

AVALIAÇÃO DE PAVIMENTO NA CIDADE DE GOIÂNIA/GO PELO MÉTODO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

Marcela Leão Domiciano¹
Raquel Guedes da Silva²
Morgana Jesus Moura³
Marcus Vinícius Paula de Lima⁴
Daniela Kunz⁵
José Gustavo Venâncio da Silva Ramos⁶

RESUMO

Os pavimentos suportam e difundem os esforços produzidos pelo tráfego, o que garante boa trafegabilidade e proporciona conforto e segurança aos usuários. No entanto, após certo tempo de uso, o pavimento pode apresentar algumas manifestações patológicas, as quais necessitam de manutenção e/ou reparo para que o desempenho de suas funções básicas seja satisfatório. Pode-se dizer que estas patologias são manifestações inerentes à utilização do pavimento e que podem ser agravadas por falta de recursos para a restauração adequada da estrutura, bem como à falta de manutenção e reabilitação dos pavimentos. Dessa forma, a finalidade deste trabalho é identificar as principais manifestações patológicas em um trecho da Avenida Anhanguera da cidade de Goiânia/GO e realizar uma avaliação objetiva da superfície do pavimento por meio do método do índice de gravidade global (IGG), a fim de se estabelecer o conceito de qualidade do referido trecho. Para isso, a análise ocorreu de forma amostral em algumas estações do segmento em estudo, com área e distanciamento entre elas prefixados pelas especificações do DNIT. Foi possível concluir que, após análise pelo método IGG, há necessidade de manutenção e reparo do local, uma vez que a situação do pavimento pode comprometer a capacidade de impermeabilização do revestimento, além de reduzir sua resistência e capacidade de suporte.

Palavras-chave: Pavimentos; Manifestações Patológicas; Manutenção.

EVALUATION OF PAVEMENT IN THE CITY OF GOIÂNIA/GO BY THE GLOBAL GRAVITY INDEX (IGG) METHOD

ABSTRACT

Pavements support and diffuse the efforts produced by traffic, which ensures good trafficability and provides comfort and safety to users. However, after a certain time of use, the pavement may present some pathological manifestations, which require maintenance and/or repair so that the performance of its basic functions is satisfactory. It can be said that these pathologies are manifestations inherent to the use of the pavement and that they can be aggravated by the lack of resources for the adequate restoration of the structure, as well as the lack of maintenance and rehabilitation of the pavements. Thus, the purpose of this work is to identify the main pathological manifestations in a section of Avenida Anhanguera in the city of Goiânia/GO and to carry out an objective evaluation of the pavement surface using the global gravity index (GGI) method, in order to establish the concept of quality of that section. For this, the analysis took place on a sample basis in some stations of the segment under study, with area and distance between them prefixed by the DNIT specifications. It was possible to conclude that, after analysis by the IGG method, there is a need for maintenance and repair of the site, since the situation of the pavement can compromise the waterproofing capacity of the coating, in addition to reducing its resistance and bearing capacity.

Keywords: Pavements; Pathological Manifestations; Maintenance.

Recebido em 02 de março de 2024. Aprovado em 29 de abril de 2024

¹ Doutoranda em Geotecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás. marcelaleaodomiciano@gmail.com

² Engenheira Civil pelo Centro Universitário de Goiânia - Faculdades Objetivo. Especialista em Engenharia Diagnóstica. raquel.guedes.eng@gmail.com

³ Engenheira Civil pelo Centro Universitário de Goiânia - Faculdades Objetivo. jmouraengenharia@gmail.com

⁴ Professor na UTFPR (câmpus Toledo/PR) e na UniFatecie, de Paranavaí/PR. mavipali01@gmail.com

⁵ Engenheira civil na Prefeitura Municipal de Missal. Além disso, atua como docente e coordenadora adjunta no curso de Engenharia Civil na Faculdade UNIGUAÇU. dani-kunz@hotmail.com

⁶ Professor do curso de Engenharia de Transportes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) - Campus Goiânia. jose.ramos@ifg.edu.br

INTRODUÇÃO

Pavimento pode ser definido como uma estrutura construída sobre um terreno de fundação (conhecido como subleito), com o objetivo de resistir aos esforços provocados pela ação das cargas de roda de veículos e às variações térmicas e higrométricas, a fim de permitir o tráfego seguro e satisfatório em todo seu ciclo de vida útil (BERNUCCI *et al.*, 2008; BACCHIERI e BARROS, 2011; ALENCAR *et al.*, 2018).

