



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL SOUSA DINIZ MACIEL

**AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DA RUA GENÉSIO XAVIER DE MEDEIROS -
MOSSORÓ/RN, POR MEIO DA COMPARAÇÃO ENTRE O LEVANTAMENTO
VISUAL CONTÍNUO (LVC) E O ÍNDICE INTERNACIONAL DE
IRREGULARIDADE (IRI)**

MOSSORÓ/RN

2025

GABRIEL SOUSA DINIZ MACIEL

**AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DA RUA GENÉSIO XAVIER DE MEDEIROS –
MOSSORÓ/RN, POR MEIO DA COMPARAÇÃO ENTRE O LEVANTAMENTO
VISUAL CONTÍNUO (LVC) E O ÍNDICE INTERNACIONAL DE
IRREGULARIDADE (IRI)**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Bruno Tiago Angelo da Silva,
Prof. Me.

MOSSORÓ/RN

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M152a Maciel, Gabriel Sousa Diniz.

Avaliação da superfície da Rua Genésio Xavier De Medeiros - Mossoró/RN, por meio da comparação entre o Levantamento Visual Contínuo (LVC) e o Índice Internacional de Irregularidade (IRI) / Gabriel Sousa Diniz Maciel. - 2025.

72 f. : il.

Orientador: Bruno Tiago Angelo da Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2025.

1. Manifestações patológicas. 2. RoadBounce. 3. Estado de conservação. 4. Restauração. I. Silva, Bruno Tiago Angelo da, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

GABRIEL SOUSA DINIZ MACIEL

**AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DA RUA GENÉSIO XAVIER DE MEDEIROS –
MOSSORÓ/RN, POR MEIO DA COMPARAÇÃO ENTRE O LEVANTAMENTO
VISUAL CONTÍNUO (LVC) E O ÍNDICE INTERNACIONAL DE
IRREGULARIDADE (IRI)**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Defendida em: 27/03/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **BRUNO TIAGO ANGELO DA SILVA**
Data: 28/03/2025 17:27:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Bruno Tiago Angelo da Silva, Prof. Me. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **THIAGO DE JESUS SOUZA**
Data: 27/03/2025 15:11:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Thiago de Jesus Souza, Prof. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **FELIPE AUGUSTO DANTAS DE OLIVEIRA**
Data: 28/03/2025 09:40:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Felipe Augusto Dantas de Oliveira, Engº
Membro Examinador

*Dedico este trabalho a Deus.
A minha esposa e companheira, Yalanna.
Aos melhores pais do mundo, Auleide e Dalvani.
Ao meu irmão e parceiro para todas as horas, Matheus.
Aos meus sogros, Edson e Lucineide, que são como pais para mim.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu maravilhoso Deus que é soberano sobre todas as coisas. Sem a sua benção esse trabalho não existiria. Até aqui me ajudou O Senhor (1 Samuel 7:12).

Agradeço a minha digníssima e maravilhosa esposa Yalanna, que foi minha companheira em todas as disciplinas da faculdade e ainda mais durante a execução desse trabalho, onde me deu todo o apoio necessário. Há algum tempo eu estive do outro lado, te apoiando e cuidando de tudo enquanto você concluía o seu TCC, mas hoje foi você veio fazendo isso por mim. A frase “da faculdade para a vida” nunca fez tanto sentido. Obrigado por estar comigo em todos os momentos da minha vida, tantos os bons quanto os ruins, e me oferecer o seu abraço em cada um deles. Essa vitória é sua também. Eu te amo mil milhões.

Agradeço aos melhores pais do mundo, Auleide e Dalvani, que sempre fizeram o possível e o impossível para colocar comida na mesa e me darem oportunidades melhores do que as que tiveram. Obrigado por todos os ensinamentos que já me passaram e por sempre terem me incentivado a melhorar. Tudo isso começou com vocês, a partir do momento que acreditaram em mim. Te amo, pai. Te amo, mãe.

Agradeço ao melhor irmão do mundo, Matheus, que sempre me apoiou, dizendo que tudo ia dar certo. Obrigado pela sua amizade, pelo seu companheirismo. Você foi uma das pessoas que mais acompanhou de perto a minha trajetória até aqui, mesmo há mais de 100 km de distância. Saiba que também acompanho o seu crescimento, mesmo com esse distanciamento, e estarei presente em cada uma das suas vitórias. Te amo, cara.

Agradeço aos meus sogros, Edson e Lucineide, por me amarem como um filho e não como genro. Obrigado por me apoiarem de todas as formas possíveis e por sempre estarem presentes na minha vida. Amo vocês.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Me. Bruno Tiago Ângelo da Silva, pela sugestão de tema e pela disponibilidade de me ajudar em todos os momentos que solicitei. Obrigado por toda a paciência que teve comigo durante esse tempo e por me disponibilizar bons materiais de pesquisa. Aprendi bastante enquanto escrevia e isso não seria possível sem você.

Agradeço a Banca Examinadora por ter aceitado o convite. É uma etapa muito importante da minha vida e fico feliz em compartilhá-lo com vocês.

Agradeço a todos os professores, colegas e amigos que me ajudaram de forma direta ou indireta nessa árdua jornada. Obrigado por todos os momentos compartilhados. Certamente, muitos de vocês contribuíram para essa batalha ser menos cansativa.

Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou o teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a minha destra fiel.

Isaías 41:10

RESUMO

Sabe-se que modal rodoviário é de grande importância para a sociedade, seja pela locomoção do cidadão ou pelo transporte de cargas. Dito isso, após a construção de uma rodovia, deve haver manutenção na mesma para que garanta, mesmo em condições climáticas distintas, uma trafegabilidade segura e confortável para o usuário durante todo o seu percurso. Entretanto, isso não ocorre de forma adequada na prática, tendo em vista que o trecho analisado apresenta manifestações patológicas, que podem se agravar com o passar do tempo. Baseado nisso, o presente estudo possuiu como objetivo principal a análise da Rua Genésio Xavier de Medeiros, bairro Sumaré, por meio de uma comparação entre o Levantamento Visual Contínuo (LVC), que é regido pela Norma DNIT 008/2003 – PRO e o Índice Internacional de Irregularidade (*International Roughness Index* – IRI) por meio do aplicativo *RoadBounce* para smartphone. O LVC estuda os defeitos presentes na superfície asfáltica e será medido pelo uso do Valor de Serventia Atual (VSA), que é um método subjetivo proposto pelo DNIT (2003) para avaliar subjetivamente o trecho por meio de notas dadas pelos avaliadores. Por meio desse levantamento foi possível adquirir os índices ICPF (Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis e semirrígidos), IGGE (Índice de Gravidade Global Expedito) e IES (Índice do Estado da Superfície do pavimento). O IRI, que consiste na avaliação das irregularidades longitudinais da superfície do pavimento, foi feito pelo *RoadBounce*, que não foi somente para a verificação da irregularidade longitudinal, mas também para analisar se o uso de aplicativos pode ser uma alternativa viável em locais de baixo recurso financeiro. Foi realizado um comparativo entre os dois métodos usados, LVC e IRI, conseguindo chegar a uma conclusão a respeito do estado de conservação do pavimento, onde por uma média entre ambos os métodos, resultou-se em um pavimento regular, possuindo qualidade funcional péssima, mas com baixa irregularidade, onde recomenda-se realizar correção em trechos localizados ou a seu recapeamento total.

Palavras-chave: Manifestações Patológicas. *RoadBounce*. Estado de Conservação. Correção.

ABSTRACT

It is known that road transport is of great importance to society, whether for the movement of citizens or for the transportation of cargo. That said, after the construction of a highway, it must be maintained to ensure, even in different weather conditions, safe and comfortable traffic for the user throughout their journey. However, this does not occur adequately in practice, given that the analyzed section presents pathological manifestations, which can worsen over time. Based on this, the present study had as its main objective the analysis of Genésio Xavier de Medeiros Street, in the Sumaré neighborhood, by means of a comparison between the Continuous Visual Survey (LVC), which is governed by DNIT Standard 008/2003 – PRO, and the International Roughness Index (IRI) through the RoadBounce smartphone application. The LVC studies the defects present in the asphalt surface and will be measured using the Current Service Value (VSA), which is a subjective method proposed by DNIT (2003) to subjectively evaluate the section through grades given by the evaluators. Through this survey, it was possible to obtain the ICPF (Flexible and Semi-Rigid Pavement Condition Index), IGGE (Expedito Global Gravity Index) and IES (Pavement Surface Condition Index) indexes. The IRI, which consists of the evaluation of the longitudinal irregularities of the pavement surface, was performed by RoadBounce, which was not only for verifying the longitudinal irregularity, but also to analyze whether the use of applications can be a viable alternative in places with low financial resources. A comparison was made between the two methods used, LVC and IRI, and a conclusion was reached regarding the state of conservation of the pavement, where an average between both methods resulted in a regular pavement, with poor functional quality, but with low irregularity, where it is recommended to carry out corrections in localized sections or its total resurfacing.

Keywords: Pathological Manifestations. RoadBounce. Conservation Status. Correction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de seção transversal do pavimento	24
Figura 2: Corte longitudinal de um pavimento rígido	25
Figura 3: Camadas de um pavimento semirrígido	26
Figura 4: Resposta mecânica em pavimentos flexíveis	26
Figura 5: Camadas do pavimento flexível	27
Figura 6: Trinca isolada - Transversal	30
Figura 7: Trinca isolada - Longitudinal	30
Figura 8: Trinca isolada - Retração	31
Figura 9: Trinca interligada - "Couro de jacaré"	32
Figura 10: Trinca interligada - "Bloco"	32
Figura 11: Afundamento plástico	33
Figura 12: Afundamento de consolidação	34
Figura 13: Ondulação	34
Figura 14: Escorregamento	35
Figura 15: Exsudação	36
Figura 16: Desgaste	36
Figura 17: Panela ou buraco	37
Figura 18: Remendo profundo	38
Figura 19: Remendo superficial	38
Figura 20: Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos	44
Figura 21: Diversas faixas de variação do IRI a depender do caso e da situação	46
Figura 22: Perfilômetro inercial	47
Figura 23: Fluxograma da metodologia	49
Figura 24: Rua Genésio Xavier de Medeiros	50

Figura 25: Formulário para LVC.....	51
Figura 26: A) Tela de início; B) Pergunta 1; C) Pergunta 2; D) Pergunta 3;	56
Figura 27: A) Pergunta 4; B) Pergunta 5; C) Início da corrida	56
Figura 28: Relatório simplificado.....	57
Figura 29: Adaptação de relatório exportado em PDF.....	57
Figura 30: Início do trecho - Sentido BR 110	60
Figura 31: A) Panela; B) Trinca couro de jacaré; C) Panela + couro de jacaré; D) Remendo.	60
Figura 32: A) Afundamento; B) Panela; C) Desgaste; D) Desgaste	61
Figura 33: A) Trincas isoladas; Trincas isoladas + desgaste; C) Escorregamento; D) Panela ...	61
Figura 34: A) afundamento de trilha de roda com trincamento e desagregação lateral; B) Trinca couro de jacaré com desagregação avançada; C) Afundamento + defeito da foto B; D) Afundamento de trilha de roda	62
Figura 35: A) Desgaste + remendo; B) Desgaste; C) Trinca couro de jacaré; D) Panelas + remendos.....	62
Figura 36: A) Trinca do tipo bloco; B) e C) Remendo com afundamento; D) Panelas + trincas de bloco.....	63
Figura 37: A), B) e C): Aglomerado de remendos com ondulação; D) Panela	63
Figura 38: A) Desgaste + trincas do tipo bloco; B), C) e D) Aglomerado de remendos + painéis	64
Figura 39: A) Desgaste; B) e C) Paineis; D) Remendo	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: IRI do Sentido 1	65
Gráfico 2: IRI do Sentido 2	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Quadro resumo dos defeitos - Codificação e Classificação	28
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG	44
Tabela 2: Níveis de serventia.....	45
Tabela 3: Código referente à Irregularidade da superfície	46
Tabela 4: Frequência de defeitos	50
Tabela 5: Conceitos do ICPF	51
Tabela 6: Determinação do IGGE	52
Tabela 7: Índice do Estado da Superfície do pavimento	53
Tabela 10: Resultado do IES	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHO	American Association Of State Highway And Transportation Officials
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICPF	Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis
IGG	Índice de Gravidade Global
IGGE	Índice de Gravidade Global Expedito
IRI	Índice de Irregularidade Internacional
LVC	Levantamento Visual Contínuo
PRO	Procedimento
SI	Sistema Internacional de Unidades
VSA	Valor de Serventia Atual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	OBJETIVOS.....	21
2.1	Objetivo geral	21
2.2	Objetivos específicos.....	21
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
3.1	Conceito de pavimento	22
3.2	Camadas dos pavimentos.....	22
3.2.1	Subleito.....	23
3.2.2	Reforço do subleito.....	23
3.2.3	Sub-base.....	23
3.2.4	Base	23
3.2.5	Revestimento	23
3.3	Classificação dos pavimentos.....	24
3.3.1	Pavimentos rígidos	24
3.3.2	Pavimentos semirrígido	25
3.3.3	Pavimentos flexíveis.....	26
3.4	Manifestações patológicas nos pavimentos flexíveis	27
3.4.1	Fenda	29
3.4.1.1	Fissura.....	29
3.4.1.2	Trinca.....	29
3.4.1.2.1	Trinca isolada	29
3.4.1.2.2	Trinca interligada.....	31
3.4.2	Afundamento	33
3.4.2.1	Afundamento plástico:.....	33
3.4.2.2	Afundamento de consolidação:	33

3.4.3	Ondulação ou corrugação:	34
3.4.4	Escorregamento	35
3.4.5	Exsudação	35
3.4.6	Desgaste	36
3.4.7	Panela ou buraco	37
3.4.8	Remendo	37
3.4.8.1	Remendo profundo	37
3.4.8.2	Remendo superficial	38
3.5	Formas de manutenção e recuperação de pavimentos asfálticos	39
3.5.1	Conservação	39
3.5.2	Recuperação	40
3.5.3	Reforço estrutural	40
3.5.4	Reconstrução	41
3.6	Avaliação da superfície de pavimentos asfálticos	41
3.6.1	Levantamento Visual Contínuo – LVC	42
3.6.1.1	Índice de Gravidade Global	43
3.6.1.2	Valor de Serventia Atual - VSA	44
3.6.1	Levantamento de Irregularidades Longitudinais – IRI	45
4	METODOLOGIA	48
4.1	Caracterização da área de estudo	49
4.2	Estudo de caso - LVC	50
4.2.1	Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis - ICPF	51
4.2.2	Índice de Gravidade Global Expedito – IGGE	52
4.2.3	Índice do Estado da Superfície do pavimento – IES	52
4.2.4	Equipamentos utilizados	53
4.2.5	Condições de tempo	53

4.2.6	Equipe de operação.....	53
4.2.7	Operação do veículo	54
4.3	<i>RoadBounce</i>	54
4.3.1	Interface do aplicativo	55
5	RESULTADOS	58
5.1	Levantamento Visual Contínuo	58
5.2	Índice Internacional de Irregularidade - Aplicativo	65
5.3	Comparativo entre os métodos	66
5.4	Sugestões para correções dos defeitos encontrados no trecho	67
6	CONCLUSÃO.....	67

1 INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é um dos principais meios de transporte no Brasil, sendo responsável por uma parcela significativa da movimentação de cargas e passageiros no país. Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT) de Rodovias (2023), cerca de 65% das cargas e 95% dos passageiros são movimentados por este modal. Dito isso, percebe-se tamanha importância que as rodovias promovem ao desenvolvimento socioeconômico do país. Apesar disso, de acordo com os dados do Sistema Nacional de Viação (SNV), apenas 12,4% da malha brasileira é pavimentada, totalizando 213,5 mil quilômetros do total de 1,7 milhão de quilômetros. Isso causa a necessidade de viajar por outras rotas, desviando de trechos não pavimentados, onde a velocidade de movimento e condições de trafegabilidade são inferiores (CNT, 2023).

