of the Global Gravity Index Method. Based on the inventory and the GGI classification, the interference of freight vehicles on the condition

of the road was analyzed, as well as the influence of sidewalk conditions on vehicle trafficability. The method indicated an advanced condition of deterioration on the road's carriageways, with the appearance of several significant defects that require repair. In addition, on the stretch studied, it was observed that damage caused by cargo is the most frequent, compromising the safety of vehicles and their users.

KEYWORDS: Sidewalk Defects, Maintenance, Restoration, Road Assessment Methodology.

1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é o principal método logístico para a movimentação de cargas e passageiros. A relevância desse meio está diretamente ligada à economia dos países, uma vez que as rodovias proporcionam uma fácil mobilidade ao se conectarem. Nessa perspectiva, a condição do pavimento desempenha um papel fundamental e influente no contexto socioeconômico, de modo que uma rodovia com pavimento em más condições eleva os custos operacionais dos veículos, diminui o conforto e compromete a segurança dos passageiros (Pitilin, 2020).

No contexto brasileiro, um país de dimensões continentais, o meio de transporte rodoviário assume uma posição proeminente como o mais prevalente. Ele responde por aproximadamente 64,9% do transporte de cargas e mais de 90% do total de passageiros, destacando-se como uma infraestrutura de extrema importância. Entretanto, a realidade contrasta significativamente, com muitas estradas apresentando uma variedade de problemas em seus pavimentos (Araújo *et al.*, 2019).

De acordo com as pesquisas da Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2018), a condição atual dos pavimentos no país demanda atenção. Mais de 50% deles apresentam problemas, com 37,0% classificados como em estado regular, 9,5% considerados ruins e 4,4% como péssimos, não cumprindo sua principal função de proporcionar aos usuários uma superfície de circulação de qualidade. Diversos fatores estão relacionados ao surgimento desses defeitos, sendo comum constatar que a maioria deles está associada ao tráfego intenso de veículos, à falta de um sistema de drenagem adequado e às condições climáticas. Além disso, falhas na execução e a utilização de materiais inadequados para a pavimentação frequentemente contribuem para o aparecimento precoce de defeitos.

Para além do processo de diagnóstico, o qual compreende etapas como vistoria, inspeção, auditoria e perícia (Gomide *et al.*, 2021), é importante entender o estado situacional de degradação para direcionar a tomada de medidas e plano de manutenções preventivas das rodovias. Sob essa ótica, uma maneira de prevenir o desenvolvimento dos problemas nos pavimentos consiste em mapeá-los, buscando compreender a condição da malha viária e, desse modo, direcionar recursos apropriados conforme a gravidade dos defeitos. Para tal, é crucial contar com um método ágil que subsidie a criação de um banco de dados, viabilizando a implementação de ações coordenadas com base no entendimento da severidade dos defeitos nas superfícies de circulação (Lázaro *et al.*, 2022).

Nessa perspectiva, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) descreve um método para a determinação das condições superficiais do pavimento por meio do Índice de Gravidade Global (IGG), útil para uma análise subjetiva da superfície do pavimento e de um inventário que possibilita classificar e quantificar os defeitos encontrados ao longo da via, sendo preferível, dada a facilidade com que pode retratar a condição do trecho analisado (DNIT, 2003).

Nesse ínterim, a seleção do trecho da PB-262 como foco de estudo para esta pesquisa ocorreu devido à sua relevância na conexão eficiente entre diversos municípios e no impulso ao desenvolvimento regional. Além disso, considerou-se o intenso tráfego de veículos, tanto de carga quanto de turismo, na região. Vale destacar que, desde sua construção, a rodovia nunca passou por um processo de restauração, recebendo apenas intervenções de manutenção por meio da operação "tapa buraco". No entanto, já se observam diversas manifestações patológicas ao longo da via. Dessa forma, este estudo tem por objetivo apresentar a criação de um banco de dados da aplicação do IGG para a rodovia PB-262, por ser uma ferramenta com potencial para a avaliação sistemática de pavimentos. Logo, observa-se que os dados coletados em campo podem ser utilizados como ponto de partida para uma tomada de decisão, quanto à necessidade de manutenção do pavimento.

