



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

JARDEL DE MOURA BEZERRA

**LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA BR-110 PELA
TÉCNICA DA ANÁLISE VISUAL COM APLICATIVO MQV: ESTUDO DE CASO**

MOSSORÓ
2024

JARDEL DE MOURA BEZERRA

**LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA BR-110 PELA
TÉCNICA DA ANÁLISE VISUAL COM APLICATIVO MQV: ESTUDO DE CASO**

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

Orientador: Sâmea Valensca Alves Barros,
Profa. Dra.

MOSSORÓ
2024

© 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.

B574l Bezerra, Jardel de Moura.
Levantamento das manifestações patológicas da BR-110 pela técnica da análise visual com aplicativo MQV: estudo de caso / Jardel de Moura Bezerra. - 2024.
46 f. : il.

Orientadora: Sâmea Valensca Alves Barros.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2024.

1. aplicativos auxiliares. 2. manifestações patológicas. 3. malhas viárias. I. Barros, Sâmea Valensca Alves, 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.

JARDEL DE MOURA BEZERRA

LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA BR-110 PELA TÉCNICA DA ANÁLISE VISUAL COM APLICATIVO MQV: ESTUDO DE CASO

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

Defendida em: 22 / 03 / 2024.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

SÂMEA VALENSCA ALVES BARROS

Data: 06/04/2024 11:36:15-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Sâmea Valensca Alves Barros, Profa. Dra. (UFERSA)
Presidente



Documento assinado digitalmente

MARILIA PEREIRA DE OLIVEIRA

Data: 06/04/2024 20:47:01-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Marília Pereira de Oliveira, Profa. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador



Documento assinado digitalmente

BRUNO TIAGO ANGELO DA SILVA

Data: 07/04/2024 14:02:17-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

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

*Francisca Ferreira de Moura,
avó materna (In Memoriam).*

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Sebastião Bezerra e Solange Moura.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos e oportunidades concedidas ao longo desta jornada. Sou profundamente grato por tudo que Ele fez e proporcionou, pelo Seu constante cuidado e proteção. Nos momentos mais desafiadores, o Senhor esteve ao meu lado, guiando-me e fortalecendo-me, mostrando que, por mais árdua que fosse a trajetória, seria possível alcançar este grande marco em minha vida. Sua presença e apoio foram fundamentais para minha jornada.

Expresso minha profunda gratidão à minha família, especialmente aos meus pais, Sebastião e Solange, e aos meus irmãos, Felipe e Vítor, por todo o apoio inabalável durante essa caminhada. Sou imensamente grato pelo incansável esforço dos meus pais, que possibilitaram cada passo até aqui, nunca desistindo e demonstrando um amor incondicional. Também agradeço aos meus irmãos por estarem ao meu lado, compartilhando cada desafio e vitória ao longo desse percurso.

Agradeço à minha orientadora, Sâmea Valensca Barros, por todo o auxílio e ensinamentos transmitidos durante esta jornada acadêmica. Além de ser minha professora, ela também desempenhou o papel de orientadora de estágio e do Trabalho Final de Graduação, sempre prestativa e disposta a ajudar.

Agradeço à Banca Examinadora, composta pelos professores Marília Pereira de Oliveira e Bruno Tiago Angelo da Silva, ambos da UFERSA. Agradeço pelo tempo dedicado à avaliação do trabalho e por todas as contribuições valiosas oferecidas.

Por fim, sou grato aos amigos que estiveram presentes ao longo dessa trajetória. Suas contribuições, apoio e amizade foram fundamentais para o meu crescimento e sucesso. Agradeço a Deus por todas as amizades que fiz durante este ciclo na faculdade.

Confia ao Senhor as tuas obras, e teus pensamentos serão estabelecidos.

Provérbios 16:3

RESUMO

O desenvolvimento tecnológico está avançando cada vez mais no ramo das Engenharias, promovendo o surgindo de inúmeros aplicativos destinados a auxiliar na elaboração de projetos e análise de dados com maior segurança, maior grau de assertividade e um fluxo de trabalho mais rápido em seu desenvolvimento. Dentre as diversas tecnologias, destaca-se o aplicativo mobile Marcos Quilométricos Virtuais, desenvolvido para o setor de pavimentação pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Nesta perspectiva, esta pesquisa teve como objetivo realizar uma análise visual das patologias existentes no trecho da BR-110, do km 51,00 ao km 110,00, que interliga os municípios de Mossoró e Upanema, no Rio Grande do Norte, utilizando o Marcos Quilométricos Virtuais. Para realização deste estudo de caso, adota-se a metodologia de avaliação proposta pela norma DNIT 005/2003 – TER. Os resultados obtidos demonstraram a ocorrência de 67 patologias, prevalecendo em 27% as panelas, indicando a necessidade de implementar ações para desencadear a manutenção e recuperação do trecho. Ademais, constatou-se que o Marcos Quilométricos Virtuais apresenta ótima usabilidade, gera registros fotográficos georreferenciados, proporciona maior agilidade na realização do levantamento em campo e não demanda grandes investimentos.

Palavras-chave: aplicativos auxiliares; manifestações patológicas; malhas viárias.

ABSTRACT

Technological development is increasingly advancing in the field of Engineering, which promotes the emergence of numerous applications aimed at assisting in the development of projects and data analysis with greater security, a higher degree of accuracy, and faster workflow in their development. Among the various technologies, the Virtual Kilometric Markers mobile application stands out, developed for the pavement sector by the National Department of Transportation Infrastructure. In this perspective, this research aimed to conduct a visual analysis of the existing pathologies on the stretch of BR-110 from km 51.00 to km 110.00, which connects the municipalities of Mossoró and Upanema, in Rio Grande do Norte, using the Virtual Kilometric Markers. For this case study, the evaluation methodology proposed by the DNIT 005/2003 – TER standard is adopted. The results obtained demonstrated the occurrence of 67 pathologies, with potholes prevailing at 27%, indicating the need to implement actions to trigger maintenance and recovery of the stretch. Furthermore, it was observed that the Virtual Kilometric Markers demonstrate excellent usability, it generates georeferenced photographic records, it provides greater agility in field surveying and does not require significant investments.

Keywords: helper applications; pathological manifestations; road networks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Percentual da extensão das rodovias federais pavimentadas em 2023	19
Figura 2	–	Cenário das rodovias situadas na Região Nordeste em 2023	20
Figura 3	–	Corte transversal do pavimento flexível.....	23
Figura 4	–	Interface do aplicativo (a), interface com marco quilométrico (b) e foto georreferenciada com código de validação (c)	29
Figura 5	–	Localização do trecho em análise na BR-110	30
Figura 6	–	Percentual das patologias quantificadas no Quadro 6	32
Figura 7	–	Panela acompanhada de trinca tipo “Couro de Jacaré”	33
Figura 8	–	Desgaste	34
Figura 9	–	Escorregamento do Revestimento Betuminoso	35
Figura 10	–	Trinca Isolada Longitudinal Longa	36
Figura 11	–	Trinca Interligada tipo Couro de Jacaré	37
Figura 12	–	Afundamento Plástico	38
Figura 13	–	Trinca Interligada tipo Bloco	39
Figura 14	–	Exsudação	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	–	Atividades de conservação para rodovias brasileiras	18
Quadro 2	–	Ranking das Rodovias Brasileiras conforme classificação recebida em 2023	21
Quadro 3	–	Classificação dos tipos de pavimentos	22
Quadro 4	–	Definição das patologias que afetam pavimentos flexíveis (DNIT, 005/2003)	24
Quadro 5	–	Procedimentos realizados para correção de patologias	28
Quadro 6	–	Quantificação das patologias do trecho em pesquisa	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Dra	Doutora
Me	Mestre
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
MQV	Marcos Quilométricos Virtuais
AEDNIT	Associação Nacional dos Engenheiros e Analistas em Infraestrutura de Transportes
VMDa	Volume Médio Diário Anual
PNCT	Plano Nacional de Contagem de Tráfego
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CNT	Confederação Nacional do Transporte
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
TER	Terminologia
PRO	Procedimento
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado à Quente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo Geral	16
2.2. Objetivos Específicos	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1. Conservação das Rodovias Brasileiras	17
3.2. Estado das Rodovias que cortam a região Nordeste	19
3.3. Pavimentos Flexíveis	22
3.3.1. Principais patologias que afetam os Pavimentos Flexíveis	24
3.3.2. Principais medidas para sanar patologias em Pavimentos Flexíveis	27
4. METODOLOGIA.....	29
4.1. Caracterização da área de estudo	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1. Patologias encontradas no trecho em análise na BR-110	32
5.2. Apresentação visual das patologias identificadas pelo aplicativo MQV	33
5.3. Análise do aplicativo MQV para levantamento de dados	41
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS.....	43