Em comparação com 141 países avaliados em 2019, o Brasil se encontrava em 93ª posição do ranking de competitividade global do Fórum Econômico Mundial no quesito de qualidade da infraestrutura rodoviária. Essa deficiência decorre da falta de investimentos em manutenção, conservação e ampliação da malha rodoviária. Não obstante a isso tenha havido períodos com maior disponibilidade de verba o orçamento para as rodovias tem sido fortemente impactado por restrições fiscais e outras prioridades na alocação dos recursos públicos (CNT, 2024). Essa situação ocasiona uma série de fatores negativos, como a danificação dos veículos, maior consumo de combustível, maior duração de viagens e maior índice de acidentes. Tudo isso aumenta o custo operacional de um veículo, o que acarreta um maior preço do produto que chega ao consumidor (CNT, 2019).

Apesar da falta de manutenção ser um agravante para a falha na malha viária e causar esses prejuízos a sociedade, ela não é a única. Trabalhar às cegas, ou seja, com a ausência de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU), pode ocasionar desperdício de dinheiro público e diminuir a vida útil da estrutura do pavimento (DRESCH, 2014). Ele é uma ferramenta que gerencia os recursos e acompanha as etapas de construção de uma rede rodoviária, sendo elas o planejamento, programação, projeto, construção, manutenção e avaliação do controle periódico. Ele auxilia na escolha de atividades de manutenção e restauração dos pavimentos. (ZANCHETTA, 2017).

A Rua Genésio Xavier de Medeiros, objeto do presente estudo, é o caminho pelo qual a maior parte dos residentes do Sumaré precisa trafegar para se chegar a BR 110, logo é uma via em que há o constante tráfego de veículos. Com o passar do tempo ela foi se degradando, onde a única manutenção existente se consiste no tapa buraco com CBUQ (Concreto

Betuminoso Usinado a Quente) em algumas partes do trecho. Tal fato mostra a necessidade de conservação da via, de forma a garantir segurança e conforto na locomoção.

Diante do exposto, o propósito do presente trabalho consiste-se na realização de um estudo no referido trecho, realizando uma comparação entre Levantamento Visual Contínuo (LVC) e o Índice Internacional de Irregularidade (IRI), buscando propor soluções acerca da restauração da superfície estudada.

Entender as causas e os tipos de patologias asfálticas é fundamental para a aplicação de estratégias eficazes de conservação e manutenção, promovendo a qualidade das rodovias e o uso otimizado dos recursos financeiros. A gestão eficiente dessas falhas, por meio de monitoramento, análise de desempenho e tecnologias de reabilitação, desempenha um papel essencial na sustentabilidade do modal rodoviário no Brasil.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a superfície do pavimento asfáltico da Rua Genésio Xavier de Medeiros por meio da comparação o método do Levantamento Visual Contínuo (LVC), regido pela Norma DNIT 008/2003 – PRO, e o IRI, por meio do aplicativo *RoadBounce*.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar revisão bibliográfica acerca das patologias que são encontradas em pavimentos asfálticos, bem como formas de manutenção;
- Identificar as manifestações patológicas da superfície estudada;
- Calcular os indicadores necessários para o LVC: ICPF (Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis e semirrígidos), IGGE (Índice de Gravidade Global Expedito) e IES (Índice do Estado da Superfície do pavimento);
- Constatar se o uso de aplicativos para smartphone pode ser uma alternativa viável no estudo de pavimentos;
- Classificar o estado de conservação da rua;
- Sugerir possíveis formas de recuperação da via.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Conceito de pavimento

O pavimento consiste em uma estrutura composta por várias camadas com espessuras determinadas, construída sobre a superfície preparada da terraplenagem. Seu propósito é, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, resistir às solicitações provenientes do tráfego de veículos e das condições climáticas, ao mesmo tempo em que proporciona aos usuários uma via com melhores condições de rolamento, oferecendo conforto, segurança e eficiência econômica (BERNUCCI *et al.*, 2022).

Com o objetivo de garantir a segurança no tráfego rodoviário, o pavimento deve ser capaz de suportar as variações climáticas, proporcionar um deslocamento suave, minimizar o desgaste excessivo dos pneus e reduzir o nível de ruído. Além disso, sua estrutura deve ser robusta, resistente ao fluxo de veículos e permitir o escoamento eficiente da água sobre sua superfície. É essencial que o pavimento conte com sistemas de drenagem adequados para garantir o rápido escoamento da água da chuva e oferecer boa resistência a derrapagens, mantendo a segurança dos usuários (CNT, 2019).

O pavimento é a estrutura construída sobre a terraplenagem, projetada para, de forma econômica e integrada, suportar e transferir os esforços verticais provenientes do tráfego para o subleito; melhorar as condições de rolamento, proporcionando maior conforto e comodidade aos usuários e resistir aos esforços horizontais, como o desgaste, garantindo maior durabilidade da superfície de rolamento (DNIT, 2006c).

Em resumo, o pavimento consiste-se em uma estrutura compostas por camadas projetadas com espessuras específicas, de modo que possam resistir as intempéries e esforços verticais e horizontais e que garantam um baixo nível de ruído e uma boa drenagem, permitindo assim que a trafegabilidade, tanto com veículos leves (passeio) como pesados (carga), seja feita de forma suave e segura.

3.2 Camadas dos pavimentos

Como foi dito, o pavimento é composto por várias camadas, as quais devem ser projetadas de modo a fornecerem uma superfície de rolamento durável, segura e confortável para o tráfego. Suas camadas são o subleito, reforço de subleito, sub-base, base e revestimento (DNIT, 2006c). Elas podem ser vistas na Figura 1.

3.2.1 Subleito

É o terreno de fundação do pavimento (DNIT, 2006c). Ele pode ser natural, quando é o solo original do local, ou pode ser constituído por um material transportado, no caso de áreas de aterro. Este solo pode ser consolidado e compactado, especialmente em trechos de corte, para garantir sua estabilidade. A função principal do subleito é suportar e distribuir ao longo de sua profundidade as cargas aplicadas sobre o pavimento, aliviando os esforços estruturais que são transmitidos pelas camadas superiores (BALBO, 2007).

3.2.2 Reforço do subleito

É uma camada de superfície constante, colocada devida a circunstâncias técnico-econômicas, acima da camada de regularização, tendo características geotécnicas superiores à camada de subleito e inferior a camada posterior (DNIT, 2006c).

3.2.3 Sub-base

Quando as condições técnico-econômicas não tornam aconselhável a construção da base diretamente sobre a regularização, faz-se uma camada complementar a ela, a sub-base (DNIT, 2006c). Assim como o reforço de subleito, ela deve ter qualidade superior à sua camada anterior. Sua função é diminuir a espessura da base, que possui um custo elevado, logo são empregados na sub-base materiais de menor custo, gerando vantagens do ponto de vista econômico-constructivo (BALBO, 2007).

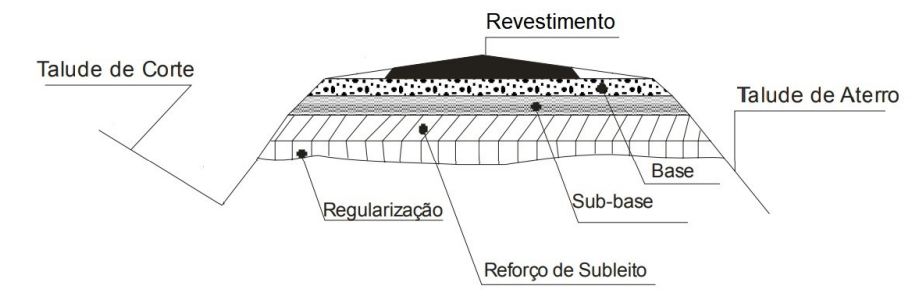
3.2.4 Base

Ela fornece suporte estrutural, onde sua rigidez alivia as tensões provenientes dos esforços do tráfego que atuam sobre o revestimento e as distribui para as camadas inferiores. Ela fica logo abaixo da camada de revestimento (DNIT, 2006c).

3.2.5 Revestimento

É a camada, que deve ser impermeável tanto quanto possível, que recebe de forma direta, o rolamento dos veículos e as variações do clima. Ela deve garantir a comodidade, segurança e boa resistência ao desgaste (DNIT, 2006c).

Figura 1: Esquema de seção transversal do pavimento



Fonte: Adaptação de DNIT, 2006c

3.3 Classificação dos pavimentos

Para o DNIT (2006c), os pavimentos são classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos.

Embora o presente trabalho tenha como foco o pavimento flexível, se faz importante conhecer as particularidades de cada um, logo eles serão explicados adiante.

3.3.1 Pavimentos rígidos

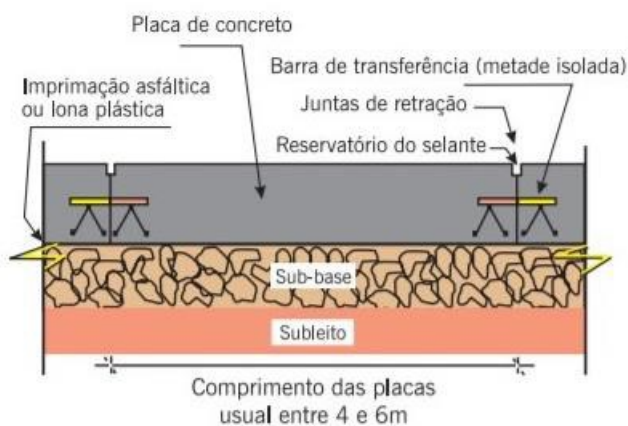
Seu revestimento possui uma grande rigidez quando comparada com as camadas inferiores, fazendo com que absorva quase que totalmente as tensões provocadas pelo carregamento aplicado. Como exemplo, tem-se um pavimento feito de lajes de concreto com cimento Portland (DNIT, 2006c). Após essa absorção, as tensões são distribuídas sobre uma área relativamente maior, que é executada sobre a camada de sub-base, sendo desnecessária a aplicação da camada de base (DNIT, 2017).

De acordo com Silva Filho (2011), algumas das vantagens que esse tipo de pavimento possui são:

- Não oxidação;
- Vida útil superior a 20 anos;
- Resistência à ação de combustíveis, óleos veiculares e à ação das chuvas e do sol;
- Ação impermeabilizante, impedindo que elementos externos passem para outras camadas;
- Sustentável, uma vez que a cor clara do concreto minimiza a formação de “ilhas de calor”, o que melhora a visibilidade dos condutores.

Na Figura 2, apresenta-se o corte longitudinal de um pavimento rígido, no qual é possível visualizar uma placa de concreto, separada da sub-base por meio de uma camada de imprimação asfáltica ou lona plástica, com toda a estrutura apoiada diretamente sobre o subleito. Além disso, destacam-se componentes como as juntas de dilatação e as barras de transferência, responsáveis por interligar as placas.

Figura 2: Corte longitudinal de um pavimento rígido



Fonte: Bernucci *et al* (2022)

3.3.2 Pavimentos semirrígido

É uma base cimentada que possui algum aglutinante com propriedades cimentícias. Como exemplo, pode-se citar uma camada de solo cimento revestida com uma camada asfáltica (DNIT, 2006c).

Esse tipo de pavimento demonstra uma resistência à tração moderada, possuindo uma base cimentada sob o revestimento betuminoso. Em contraste, quando se utiliza concreto asfáltico sobre uma placa de concreto de cimento Portland, caracteriza-se como um pavimento composto (BIANCHI *et al*, 2008).

Frequentemente, esse tipo de pavimento asfáltico se revela uma alternativa eficaz apenas quando outras opções são inviáveis, devido ao seu elevado custo e complexidade de execução. Assim, a implementação deve ser realizada com rigor, a fim de evitar problemas que possam comprometer a qualidade do pavimento (RODRIGUES, 2007).

A Figura 3 apresenta a composição desse pavimento, camada a camada.