2 LOCAL DO ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa é um trecho de aproximadamente dois quilômetros da rodovia estadual PB-262 que inicia no final da área urbana do município de Teixeira-PB até a Pedra do Tendó na Serra do Teixeira, Paraíba. Para tanto, a via estadual PB-262 desempenha o papel de ligação viária entre Teixeira-PB e São José do Bonfim-PB com a área metropolitana de Patos-PB. A Figura 1 apresenta a localização do trecho da PB-262 em questão.

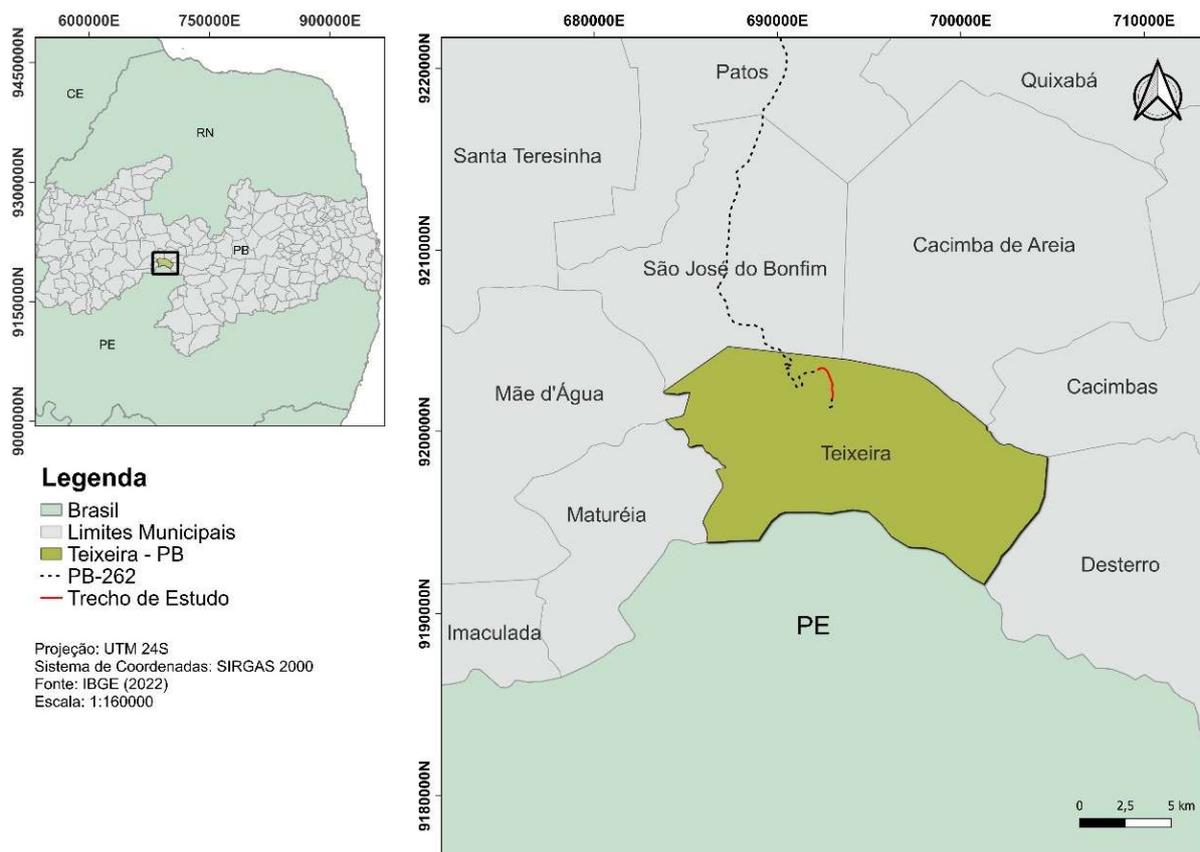


Figura 1. Localização da área de estudo.