1. INTRODUÇÃO

A Engenharia vem se desenvolvendo tecnologicamente cada vez mais com o passar dos anos, investindo em ferramentas tecnológicas como *softwares* para elaboração de projetos e desenvolvendo aplicativos para atender as diversas demandas da área. Sendo assim, diversos aplicativos são criados constantemente, tendo como principal objetivo auxiliar na elaboração de projetos e análise de dados de várias áreas da engenharia, promovendo maior segurança e rapidez aos fluxos de trabalho desenvolvidos pela indústria Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

Dentre os diversos aplicativos desenvolvidos para atender as demandas das áreas da Engenharia Civil, destaca-se o aplicativo mobile Marcos Quilométricos Virtuais (MQV) desenvolvido para área de pavimentação pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) com a finalidade de auxiliar e otimizar as tarefas das Unidades Locais do DNIT. Ademais, possibilita o desenvolvimento de relatórios fotográficos de levantamento de campo, que são registrados com data e hora do GPS do celular, com um código de validação no próprio aplicativo, evitando fraude (AEDNIT, 2021).

É notório que o desenvolvimento econômico de um país, região ou cidade está totalmente interligado à infraestrutura rodoviária existente naquele local, uma vez que as vias de trânsito público permitem a ligação entre as regiões, favorecendo o deslocamento de mercadorias. Sendo assim, é necessário compreender os processos construtivos dos pavimentos, de modo que auxilie na longevidade e segurança das obras de engenharia.

Para Bernucci et al. (2008), o pavimento é definido como uma estrutura composta por várias camadas sobrepostas sobre o subleito e o terreno natural. Sua durabilidade estrutural ao longo de sua vida útil depende da qualidade da execução dessas camadas em relação à espessura, rigidez, condições do subleito e interação entre elas. Além disso, a camada de revestimento deve ser cuidadosamente implementada para evitar a infiltração de água da chuva.

A longevidade do desempenho da malha rodoviária é comprometida pelas manifestações patológicas, segundo Silva (2008) e a norma DNIT 005/2003 – TER as principais manifestações patológicas que podem ocorrer em pavimentos flexíveis são: trincas, fissuras, panelas, exsudação, ondulações, desgastes, escorregamentos, afundamentos e remendo. A durabilidade depende não só da execução atendendo aos aspectos normativos, mas também dos investimentos em manutenção (ROCHA *et al.*, 2022).

Logo, é responsabilidade do Governo Federal, por meio do DNIT, supervisionar e investir na correção de problemas identificados nas rodovias federais. A população que utiliza

essa malha rodoviária também tem o direito de exigir do governo a manutenção adequada quando ela estiver deteriorada, uma vez que o mau estado de conservação pode aumentar o risco de acidentes.

O trecho da BR-110 que vai do km 51,00 ao km 110,00, interligando os municípios de Mossoró/RN e Upanema/RN, apresentava péssimo estado de conservação e estava na lista dos trechos que o DNIT iria abrir licitação para empresas realizarem os processos de recuperação e manutenção, tornando-se cenário ideal para analisar a usabilidade e a viabilidade técnica do aplicativo MQV para levantamento visual das principais manifestações patológicas que ocorrem em pavimentos flexíveis.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Levantar as principais patologias presentes na BR-110 no trecho que interliga Mossoró à Upanema, no Rio Grande do Norte.

2.2. Objetivos Específicos

- Utilizar o aplicativo Marcos Quilométricos Virtuais (MQV) para registrar as patologias presentes no trecho que inicia no km 51,00 até o km 110,00.
- Classificar as patologias levantadas através dos registros, de acordo com a norma do DNIT 005/2003 – TER (Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos): terminologia.
- Mostrar as possíveis causas e soluções corretivas indicadas para cada tipo de manifestação patológica identificada.
- Identificar os pontos positivos do uso do aplicativo MQV na realização da análise visual da BR-110 no km 51,00 até o km 110,00.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Conservação das Rodovias Brasileiras

O estado de conservação das rodovias brasileiras desempenha papel essencial no desenvolvimento socioeconômico do país, pois gera diversos impactos positivos a várias esferas da sociedade. À medida que a malha rodoviária bem conservada traz vantagens como redução nos custos de transporte, investimentos e empregos para a sociedade. A Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2023) destaca que a infraestrutura brasileira é fator determinante para o crescimento do país, já que a malha rodoviária brasileira possibilita acesso a bens de toda natureza, assim como a expansão de mercados e a movimentação de veículos com cargas e de passageiros por todo o país.

Uma rede viária possuindo condições adequadas possibilita uma integração regional de melhor qualidade, bem como estimula o crescimento comercial e o turismo. A malha rodoviária brasileira é responsável por movimentar cerca de 65% das cargas e 95% dos passageiros, ou seja, quase toda cadeia logística passa pelas estradas de rodagem brasileiras (CNT, 2023). Corroborando com os dados apresentados em 2023 pela Confederação Nacional de Transportes, o Sistema Nacional de Viação (SNV) afirma que a malha brasileira possui cerca de 1,7 milhões de quilômetros de rodovias, sendo 213,5 mil pavimentados, representando 12,4% da extensão total.

Diante dos dados apresentados, verifica-se que a conservação das rodovias brasileiras é uma necessidade iminente para que se tenha eficiência no transporte terrestre do país, sendo relevante, de acordo com Silva et al. (2020), o governo investir na recuperação e expansão das rodovias porque irá proporcionar diversos benefícios, desde a segurança viária, na prevenção de possíveis acidentes, como também na redução dos custos operacionais de transportes de passageiros e cargas.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), tendo ciência da importância da recuperação e manutenção das rodovias elaborou o Manual de Conservação Rodoviária onde define a conservação da malha rodoviária como um conjunto de operações rotineiras, periódicas e de emergência realizadas com o propósito de preservar as características técnicas e físico-operacionais do sistema rodoviário, de modo a manter os padrões dos serviços executado (DNIT, 2005).

As tarefas de conservação são divididas em cinco grupos, consistindo em três grupos básicos e dois grupos de atividades que detenham serviços relativamente reduzidos, podendo ser atribuídos às equipes de conservação, conforme suas naturezas e finalidades específicas, sendo estes conforme a terminologia oficial do DNIT (DNIT, 2005). O Quadro 1 apresenta estas atividades e a descrição conceitual delas.