Figura 3: Camadas de um pavimento semirrígido



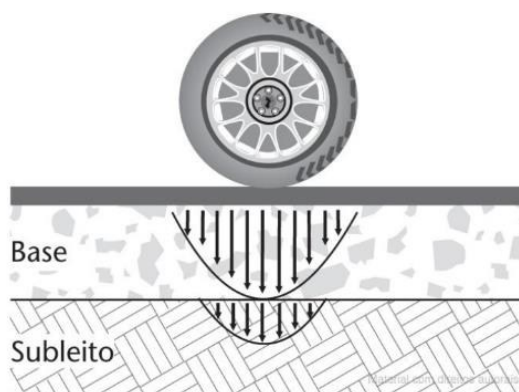
Fonte: Bianchi, *et al*, 2008

3.3.3 Pavimentos flexíveis

Nesse tipo de pavimento, a totalidade das suas camadas sofre uma significativa deformação elástica quando submetidas a um carregamento aplicado, fazendo com que a carga seja dividida de forma semelhante em cada uma dessas camadas. Pode-se tomar como exemplo um pavimento com uma base de brita ou de solo granular, estando sob uma camada asfáltica (DNIT, 2006c).

O revestimento dos pavimentos asfálticos apresenta uma rigidez menor em comparação com as camadas inferiores, ao contrário dos pavimentos rígidos. Assim, as tensões e deformações plásticas são distribuídas entre as camadas de acordo com suas respectivas rigidezes. Nesse tipo de pavimento, a área de distribuição das cargas é mais restrita, uma vez que a carga aplicada gera um campo de distribuição de tensões concentrado (Figura 4) nas proximidades do ponto de aplicação (BALBO, 2007)

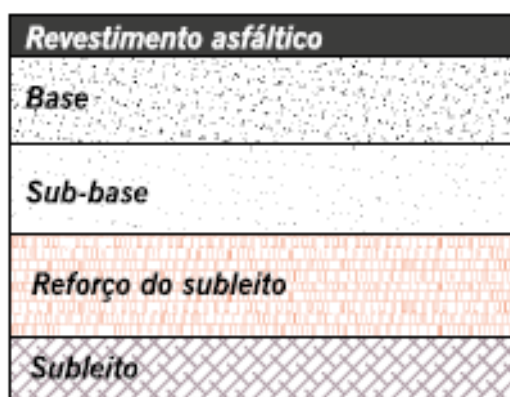
Figura 4: Resposta mecânica em pavimentos flexíveis



Fonte: Balbo, 2007

Os pavimentos flexíveis, comumente relacionados aos pavimentos asfálticos, são formados por uma camada superficial asfáltica (revestimento), que repousa sobre camadas de base, sub-base, reforço do subleito e subleito. Essas camadas são compostas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem a incorporação de agentes cimentantes ou aglutinadores que aumentem a rigidez tipicamente observada em materiais granulares e solos (BERNUCCI *et al*, 2022). Na figura 5 pode-se ver a sua estrutura.

Figura 5: Camadas do pavimento flexível



Fonte: Bernucci *et al*, 2022

3.4 Manifestações patológicas nos pavimentos flexíveis

Todo pavimento é projetado para suportar uma série de cargas e tensões ao longo de um período específico de sua vida útil, sem que ocorram danos que ultrapassem os limites aceitáveis. Entre os principais tipos de danos que podem surgir, destacam-se a deformação permanente e a fadiga. Assim, ao planejar um pavimento, é fundamental avaliar propriedades como a resistência à ruptura, a permeabilidade e a deformabilidade dos materiais que o compõem (BERNUCCI *et al*, 2008).

Na edição de 2024 da CNT, em uma avaliação realizada nos 111.853 km de rodovias brasileiras, observou-se que 33% (36.814 km) das rodovias avaliadas receberam as classificações de Ótimo ou Bom. Por outro lado, os 67% restantes (75.039 km) foram classificados como Regular, Ruim ou Péssimo, devido a problemas no pavimento, sinalização ou na geometria da via. Ao comparar os resultados com os de 2013, notou-se um aumento mínimo na extensão das rodovias classificadas como Ótimo ou Bom, representando 36,2% (35.002 km). Os outros 63,8% (61.712 km) foram classificados como Regular, Ruim ou Péssimo (CNT, 2013 e 2024).

Defeitos de superfície são danos ou degradações observáveis na camada superior dos pavimentos asfálticos, que podem ser identificados visualmente a olho nu. Esses defeitos são

classificados conforme a norma DNIT 005/2003-TER, que estabelece critérios para os pavimentos flexíveis e semirrígidos. O objetivo dessa norma é padronizar a terminologia utilizada na elaboração de normas, manuais e projetos relacionados a esses tipos de pavimento (BERNUCCI *et al*, 2022).

De acordo com a norma DNIT 005/2003 - TER (DNIT, 2003a), os tipos de patologias encontradas nos pavimentos são classificados como: fenda, afundamento, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panela ou buraco, e remendo. São classificados conforme Quadro 1.

Quadro 1: Quadro resumo dos defeitos - Codificação e Classificação

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

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

Fonte: DNIT, 2003a

3.4.1 Fenda

É qualquer irregularidade na superfície do pavimento que resulte em aberturas de diferentes tamanhos, podendo se manifestar de várias formas, podendo se classificar como fissura ou trinca (DNIT, 2003a).

3.4.1.1 Fissura

É uma fenda de largura capilar presente no revestimento, disposta de forma longitudinal, transversal ou oblíqua em relação ao eixo da via, sendo visível apenas a olho nu a uma distância inferior a 1,50 m. Essas fissuras são consideradas fendas iniciais que ainda não afetam a funcionalidade do revestimento, não sendo, portanto, levadas em conta nos métodos atuais de avaliação da gravidade das condições da superfície (DNIT, 2003a).

3.4.1.2 Trinca

Fenda no revestimento, facilmente visível a olho nu, com uma abertura maior do que a de uma fissura, podendo se manifestar como uma trinca isolada ou como trincas interligadas (DNIT, 2003a).

3.4.1.2.1 Trinca isolada

- Trinca transversal
 - Trinca isolada com direção principalmente ortogonal ao eixo da via. Quando sua extensão é de até 100 cm, é chamada de trinca transversal curta. Caso a extensão ultrapasse 100 cm, é classificada como trinca transversal longa (DNIT, 2003a). Ela pode ser vista na Figura 6.
 - Tem como causas a contração ou dilatação do revestimento que é provocado pelo envelhecimento do asfalto ou ao gradiente térmico; e a propagação das trincas existentes nas camadas subjacentes, tendo como exemplos as bases tratadas com cimento ou as juntas de revestimentos rígidos (DNIT, 2005).

Figura 6: Trinca isolada - Transversal



Fonte: DNIT, 2003a

- Trinca longitudinal – Figura 7:
 - Conceito similar ao da trinca transversal, mas com direção majoritariamente paralela ao eixo da via. É chamada de trinca transversal curta possuindo extensão de até 100cm, e de longa ao ultrapassar essa marca (DNIT, 2003a). Essa característica está conforme Figura 7.
 - Tem como causas as mesmas situações das trincas transversais, além da má execução na junta (DNIT, 2005).

Figura 7: Trinca isolada - Longitudinal



Fonte: DNIT, 2003a

- Trinca de retração:
 - Trinca isolada que não é causada por fenômenos de fadiga, mas sim por retração térmica ou por características do material do revestimento ou da base rígida ou semirrígida subjacente ao revestimento trincado (DNIT, 2003a). O defeito pode ser visto na Figura 8.
 - Caracteriza-se por uma trinca longitudinal ou uma área trincada na região de interface entre a pista e o acostamento, ou entre a pista e o alargamento. Esse tipo de trincado na borda pode ser associado à desintegração ou erosão ao longo da borda (DNIT, 2005).
 - As causas incluem a má execução da junta de ligação entre a pista e o acostamento ou alargamento; a diferença de rigidez entre os materiais do acostamento ou alargamento e do pavimento existente; compactação inadequada e drenagem deficiente ou ausente (DNIT, 2005).

Figura 8: Trinca isolada - Retração



Fonte: DNIT, 2005

3.4.1.2.2 Trinca interligada

- Trinca tipo “Couro de Jacaré”:
 - Conforme Figura 9, ela é um conjunto de trincas interconectadas, sem uma direção predominante, onde o seu padrão se assemelha ao couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar erosão nas bordas, embora isso não seja sempre o caso (DNIT, 2003a).
 - Sua causa principal é a ação repetitiva das cargas de tráfego. Além disso, as condições ambientais, como temperatura e umidade, podem acelerar o início e a propagação das trincas (DNIT, 2005).

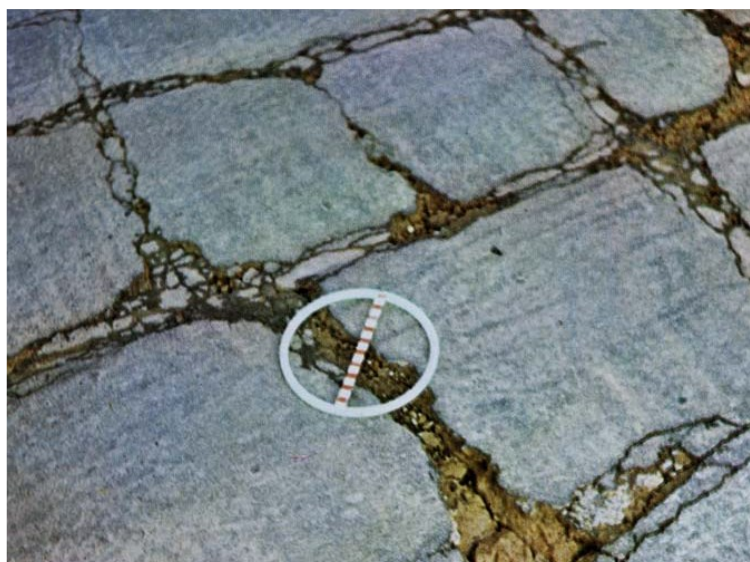
Figura 9: Trinca interligada - "Couro de jacaré"



Fonte: DNIT, 2003a

- Trinca tipo “Bloco”:
 - Conjunto de trincas interconectadas, formando blocos com contornos bem definidos, que podem ou não exibir erosão pronunciada nas bordas (DNIT, 2003a). O presente defeito pode-se ver esse na Figura 10.
 - É causado principalmente pela contração do material de revestimento devido à variação diária entre altas e baixas temperaturas. Sua presença geralmente indica que o ligante asfáltico perdeu grande parte de sua elasticidade. Não se trata de um defeito relacionado à carga, embora esta possa agravar sua severidade (DNIT, 2005).

Figura 10: Trinca interligada - "Bloco"



Fonte: DNIT, 2003a

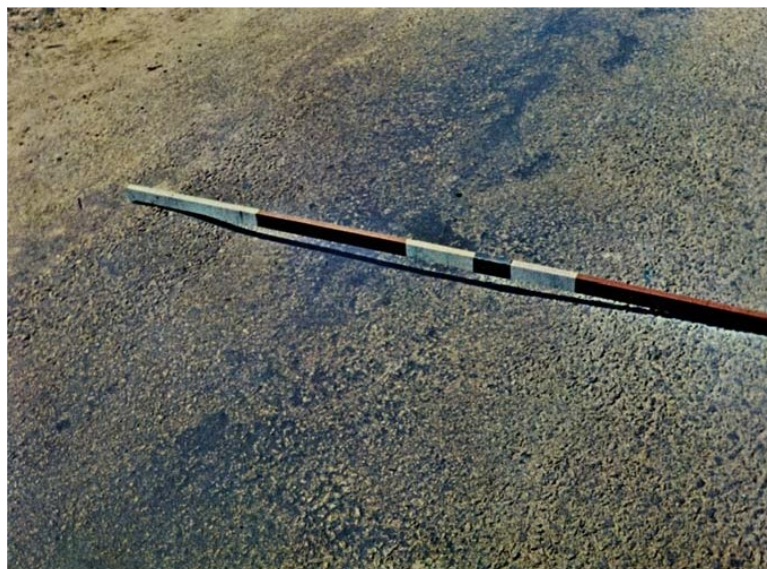
3.4.2 Afundamento

Deformação permanente que se manifesta como uma depressão na superfície do pavimento, podendo ou não ser acompanhada de solevamento. Essa deformação pode ocorrer na forma de afundamento plástico ou consolidação (DNIT, 2003a).

3.4.2.1 Afundamento plástico:

- É causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda (DNIT, 2003a). Tais características podem ser vistas na figura 11.
- É causado pela ruptura de uma ou mais camadas do pavimento, que ocorrem por conta da ação das cargas de tráfego (DNIT, 2005).

Figura 11: Afundamento plástico



Fonte: DNIT, 2003a

3.4.2.2 Afundamento de consolidação:

- Ocorre devido à consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, sem o acompanhamento de solevamento. Quando sua extensão é de até 6 m, é denominado afundamento de consolidação local. Caso a extensão seja superior a 6 m e se localize ao longo da trilha de roda, é classificado como afundamento de consolidação da trilha de roda (DNIT, 2003a). Tal defeito pode ser visto na Figura 12.

- É causado pela má compactação em uma ou mais camadas durante a construção; pela mistura asfáltica imprópria (com baixa estabilidade); declínio de uma ou mais camadas, ocasionado pela infiltração da água (DNIT, 2005).

Figura 12: Afundamento de consolidação



Fonte: DNIT, 2003a

3.4.3 Ondulação ou corrugação:

A deformação é caracterizada por ondulações ou irregularidades transversais na superfície do pavimento, criando um padrão de elevações e depressões visíveis ao longo da via (DNIT, 2003a). Esse tipo de defeito pode ser visto na Figura 13.

Suas causas incluem a instabilidade da mistura betuminosa na camada de revestimento e/ou na base do pavimento; o excesso de umidade nas camadas subjacentes; a contaminação da mistura asfáltica por materiais desconhecidos; e a retenção de água na mistura asfáltica (DNIT, 2005).

Figura 13: Ondulação



Fonte: DNIT, 2003a

3.4.4 Escorregamento

O deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento resulta no surgimento de fendas com formato de meia-lua, evidenciando a separação entre as camadas. (DNIT, 2003a). Esse tipo de defeito pode ser visto na Figura 14.

As causas incluem a ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual ele está apoiado; a baixa inércia do revestimento asfáltico devido à sua espessura reduzida; má compactação das misturas asfálticas ou da camada superior da base; e a fluência plástica do revestimento em decorrência de altas temperaturas (DNIT, 2005).