Segundo Wang *et al.* (2017), a utilização de materiais de qualidade para a execução dos pavimentos mostra-se fundamental para comodidade e boas condições de trafegabilidade. Os autores informam que os materiais mais utilizados na pavimentação urbana, industrial ou rodoviária são os solos com maior capacidade de suporte, materiais rochosos, calçamento, concreto de cimento Portland e concreto asfáltico. Salienta-se que a camada de pavimento pode ser constituída por um ou mais materiais colocados sobre um terreno natural ou terraplanado, com a finalidade de aumentar sua resistência e auxiliar no tráfego de pessoas ou veículos (SANCHEZ *et al.*, 2016).

No entanto, nota-se que diversas manifestações patológicas podem surgir nos pavimentos, tais como: fissuras, buracos, trincas, ondulações, entre outras, o que pode não proporcionar a devida segurança ao tráfego. (WU, TIA e CHOUBANE, 2007; BERNUCCI *et al.*, 2008; SILVA, 2008; GOMES e SILVA JÚNIOR, 2019).

De acordo com a CNT (2022), 66% das rodovias avaliadas no ano de 2022 apresentaram algum tipo de problema no estado geral, sendo que 55,5% dos trechos avaliados apresentaram defeitos no pavimento. Pode-se dizer que estas patologias ocorrem devido à carência de recursos ao se executar a pavimentação, bem como à falta de manutenção e reabilitação dos pavimentos, e ao grande crescimento do tráfego. Portanto, para se evitar patologias é importante que sejam utilizados materiais com boa qualidade e mão de obra capacitada (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

O surgimento de patologias, sem os devidos reparos, prejudica o desempenho das rodovias existentes no país, impossibilita a manutenção do tráfego e reduz a vida útil dos pavimentos (DOMINGUES, 1993). Diante disso, o conhecimento das causas responsáveis por estas degradações é fundamental para que se obtenham soluções que contribuam para o desempenho satisfatório dos pavimentos.

Neste cenário, o objetivo deste trabalho é identificar e classificar os tipos de patologias existentes em um trecho da Avenida Anhanguera da cidade de Goiânia/GO, buscando realizar uma avaliação objetiva da superfície dos pavimentos do local por meio do método do Índice de Gravidade Global (IGG), a fim de se estabelecer o critério de qualidade do referido trecho.

ESTUDO DE CASO

Para este estudo de caso foi analisado um trecho de aproximadamente 300 metros de extensão da Avenida Anhanguera, região central da cidade de Goiânia/GO, conforme Figura 1.

Esta avenida foi escolhida por ser uma via bastante utilizada pela população da cidade que utiliza transporte público. Foi utilizado o método do Índice de Gravidade Global (IGG) para avaliação objetiva da situação do pavimento do local, conforme especificações técnicas do DNIT (2003a, 2003b).