Quadro 1 – Atividades de conservação para rodovias brasileiras

GRUPOS	CONCEITOS
Conservação Corretiva Rotineira	É o conjunto de operações de conservação que tem como objetivo reparar ou sanar um defeito e restabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia, propiciando conforto e segurança aos usuários.
Conservação Preventiva Periódica	É o conjunto de operações de conservação, realizadas periodicamente com o objetivo de evitar surgimento ou agravamento de defeitos; trata-se de tarefas requeridas durante o ano, mas cuja frequência de execução depende do trânsito, topografia e clima. Ex.: operação tapa-buraco, fechamento de trincas, etc.
Conservação de Emergência	É o conjunto de operações, que com o serviço ou obras necessárias para reparar, repor, reconstruir ou restaurar trechos ou estrutura da rodovia, que tenham sido seccionados, obstruídos ou danificados por um evento extraordinário, catastrófico, ocasionando à interrupção do tráfego da rodovia.
Restauração	É o conjunto de operações destinado a restabelecer o perfeito funcionamento de um bem determinado ou avariado, e restabelecer, na íntegra, suas características técnicas originais. Envolve, portanto um conjunto de medidas destinadas a adaptar a rodovia, de uma forma permanente, às condições de tráfego atuais e futuras, prolongando seu período de vida.
Melhoramentos da Rodovia	É o conjunto de operações que acrescentam à rodovia existente, características novas, ou modificam as características existentes.

Fonte: DNIT (2005)

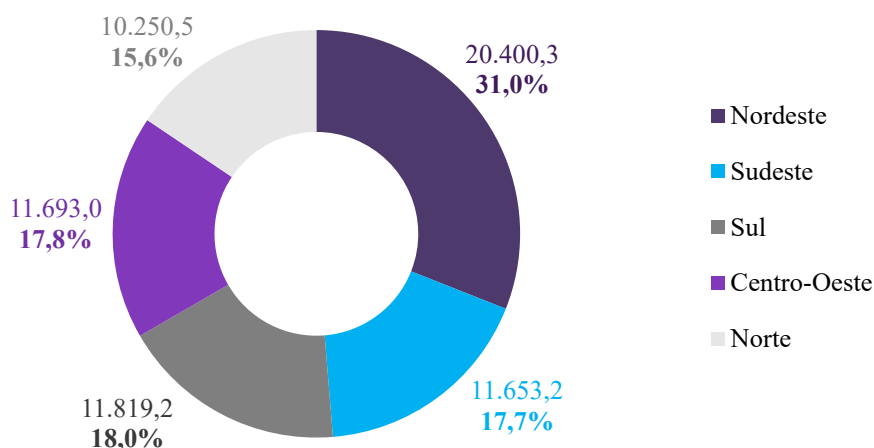
Rodrigues e Pinheiro (2023) colocam que os pavimentos têm uma vida útil limitada e, portanto, apresentam uma ampla necessidade de passarem por ações de conservação e manutenção. Estas ações garantem a segurança e mobilidade da população, sendo que, além dos benefícios econômicos, a preservação das rodovias contribui significativamente na prevenção de acidentes, garantindo uma maior segurança no transporte de cargas e passageiros.

3.2. Estado das Rodovias que cortam a região Nordeste

O estado de conservação das rodovias do Nordeste do Brasil é um desafio constante, que afeta diretamente a conectividade entre os estados e o desenvolvimento regional. Embora venha ocorrendo avanço na infraestrutura e crescimento da malha viária, muitas rodovias ainda sofrem com o estado de conservação do pavimento, que compromete diretamente a qualidade do transporte (CNT, 2023).

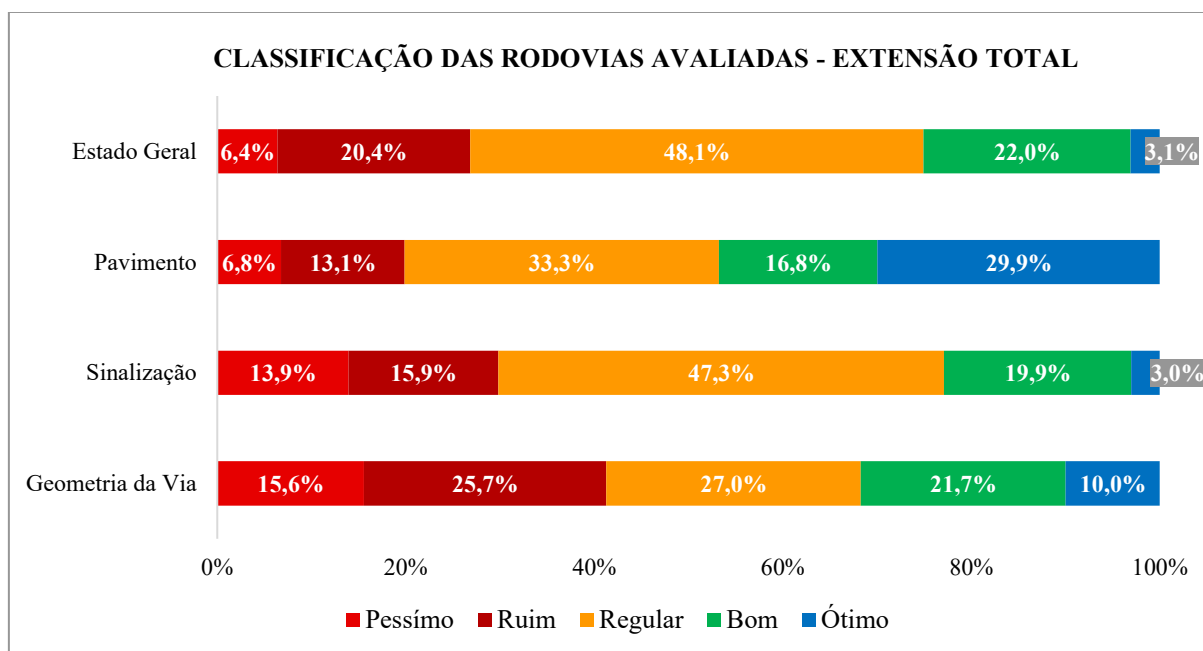
A Confederação Nacional de Transportes aponta que a região Nordeste detém a maior extensão da malha rodoviária pavimentada, contendo 20,4 mil quilômetros, cerca de 31% da malha total, e que estas se encontram em maior parte de sua extensão em estado de conservação caracterizado como regular ou ruim, seja pela qualidade do pavimento ou pela sinalização (Figura 1).

Figura 1 – Percentual da extensão das rodovias federais pavimentadas em 2023



Fonte: Adaptado da CNT (2023)

A Figura 2 mostra a situação das rodovias do Nordeste, classificadas quanto ao seu estado de conservação desde o nível péssimo ao nível ótimo, mostrando percentuais relacionados ao estado geral, pavimento, sinalização e geometria da via.

Figura 2 – Cenário das rodovias situadas na região Nordeste em 2023

Fonte: Adaptado da CNT (2023)

Rocha *et al.* (2022) afirmam que o Brasil apresenta um grande problema pertinente à estrutura dos pavimentos flexíveis, isto porque eles não atendem às exigências técnicas necessárias, tanto na competência estrutural das camadas, como na qualidade dos materiais utilizados no revestimento. Fato este que leva às falhas construtivas, consequentemente ocasionando processo de deformação mais rápido, que eleva os gastos com reparos desses pavimentos para que eles possam alcançar condições ideais de tráfego.

A Confederação Nacional de Transportes (CNT), em 2021, classificou os segmentos rodoviários através da criação de um ranking das rodovias estaduais e federais com ligações iguais ou superiores a 50 quilômetros. Na última pesquisa, realizada no ano de 2023, a região Nordeste detém um número expressivo de rodovias classificadas como péssimas (Quadro 2).