Figura 14: Escorregamento



Fonte: DNIT, 2003a

3.4.5 Exsudação

É quando ocorre um excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento em decorrência da migração do ligante por meio do revestimento, formando manchas de variados tamanhos (DNIT, 2003a). Essas manchas comprometem de forma significativa a aderência entre revestimento e pneu, principalmente em tempos de chuva (DNIT, 2005). Tal defeito pode ser visto na Figura 15.

É causado pela má dosagem da mistura asfáltica, o que acarreta um teor exacerbado de ligante e/ou um índice de vazios muito baixo; e pela temperatura superior ao especificado para o momento de mistura, o que acarreta a dilatação do asfalto e na ocupação irreversível dos vazios entre as partículas (DNIT, 2005).

Figura 15: Exsudação

Fonte: DNIT, 2003a

3.4.6 Desgaste

É o efeito do desprendimento gradual dos agregados do pavimento, que resulta na aspereza superficial do revestimento, sendo causado por esforços tangenciais originados pelo tráfego (DNIT, 2003a). As características apresentadas estão conforme Figura 16.

Seu surgimento é causado por diversos fatores, como a redução da ligação entre o agregado e o ligante devido à oxidação do ligante e à ação combinada do tráfego e das intempéries; a perda de adesividade entre o agregado e o ligante em função da presença de poeira ou sujeira durante a construção; e a execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis (DNIT, 2005).

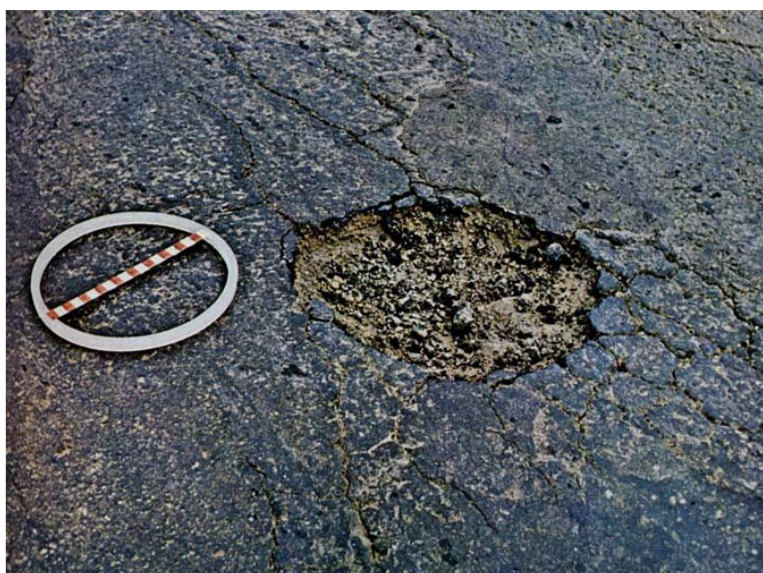
Figura 16: Desgaste

Fonte: DNIT, 2003a

3.4.7 Panela ou buraco

Cavidade que se forma no revestimento devido a diversas causas, incluindo a falta de aderência entre as camadas sobrepostas, o que leva ao deslocamento das camadas. Essa cavidade pode atingir as camadas inferiores do pavimento, resultando na desagregação dessas camadas (DNIT, 2003a). Seu formato pode ser visto na Figura 17.

Figura 17: Panela ou buraco



Fonte: DNIT, 2003a

3.4.8 Remendo

Buraco preenchido com uma ou mais camadas de pavimento, resultando em uma operação conhecida como "tapa-buraco". Pode ser tanto profundo quanto superficial (DNIT, 2003a).

Geralmente são considerados falhas, já que remetem ao mau comportamento da estrutura original, gerando, normalmente, irregularidade longitudinal, causando um desconforto na trafegabilidade do pavimento. São causados pela solicitação intensa do tráfego; uso de material de má qualidade; e condições ambientais agressivas (DNIT, 2005).

3.4.8.1 Remendo profundo

Refere-se à substituição do revestimento e, em alguns casos, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Normalmente, apresenta uma forma retangular (DNIT, 2003a). Tal característica pode ser vista na Figura 18.

Figura 18: Remendo profundo



Fonte: DNIT (2021).

3.4.8.2 Remendo superficial

Correção pontual da superfície do revestimento, realizada por meio da aplicação de uma camada betuminosa (DNIT, 2003a). A Figura 19 apresenta um aglomerado de remendos superficiais.

Figura 19: Remendo superficial



Fonte: UOL (2021).

3.5 Formas de manutenção e recuperação de pavimentos asfálticos

Os pavimentos rodoviários são um patrimônio essencial para a sociedade, sendo, portanto, crucial garantir que permaneçam em boas condições. Para isso, é indispensável realizar ações regulares de conservação e restauração, garantindo sua durabilidade. A falta ou a diminuição da frequência dessas manutenções pode acarretar altos custos financeiros com obras de recuperação, além de aumentar significativamente os gastos operacionais dos veículos que utilizam essas vias (DNIT, 2011).

A manutenção em pavimentos flexíveis tende a ser mais ágil, pois, após a execução dos serviços, o tráfego de veículos pode ser liberado rapidamente. Isso contrasta com os pavimentos rígidos, nos quais é necessário aguardar o tempo de cura do concreto antes de liberar a via para o tráfego (RIBAS, 2017).

Para garantir que o pavimento mantenha características próximas às de seu estado original, é fundamental realizar manutenções de forma periódica. Nos pavimentos flexíveis, existem dois tipos principais de manutenção a serem realizados: a manutenção preventiva e a corretiva (SILVA, 2008).

3.5.1 Conservação

A manutenção preventiva visa evitar o surgimento de falhas na estrutura do pavimento, sendo realizada por meio de atividades periódicas, baseadas em critérios técnicos. Ela se divide em duas abordagens: a preventiva periódica e a rotineira. Por outro lado, a manutenção corretiva tem como objetivo reparar ou eliminar defeitos existentes, realizando intervenções para melhorar o desempenho da rodovia e aumentar sua capacidade estrutural (DNIT, 2007).

Como exemplos de manutenção preventiva temos a selagem de trinca; manutenção da drenagem; e camadas de selamento, que podem ser micro revestimentos a frio, lama asfáltica, tratamentos superficiais e selamento com areia ou emulsão (SILVA, 2008).

Como exemplos de manutenção corretiva temos a selagem de trincas isoladas no revestimento, que é um tratamento eficaz para a conservação do pavimento, retardando a deterioração até que seja necessário realizar uma intervenção mais significativa. Além disso, pode-se utilizar geossintéticos com o propósito de direcionar as trincas ou transformá-las em microfissuras à medida que se propagam, contribuindo para a integridade do pavimento a longo prazo (BERNUCCI, *et al*, 2010).

Para o tratamento das trincas interligadas, várias técnicas usuais podem ser combinadas para garantir um tratamento eficaz. Entre essas técnicas estão a fresagem superficial, a reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina, o tratamento superficial por penetração, o micro revestimento asfáltico a frio e a aplicação de camada porosa de atrito (CPA). Essas abordagens visam restaurar a superfície do pavimento, melhorar seu desempenho e evitar o agravamento da deterioração (BERNUCCI, *et al*, 2010).

A reperfilagem, que envolve a aplicação de uma camada fina de material betuminoso misturado, pode ser empregada para corrigir deformações no pavimento e melhorar as condições de trafegabilidade, além de ser eficaz no tratamento de afundamentos localizados. Essa técnica contribui para a restauração da superfície do pavimento, proporcionando uma melhor performance e segurança para os usuários da via (DNIT, 2006a)

3.5.2 Recuperação

Quando surgem defeitos superficiais, são realizadas operações de recuperação com o objetivo de restaurar a camada superficial, sem a necessidade de correção estrutural. Um exemplo comum de intervenção em rodovias é o recapeamento com camadas finas (de até 2,5 centímetros de espessura). Essas ações visam reparar falhas como fissuras, desagregação, desgaste, exsudação, alterações na rugosidade e, quando necessário, trilhas de roda (DNIT, 2006a).

Embora seja considerado uma patologia devido ao desconforto que causa, o remendo também é uma técnica de recuperação quando realizado corretamente. Nesse contexto, o remendo simples é uma das soluções mais tradicionais e frequentemente utilizadas para reparar pavimentos asfálticos, como, por exemplo, ao tapar buracos (STUCHI, 2005).

3.5.3 Reforço estrutural

O reforço estrutural tem como principal objetivo aumentar a capacidade de suporte de cargas do pavimento, por meio da aplicação de uma ou mais camadas adicionais. Além disso, essa técnica também contribui para a correção de defeitos superficiais, melhorando a condição geral da via (DNIT, 2006a)

O reforço estrutural envolve a execução de um recapeamento, que pode ser realizado com mistura asfáltica e/ou concreto de cimento Portland, visando restaurar a capacidade estrutural e a qualidade de rolamento do pavimento. Esse processo aumenta a resistência da estrutura

aos esforços causados pelo tráfego. O reforço pode ser composto por uma ou mais camadas betuminosas e, em alguns casos, ser aplicado sobre uma camada granular (DNIT, 2006b).

Essa técnica é adotada quando o pavimento apresenta um nível avançado de degradação, tornando impraticáveis ou insuficientes as reparações de menor escala. Para sua aplicação, é fundamental realizar uma avaliação do pavimento existente, a fim de determinar o reforço estrutural necessário para garantir um novo ciclo de vida à rodovia (DNIT, 2006a).

3.5.4 Reconstrução

As obras de reconstrução têm como objetivo reestruturar o pavimento, por meio da substituição e/ou adição de camadas estruturais, além de renovar o revestimento. Esse processo visa garantir que a nova estrutura seja capaz de atender de forma satisfatória às solicitações de tráfego (DNIT, 2007).

Os remendos profundos são realizados quando a reparação precisa ser permanente, exigindo a remoção do material da área danificada. A profundidade do remendo é determinada pela necessidade de alcançar uma fundação firme. Se necessário, pode-se retirar até parte do subleito para garantir a estabilidade da intervenção (DNIT, 2006a).

Esse tipo de manutenção do pavimento deve ser realizado quando o colapso total de sua estrutura se torna iminente, uma vez que, nesse estágio, as operações de reforço estrutural já não seriam mais eficazes. Normalmente, um pavimento atinge esse nível de degradação devido à negligência quanto à necessidade de reparos durante sua vida útil (DNIT, 2006a).

3.6 Avaliação da superfície de pavimentos asfálticos

Na pavimentação, a avaliação superficial é realizada por meio da identificação dos defeitos e manifestações patológicas presentes na camada de rolamento, utilizando procedimentos de inspeção padronizados e regulamentados pelos órgãos competentes. Dado que existem diversas metodologias de avaliação, a escolha do método adequado deve levar em consideração as particularidades da rodovia em questão, assim como a finalidade do estudo a ser realizado (VIEIRA, *et al*, 2016).

Para analisar as condições gerais de um pavimento, inicialmente, pode-se realizar uma avaliação funcional, que se destaca pela rapidez na execução e pelo baixo custo. No entanto, quando for necessário um estudo mais detalhado, deve-se realizar a avaliação estrutural da rodovia. O conjunto dessas análises permite que a tomada de decisão sobre a manutenção e reabilitação do pavimento seja mais precisa e eficiente (LIRA; OLIVEIRA, 2019).

No caso de uma avaliação funcional, os principais aspectos a serem observados para um diagnóstico adequado são a segurança e o conforto dos usuários. No Brasil, os órgãos competentes estabelecem métodos de análise padronizados para esses levantamentos, que podem ser realizados por meio de inspeções executadas a pé ou a bordo de um veículo, realizadas por equipes de avaliadores devidamente treinados (LIRA; OLIVEIRA, 2019).

No Manual de Pavimentação do DNIT (2011), é destacado que a avaliação funcional de um pavimento está associada à análise do estado de sua superfície e ao impacto dessa condição no conforto durante o rolamento. Assim, existem diversos métodos para avaliar pavimentos, incluindo o Valor da Serventia Atual (VSA), que é uma medida subjetiva baseada nas notas atribuídas por técnicos avaliadores, variando de 0 a 5, onde 0 é péssimo e 5, ótimo; e o Índice de Irregularidade Internacional (IRI), um parâmetro obtido por meio de medições de irregularidade longitudinal, realizadas com equipamentos especialmente projetados para essa finalidade.

3.6.1 Levantamento Visual Contínuo – LVC

O Levantamento Visual Contínuo (LVC) tem como objetivo analisar a condição da superfície do pavimento, por meio de um levantamento detalhado dos defeitos presentes ao longo de toda a extensão do trecho selecionado. A análise leva em consideração todas as faixas de tráfego, proporcionando uma visão completa do estado do pavimento.

Esse método é composto por duas etapas distintas: uma objetiva, que envolve a contagem das patologias identificadas, e uma etapa subjetiva, na qual o avaliador atribui uma nota com base em sua observação e julgamento das condições do pavimento.

No Brasil, as diretrizes para a realização do Levantamento Visual Contínuo (LVC) são estabelecidas pelo DNIT por meio da NORMA 008/2003 – PRO (Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e pavimentos semirrígidos - Procedimento). De acordo com essa norma, a catalogação dos defeitos deve ser realizada por dois ou mais avaliadores, a bordo de um veículo, trafegando a uma velocidade média de 40 km/h. A rodovia deve ser percorrida em um único sentido, considerando todas as faixas de rolamento na análise. No caso de pistas duplas, realiza-se um levantamento separado para cada pista. O trecho total deve ser dividido, preferencialmente, em segmentos de 1 km de extensão, onde são observados a ocorrência e a frequência de cada defeito identificado (DNIT, 2003d).

Deve-se evitar a realização do levantamento em dias chuvosos, com forte neblina ou em condições de pouca luz natural, como no início ou no final do dia, para garantir a precisão e a visibilidade adequadas durante a análise (DNIT, 2003d).

De acordo com DNIT (2011), é por meio do LVC que determinamos o Valor de Serventia Atual (VSA) nos segmentos onde esse tipo de revestimento está presente, uma medida subjetiva que é baseada pelas notas dadas pelos avaliadores do trecho. Esse procedimento leva em consideração as condições do pavimento descritas na norma DNIT 006/2003 PRO e fornece os dados necessários para a avaliação do IGG – Índice de Gravidade Global.