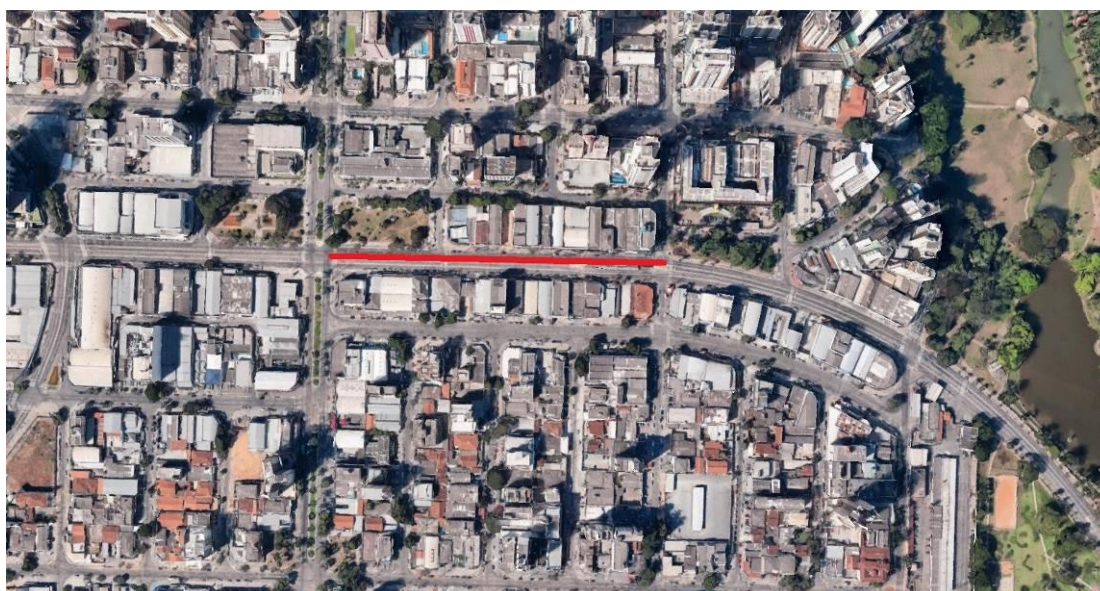


Figura 1. Local de estudo – Avenida Anhanguera – Goiânia/GO (Google Earth, 2023).

Análise pelo método do Índice de Gravidade Global (IGG)

O Índice de Gravidade Global (IGG) é determinado de forma amostral para algumas estações, com área e distanciamento entre elas prefixados pelas especificações 006 (DNIT, 2003a) e 007 (DNIT, 2003b). De acordo com DNIT (2003a, 2003b), as estações são inseridas a cada 20 metros, na faixa mais solicitada pelo tráfego, e a superfície avaliada em cada estação apresenta 6 metros de extensão e largura igual a da faixa a ser avaliada.

Ressalta-se que o método contabiliza as frequências absolutas (f_a) de cada um dos tipos de defeitos e uma frequência relativa (f_r) ao conjunto das estações de um dado segmento. A frequência absoluta é o somatório da quantidade de estações que apresentam um tipo de defeito, ou seja, não há soma da quantidade de defeitos e sim a quantidade de estações que possuem um tipo de defeito. Já a frequência relativa é a frequência absoluta multiplicada pela porcentagem de estações onde ocorre este determinado tipo de defeito, sendo que 100% corresponde à totalidade das estações de um dado segmento.

A norma 006 (DNIT, 2003a) estabelece um fator de ponderação para cada tipo de defeito, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Fator de ponderação (Adaptado de DNIT, 2003a)

TIPO DE DEFEITO	CODIFICAÇÃO	FATOR DE PONDERAÇÃO (f_p)
1	Fissuras e trincas isoladas	0,2
2	Couro de jacaré e Trincas em bloco	0,5
3	Couro de jacaré com erosão e Trincas em bloco com erosão	0,8
4	Afundamento plástico local e com trilha	0,9
5	Ondulação e Panela	1
6	Exsudação	0,5
7	Desgaste	0,3
8	Remendo	0,6

Os fatores de ponderação devem ser utilizados para o cálculo do índice de gravidade individual (IGI), conforme Equação 1.

$$IGI = f_r \cdot f_p$$

Onde:

IGI = índice de gravidade individual de cada tipo de defeito;

Equação 1

fr = frequência relativa;
 fp = fator de ponderação.

Vale ressaltar que para o cálculo dos afundamentos de trilha de roda, considera-se a média dos afundamentos/flechas (F) e a média das variâncias das flechas (FV), conforme Equações 2 e 3.

$$F = \frac{(\sum FRE + \sum FRI)}{2} \quad \text{Equação 2}$$

$$FV = \frac{(FRE_V + FRI_V)}{2} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

FRE = flecha na trilha externa em milímetros;

FRI = flecha na trilha interna em milímetros;

F = média aritmética da média das flechas (na trilha interna e externa);

FRE_V = variância das flechas medidas na trilha externa;

FRI_V = variância das flechas medidas na trilha interna;

FV = média das variâncias.