Devido a importância estratégica da Serra do Teixeira, o Governo Federal, por meio do decreto nº 11.552 (2023), criou o Parque Nacional da Serra do Teixeira. O Parque Nacional da Serra do Teixeira é uma unidade de conservação brasileira de proteção integral à natureza que ocupa parte dos municípios de Água Branca, Cacimba de Areia, Catingueira, Imaculada, Juru, Mãe d'Água, Maturéia, Olho d'Água, Santa Terezinha, Santana dos Garrotes, São José do Bonfim e Teixeira no estado da Paraíba (Brasil, 2023). Logo, a área analisada tem essencial importância ambiental e turística para o município de Teixeira, Paraíba, sendo necessária uma infraestrutura rodoviária eficiente que promova segurança, tendo em vista que o trecho da PB-262 trata-se de uma rodovia montanhosa, e conforto para os usuários.

3 METODOLOGIA

A execução do estudo foi realizada em duas etapas distintas que compreendem levantamentos *in loco* e a análise situacional. Para tanto, o programa metodológico da pesquisa é apresentado pelo fluxograma abaixo (Figura 2).

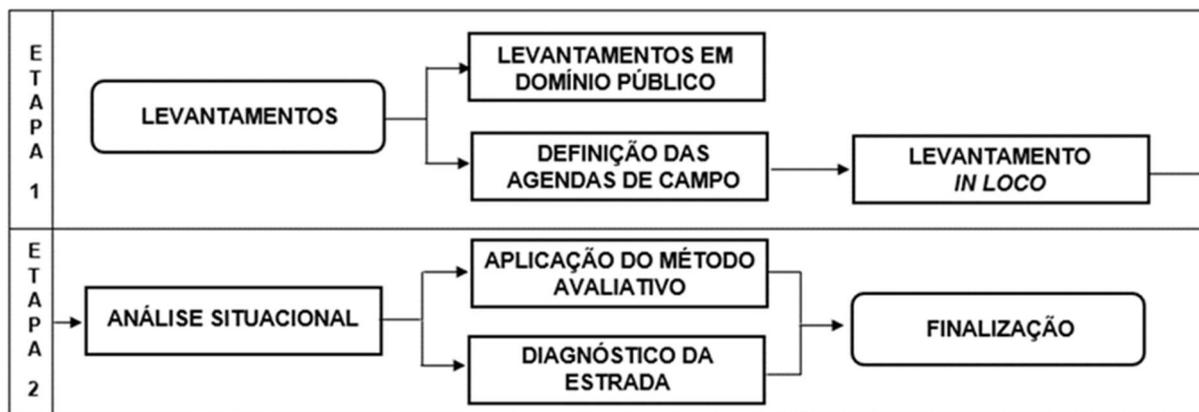


Figura 2. Programa metodológico do estudo.

Para tanto, os itens abaixo descrevem o percurso metodológico da etapa de levantamentos (Item 3.1) e da análise situacional do trecho da PB-262 em questão (Item 3.2)

3.1 Etapa 1: Levantamentos

Em um primeiro momento, foram feitos os levantamentos dos dados em campo, sendo que de início realizou-se o estaqueamento e a demarcação da via escolhida para o estudo e, em seguida, uma avaliação utilizando os métodos estabelecidos no trabalho, conforme as normas DNIT 005/2003 - TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos e DNIT 006/2003 - PRO - Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis.

Por ser uma estrada de rodagem simples (com apenas um eixo central), a avaliação é feita nas duas vias. Conforme a norma DNIT 006/2003, os locais de avaliação em estradas de pista única devem ser posicionados a cada 20 metros, alternadamente em relação ao eixo da pista (40 metros em cada faixa de tráfego). A Figura 3 apresenta o esquema representativo realizado em campo.