Quadro 2 – Ranking das Rodovias Brasileiras conforme classificação recebida em 2023

Ranking	Rodovias	Sobreposições existentes	UF	Região	Município inicial	Município final	Jurisdição	Gestão	Extensão pesquisada (km)	Escalas de extensão	Classificação geral
520	AM-010	BR-174	AM	Norte	Manaus	Itacoatiara	Estadual	Pública	254	Mais de 250 km até 500 km	Péssimo
519	PB-400		PB	Nordeste	Cajazeiras	Conceição	Estadual	Pública	102	Mais de 100 km até 250 km	Péssimo
518	BR-364	BR-307	AC	Norte	Cruzeiro Do Sul	Acrelândia	Federal	Pública	761	Mais de 500 km	Péssimo
517	PE-096		PE	Nordeste	Palmares	Barreiros	Estadual	Pública	50	Até 100 km	Péssimo
516	MA-106	BR-308	MA	Nordeste	Governador Nunes Freire	Alcântara	Estadual	Pública	228	Mais de 100 km até 250 km	Péssimo
515	PE-126		PE	Nordeste	Palmares	Quipapá	Estadual	Pública	55	Até 100 km	Péssimo
514	AC-010		AC	Norte	Porto Acre	Rio Branco	Estadual	Pública	68	Até 100 km	Péssimo
513	AP-010		AP	Norte	Macapá	Mazagão	Estadual	Pública	70	Até 100 km	Péssimo
512	PA-263		PA	Norte	Goianésia Do Pará	Tucuruí	Estadual	Pública	73	Até 100 km	Péssimo
511	BR-174	BR-319	AM	Norte	Presidente Figueiredo	Borba	Federal	Pública	495	Mais de 250 km até 500 km	Péssimo
510	PE-177		PE	Nordeste	Quipapá	Garanhuns	Estadual	Pública	55	Até 100 km	Péssimo
509	MA-006	BR-308	MA	Nordeste	Cururupu	Pinheiro	Estadual	Pública	98	Até 100 km	Péssimo

Fonte: Adaptado da CNT (2023)

Verifica-se no Quadro 2 que, dentre as 12 (doze) rodovias classificadas como péssimas, 6 (seis) destas pertencem à região Nordeste, demonstrando a necessidade de maiores investimentos relacionados à infraestrutura viária, em especial para esta região, que enfrenta desafios relacionados à pavimentação adequada, infraestrutura de apoio ao longo trajeto, sinalização eficiente, limitações estruturais e a falta de manutenção periódica.

Investimentos contínuos em obras voltadas à infraestrutura e programas de manutenção preventiva elevam a qualidade das rodovias e a segurança dos transportes e passageiros, atendendo às demandas crescentes das vias que cruzam a região nordestina (RODRIGUES; PINHEIRO, 2023).

3.3. Pavimentos Flexíveis

Segundo Silva (2008), pavimento é uma estrutura sobre um terreno de fundação (subleito) no qual terá de suportar às ações oriundas das cargas de roda dos veículos, como também as ações do tempo (variação térmica e higrométrica). Macenhan *et al.* (2021) definem que a principal função do pavimento é permitir o tráfego de maneira segura e confortável durante todo o seu ciclo útil de vida, permitindo a ligação entre municípios, o acesso da população a variados serviços, lazer, trabalhos, ou apenas proporcionar uma melhor ferramenta de locomoção.

Os pavimentos podem ser classificados em três tipos, de acordo com a terminologia oficial do DNIT, conforme estabelecido no Manual de Pavimentação (DNIT, 2006a). O Quadro 3 mostra os tipos de pavimentos e suas respectivas descrições conceituais.

Quadro 3 – Classificação dos tipos de pavimentos

Rígido	O revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.
Semi-Rígido	Caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.
Flexível	Todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

Fonte: DNIT (2006a)

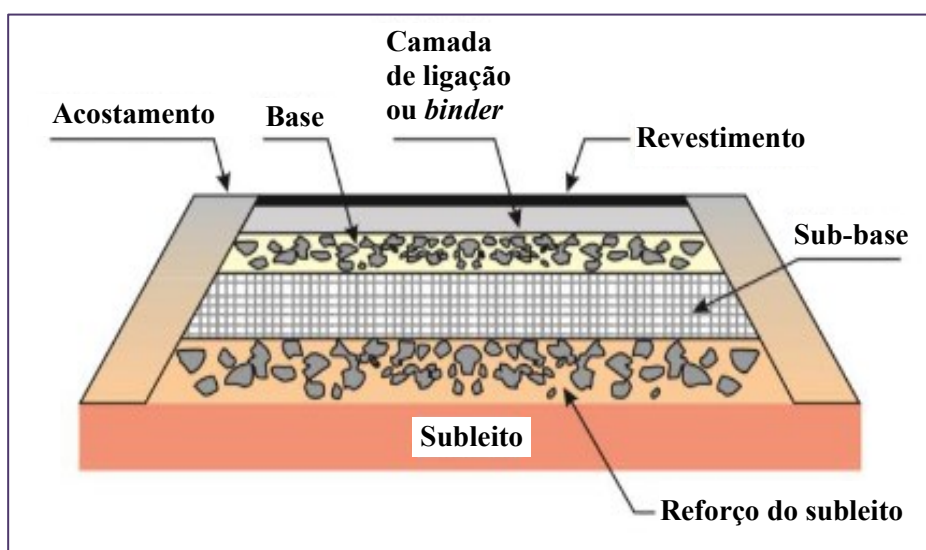
Os engenheiros encarregados da pavimentação de avenidas, ruas ou rodovias escolherão o tipo de pavimento a ser executado com base nas características técnicas e econômicas. Os pavimentos flexíveis são mais econômicos, porém necessitam de manutenções periódicas para cada 8 a 10 anos. Por outro lado, os pavimentos rígidos necessitam de um maior investimento

na execução, apesar disso possuem um aspecto favorável que é a durabilidade de 20 a 40 anos, necessitando geralmente de poucas manutenções (PEREIRA, 2010).

Araújo *et al.* (2016) afirmam que no Brasil a pavimentação asfáltica é a principal forma de revestimento, cerca de 95% das estradas foram pavimentadas com material asfáltico, ou seja, o pavimento flexível é a solução mais usual na construção e recuperação de vias urbanas, estradas e rodovias.

Bernucci *et al.* (2008) destacam que o pavimento flexível é composto por revestimento superficial asfáltico, apoiada sobre camadas de base, sub-base e de reforço do subleito (Figura 3), sendo composta por materiais granulares, solos ou misturas de solos, não tendo a presença de agente cimentícios, de maneira que suporte os esforços provenientes do fluxo de veículos ou do tempo, proporcionando segurança e conforto nas pistas de rolagem.

Figura 3 – Corte transversal do pavimento flexível



Fonte: Bernucci *et al.* (2008)

Existem dois grupos de fatores que instigam a degradação do pavimento: os ativos e os passivos. Os fatores ativos estão inteiramente ligados às ações rotineiras, como o tráfego e mudanças climáticas, e os passivos dependem do tipo de pavimento, da espessura de camada e dos processos construtivos, desde a qualidade do material à execução (MACENHAN *et al.*, apud PEREIRA & MIRANDA, 2021).

Santos *et al.* (2019) destacam que o reforço de subleito deve ser executado quando o solo natural não apresenta a resistência desejada, fato que faz surgir a necessidade da execução de uma camada com solo de melhor qualidade. O reforço de subleito, de acordo com Balbo

(2007), tem função de reforçar a superfície, e assim, a fundação subjacente receba esforços de menor intensidade, compatíveis com sua resistência.

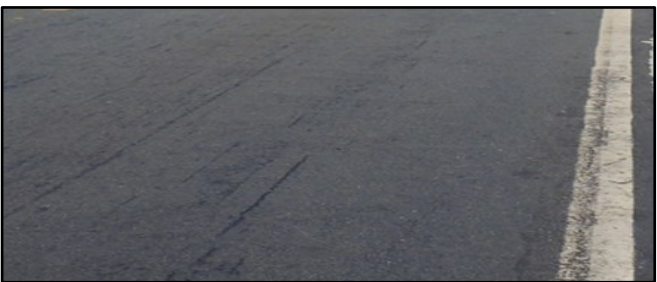
A necessidade desse reforço no subleito se dá pelas características do tipo de solo, como, por exemplo, o solo expansivo. Barbosa *et al.* (2022) ressaltam que os solos expansivos são tipos específicos de solos argilosos não saturados que comumente ocorre o aumento de volume por umedecimento seguido de redução por secagem, tendendo a ocorrer de maneira cíclica, constantemente devido às dinâmicas sazonais. A mudança de volume dos solos expansivos, conforme Ferreira *et al.* (2017), depende do tipo de mineral argílico existente na fração argila, visto que nem todos filossilicatos (argilas e minerais argilosos) apresentam mudanças volumétricas devido à alteração da umidade.