3.6.1.1 Índice de Gravidade Global

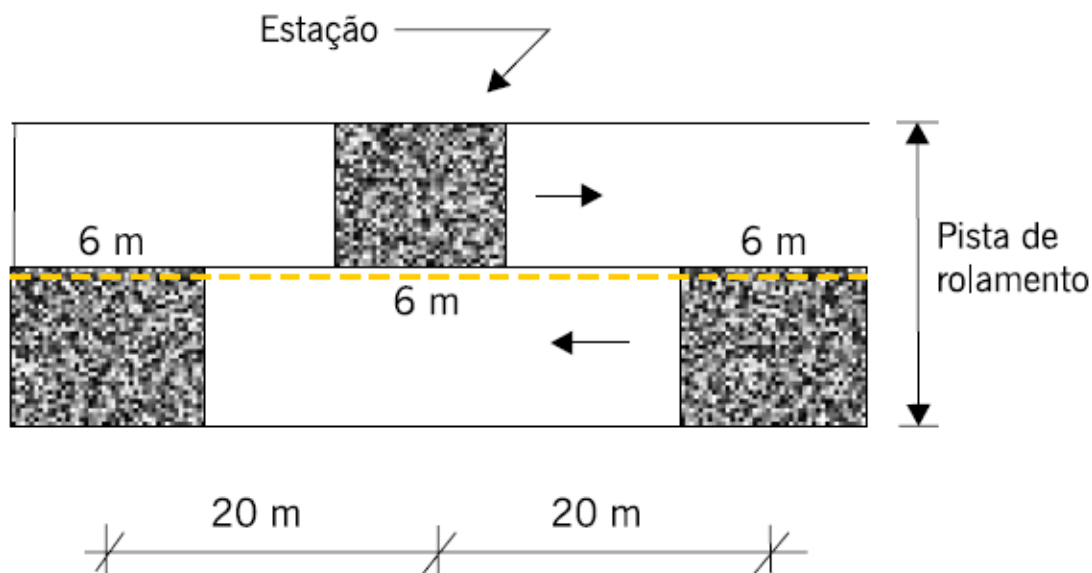
A norma DNIT 006/2003-PRO (Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos) estabelece as condições necessárias para a avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, por meio da contagem e classificação das ocorrências aparentes e da medição das deformações permanentes nas trilhas de roda. Além disso, a norma fornece referências para a aplicação do método do IGG.

A aplicação da metodologia do IGG pode levar a conclusões imprecisas sobre a condição de um segmento de pavimento. Isso ocorre porque, quando um defeito é identificado em uma amostra, presume-se que ele esteja presente em todo o segmento, e se um defeito não for detectado na amostra, conclui-se que o segmento está livre de defeitos. Outra limitação do método, exceto no caso das trincas, é a falta de definição sobre a extensão e o nível de severidade dos defeitos. Além disso, o método IGG demanda mais tempo para a avaliação do segmento de pavimento. Assim, o uso do IGG como indicador da qualidade de pavimentos urbanos apresenta algumas restrições (ZANCHETTA, 2005).

Diante disso, o procedimento do IGG não é adequado para a avaliação de grandes áreas. Nesse caso, recomenda-se a utilização do método de Levantamento Visual Contínuo (LVC), pois ele permite o registro das ocorrências mais significativas que afetam a superfície do pavimento (BERNUCCI, *et al*, 2022).

De acordo com a norma DNIT 006/2003-PRO, as superfícies a serem avaliadas devem ser localizadas da seguinte maneira: nas rodovias de pista simples, a cada 20 m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento (ou seja, a cada 40 m em cada faixa de tráfego); nas rodovias com pista dupla, a cada 20 m, na faixa de tráfego mais utilizada de cada pista. A Figura 20 exemplifica as estações em pista simples.

Figura 20: Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos



Fonte: (Bernucci, *et al*, 2022).

Ainda de acordo com a Norma, o IGG tem como objetivo caracterizar o pavimento, atribuindo um valor numérico que representa sua condição, com uma escala que varia de 0 (ótimo) a 160 (péssimo). A Tabela 1 apresenta os conceitos de degradação do pavimento de acordo com os valores do IGG.

Tabela 1: Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Fonte: NORMA DNIT 006/2003-PRO

3.6.1.2 Valor de Serventia Atual - VSA

A avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos é definida pela norma DNIT 009/2003 – PRO que tem como objetivo a obtenção do Valor de Serventia Atual (VSA). Esse procedimento consiste na média de cinco atribuições numéricas, variando de 0 a 5, dadas por cinco avaliadores, que avaliam o conforto do rolamento de um veículo em um trecho específico de uma via em determinado momento de sua vida útil. A escala utilizada para essa avaliação abrange cinco níveis de serventia, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Níveis de serventia

Padrão de conforto ao rolamento	Avaliação (faixa de notas)
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: Manual de Gerência de Pavimentos DNIT (2011).

Apesar de seu caráter subjetivo, o método VSA continua sendo utilizado nos Estados Unidos, no Brasil e em vários outros países devido à sua facilidade de aplicação. Quando a equipe de avaliação é devidamente treinada, os resultados refletem de forma precisa a condição atual da via (BERNUCCI, *et al*, 2022).

O VSA geralmente é elevado logo após a construção do pavimento, quando a obra é bem executada, pois a superfície tende a ser suave e quase sem irregularidades. No entanto, a condição ideal de perfeição, sem qualquer irregularidade ($VSA = 5$), raramente é alcançada na prática. Como exemplo, nas pistas experimentais da AASHO, na década de 1960, os valores de serventia inicial foram de 4,2 para pavimentos asfálticos e 4,5 para pavimentos de concreto Portland. Com o avanço das técnicas construtivas, é possível alcançar valores iniciais mais próximos de 5 para ambos os tipos de pavimento. Portanto, o VSA logo após a construção depende significativamente da qualidade da execução e das opções de pavimentação escolhidas (DNIT, 2011).

3.6.1 Levantamento de Irregularidades Longitudinais – IRI

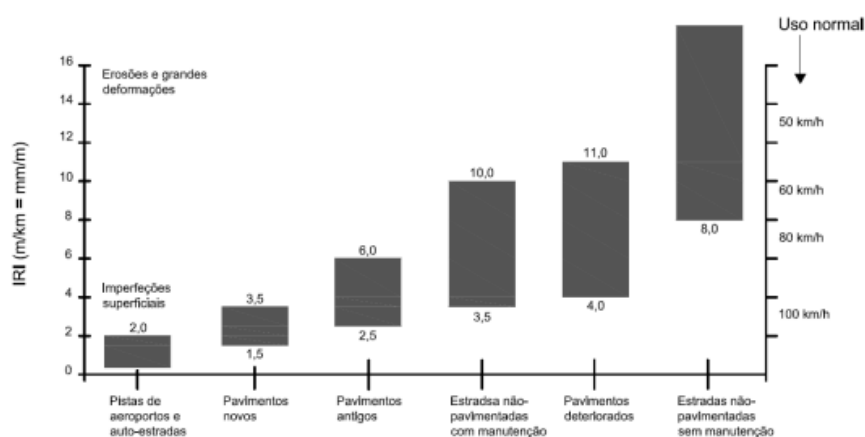
O IRI (*International Roughness Index*), traduzido para o português como Índice de Irregularidade Internacional, é utilizado na Avaliação da Irregularidade Longitudinal do Pavimento, sendo uma ferramenta importante nas análises relacionadas ao conforto do usuário.

De acordo com o DNER (2000), a irregularidade longitudinal refere-se ao desvio de uma superfície em relação a uma superfície plana de referência. Esses desvios impactam a qualidade do rolamento, a dinâmica dos veículos sobre a via, a distribuição das cargas e a drenagem do pavimento. Essa irregularidade pode ser originada de imperfeições durante a

construção da via, bem como ser resultado da deterioração em função da ação do tráfego, do clima ou de outros fatores.

Segundo Duarte (2018), uma característica da irregularidade longitudinal em pavimentos é que, a partir de um valor inicial específico, ela aumenta de forma exponencial, uma vez que os desvios verticais da superfície afetam a dinâmica das forças. O IRI é um índice estatístico, expresso em metros por quilômetro (m/km), que quantifica os desvios da superfície do pavimento em relação à superfície de projeto. Essa unidade de medida (m/km) é a mais comumente utilizada em nível internacional (DNIT, 2011). A Figura 21 ilustra os valores do IRI conforme o tipo e a condição funcional da superfície.

Figura 21: Diversas faixas de variação do IRI a depender do caso e da situação



Fonte: Manual de Gerência de Pavimentos DNIT (2011).

O IRI é medido utilizando aparelhos projetados ao longo de uma linha imaginária, paralela ao eixo da via e, geralmente, concomitante com as regiões de trilhas de roda, podendo, há casos, que há necessidade de melhor detalhar o perfil, levantando-o em diversas linhas paralelas imaginárias (DNIT, 2011).

A Avaliação da irregularidade de um pavimento por meio do IRI é feito com base na Tabela 3.

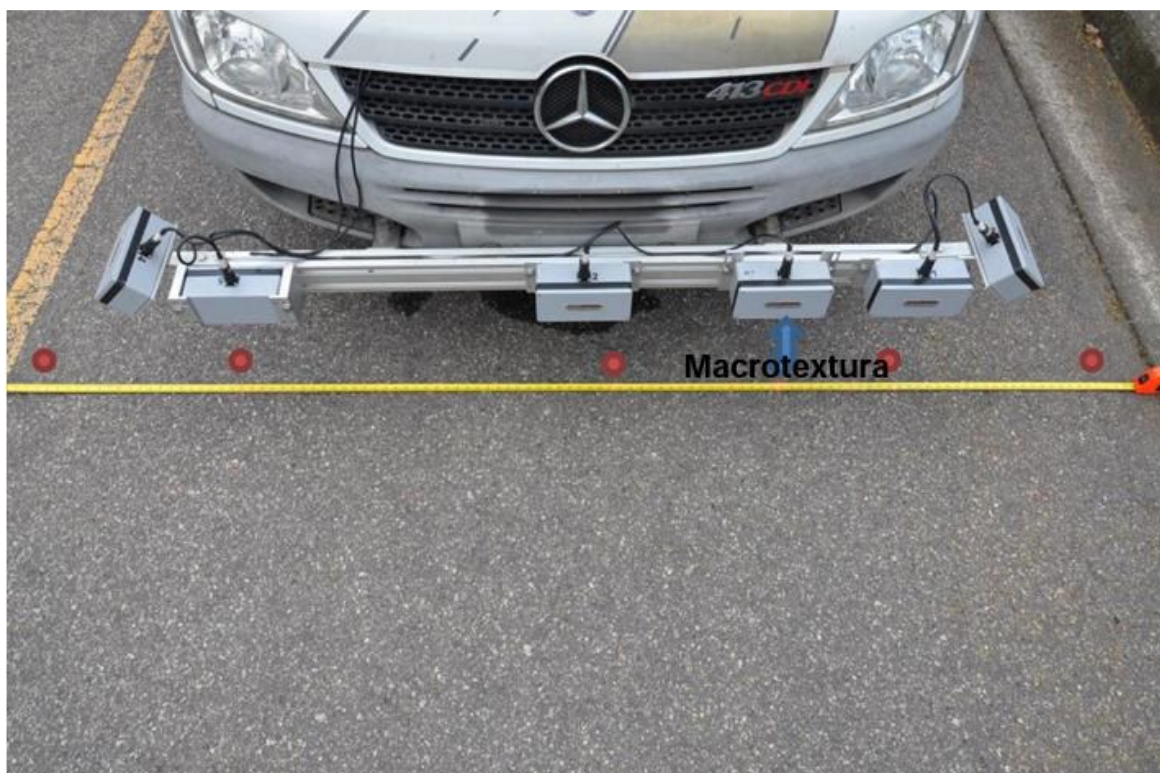
Tabela 3: Código referente à Irregularidade da superfície

Código	Irregularidade Superficial
0	IRI < 3 (BOM)
1	3 ≤ IRI < 4 (REGULAR)
2	4 ≤ IRI < 5,5 (MAU)
3	IRI ≥ 5,5 (PÉSSIMO)

Fonte: Manual de Gerência de Pavimentos DNIT (2011).

A NORMA DNIT 442/2023 – PRO (Pavimentação – Levantamento do perfil longitudinal de pavimentos com perfilômetro inercial – Procedimento) estabelece os requisitos necessários para a realização das medições de irregularidade longitudinal de pavimentos, utilizando o perfilômetro inercial. O equipamento pode ser visto na Figura 22.

Figura 22: Perfilômetro inercial



Fonte: DNIT, 2023

De acordo com o DNIT (2023), o perfilômetro inercial é um equipamento composto por dois ou mais sensores de deslocamento vertical sem contato, odômetro e acelerômetros, que estão devidamente montados e conectados a um sistema de processamento computacional. Quando instalado em um veículo, esse equipamento é capaz de medir e calcular, de forma contínua, o perfil longitudinal da superfície do pavimento por onde o veículo circula.

No entanto, a obtenção dos parâmetros qualitativos de irregularidade por meio do IRI envolve um custo relativamente elevado, devido à aquisição, operação e manutenção do perfilômetro. Como resultado, levantamentos subjetivos são frequentemente considerados uma alternativa viável, como é o caso do VSA, que já fora mencionado.

Diante desse cenário, uma alternativa para avaliação e análise preliminar da condição funcional do pavimento é o uso de *smartphones* para obtenção indireta do IRI, utilizando os acelerômetros presentes nos dispositivos. Essa abordagem pode reduzir custos operacionais e

o tempo de execução em comparação com a avaliação realizada com perfilômetros a laser, pois a medição pode ser feita apenas com um *smartphone* acoplado ao carro (ALMEIDA, 2018). Posposto isso, para a obtenção do IRI foi utilizado o aplicativo *RoadBounce*.

4 METODOLOGIA

De acordo com Gil (2019), no que diz respeito ao objetivo, o presente estudo se enquadra na categoria de pesquisa exploratória. Isso dá por conta de ela permitir que haja uma familiaridade com o problema, uma vez que expõe a problemática e constrói hipóteses em cima.