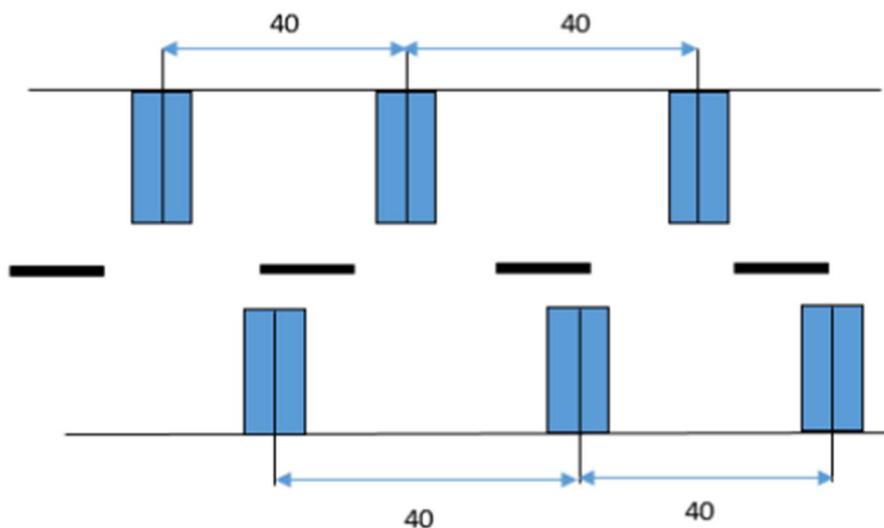


Figura 3. Estações realizadas na rodovia. Fonte: Vilela; Fialho (2018).

Para delimitar as áreas de avaliação no pavimento, é necessário utilizar tinta para demarcação. Cada estação recebe o número correspondente à estaca ou distância do marco quilométrico, sendo pintado junto à borda do revestimento. A demarcação inclui um traço de 0,30 m x 0,025 m alinhado com a seção transversal, colocando sua extremidade externa a 0,06 m da borda do revestimento da pista. Além disso, dois traços adicionais devem ser feitos, um 3,00 m à frente e outro 3,00 m atrás. Em cada área delimitada, é importante anotar (Figura 6) qualquer defeito no pavimento, conforme estabelecido na norma DNIT 005/2003-TER.

3.2 Etapa 2: Análise Situacional

Para analisar o estado do pavimento por meio da codificação e classificação de danos no revestimento, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes recomenda a adoção da norma DNIT 006/2003. Essa norma, intitulada DNIT 006/2003 – PRO (Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento), tem como objetivo descrever a condição global do revestimento do pavimento com base nos defeitos superficiais. Ela estabelece as condições necessárias para a avaliação objetiva da superfície de pavimentos rodoviários, tanto flexíveis quanto semi-rígidos, por meio da contagem e classificação de ocorrências visíveis e da medição de deformações permanentes.

Para cada uma das manifestações patológicas inventariadas foi calculado um Índice de Gravidade Individual (IGI), o qual consistiu na relação entre a frequência relativa (f_r) e o fator de ponderação (f_p), conforme a Equação 1.

$$IGI = f_r \times f_p \quad (1)$$

Inicialmente, estimou-se a frequência absoluta (f_a) de ocorrência de cada tipo de manifestação patológica, que corresponde ao número de vezes (n) em que a ocorrência foi verificada. Em seguida obteve-se a frequência relativa (f_r), calculada pela Equação 2.

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

Com todos os parâmetros determinados, foi possível calcular o Índice de Gravidade Global (IGG), como sendo o somatório de todos os IGI, conforme Equação 3.

$$IGG = \sum IGI \quad (3)$$

Com isso, pode-se determinar o estado situacional do trecho a partir do coeficiente de gravidade do trecho analisado, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da norma DNIT 006/2003 – PRO para determinação do estado situacional da superfície de rodovias em função do IGG.

Faixa de análise	Classificação
IGG entre 0 e 20	Ótimo estado situacional
IGG entre 20 e 40	Bom estado situacional
IGG entre 40 e 80	Regular estado situacional
IGG entre 80 e 160	Ruim estado situacional
IGG maior que 160	Péssimo estado situacional

As análises e discussões obtidas a partir dos resultados do programa metodológico estão apresentadas na seção 4 abaixo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar as anomalias presentes na rodovia PB-262, foi empregada a técnica de fotointerpretação das marcações das estações registradas conforme DNIT 006 (2003), abrangendo uma área de cerca de 30 metros quadrados. Dentre os diversos tipos de danos superficiais identificados, merecem destaque as fissuras, trincas interconectadas, exsudação, desgaste e remendos.