3.3.1. Principais patologias que afetam os Pavimentos Flexíveis

Patologias em pavimentos flexíveis são danos ou deteriorações na superfície que ocorrem nas estruturas dos pavimentos, podendo surgir devido a fatores: climáticos, distribuição do carregamento oriundo do tráfego, projetos inadequados, execução inadequada dos serviços, dentre outros (DNIT 005/2003).

As principais patologias em pavimentos flexíveis podem ser identificadas a “olho nu”, de acordo com a norma DNIT (005/2003), são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Definição das patologias que afetam pavimentos flexíveis (DNIT, 005/2003)

FENDA – É caracterizada por qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, podendo conter aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se em diversos formatos, identificados por fissura ou trinca de acordo com suas respectivas características.	 Fonte: Pinto (2003)
FISSURA – São fendas de largura capilar existentes no revestimento, dispostas no sentido longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, sendo perceptíveis a olho nu, porém, a uma distância inferior a 1,5 metros.	 Fonte: CNT (2018)

TRINCA TRANSVERSAL – Para extensões de no máximo 100 centímetros é considerada trinca transversal curta, e acima de 100 centímetros trinca transversal longa.	 Fonte: DNIT (005/2003)
TRINCA LONGITUDINAL – Para extensão de no máximo 100 centímetros é considerada trinca longitudinal curta, e acima de 100 centímetros trinca longitudinal longa.	 Fonte: DNIT (005/2003)
TRINCA DE RETRAÇÃO – Fenômeno que ocorre devido à retração térmica do material do revestimento ou do material da base rígida, ou semirrígida, abaixo do revestimento trincado.	 Fonte: Rodrigues <i>et al.</i> (2008)
TRINCA TIPO COURO DE JACARÉ – Conjunto de trincas unidas sem direções definidas, lembrando o aspecto do couro do jacaré, podendo ocorrer aparição, ou não, de erosão acentuada nas bordas dos pavimentos.	 Fonte: DNIT (005/2003)
TRINCA TIPO BLOCO – Conjunto de trincas unidas possuindo características de blocos formados por lados bem estabelecidos, podendo ocorrer o surgimento, ou não, de erosão acentuada nas bordas dos pavimentos.	 Fonte: Rodrigues <i>et al.</i> (2008)

AFUNDAMENTO – Deformação permanente devido à depressão longitudinal da superfície do pavimento, podendo ter solevamento (afundamento plástico), ou não (afundamento de consolidação).	 Fonte: DNIT (005/2003)
ONDULAÇÃO OU CORRUGAÇÃO – São ondulações transversais ao eixo do pavimento, possuindo diversas ondulações em intervalos de menos de 3 metros. Essa patologia é comum surgir em subidas, rampas, curvas e interseções.	 Fonte: DNIT (005/2003)
EXSUDAÇÃO – Acontece quando o asfalto dilata e não há espaço para ele ocupar, oriundo de um baixo volume de vazios ou problema na massa asfáltica (excesso de ligante, por exemplo).	 Fonte: DNIT (005/2003)
DESGASTE – Efeito do arrancamento gradativo do agregado do pavimento, possuindo características ásperas na parte superficial do revestimento, provocado por esforços originados do tráfego.	 Fonte: ANTT (2017)
PANELA OU BURACO – Cavidade que se origina no revestimento, podendo chegar até as camadas inferiores do pavimento.	 Fonte: DNIT (005/2003)

ESCORREGAMENTO DO REVESTIMENTO BETUMINOSO – Deslocamento do revestimento em relação à camada inferior do pavimento, ocorrendo o surgimento de fenda de meia-lua.	 Fonte: DNIT (005/2003)
--	--

Fonte: Adaptado do DNIT (005/2003)

Gabriel e Verdade (2021) destacam que a avaliação da condição de um pavimento flexível é crucial para detectar o surgimento de patologias, permitindo determinar se são necessárias intervenções para manter sua conservação ao longo de toda a sua vida útil. Conforme o DNIT (2006), os pavimentos flexíveis são projetados para ter uma resistência média de oito a dez anos, correspondendo à sua vida útil. Portanto, é essencial identificar essas patologias para realizar os reparos e as manutenções necessárias nos pavimentos.

3.3.2. Principais medidas para sanar patologias em Pavimentos Flexíveis

3.3.2.1. Problemas Estruturais

Quando os pavimentos apresentam problemas estruturais, Bernucci *et al.* (2008) citam que as alternativas utilizadas são de promover a restauração ou reforço para aumentar sua capacidade estrutural por meio de imersão de novas camadas, recapeamento, por exemplo, e/ou tratamento de camadas já existentes no pavimento, tendo como exemplo a reciclagem.

A restauração e/ou reabilitação do pavimento consistem na retirada parcial, ou total, da espessura do pavimento, podendo atingir casualmente o subleito. A execução eficaz de novas camadas estruturais, em conformidade com as camadas inferiores reconstruídas, criará um pavimento apto a realizar um novo ciclo de vida, mantendo-se em concordância com os princípios técnico-econômicos (DNIT, 2006b).

3.3.2.2. Problemas Funcionais

Para problemas não estruturais no pavimento, Bernucci *et al.* (2008) afirmam que a restauração é realizada por meio da correção de defeitos funcionais superficiais, sendo empregados revestimentos isolados ou combinados. Destacam, ainda, que pode ocorrer

anteriormente ao novo revestimento a remoção de parte do revestimento antigo, por meio de fresagem, seguindo as orientações da norma DNIT 159/2011 - ES.

Os principais procedimentos realizados para correção das patologias desenvolvidas ao longo do ciclo de vida do pavimento são mostrados no Quadro 5.

Quadro 5 – Procedimentos realizados para correção de patologias

PROCEDIMENTO	NORMA
Selagem de trincas e rejuvenescimento com Lama Asfáltica	(DNIT 150/2010 - ES)
Selagem de trincas e restauração da aderência superficial com Tratamento Superficial Simples ou Duplo	Simples: (DNIT 146/2012 - ES) Duplo: (DNIT 147/2012 - ES)
Selagem de trincas e restauração da aderência superficial quando o pavimento detém ação abrasiva acentuada do tráfego com Microrresvestimento Asfáltico a Frio ou a Quente	Frio: (ABNT NBR 14948, 035/2018 - ES) Quente: (DNER-ES 388/99)
Correção do defeito funcional devido a irregularidade elevada com Concreto Asfáltico	(DNIT 031/2006 - ES)
Correção de defeitos superficiais com Pré-misturado a frio	(DNER-ES 390/99)
Melhoramento da condição de atrito e o escoamento de água superficial com Mistura do tipo Camada Porosa de Atrito, SMA (Stone Mastic Asphalt) ou misturas descontinuas	Camada Porosa de Atrito: (DNER-ES 386/99) Concreto Asfáltico tipo SMA: (ET-DE-P00/031)

Fonte: Adaptado de Bernucci *et al.* (2008)