Para a contabilização da contribuição das flechas, são calculados o índice de gravidade individual da média das flechas (IGI_F) e o índice de gravidade individual da média das variâncias das flechas (IGI_{FV}), conforme Equações 4 à 7.

$$IGI_F = F \cdot \frac{4}{3} \quad (\text{quando } F \leq 30) \quad \text{Equação 4}$$

$$IGI_F = 40 \quad (\text{quando } F > 30) \quad \text{Equação 5}$$

$$IGI_{FV} = FV \cdot 1 \quad (\text{quando } FV \leq 50) \quad \text{Equação 6}$$

$$IGI_{FV} = 50 \quad (\text{quando } FV = 50) \quad \text{Equação 7}$$

Assim, calcula-se o índice de gravidade global (IGG), conforme Equação 8.

$$IGG = \sum IGI \quad \text{Equação 8}$$

Ainda a norma 006 (DNIT, 2003a) estabelece os critérios de qualidade das vias de tráfego com base em faixa de valores do IGG, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Conceitos do IGG por faixa de valores (Adaptado de DNIT, 2003a)

CONCEITO	LIMITES
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Vieira *et al.* (2016) reitera que o método de avaliação IGG mostra-se eficaz para levantamento de superfície de pavimentos, uma vez que é um procedimento baseado em índices, que representam o estado geral do pavimento em função da existência de defeitos, a fim caracterizar seu grau de degradação.

Diante disso, para o trecho em estudo foram analisadas um total de 15 (quinze) estações (inseridas a cada 20 metros). Os tipos de defeitos encontrados nas referidas estações são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Inventário de superfície para avaliação pelo método do IGG (AUTORES, 2023)

INVENTÁRIO DE SUPERFÍCIE			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Estação																		
Tipo	OK	Sem defeito																
1 (FCI)	FI	Fissuras																
	TTC	Trincas Transversais Curtas					X											
	TTL	Trincas Transversais Longas				X					X							
	TLC	Trincas Longitudinais Curtas					X										X	
	TLL	Trincas Longitudinais Longas	X															
	TRR	Trincas isoladas de Reação																
2 (FCII)	J	Couro de Jacaré															X	
	TB	Trincas em Bloco																
3 (FCIII)	JE	Couro de jacaré com erosão		X														
	TBE	Trincas em bloco com erosão																
4	ALP	Afundamento Plástico Local																
	ATP	Afundamento Plástico Trilha		X														
5	O	Ondulação									X							
	P	Panela							X									
6	EX	Exsudação																
7	D	Desgaste	X												X			
8	R	Remendo				X												
	ALC	Afundamento Consolidação Local																
	ATC	Afundamento Consolidação Trilha																
	E	Escorregamento														X		
	TRI	Afundamento Trilha Interna (mm)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	TRE	Afundamento Trilha Externa (mm)	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

As Figuras 2 à 7 ilustram alguns dos defeitos encontrados no trecho em estudo.



Figura 2. Trincas no pavimento (AUTORES, 2023).



Figura 3. Desgaste no pavimento (AUTORES, 2023).



Figura 4. Afundamento no pavimento (AUTORES, 2023).



Figura 5. Escorregamento no pavimento (AUTORES, 2023).



Figura 6. Remendo no pavimento (AUTORES, 2023).



Figura 7. Panela no pavimento (AUTORES, 2023).

Foram contabilizadas as frequências absolutas (fa) e frequências relativas (fr) das estações do segmento em questão. Além disso, foram calculados os índices de gravidade individuais (IGI), e, por fim, o índice de gravidade global (IGG), conforme Tabela 3.