A análise dos dados das estações inventariadas no estudo foi conduzida por meio da elaboração de mapas de danos das estações, conforme ilustrado na Figura 3. A incidência mais significativa de fendas no pavimento foi identificada como fissuras, representando uma predominância de 14,71%. Essas aberturas no

revestimento do pavimento, são caracterizadas por serem estreitas e podem estar localizadas ao longo, transversalmente ou diagonalmente em relação ao eixo da via. Elas só são perceptíveis a olho nu a uma distância inferior a 1,50 m. É relevante destacar que essas fissuras são consideradas incipientes, pois não representam uma ameaça à integridade estrutural do pavimento nem à funcionalidade da rodovia, e, portanto, não são avaliadas quanto à sua gravidade nos métodos de avaliação das condições de superfície atualmente utilizados.

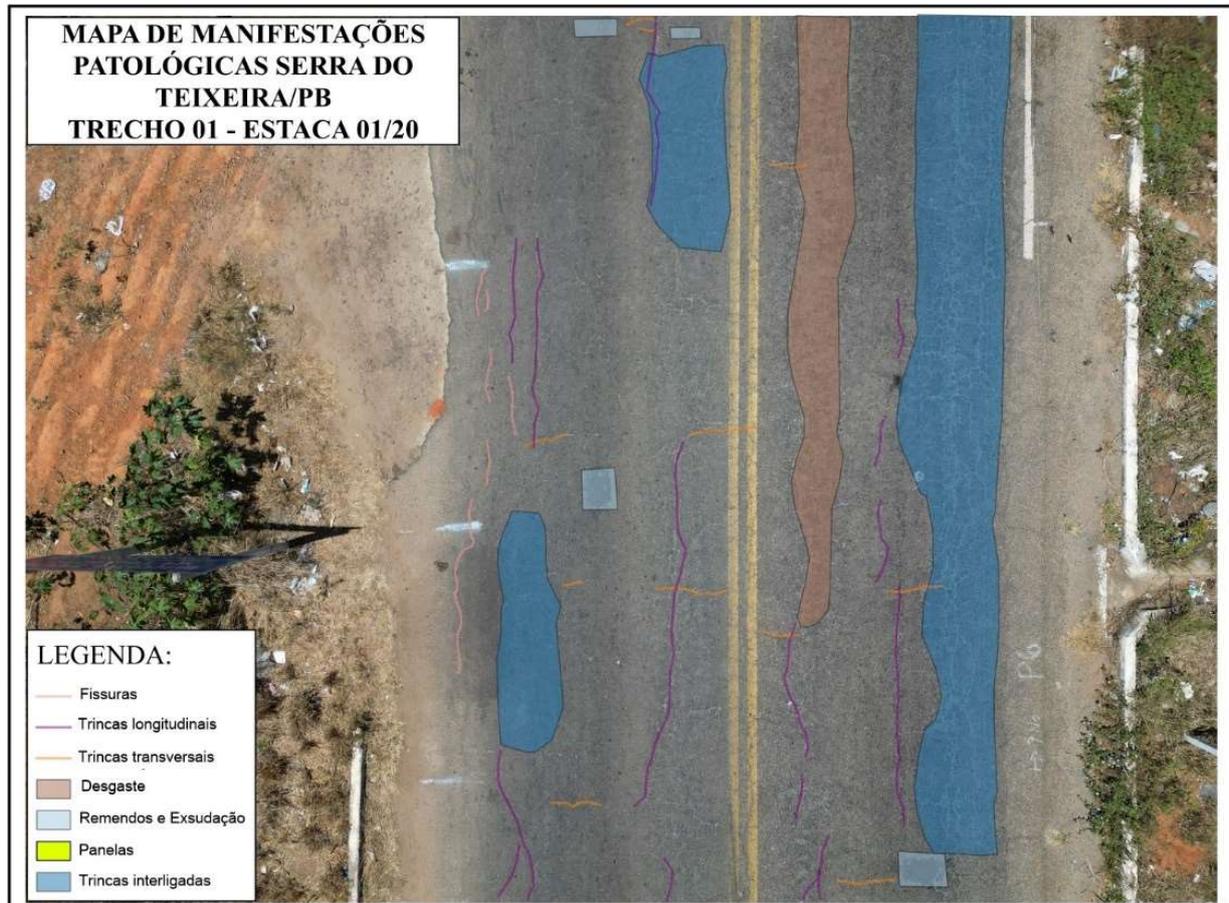


Figura 3. Mapa de danos da estação 1 do trecho inicial da rodovia estadual PB-262.