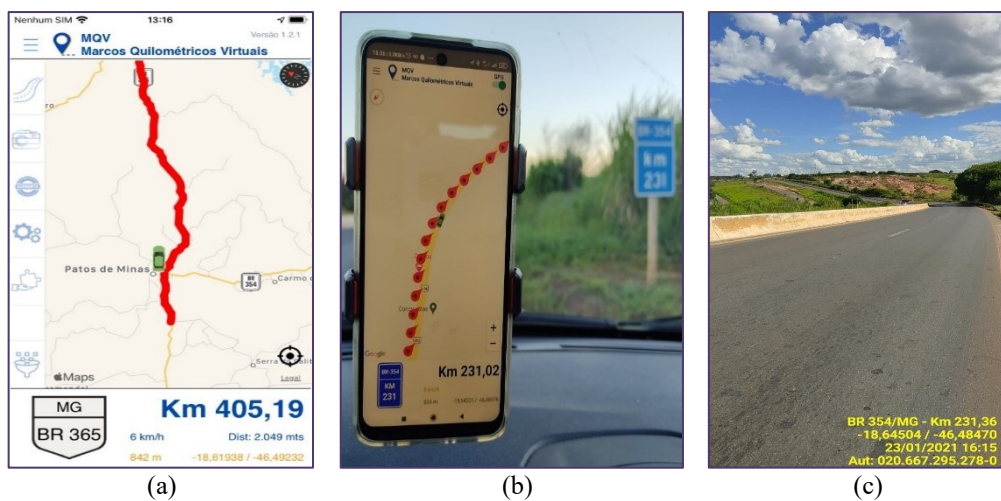
Silva (2008) ressalta a importância de adotar manutenções preventivas para corrigir defeitos funcionais nos pavimentos. Nesse contexto, existem algumas medidas de reabilitação do pavimento que são utilizadas, tais como: selagem de trincas, correções de drenagem e a aplicação de camadas de selamento no pavimento (microrresvestimento a frio, a aplicação de lama asfáltica, tratamentos superficiais específicos, bem como alternativas como o selamento utilizando areia ou emulsão).

4. METODOLOGIA

A metodologia de avaliação adotada para o levantamento das patologias seguiu a norma DNIT 005/2003 – TER, e a análise dos resultados foi realizada conforme a tabulação de dados proposta por Farias & Corrêa (2023). Para a coleta de dados, foi utilizado o aplicativo mobile Marcos Quilométricos Virtuais (MQV), desenvolvido pelo analista em Infraestrutura de Transportes do DNIT, Tiago Oliveira Moreira (AEDNIT, 2021).

O MQV possui como principal objetivo a identificação da quilometragem exata da rodovia referida na base de dados do Sistema Nacional de Viação (SNV), permitindo indiretamente a realização de levantamentos georreferenciados. Este é interligado ao banco de dados do DNIT, por intermédio de Application Programming Interface (API), que possibilita colher informações das rodovias no SNV (AEDNIT, 2021). A Figura 4 mostra a interface do MQV.

Figura 4 – Interface do aplicativo (a), interface com marco quilométrico (b) e foto georreferenciada com código de validação (c)



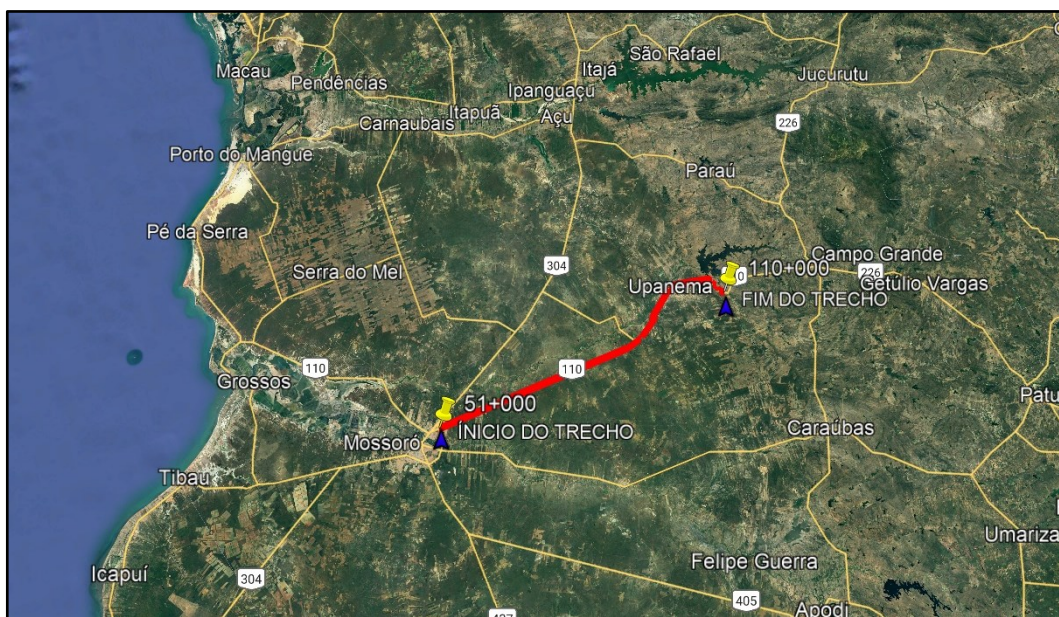
Fonte: AEDNIT (2021)

Atualmente, o aplicativo está disponível para download na Play Store do Google, para dispositivos com versão Android, como também na App Store da Apple, para usuários que possuem aparelhos na versão IOS.

4.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo foi o trecho da BR-110 que interliga o município de Mossoró ao de Upanema no Rio Grande do Norte do km 51,00 ao km 110,00 (Figura 5).

Figura 5 – Localização do trecho em análise na BR-110



Fonte: Google Earth (2024)

O trecho escolhido abrange uma extensão de aproximadamente 59 quilômetros de rodovia, desempenhando um papel fundamental como meio de transporte de cargas e passageiros entre os municípios mencionados. Segundo os dados do Plano Nacional de Contagem de Tráfego, o Volume Médio Diário Anual (VMDa) registrado no posto do km 42,00, localizado na cidade de Mossoró/RN, totalizou uma média diária de 4495 veículos ao longo de 144 dias (PNCT, 2022).

O elevado índice de VMDa pode ser atribuído ao significativo desenvolvimento urbanístico na cidade. No último censo, realizado em 2022, Mossoró/RN registrou uma população total de 264.577 habitantes em uma área territorial de 2.099,334 km², segundo os dados do IBGE, (2022). A economia local gira em torno da produção e exportação, com destaque para a fruticultura irrigada, em especial a produção de melão, a indústria salineira (sendo o município o maior produtor de sal do país) e a expressiva extração de petróleo em terra (PREFEITURA DE MOSSORÓ, 2024).

Em contrapartida, Upanema/RN apresenta menores índices, com uma população de 13.577 habitantes e área territorial de 873,140 km², conforme dados do IBGE (2022). No entanto, diversas exportações percorrem o trecho que liga Mossoró a Upanema, sendo essencial a análise dessa via de tráfego, compreendendo as condições e desafios enfrentados nesse trecho de rodovia.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Patologias encontradas no trecho em análise na BR-110

Na avaliação visual do trecho da rodovia em questão, usando o aplicativo MQV, foram identificadas algumas das patologias definidas pela Norma DNIT 005/2003 – TER. Estas são apresentadas no Quadro 6.