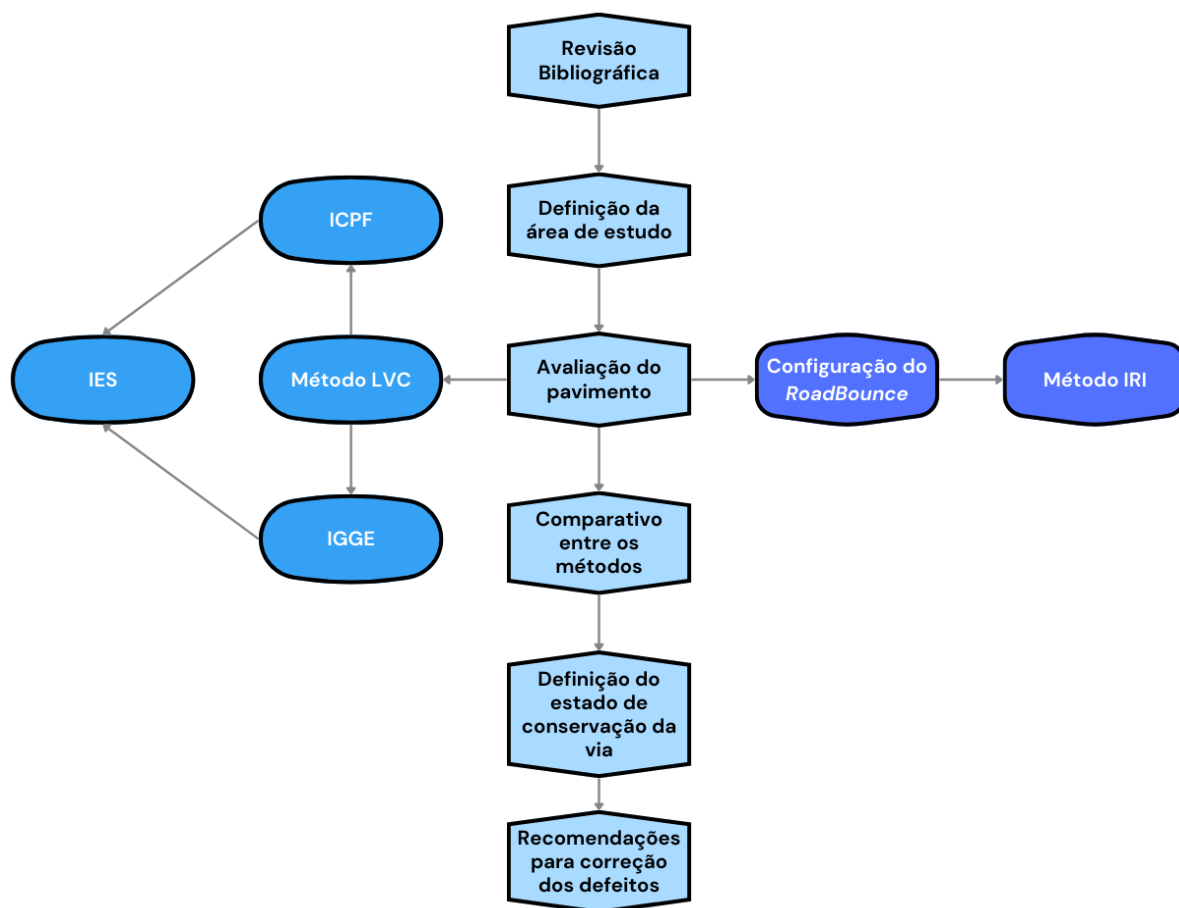
O presente estudo teve como início uma pesquisa bibliográfica a respeito de pavimentos, falando de suas definições, defeitos, métodos de avaliação e reparo, possuindo como base, livros, artigos acadêmicos, monografias e normas técnicas.

A abordagem da pesquisa é qualitativa, uma vez que a avaliação do trecho se dá por notas do avaliador em meio as normas técnicas aplicadas ao presente caso.

Diante disso foi escolhida a área de estudo com o intuito de avaliá-la, realizando um estudo de caso por meio de dois métodos. Um deles é Levantamento Visual Contínuo (LVC) para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, conforme a NORMA DNIT 008/2003 - PRO. Essa norma estabelece os procedimentos necessários para a avaliação da superfície desses pavimentos por meio de um formulário (Figura 25), com foco na determinação do ICPF - Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis ou Semirrígidos. Além disso, o método fornece as informações essenciais para o cálculo do IGGE - Índice de Gravidade Global Expedido e do IES - Índice do Estado de Superfície (DNIT, 2003d). O outro método será o uso do aplicativo *RoadBounce* para realizar o Levantamento de Irregularidades Longitudinais (IRI), que é regido pela NORMA DNIT 442/2023 - PRO.

Após a análise desses dois métodos foi feito um comparativo entre ambos e sugerido formas de manutenção do trecho. Abaixo segue um fluxograma que mostra as etapas descritas.

Figura 23: Fluxograma da metodologia



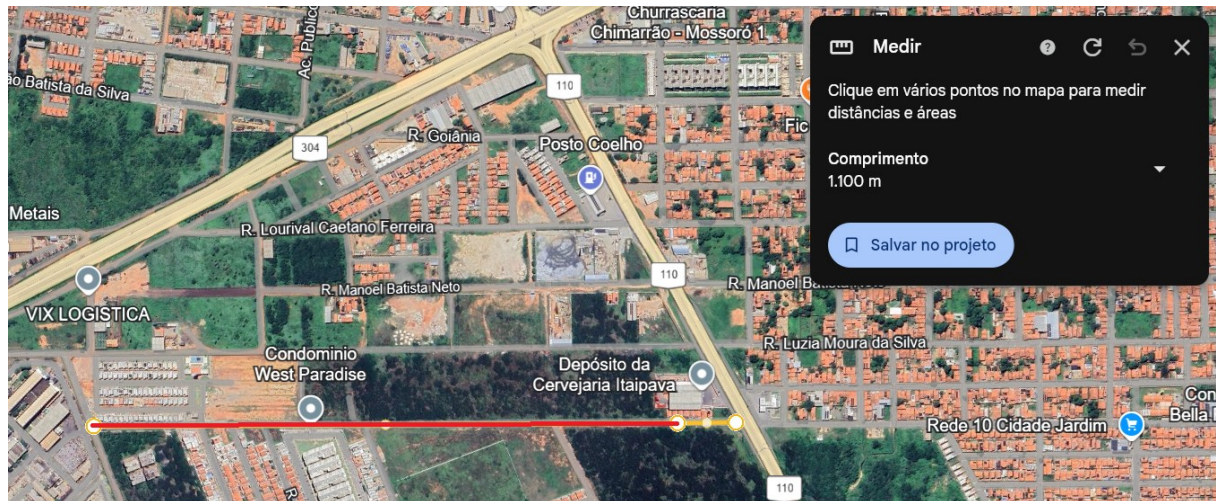
Fonte: Autoria própria (2025)

4.1 Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi feito no Bairro Alto do Sumaré, pertencente a cidade de Mossoró/RN, localizada na região Nordeste do Brasil. O município se encontra na mesorregião do Oeste Potiguar, distando em 280 km da capital do estado, Natal. Dados do IBGE (2024) afirmam que o município possui uma área de 2.099.334 km² e uma população estimada de 278.034 habitantes.

O trecho escolhido foi a Rua Genésio Xavier de Medeiros, localizada no Bairro Alto do Sumaré, zona urbana de Mossoró. O motivo de sua escolha se dá pelo fato de ser uma rua que os moradores do bairro, predominantemente residencial, utilizam para se chegar a BR 110; logo a sua utilização é alta.

A rua em questão é uma pista simples com 1.100 km de extensão, conforme mostra a Figura 24, que foi retirada do *Google Earth*. Vale ressaltar que o segmento marcado de vermelho possui extensão de 1000m, enquanto o amarelo, 100m.

Figura 24: Rua Genésio Xavier de Medeiros

Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor (2025)

4.2 Estudo de caso - LVC

A NORMA DNIT 008/2003 – PRO determina que o trecho deve possuir no mínimo 1km de extensão e no máximo 6km, onde deve-se definir, preferencialmente, segmentos de 1km de comprimento. Além disso, a norma permite que em caso de final de trecho, são permitidos comprimentos inferiores a 1km. Tendo em vista que o trecho analisado possui extensão de 1.100 metros, haverá duas segmentações, uma com 1.000 metros e outra com 100 metros.

Ainda segundo a norma, a quantidade de defeitos encontrados por quilômetro no segmento analisado é registrada em um formulário, utilizando os códigos (A), (M) e (B), que correspondem às frequências alta, média e baixa, respectivamente, conforme a estimativa da qualidade e da porcentagem de ocorrência dos defeitos. A frequência dos defeitos observados no Levantamento Visual Contínuo (LVC) e o formulário que deve ser utilizado para o levantamento estão apresentados, respectivamente, na Tabela 4 e na Figura 24.

Tabela 4: Frequência de defeitos

Painéis (P) e Remendos (R)		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 – 5
B	Baixa	≤ 2
Demais defeitos		
Código	Frequência	% por km
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 – 10
B	Baixa	≤ 10

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO

Figura 25: Formulário para LVC

MT																Folha		
DNIT																de		
Código PNV Trecho do PNV	Ext. PNV _____ Ext. EXEC _____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO _____ MÊS/ANO _____																	
	Largura da Pista: _____																	
	Largura do Acostamento: _____																	
	Início _____ MR Nº _____										Fim _____ VMD _____ MR Nº _____							
SEGMENTO			FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										I		INF.COMPLEMENTARES			OBSERVAÇÕES
Nº	ODÔMETRO/KM		Ext	P	TRINCAS			R	DEFOR-MAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			C				
DO					TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E		REV	ESP	IDADE	
SEG	INÍCIO	FIM												ORIG	REST			
P – Panela		AF – Afundamento		D – Desgaste do Pavimento		REST – Idade da última restauração		Avaliadores										
TR – Trinca Isolada		O – Ondulações		EX – Exsudação		REV – Tipo de Revestimento												
TJ – Trinca Couro de Jacaré		E – Escorregamento do revestimento betuminoso		R – Remendo		ESP – Espessura do Revestimento												
TB – Trinca em Bloco		ICPF – Índice de Condições		MR – Marco Rodoviário		ORIG – Idade do Pav. Original												

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO

4.2.1 Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis - ICPF

O cálculo do ICPF é realizado por meio da média dos índices presentes no Formulário do Levantamento (ver Figura 25), sendo avaliados por dois ou mais avaliadores.

O ICPF é um índice atribuído com base nas observações realizadas em campo, levando em consideração não apenas os defeitos, mas também a segurança e o conforto dos usuários ao trafegar. O valor numérico do ICPF varia de 0, indicando uma condição péssima, até 5, que representa uma condição excelente, conforme Tabela 5

Tabela 5: Conceitos do ICPF

CONCEITO	DESCRIÇÃO	ICPF
Ótimo	Necessita apenas de conservação rotineira.	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA - desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas.	4 - 3
Regular	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - pavimento trincado, com “painelas” e remendos pouco frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	3 - 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO - defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base	1 - 0

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO

4.2.2 Índice de Gravidade Global Expedito – IGGE

O IGGE é calculado com base na frequência dos defeitos e seus respectivos pesos, conforme indicado na Equação 1. Machado (2013) ressalta que esse índice, diferentemente do ICPF, que leva em consideração todos os defeitos listados no LVC, avalia apenas os defeitos como trincas, deformações, placas e remendos, onde cada tipo de defeito recebe um peso variável de acordo com a frequência de sua ocorrência. O peso de cada defeito pode ser conferido na Tabela 6.

Equação 1: Cálculo do IGGE

$$IGGE = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (P_{pr} \times F_{pr})$$

Fonte: DNIT 008/2003 – PRO

Onde:

- Ft, Pt = Frequência e Peso do conjunto de trincas t;
- Foap, Poap = Frequência e Peso do conjunto de deformações;
- Fpr, Ppr = Frequência (quantidade por km) e Peso do conjunto de placas e remendos.

Tabela 6: Determinação do IGGE

FREQUÊNCIA	GRAVIDADE	TRINCAS E DEFORMAÇÕES			PANELAS E REMENDOS	
		Fator Ft e Foap (%/km)	Peso de trincas	Peso das deformações	Fator Fpr (Quant./Km)	Peso
A - ALTA	3	≥ 50	0,65	1,00	≥ 5	1,00
M - MÉDIA	2	50 - 10	0,12	0,70	2 - 5	0,80
B - BAIXA	1	≤ 10	0,30	0,60	≤ 2	0,70

Fonte: Adaptado de DNIT 008/2003 – PRO

4.2.3 Índice do Estado da Superfície do pavimento – IES

O IES, cujos valores variam de 0 a 10, é avaliado com base nos índices ICPF e IGGE calculados, funcionando, portanto, como uma síntese desses dois índices. Os valores do IES, juntamente com o Código e o Conceito atribuídos ao estado da superfície do pavimento, são determinados de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7: Índice do Estado da Superfície do pavimento

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	ÓTIMO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	BOM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	REGULAR
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

Fonte: Adaptado de DNIT 008/2003 – PRO

4.2.4 Equipamentos utilizados

A norma pede um veículo de passeio que esteja equipado com velocímetro e odômetro calibrado para que possa determinar a velocidade e a segmentação dos trechos, que no caso em questão foram dois, um de 1000m e outro de 100m. Para o levantamento foi optado por fazer o percurso a pé como forma de garantir uma maior precisão nos levantamentos dos defeitos. Para garantir resultados fidedignos, também foram feitos registros fotográficos por meio de aparelho celular, bem como anotações em planilha com o quantitativo de cada defeito.

4.2.5 Condições de tempo

O levantamento foi realizado em 01/03/2025, no período matutino das 8h às 10h. O dia encontrava-se ensolarado, de modo que não houve dificuldades para enxergar a olho nu os defeitos encontrados, estando dentro das características exigidas pela norma.

4.2.6 Equipe de operação

A norma pede que haja dois avaliadores, além de um motorista. Tendo vista que a avaliação foi realizada a pé, não houve a necessidade de se ter um motorista, logo foram apenas os dois avaliadores.