Tabela 3. Cálculo do IGG (AUTORES, 2023)

TIPO	fa	fr	fp	IGI
1	5	33,33	0,2	6,67
2	1	6,67	0,5	3,33
3	1	6,67	0,8	5,33
4	1	6,67	0,9	6
5	2	13,33	1,0	13,33
6	0	0	0,5	0
7	2	13,33	0,3	4
8	2	13,33	0,6	8
				IGI_F 0,31
				IGI_{FV} 0,61
				IGG 47,59

Dessa forma, percebe-se que o valor obtido para o IGG classifica o trecho como “regular” – conforme faixa de valores constantes da Tabela 2. Evidenciou-se a presença de diversos defeitos, portanto, para que o pavimento se encontre em um conceito “bom”, intervenções e reparos devem ser realizados. Das estações analisadas, seis não apresentaram defeitos (estações 3, 6, 8, 9, 11 e 12). Assim, 60% das estações apresentaram pelo menos um tipo de defeito. Ressalta-se que as manifestações patológicas do “tipo 1” – fissuras e trincas – foram as mais frequentes, conforme observado na Figura 8 que

apresenta as frequências relativas de cada tipo de defeito. Segundo Silva (2008), as trincas e fissuras podem ser ocasionadas devido ao assentamento da fundação, a retração do revestimento ou ao estágio inicial da fadiga do pavimento.

A Figura 9 apresenta a quantificação das manifestações patológicas do “tipo 1”. Percebe-se que não houve existência de fissuras (FI) e de trincas isoladas de reação (TRR). Já as trincas transversais longas (TTL) e as trincas longitudinais curtas (TLC) representam ao todo 66,67% das manifestações patológicas do “tipo 1”, seguidas das trincas transversais curtas (TTC) e trincas longitudinais longas (TLL) que representam 33,34% das referidas manifestações patológicas.

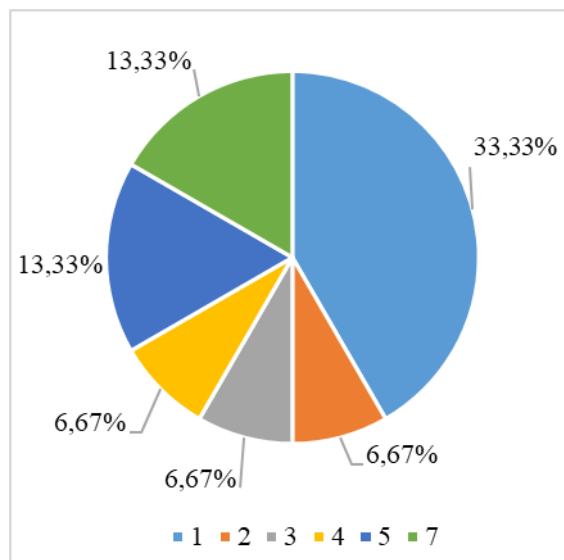


Figura 8. Frequência relativa das manifestações patológicas (AUTORES, 2023).