Observa-se que cerca de 30% das manifestações patológicas são caracterizadas como fendas, as quais se estendem transversalmente, longitudinalmente ou se interligam na superfície da rodovia. Estas fissuras são claramente visíveis a olho nu, sendo mais amplas do que as fissuras regulares. Essas anomalias são causadas por repetidas deformações resultantes das cargas do tráfego, presença de camadas instáveis sob o revestimento, espessura insuficiente do revestimento para suportar as cargas, contração da camada asfáltica devido a variações de temperatura e aumento da rigidez do revestimento, e oxidação precoce do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) devido ao calor elevado durante a mistura, conforme observado por Silva & Oliveira (2021) e Gaspar & Pinheiro (2021).

Os outros tipos de manifestações patológicas se apresentam em menores ocorrências. A Figura 4 abaixo permite a visualização das principais manifestações patológicas identificadas e a sua frequência absoluta, a saber: i) Fissuras (FI); ii) Trinca Transversal curta (TTC); iii) Trinca Longitudinal Curta (TLC); iv) Desgaste (D); v) Remendos (R); vi) Trinca Longitudinal Longa (TLL); vii) Trinca “Couro de Jacaré” (J); viii) Trinca Transversal Longa (TTL); ix) Exsudação (EX); x) Trinca “Couro de Jacaré” com erosão nas bordas (JE); xi) Trincas em Bloco (TB); xii) Painelas (P); xiii) Trincas de Retração (TRR); xiv) Escorregamento (E); xv) Trincas em Bloco com erosão nas bordas (TBE); e xvi) Ondulações (O).

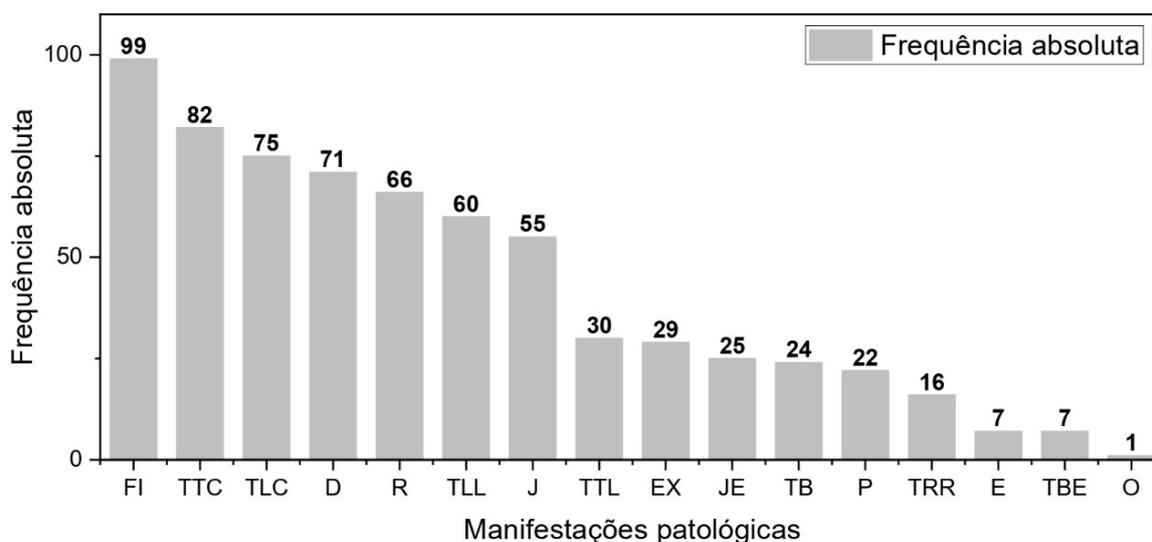


Figura 4. Frequência absoluta dos danos obtidos com a inspeção *in loco*.

Devido à falta de manutenção adequada e um cronograma periódico de restauração, o trecho analisado apresenta uma série de manifestações patológicas, como visto na Figura 4. Essa desatenção resultou em problemas funcionais, comprometendo tanto a segurança quanto a eficiência do trecho em questão. As fissuras, trincas, remendos, panelas e desgaste são as evidências visíveis dessas falhas na manutenção.