4.2.7 Operação do veículo

O veículo foi conduzido a uma velocidade média de aproximadamente 40 km/h, com uma variação de 4 km/h para mais ou para menos. Devido às características da via, que são trechos de pista simples, o veículo foi conduzido em um único sentido, estando em conformidade com as diretrizes normativas. A norma estabelece que o levantamento deve ser feito em um único sentido para rodovias de pista simples e, no caso de rodovias de pista dupla, que não foi o caso, a avaliação deve ser realizada separadamente para cada lado da pista.

4.3 *RoadBounce*

Existem diversos aplicativos para a obtenção do IRI, tais como *RoadLab Pro*, *Roadroid*, *SmartIRI*, *RoadBounce*, entre outros. Dentre todos esses destacados, o único aplicativo que consegue exportar relatórios em PDF, KML e CSV, é o *RoadBounce*. Por esse motivo, ele foi escolhido para o uso nesta pesquisa. Vale ressaltar que o relatório é exportado em conta gratuita, mas bastante reduzido, onde é mostrado apenas o IRI de uma parte do trecho, porém há a opção de usar a versão Pro por sete dias gratuitos antes de ser cobrada a assinatura, onde o relatório é exportado de forma completa.

Conforme Almeida (2018), para a aquisição dos dados do IRI, foi acoplado ao para-brisa do carro um *smartphone* com o aplicativo Roadbounce. Isso foi possível, pois o aparelho contém acelerômetro e GPS, possibilitando adquirir a aceleração vertical com as latitudes e longitudes associadas. Como resultado, o aplicativo exporta os valores do IRI, bem como suas latitude e longitude.

Vale ressaltar que para esse método, diferentemente de como foi realizado o LVC, o trecho de 1100 metros foi considerado como único e a avaliação foi feita nos dois sentidos da via. Tendo em vista que o LVC foi feito a pé, foi possível avaliar os dois sentidos simultaneamente. Como não é possível avaliar o trecho como um todo já que o veículo só consegue trafegar por um lado, foi feita essa consideração. Ademais, nos locais onde se encontram painéis, a velocidade do veículo foi reduzida de modo a não o danificar, logo não há uma velocidade média tão fidedigna.

Após isso, os dados foram filtrados por meio do programa Excel, onde foi realizada uma média aritmética dos valores do IRI em relação a distância total percorrida nos dois sentidos e posteriormente entre eles, tendo em vista que os resultados foram dados em distâncias de 20 metros, de modo a conseguir maior precisão.

4.3.1 Interface do aplicativo

Assim que se abre o aplicativo (ver Figura 26A), depara-se com duas opções de escolha: escolher uma nova corrida ou ver as viagens salvas. Após escolher a opção de nova corrida, são feitos cinco questionamentos a respeito das configurações da viagem.

A pergunta de número 1 (Figura 26B) é sobre a faixa de velocidade a qual o veículo irá percorrer, onde foi feita a escolha de uma média de 15km. Tendo em vista que o IRI é calculado a partir de um perfil longitudinal da superfície da via, onde é simulada a resposta do veículo ao perfil da estrada, a intensidade em altas velocidades pode fazer com que o carro vibre mais do que deveria, ampliando ou suavizando a percepção das irregularidades. Em velocidades mais baixas, o impacto de defeitos menores, como uma pequena ondulação por exemplo, pode ser “sentido”, enquanto se fosse em velocidades elevadas a resposta dinâmica do veículo poderia suavizar o impacto.

Diante da caracterização da via já mencionada em textos mais acima, nas perguntas 2 e 3 foram escolhidas as opções de utilização regular e betuminoso, respectivamente, conforme Figura 26C-D.

Como mencionado no tópico acima, para a resposta da pergunta 4, foi escolhida a opção de análise a cada 20 metros devido a conseguir maior precisão, conforme Figura 27A.

Diante do Sistema Internacional de Unidades (SI), foi escolhida a terceira opção na pergunta de número 5, conforme mostra a Figura 27B.

Após as configurações da corrida serem concluídas, chega o momento de iniciá-la, onde são destacadas as informações de distância, duração, precisão do GPS e velocidade, como pode ser visto na Figura 27C.

Figura 26: A) Tela de início; B) Pergunta 1; C) Pergunta 2; D) Pergunta 3;

The screenshot displays the RoadBounce Pro app interface. On the left, there is a sidebar with a menu icon and two options: 'nova corrida' (represented by a car icon) and 'Viagens salvas' (represented by a document icon). The main area is divided into four sections labeled A, B, C, and D. Section A is the 'Adicionar novo veículo' (Add new vehicle) screen. Section B is the first question: '1. Selecione a faixa de velocidade desejada para o seu veículo de pesquisa?' (Select the desired speed range for your research vehicle?). It lists five options: 10 - 20 KMPH (0 - 12 MPH), 21 - 40 KMPH (13 - 25 MPH), 41 - 80 KMPH (26 - 50 MPH), 81 - 120 KMPH (51 - 75 MPH), and 121 - 180 KMPH (76 - 112 MPH). Section C is the second question: '2. Que tipo de estrada você está pesquisando?' (What type of road are you researching?). It lists three options: Estrada acidentada (por exemplo, rural/aldeia/não pavimentada), Utilização regular (por exemplo, estradas urbanas/pavimentadas/de serviço), and Bem conservado (por exemplo, rodovias nacionais e estaduais). Section D is the third question: '3. Selecione o tipo de superfície da estrada' (Select the type of road surface). It lists two options: Betuminoso and Cimentado. At the bottom, there are three progress indicators, each with a 'PRÓXIMO' (Next) button.

Fonte: Aplicativo RoadBounce (2025)

Figura 27: A) Pergunta 4; B) Pergunta 5; C) Início da corrida

The screenshot displays the RoadBounce Pro app interface. On the left, there is a sidebar with a menu icon and two options: 'Adicionar novo veículo' (Add new vehicle) and 'nova corrida' (New run). The main area is divided into three sections labeled A, B, and C. Section A is the fourth question: '4. Quando deve ser calculado o índice de rugosidade?' (When should the roughness index be calculated?). It lists three options: A cada 20 metros, A cada 100 metros, and A cada 1000 metros. Section B is the fifth question: '5. Selecione a unidade desejada do índice de rugosidade' (Select the desired unit for the roughness index). It lists three options: IR - Índice de Rugosidade (mm / km), IRI - Índice Internacional de Rugosidade (polegadas / milhas), and IRI - Índice Internacional de Rugosidade (m / km OU mm / m). Section C is the 'Início da corrida' (Start of the run) screen. It shows a 'DISTÂNCIA (miles)' of 0.0 and a 'DURAÇÃO' of 00:00:00. Below this, it shows 'GPS' and 'VELOCIDADE: (mph)' with a value of 0. A green banner at the bottom says 'Por favor, coloque seu telefone no painel do carro e comece a dirigir.' (Please put your phone in the car dashboard and start driving). At the bottom right, there is a 'SAÍDA' (Exit) button.

Fonte: Aplicativo RoadBounce (2025)

Após a conclusão da corrida é gerado um relatório que pode ser vista de forma simplificada na tela do *smartphone* (Figura 28), porém há a opção de exportá-lo nas opções de planilha ou PDF. A Figura 29 mostra uma adaptação do relatório exportado.

Vale ressaltar que as ruas mostradas na Figura 28 são as que delimitam a Rua Genésio Xavier de Medeiros.

Ainda mais, vale salientar que o intuito do tópico é mostrar a interface do aplicativo, logo foram destacadas apenas imagens referentes a corrida no sentido da BR 110.

Figura 28: Relatório simplificado



Fonte: Aplicativo *RoadBounce* (2025)

Figura 29: Adaptação de relatório exportado em PDF

Relatório de qualidade de pilotagem					
#	metros	Velocidade (mph)	Precisão do GPS	Lat.,Long. (De para)	IRI(m/km)
1	0 - 20	8	100%	(-5.2325811, -37.3321364), (-5.2324917, -37.3323148)	2.16
2	20 - 40	14	100%	(-5.2324917, -37.3323148), (-5.2324042, -37.3324707)	1.72
3	40 - 60	16	100%	(-5.2324042, -37.3324707), (-5.2323143, -37.332643)	2.79

Categorias para qualidade de pilotagem

Bom	Média	Pua
< 2.00	2.00 - 2.60	> 2.60
57.41%	29.63%	12.96%

Fonte: Aplicativo *RoadBounce* (2025)

5 RESULTADOS

5.1 Levantamento Visual Contínuo

Conforme formulário da norma em questão, a qual foi mostrado na Figura 24, foi possível obter o quantitativo dos defeitos encontrados nos trechos estudados, sendo possível assim estimar o valor para o ICPF para cada um deles, além de calcular o IES e o IGGE. Na Tabela 8 é apresentado o formulário preenchido com essas informações.

Tabela 8: Classificação do ICPF por meio do LVC

SEGMENTO				FREQUÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B OU S)										I C P F	INF. COMPLEMENTARES				OBSERVAÇÕES
Nº DO SEGMENTO	ODÔMETRO/KM		Ext	P	TRINCAS			R	DEFORMAÇÕES		OUTROS DEFEITOS				REV	ESP	IDADE		
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E				ORIG	REST	
1	0	1		A	A	M	B	A	M	B	A	B	B	2	CBUQ				
2	1	1.1		B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	3.5	CBUO				

Fonte: Autoria própria (2025)

Em posse do ICPF de cada trecho analisado, faz-se uma média aritmética para a obtenção do valor total, chegando a um resultado de 2,75. De acordo com a Tabela 5, o trecho se enquadra na condição regular, sendo necessária a correção de pontos localizados ou mesmo o recapeamento. Os dois trechos como um todo apresentam desgaste. O primeiro, que é de 1 km, além do desgaste, é um pavimento bastante trincado que apresenta painelas de diâmetros de até 50 cm e de até 20 cm. Uma parte do trecho, por volta dos 730 m, há a presença de um aglomerado de remendos, onde eles já se encontram com ondulação. No início do trecho há a presença de trincas couro de jacaré com erosão na parte do acostamento. O trecho final, que é de 100 m e fica próximo a BR 110, é caracterizado apenas por desgaste, poucas trincas e 2 painelas ao final do trecho, onde se encontra com a outra rua.

A determinação do IGGE foi feita por meio da Tabela 6, onde são mostrados os valores dos pesos e frequência dos defeitos para a realização do cálculo com a Equação 1. Na Tabela 9 esses dados são mostrados.

Tabela 9: Cálculo do IGGE

IGGE - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOVAL EXPEDITO										
SEGMENTO	TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELAS + REMENDO			(Ft*Pt) + (Foap*Poap) + (Fpr*Ppr)
	Ft (%)	Pt	Ft * Pt	Foap (%)	Poap	Foap * Poap	N * Fpr	Ppr	Fpr * Ppr	IGGE
1	70	0,65	45,50	10	0,80	8,00	70	1,00	70,00	123,50
2	50	0,45	22,50	0,00	0,70	0,00	3	1	3,00	25,50

Fonte: Autoria própria (2025)

O valor do IES foi adquirido em função do ICPF e do IGGE calculados, conforme Tabela 7. A seguir, é mostrado na Tabela 10 os valores desses três índices, garantindo assim o código e conceito para cada trecho.

Tabela 8: Resultado do IES

RESULTADO DO LVC						
SEGMENTO	EXTENSÃO (KM)	ICPF	ÍNDICE DO ESTADO DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO (IES)			
			IGGE	VALOR	CÓDIGO	CONCEITO
1	1	2	123,50	10	E	PÉSSIMO
2	0,1	3,5	25,50	3	C	REGULAR

Fonte: Autoria própria (2025)

De acordo com a Tabela 12 o segmento 1 foi conceituado como péssimo, dando uma avaliação definitiva para o trecho diante da ambiguidade dada pelo ICPF, que ficou entre regular e ruim, conforme Tabela 5. O referido trecho possui uma grande quantidade de trincas, panelas e remendos, onde muito dos remendos já apresentam alguma ondulação. Além disso, em determinados locais há a presença de trincas do tipo couro de jacaré com erosão na parte do acostamento, como já fora mencionado anteriormente. E como de se esperar do trecho de 100 m, ele é regular, tendo em vista que o seu principal defeito se consiste em desgaste, contanto com poucas trincas e três buracos, sendo dois deles no trecho final, sendo no encontro com a outra rua.

Como o próprio nome já diz, o LVC faz uma análise visual, ou seja, apenas da superfície do pavimento. Para uma análise mais profunda da via, visualizando a sua estrutura, há a necessidade de realizar outros procedimentos, como a sondagem, por exemplo, que pode ser à percussão ou rotativa. É realizada a perfuração para haver a coleta de amostras para posterior análise em laboratório, onde será possível visualizar nas camadas do pavimento a sua caracterização da espessura e composição. Com esse procedimento também é possível determinar sua resistência e compactação, além de identificar possíveis defeitos estruturais ou desagregação das camadas de asfalto. A sondagem a percussão é indicada para profundidades menores que 6m, enquanto a rotativa, de 6m a 20m (DNER-PRO 010 e 011, 1979). Tendo isso em mente, os resultados do LVC condizem com a qualidade funcional da via.

A seguir, há as imagens dos trechos analisados, onde é possível ver os defeitos presentes na via.