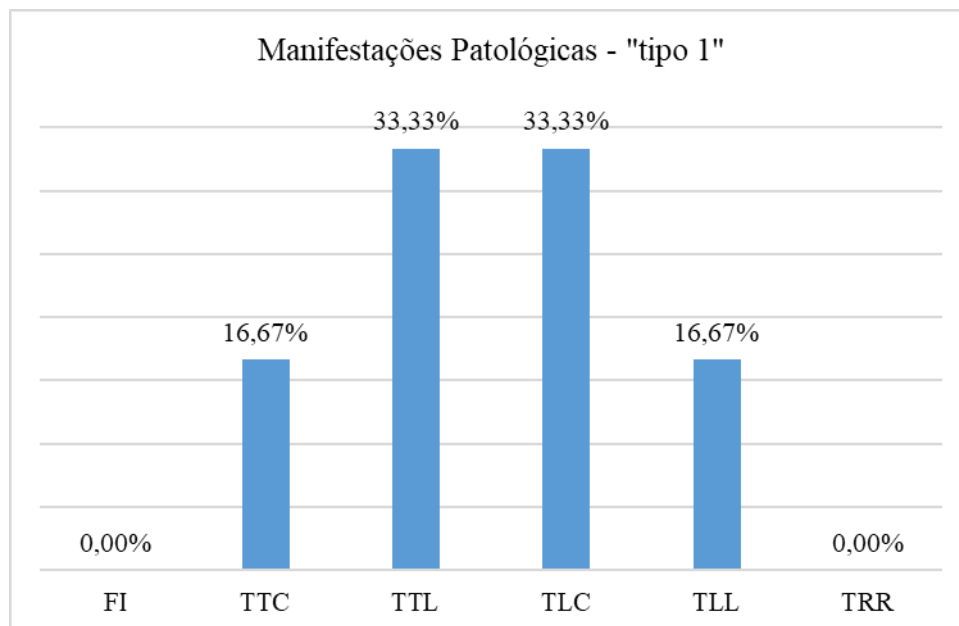


Figura 9. Quantificação das manifestações patológicas do “tipo 1” (AUTORES, 2023).

Verificou-se ainda que algumas tentativas de recuperação deste pavimento através de remendos (conhecidos como “tapa-buracos”) não foi a solução ideal. A alta concentração de remendos, além de reduzir a segurança da via, proporciona desconforto aos usuários e não apresenta uma solução definitiva para as avarias existentes no pavimento, uma vez que pode apresentar degradação das camadas inferiores, o que pode ocasionar problemas estruturais de alta complexidade (GOMES e SILVA JÚNIOR, 2019).

Outrossim, a situação do pavimento em estudo pode comprometer a capacidade de impermeabilização do revestimento, além de reduzir sua resistência e capacidade de suporte devido a infiltrações nas camadas inferiores do pavimento. Neste sentido, reitera-se a necessidade de manutenção e reparo do revestimento asfáltico.

Dessa forma, considerando o conceito de qualidade “regular” obtido pelo método de avaliação IGG, é preciso que se estabeleça, por meio da realização de ensaios *in loco*, o grau de deterioração do pavimento, a intensidade das patologias identificadas e o grau de comprometimento estrutural das camadas subjacentes (LIMA, 2017). Com isso, será possível identificar a “origem” das patologias (em qual camada está o problema) a fim de se obter as soluções mais adequadas para cada tipo de patologia encontrada (SILVA *et al.*, 2022).

Vale ressaltar que as chuvas de alta intensidade podem ter agravado as avarias existentes no local, uma vez que foram constatados declives acentuados. Durante o período chuvoso, a avenida aparenta apresentar falhas no sistema de drenagem local, o que evidencia uma necessidade de melhoria do sistema de drenagem da via.

CONCLUSÃO

De acordo com as análises realizadas em campo foi possível identificar as patologias existentes em 15 estações de um trecho da Avenida Anhanguera da cidade de Goiânia/GO. De acordo com a avaliação pelo método do IGG, o referido trecho apresentou um conceito “regular” de qualidade, o que evidencia a necessidade de manutenção e reparo do local.

O método do IGG define alguns parâmetros para a determinação da condição de superfície do pavimento, além de gerar um inventário das patologias encontradas e suas classificações. Dessa forma, o método contribui para uma avaliação detalhada do pavimento. No entanto, vale mencionar que a avaliação dos defeitos por este método não define o grau de severidade das patologias encontradas. Diante disso, as soluções de reparo dependem da “origem” das patologias - podendo ser originadas por: i) camadas mal compactadas, ii) camadas mal dimensionadas ou iii) revestimento mal executado.

Salienta-se que algumas patologias encontradas podem ser provenientes da evolução de manifestações patológicas mais simples, que seriam tratadas inicialmente, com manutenções periódicas. Além disso, a evolução das patologias também pode ter sido agravada pela ação de fatores climáticos (chuvas), já que alguns trechos apresentam declives acentuados e durante o período chuvoso percebe-se a existência de falhas no sistema de drenagem local.