Após a identificação das manifestações patológicas e a obtenção da frequência absoluta delas, foi calculado o Índice Gravidade Individual (IGI) e posteriormente o Índice de Gravidade Global (IGG), como pode-se observar na Tabela 1.

Tabela 1. Índice de Gravidade Global do trecho analisado.

Manifestações Patológicas	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	Índice de Gravidade Individual
	(Fa)	(Fr)	(Fp)	(IGI)
FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR	362	362	0,2	72,4
J e TB	79	79	0,5	39,5
JE e TBE	32	32	0,8	25,6
ALP, ATP, ALC e ATC	0	0	0,9	0
O, P e E	30	30	1	30
EX	29	29	0,5	14,5
D	71	71	0,3	21,3
R	66	66	0,6	39,6
Nº de estações	100	Índice de Gravidade Global (IGG)		242,9

Diante dos cálculos, o valor encontrado para o IGG no trecho analisado foi de 242,9, um índice bastante elevado. Conforme os critérios estabelecidos na normativa DNIT 006 - PRO (2003), em que um valor superior a 160 é indicativo de condições inadequadas, é possível categorizar o estado do trecho como péssimo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado do IGG indica uma situação péssima em relação às condições do pavimento, indicando como principais contribuintes uma combinação de fatores, como falta de manutenção, desgaste severo do revestimento asfáltico, problemas estruturais ou até mesmo inadequações no projeto da rodovia.

Diante disso, é necessário conduzir uma análise mais aprofundada para identificar as causas específicas desse alto índice que consequentemente envolve ensaios mais detalhados e testes estruturais para entender a extensão dos danos completamente.

Além disso, a escolha de medidas corretivas deve ser cuidadosamente ponderada, levando em conta a urgência da situação e a viabilidade econômica, com objetivo de garantir a segurança e conforto para os usuários e a funcionalidade adequada da rodovia.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro do Instituto Federal da Paraíba (IFPB) para realização da pesquisa e pagamento das bolsas aos discentes. À Diretoria de Pesquisa – PRPIPG e à Coordenação de Pesquisa do *campus* Patos pelo suporte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, A. dos S., Cruz, C. M. dos S. da, Barreto, J. de M., Cruz, K. A. da, Geribello, R. S., Amarante, M. dos S. (2019) Modais de Transporte no Brasil. *Revista Pesquisa & Ação*, 5 (2), p. 1-27.
- Brasil (2023). Diário Oficial da União. *Decreto nº 11.552 de 05 de junho de 2023*. Brasília.
- Confederação Nacional do Transporte (2018). *Pesquisa CNT de rodovias 2018*. Brasília. Disponível em: <<https://cnt.org.br/pesquisa-rodovias>>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2003). Norma DNIT 005/2003 – TER. *Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia*. Rio de Janeiro.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2003). Norma DNIT 006/2003 – PRO. *Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Gaspar, M. A. V., Pinheiro, J. G. L. (2021) Estudo descritivo das principais patologias encontradas em pavimentações asfálticas de estradas de rodagem. *Rev. Episteme Transversalis*, 12 (3), p. 245-271.
- Gomide, T. L. F., Flora, S. M. D., Braga, A. G. M., Gullo, M. A., Fagundes Neto, J. C. P. (2021) *Manual de engenharia diagnóstica*, 2. ed., Leud, São Paulo, 432 p.
- Lázaro, B. de O, Chuerubim, M. L., Ribeiro, R. L., Almeida, Y. M. de, Tristão, M. V. de O. (2022) Avaliação das condições de superfície de pavimentos urbanos com o auxílio de ferramentas de análise espacial. *Transportes*, 30 (1), p. 1-17.
- Pitilín, G. R. (2020) *Aplicação de metodologia de avaliação da trafegabilidade das estradas rurais na microrregião de Toledo - PR*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste, 187 p.
- Silva, P. O. A., Oliveira, R. F. (2021) Patologias em Pavimentos Flexíveis. *Revista GeTeC*, 10 (30), p. 35-52.
- Vilela, J. V., Fialho, M. D. A. (2018) *Análise do perfil patológico encontrado na Rua Manoel Gonçalves de Castro/Caratinga/MG pelo método IGG*. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdades DOCTUM de Caratinga, 50 p.