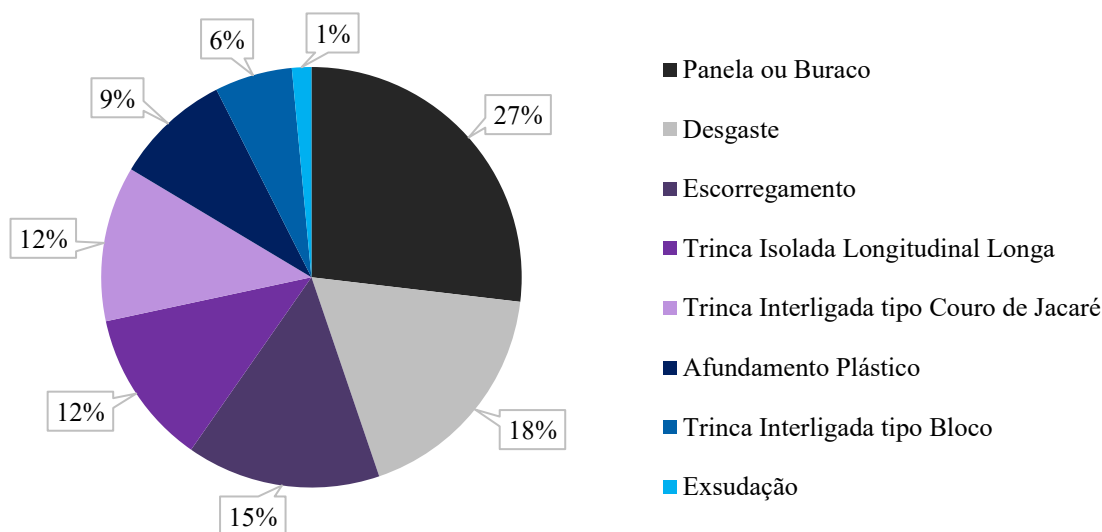
Quadro 6 – Quantificação das manifestações patológicas do trecho em pesquisa

TIPO DE PATOLOGIA	QUANTIDADE
Panela ou Buraco	18
Desgaste	12
Escorregamento	10
Trinca Isolada Longitudinal Longa	8
Trinca Interligada tipo Couro de Jacaré	8
Afundamento Plástico	6
Trinca Interligada tipo Bloco	4
Exsudação	1
Σ	67

Fonte: Autoria própria (2024)

Verifica-se no trecho avaliado que a patologia com maior frequência percentual de ocorrência (Figura 6) foram as panelas ou buracos (27%), seguida pelo desgaste (18%) e a exsudação foi a patologia que apresentou uma menor ocorrência (1%).

Figura 6 – Percentual das patologias quantificadas no Quadro 6



Fonte: Autoria própria (2024)

5.2. Apresentação visual das patologias identificadas pelo aplicativo MQV

5.2.1. Panela ou Buraco

As panelas ou buracos foram as patologias mais frequentes, possuindo diversos tamanhos e profundidades, requerendo sempre a atenção do condutor ao longo do trajeto para evitar acidentes. A Figura 7 ilustra uma das panelas encontradas no pavimento analisado.

Figura 7 – Panela acompanhada de trinca tipo “Couro de Jacaré”



Fonte: Autoria própria (2024)

Percebe-se na Figura 7 que nem sempre as patologias ocorrem isoladamente, isto porque o tráfego, juntamente com a ação de outros agentes desencadeantes, a exemplo da água da chuva, inicia a desintegração de parte do revestimento formando as panelas e, assim, promovem as irregularidades da superfície e, com o aumento da intensidade do tráfego nas primeiras irregularidades, resulta em uma cadeia de efeitos.

De acordo com DNIT (2006b) e Rodrigues *et al.* (2008), as principais causas das panelas são: danos no revestimento provocado pelas trincas por fadiga; ação da água da chuva por meio de infiltração; desagregação do revestimento na superfície do pavimento, ocorrida devido ao tráfego em pontos com mais fragilidade; má adesividade entre o revestimento asfáltico e a camada inferior, e falhas no projeto executado.

A análise da Figura 7 se refere à ocorrência de patologia de cavidades com pequenas profundidades, indicada a correção com remendo superficial, que deve ocorrer limpeza da cavidade depois execução de corte em formato retangular da área que detém a patologia e

remoção da água acumulada, se presente (RODRIGUES *et al.*, 2008). Posteriormente, deve-se preencher a área afetada com PMF (Pré-Misturado a frio), conforme rege a norma vigente do DNIT (DNER-ES 390/99), seguido pela compactação com placa vibratória para garantir uma adesão duradoura com as outras camadas. Para casos em que as panelas ou buracos tenham atingido as camadas inferiores (base e sub-base), recomenda-se o remendo profundo como forma de correção DNIT (DNER-ES 390/99).

5.2.2. Desgaste

Ao longo do percurso, notaram-se algumas áreas com desgaste no pavimento, sendo evidente a ocorrência de desprendimento do material betuminoso em relação à camada subjacente, como mostra a Figura 8.

Figura 8 – Desgaste



Fonte: Autoria própria (2024)

O desgaste no pavimento é uma patologia constante nas rodovias federais causada pela volatilização e a oxidação do asfalto, proveniente da ação constante dos veículos e do intemperismo; construção do pavimento em condições meteorológicas ruins; deficiência localizada de ligante asfáltico decorrente do entupimento dos bicos ou regulagem errada da barra espargidora, e pela presença de água no interior do revestimento, provocando o descolamento da película betuminosa (DNIT, 2006b; SILVA, 2008).

Existem medidas eficazes para sanar os desgastes no pavimento, segundo Bernucci *et al.* (2023), a solução mais empregada é a aplicação do microrresvestimento asfáltico a frio em conformidade com os procedimentos descritos pela norma DNIT 035/2018 - ES. Pois, a aplicação desse composto visa melhorar de forma homogênea a capa de rolamento do pavimento.

5.2.3. Escorregamento

Em alguns pontos da rodovia, foram identificados escorregamento da capa de rolamento nas bordas do pavimento (Figura 9).

Figura 9 – Escorregamento do Revestimento Betuminoso



Fonte: Autoria própria (2024)

Conforme o DNIT (2006b) e Rodrigues *et al.* (2008), a incidência de escorregamentos no bordo do pavimento pode ocorrer devido a alguns fatores, como: má dosagem da mistura asfáltica; excesso de ligante, gerando alta umidade deste o revestimento até as camadas inferiores; compactação inadequada das misturas asfálticas ou da porção superior da camada base, e deformação plástica do revestimento devido à influência de temperaturas elevadas.

Rodrigues *et al.* (2008) apresentam como medida corretiva para esta patologia a realização do corte e retirada do revestimento por meio de fresagem a frio, seguindo os procedimentos impostos pela norma DNIT 159/2011 - ES e, posteriormente, a aplicação de mistura de lama asfáltica, conforme especificações DNIT 150/2010 - ES.

5.2.4. Trinca Isolada Longitudinal Longa

Foram encontrados, em alguns pontos, trincas longitudinais longas, ao decorrer do pavimento (Figura 10).

Figura 10 – Trinca Isolada Longitudinal Longa



Fonte: Autoria própria (2024)

De acordo com DNIT (2005) e Rodrigues *et al.* (2008) o surgimento dessas trincas longitudinais ocorre devido a estes fatores, como: junta de construção mal executada; ligação inadequada entre as camadas lançadas em sequência para formação das faixas de tráfego; surgimento de recalques nas camadas abaixo do revestimento; contração ou dilatação do revestimento devido ao gradiente técnico, ou envelhecimento do asfalto, e concentração de tensões nas proximidades onde a trinca se manifestou.

A correção de trincas isoladas pode ser executada através da selagem das trincas com emulsão asfáltica e areia ou pó de pedra em toda a área afetada (DNIT, 2005). A aplicação do material asfáltico é realizada manualmente, assegurando que todas as trincas estejam devidamente cobertas para evitar a penetração nas camadas inferiores, posteriormente, areia ou pó de pedra é distribuído e nivelado sobre a camada superior do pavimento utilizando um rolo (DNIT, 2005).

5.2.5. Trinca Interligada tipo Couro de Jacaré

Outra patologia existente no pavimento analisado foi a trinca do tipo “couro de jacaré”, identificada em alguns pontos isolados durante o trajeto (Figura 11) e em conjunto com panela (Figura 7).

Figura 11 – Trinca Interligada tipo Couro de Jacaré



Fonte: Autoria própria (2024)

Conforme DNIT (2005) e Rodrigues *et al.* (2008) as trincas interligadas que detêm o aspecto de couro de jacaré surgem devido a alguns fatores, como: contração da capa asfáltica oriunda da variação de temperatura; material que constitui o revestimento apresenta baixa viscosidade; deformações constantes causadas pelas cargas de tráfego, e baixa espessura da camada de revestimento.