Figura 30: Início do trecho - Sentido BR 110



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 31: A) Panela; B) Trinca couro de jacaré; C) Panela + couro de jacaré; D) Remendo



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 32: A) Afundamento; B) Panela; C) Desgaste; D) Desgaste



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 33: A) Trincas isoladas; Trincas isoladas + desgaste; C) Escorregamento; D) Panela



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 34: A) afundamento de trilha de roda com trincamento e desagregação lateral; B) Trinca couro de jacaré com desagregação avançada; C) Afundamento + defeito da foto B; D) Afundamento de trilha de roda



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 35: A) Desgaste + remendo; B) Desgaste; C) Trinca couro de jacaré; D) Painéis + remendos



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 36: A) Trinca do tipo bloco; B) e C) Remendo com afundamento; D) Painelas + trincas de bloco



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 37: A), B) e C): Aglomerado de remendos com ondulação; D) Painela



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 38: A) Desgaste + trincas do tipo bloco; B), C) e D) Aglomerado de remendos + painelas



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 39: A) Desgaste; B) e C) Pâneas; D) Remendo



Fonte: Autoria própria (2025)

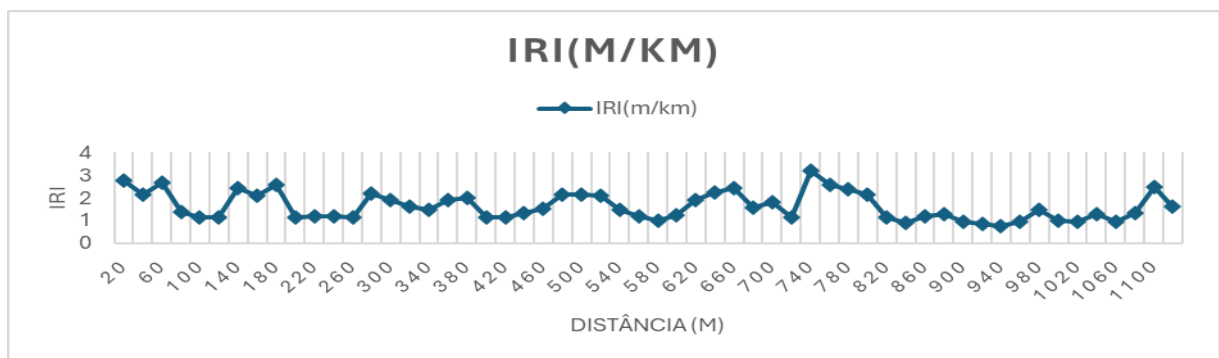
Diante da situação da via, conforme as fotos acima mostradas, aliada ao fato de que o trecho de 100 metros não representa a real situação da rua como um todo, o pavimento será definido como péssimo, conforme Tabela 4.

Vale ressaltar que, como já foi mencionado, a NORMA DNIT 008/2023, que fala sobre o LVC, afirma que a avaliação deve ser realizada por no mínimo dois avaliadores, além de ter um motorista pilotando um veículo a uma velocidade média de 40 km/h. Entretanto, caso feito dessa forma, há uma probabilidade maior de alguns defeitos passarem despercebidos quando se comparado com uma avaliação a pé. Além disso, considerando que o veículo irá transitar a baixas velocidades, pode ocasionar algum trânsito durante o levantamento. Partindo disso, a avaliação não seria tão fidedigna com a realidade. Essa situação, somada ao fato de o trecho ser curto, fez com que a avaliação a pé fosse uma boa alternativa para a conferência de defeitos.

5.2 Índice Internacional de Irregularidade - Aplicativo

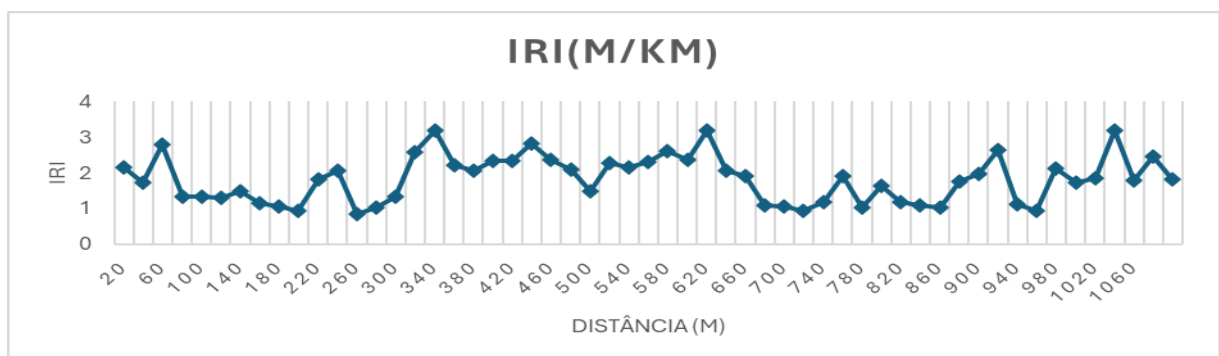
O Gráfico 1 se refere ao caminho que vai em direção a BR 110 (Sentido 1), enquanto a que o Gráfico 2 é o percurso inverso (Sentido 2).

Gráfico 1: IRI do Sentido 1



Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 2: IRI do Sentido 2



Fonte: Autoria própria (2025)

Conforme Tabela 3, quanto mais próximo de zero o IRI for, melhor é a condição da via. Partindo disso, nota-se que o IRI de grande parte do Trecho 1 fica abaixo de 3, chegando a uma média de 1,62, que o caracteriza como Bom. Sua grande exceção é o IRI de 3,2 fica na metragem de 730 do percurso, que como já mencionado no tópico 5.1, há um aglomerado de remendos que já se encontram com ondulação. Esse ponto do percurso fica categorizado como Regular. Em contrapartida, o Trecho 2 apresenta uma nota superior ao do Trecho 1, chegando a uma média de 1,82, definindo-o como Bom. Diante disso, é notável que em quase todo o percurso de volta, o IRI apresentou valores elevados quando se comparado com os do Trecho 1. Isso se dá por conta da maioria dos buracos e remendos estarem desse lado da via.

Realizando-se a média entre ambos as médias de cada trecho, se encontra um IRI médio de 1,72 para toda a via, o que o caracteriza como Bom.

5.3 Comparativo entre os métodos

É notável a diferença de resultado entre os métodos. De acordo com o IES adquirido por meio do LVC, chegou-se à conclusão de que o Trecho 1 (1km) é péssimo, enquanto o Trecho 2 (100m) é bom. Já com o IRI chegou-se a um valor médio de 1,72 para ambos os sentidos da via, onde conclui-se que ele é Bom. Entretanto, o IRI mede a irregularidade longitudinal do pavimento, ou seja, o nível de conforto e segurança dos usuários. O veículo não irá passar por todos os defeitos, como os presentes nas imagens da Figura 34A-D, por exemplo, que ficam próximos ao acostamento, tampouco por defeitos pequenos que ficam presentes entre o eixo do carro. Com isso, conclui-se que o IRI detectou uma irregularidade acentuada quando encontra defeitos concentrados, como é o exemplo da parte em que há um conjunto de remendos ondulados e buracos, resultando em um IRI de 3,20.

Já o LVC, faz uma identificação detalhada e ampla dos defeitos, permitindo uma melhor escolha para a técnica de manutenção adequada para segmento de trecho. Em contrapartida, o LVC possui um trabalho mais moroso, enquanto o IRI, por meio de aplicativos, como foi o caso do *RoadBounce*, torna rápido e prático a análise da via.

Diante disso, percebe-se que a via apresenta muitos defeitos, porém pouca irregularidade longitudinal, com exceção do trecho de defeitos concentrados.

Conclui-se que ambos os métodos possuem seus prós e contras, onde cada um serviu ao seu propósito.

5.4 Sugestões para correções dos defeitos encontrados no trecho

Fazendo-se uma média entre os resultados do LVC, tendo em vista que o ele dita o maior trecho como péssimo e o IRI como bom, pode-se concluir que a via possui um pavimento de qualidade funcional péssima, mas com pouca irregularidade. Levando isso em consideração e estando diante das sugestões feitas pelo DNIT 008/2003 – PRO, conforme Tabela 5, podemos concluir que devem ser feitas correções em pontos localizados ou o recapeamento da via.

Para as trincas recomenda-se a selagem delas com lama asfáltica ou a fresagem da área afetada com posterior execução de um novo revestimento.

Para os remendos com ondulação recomenda-se a retirada do material betuminoso para a execução de um novo remendo, fazendo a compactação das camadas subjacentes de forma adequada, de modo que nivele o trecho, permitindo uma trafegabilidade confortável e estabilidade estrutural.

Para as painelas recomenda-se a sua limpeza, seja pela sujeira ou por água empoçada, para posteriormente realizar-se um corte retangular e preenchê-las com material betuminoso e reconfiguração das camadas estruturais, se necessário.

Para o escorregamento recomenda-se o corte e retirada da área afetada para realizar a fresagem a frio para ser possível a execução de um novo revestimento.

6 CONCLUSÃO

A partir da revisão bibliográfica dos métodos de avaliação usados, aliado a planilhas eletrônicas e aplicativo de *smartphone* para computação de dados, foi possível concluir todos os objetivos do trabalho.

Foi realizado o referencial teórico a respeito dos conceitos de pavimento, falando de suas camadas, bem como de seus defeitos, métodos de avaliação e manutenção, tendo como foco os pavimentos flexíveis.

Foi realizado um comparativo entre os dois métodos usados, LVC e IRI, conseguindo chegar a uma conclusão a respeito do nível de qualidade do pavimento, onde por uma média entre ambos os métodos, resultou-se em um pavimento regular, possuindo qualidade funcional péssima, mas com baixa irregularidade, onde recomenda-se realizar correção em trechos localizados ou a seu recapeamento total.

Concluiu-se que o uso de aplicativos para *smartphone* são uma ótima alternativa para o cálculo do IRI, sendo uma alternativa de baixo custo se comparada com os meios tradicionais.

Vale ressaltar que o *RoadBounce* não é o único aplicativo que pode ser usado para tal tarefa. Há também outros, como o *SmartIRI* e o *RoadLab*.

Levando em consideração a importância da Rua Genésio Xavier de Medeiros para o Bairro Alto do Sumaré, uma vez que o referido bairro é quase que inteiramente residencial, a pesquisa serve como base para trabalhos futuros em outras localidades, utilizando esses métodos ou outros, como o IGG, bem como para as autoridades competentes aos serviços de manutenção e recuperação dos pavimentos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. **Aplicativo para smartphone destinado à medição da irregularidade longitudinal em rodovias**. 2018. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35669/3/2018_dis_lcalmeida.pdf. Acesso em: 29 jan. 2025.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

BARELLA, R. M. (2008). **Contribuição para a Avaliação da Irregularidade Longitudinal de Pavimentos com Perfilômetros Inerciais**. 362 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 1ª Ed. – Rio de Janeiro: Petrobrás ADEBA, 2008.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: ABEDA, 2022.

BIANCHI, Flavia Regina; BRITO, Raquel Tacla; CASTRO, Veronica Amanda Brombley. **Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível**. Associação de Ensino Superior Unificado do Centro Leste. 2008, 16 p.

CNT. Confederação Nacional de Transportes. **Pesquisa CNT de rodovias 2018: relatório gerencial**. Confederação Nacional de Transportes. 2018.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias 2023**. Brasília, 2023.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias 2019**. Brasília: SEST, SENAT, 2019.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de Rodovias 2013: relatório gerencial**. - Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2013. Color.; mapas, gráficos.

DNER. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis**. Vol. I. Procedimento – A. DNER-PRO 010/79. 1979.

DNER. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis**. Vol. I. Procedimento – B. DNER-PRO 011/79. 1979.

DNER. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Sistema gerencial de pavimentos do DNER**. 2000.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **009/2003 - PRO: Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro: ipr, 2003c.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **442/2023 – PRO: Pavimentação – Levantamento do perfil longitudinal de pavimentos com perfilômetro inercial – Procedimento**. Brasília, 2023.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003a.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003b.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Foto de uma recuperação profunda no km 81, no município de Laranjeiras**. Threads, 24 fev. 2021. Disponível em <https://x.com/DNIToficial/status/1364659349147287555?lang=bn>. Acesso em: 14 de março de 2025

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2017.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: PRO 008/2003**. Rio de Janeiro: DNIT, 2003d.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de conservação rodoviária**. Rio de Janeiro, 2005.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Rio de Janeiro, 2006a.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2006c.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Gerência de Pavimentos**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR. Rio de Janeiro, Publicação 745, p. 189, 2011.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificações de serviço – Norma DNIT 031/2006–ES**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2006b.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Pavimentos flexíveis – Reforço do subleito - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2009.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Terminologias rodoviárias usualmente utilizadas**. Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2007.

DRESCH, FERNANDA. **Gerência de pavimentos urbanos: utilização de levantamento visual contínuo para avaliação das vias principais pavimentadas de Santa Rosa/RS**. 2014. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2014.

DUARTE, R. I. M. **Análise comparativa da irregularidade longitudinal por faixas de tráfego na rodovia CE-401 obtida por aplicativo para smartphones**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas. 2019.

IBGE. **Instituto Brasileiros de Geografia e Estatísticas**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/mossoro.html>>. Acesso em: 21 de março de 2025.

LIRA, M. DO N.; OLIVEIRA, F. H. L. DE. A Influência Das Avaliações Objetiva e Subjetiva Na A Influência Das Avaliações Objetiva E Subjetiva Na Manutenção e Reabilitação De Rodovias Brasileiras. **Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto**, Dezembro, 2019.

MACHADO, D. M. C. **Avaliação de Normas de Identificação de Defeitos para Fins de Gerência De Pavimentos Flexíveis**. Tese (Doutorado), p. 130. Universidade de São Paulo, 2013.

RIBAS, Leandro Carlos. **Custo-Benefício na Execução de Pavimentos Rígidos**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2017.

RODRIGUES, Régis Martins. **Engenharia de Pavimentos: parte I – projeto de pavimentos; e parte II – gerência de pavimentos**. São José dos Campos: ITA, 2007. Apostila de curso.

SILVA FILHO, Augusto Lins e. **Estudo Comparativo de Viabilidade Técnica e Econômica Entre Pavimentos Rígido e Flexível Aplicados a Rodovia BR-408/PE**. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade do Vale do Ipojuca - FAVIP, Caruaru, 2011. Disponível em: <<http://silo.tips/download/faculdade-do-vale-do-ipojuca-favip-2>>. Acesso em: 01 mar. 2025.

SILVA, P. F. A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008. 128 p.

STUCHI, E.T. **Interferências de obras de serviço de água e esgoto sobre o desempenho de pavimentos urbanos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

UOL. **[Imagem de remendo superficial]**. 2021. Disponível em: https://www.sindetransrp.com/media/upload/ckeditor/2018/02/09/01remendos_foto.jpg. Acesso em 14 de março de 2025

VIEIRA, S. A. *et al.* Análise Comparativa de Metodologias de Avaliação de Pavimentos Através do IGG E PCI. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 3, 2016.

ZANCHETTA, Fábio. **Sistema de gerência de pavimentos: Avaliação de campo, modelo de desempenho e análise econômica**. 2017. 234 f. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Ciências (Área de Concentração: Infraestrutura e Transportes), Departamento de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.