Portanto, conclui-se que há necessidade de comprometimento da gestão pública, voltada para construção/reabilitação de pavimentos asfálticos, desde a escolha dos materiais até a execução correta de cada fase do pavimento. Desse modo, seria possível haver maior durabilidade do pavimento, o que geraria maior conforto aos usuários.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, G.; JESUS, A. M. P.; CALÇADA, R. A. B.; SILVA, J. G. S. Fatigue life evaluation of a composite steel-concrete roadway bridge through the hot-spot stress method considering progressive pavement deterioration. **Engineering Structures**, vol. 166, n. 01, p. 46-61, 2018. (<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.02.058>)
- BACCHIERI, G.; BARROS, A. J. D. Acidentes de trânsito no Brasil de 1998 a 2010: muitas mudanças e poucos resultados, **Rev Saúde Pública**, vol. 45, n. 5, p. 949-963, 2011. (<https://doi.org/10.1590/S0034-89102011005000069>)
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 2008.
- CNT. Confederação Nacional de Transportes. **Anuário CNT do Transporte – Principais Dados**. 2022. Disponível em: <<https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2022/>>. Acesso em 21/07/2023.
- DOMINGUES, F. A. A. **MID –Manual para Identificação de Defeitos de Revestimentos Asfálticos de Pavimentos**. 96p., 1ª ed. São Paulo/SP, 1993.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – **006/2003**: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento. Rio de Janeiro/RJ. 10p. 2003a.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – **007/2003**: 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/RJ. 11p. 2003b.

GOMES, M. L. B.; SILVA JÚNIOR, F. V. Patologia em pavimentos flexíveis: estudo de caso para o estacionamento do ITPAC Porto. **Inventions**, vol. 1, n. 1, 11p, 2019. (<https://doi.org/10.6008/CBPC2674-6395.2019.001.0001>).

LIMA, R. R. **Avaliação da superfície de pavimentos flexíveis pelos métodos do IGG e LVC - Estudo de caso na Avenida Santos Dumont e via expressa**. Trabalho de conclusão de curso - Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão. 92p. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.uema.br/handle/123456789/577>>. Acesso em 21/07/2023.

NASCIMENTO, D. J. S.; MARINHO, A. G.; SILVA, J. R. P.; SILVA, E. B.; PEREIRA, G. J. Diagnóstico de manifestações patológicas em pavimento flexível, **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, vol. 5, n. 8, p. 12564-12582, 2019. (<https://doi.org/10.34117/bjdv5n8-095>)

SANCHEZ, M. S.; PIERNAS, R. M.; NAVARRO, F. M.; GÁMEZ, C. R. Reinforced Polyethylene Pond Waste as Antireflective Cracking System in Asphalt Pavements. **Journal of materials in Civil Engineering**, vol. 28, n. 04, p. 165-173, 2016. ([https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001447](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001447))

SILVA, S. O.; CHAVES, J. W.; ALMEIDA, L. C.; OLIVEIRA, F. H. L. **Avaliação funcional de vias urbanas por meio do índice de gravidade global (IGG) - Estudo de caso no Município de Caucaia-CE**. 24º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) – 47a Reunião Anual de Pavimentação (RAPv). 11p. 2022.

SILVA, P. F. A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2a. Edição. São Paulo: Pini, 2008.

VIEIRA, S.A.; PINHO Jr, A.A.E.; OLIVEIRA, F.H.L.; AGUIAR, M.F.P. Análise comparativa de metodologias de avaliação de pavimentos através do IGG e PCI. **Revista Conexões, Ciência e Tecnologia**, vol. 10, n. 3, p. 20- 30. 2016. (<https://doi.org/10.21439/conexoes.v10i3.799>)

WANG, X.; SU, Z.; XU, A.; ZHOU, A.; ZHANG, H. Shear fatigue between asphalt pavement layers and its application in design. **Construction And Building Materials**, vol. 135, n. 01, p. 297-305, 2017. (<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.151>)

WU, C.-L.; TIA, M.; CHOUBANE, B. Forensic investigation of ultrathin white topping pavements in Florida. **Journal of performance of constructed facilities**, vol. 21, n. 1, p. 78-88, 2007. ([https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3828\(2007\)21:1\(78\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3828(2007)21:1(78)))