Rodrigues *et al.* (2008) sugerem a realização da fresagem do pavimento danificado, em formato retangular, seguindo as diretrizes da norma DNIT 159/2011 - ES e, sequencialmente, recomenda a execução de um remendo, a depender da profundidade que a patologia atingiu. Para casos onde as camadas adjacentes apresentam deterioração, é necessária a remoção do material danificado para ocorrer o melhoramento dessas camadas.

5.2.6. Afundamento Plástico

Alguns locais no trecho estudado apresentaram afundamentos, todos eles possuindo solevamento no bordo do pavimento, caracterizando-se como afundamento plástico. O exemplo desse tipo de afundamento é demonstrado na Figura 12.

Figura 12 – Afundamento Plástico



Fonte: Autoria própria (2024)

Os afundamentos plásticos são identificados por depressões na superfície do pavimento, podendo ser gerados devido a alguns aspectos, como: deformação plástica da camada superior e/ou adjacentes, podendo afetar até o subleito; ação excessiva das cargas de tráfego; má compactação do solo, e deficiência na dosagem da mistura asfáltica (Bernucci *et al.* (2008); DNIT, 2006b; SILVA, 2008).

Em concordância com Farias & Corrêa (2023), a alternativa principal para solucionar essa patologia seria realizar a fresagem superficial do pavimento, corrigindo os afundamentos maiores que 20mm nas trilhas de roda, executando em seguida um novo revestimento em CBUQ, conforme os regimentos das normas DNIT 159/2011 - ES e DNIT 031/2006 - ES, respectivamente. A execução por fresagem é realizada em média com espessura de 40mm, aplicando-se o jateamento de ar comprimido para limpeza da área fresada. Seguidamente, efetua-se a pintura de ligação e o enchimento da superfície fresada em CBUQ.

5.2.7. Trinca Interligada tipo Bloco

Em algumas regiões do trecho, foram detectados surgimentos de trincas interligadas tipo bloco, como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Trinca Interligada tipo Bloco



Fonte: Autoria própria (2024)

O surgimento de trincas em formatos de blocos ocorre em decorrência, segundo DNIT (2005) e Rodrigues *et al.* (2008), dos seguintes aspectos: contração do material de revestimento, devido à variação de temperatura; perda considerável das características do ligante asfáltico; fragilidade na resistência à tração da mistura asfáltica; união de trincas transversais e longitudinais, em revestimentos com base cimentícia.

Rodrigues *et al.* (2008) afirma que as correções para essa patologia seriam a selagem das trincas com lama asfáltica, seguindo as recomendações da norma DNIT 150/2010 – ES, e em situações onde o rejuvenescimento do pavimento não for suficiente, indica-se a fresagem na área afetada, seguida pela execução de um remendo profundo.

5.2.8. Exsudação

Identificou-se a presença de exsudação do asfalto, como se pode visualizar na Figura 14.

Figura 14 – Exsudação



Fonte: Autoria própria (2024)

Conforme DNIT (2005) e Silva (2008), a presença de exsudação no asfalto surge devido a alguns fatores, como: má dosagem da mistura asfáltica, gerando alto teor de ligante betuminoso e/ou baixo índice de vazios, apresentando um aspecto brilhante no pavimento; da temperatura do ligante superior à estabelecida no momento da mistura, ocasionando a expansão do asfalto e o preenchimento irreversível dos vazios entre as partículas, e da incidência de cargas pode ocasionar o aumento na densificação da mistura nas trilhas de roda, intensificando a exsudação no pavimento.

A solução para esse tipo de patologia é combatê-la com pedriscos, aplicando manualmente o agregado sobre a área exsudada, visando reestabelecer as condições antiderrapantes da superfície do pavimento (DNIT, 2005). É recomendável que o serviço seja realizado em dia com temperaturas elevadas ou com agregado previamente aquecido.

5.3. Análise do aplicativo MQV para levantamento de dados

A utilização de ferramentas tecnológicas é essencial para promover a eficiência e a eficácia na coleta de dados em levantamentos de campo e posterior elaboração de relatórios fotográficos, de topografia, de condições do pavimento, entre outros. A coleta de dados exerce um papel crucial em diversas áreas, fornecendo uma compreensão detalhada do local analisado e contribuindo diretamente na tomada de decisão em futuras ações.

O aplicativo *mobile* MQV destaca-se por sua eficiência na elaboração de relatórios fotográficos, disponibilizando informações importantes nas fotografias, como a identificação da rodovia federal, quilometragem e estaca exata do local, distância lateral até o eixo mais próximo da rodovia, além da data e hora precisa do registro. Sua utilização é simples, exigindo apenas um smartphone para a captura dos registros, facilitando a elaboração de inventários fotográficos padronizados das rodovias (AEDNIT, 2021).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização desta análise, conclui-se que as condições predominantes nas rodovias federais no Nordeste, principalmente nos trechos que ligam cidades do interior do estado do Rio Grande do Norte, o estado de conservação desses trechos é crítico. Necessitando de reparos periódicos e/ou a implementação de novos pavimentos.

A necessidade de melhorias identificadas destacou a importância de uma maior investigação ao nível detalhado para destinar investimentos suficientes para implementar as soluções de manutenção e recuperação necessárias. Estas soluções de conservação ao longo da vida útil do pavimento não apenas melhoram as condições das vias de tráfego, mas, primordialmente, devem garantir a segurança dos usuários.

O trecho da BR-110, que liga o município de Mossoró ao de Upanema, no Rio Grande do Norte, apresentou diversas patologias no período do levantamento de campo (agosto e setembro de 2023), onde indicavam que suas funções essenciais não estavam sendo devidamente atendidas. Verificação está não só constatada neste estudo de caso, porém pelo próprio Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, que iniciou pouco tempo depois a manutenção e recuperação deste pavimento.

Em relação à utilização do aplicativo *mobile* MQV (Marcos Quilométricos Virtuais), constatou-se que este apresenta funcionalidade e eficiência adequada para este tipo de estudo, à medida que possibilita gerar registros fotográficos das patologias existentes na rodovia georreferenciados de forma simplificada por ter uma interface de fácil usabilidade, necessitando apenas de um smartphone. Ademais, não demanda grandes investimentos na obtenção de relatórios de análise visual do estado de conservação das malhas viárias e facilita a identificação de diversas características geográficas do pavimento em análise.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Marcelo Almeida; *et al.* Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto). Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento, ANO 1. v.10, Pp. 187-196, nov./2016 - ISSN.2448-0959. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/wp-content/uploads/artigo-cientifico/pdf/metodos-de-pavimentacao.pdf>>. Acesso em: 08 de fev. de 2024.
- BALBO, J. T. Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BARBOSA, Victor Hugo Rodrigues, *et al.* Avaliação do Potencial expansivo de solos da Formação Solimões no Estado do Acre para uso em Pavimentação. Revista Matéria, v. 27, n.2, fev./2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rmat/a/rMhTRtT77Dzwps67XDfDqPK/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 07 de fev. de 2024.
- BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRÁS: ABEDA, 2008. 509p. Disponível em: <https://www.academia.edu/21661995/Pavimenta%C3%A7%C3%A3o_Asf%C3%A1ltica_Forma%C3%A7%C3%A3o_B%C3%A1sica_para_Engenheiros>. Acesso em: 05 de dez. de 2023.
- BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Recurso de Desenvolvimento Tecnológico RDT: Procedimento para Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura. Nova Lima/MG, 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/relatorios/relatorios-de-pesquisa-rdt/projetos-rdt/via-040/finalizado/procedimento-para-levantamento-visual-continuo-informatizado-lvci-pelo-metodo-da-varredura.pdf>>. Acesso em: 25 de jan. de 2023.
- BRASIL. Associação Nacional dos Engenheiros e Analistas em Infraestrutura de Transportes do DNIT (AEDNIT). MQV – Marcos Quilométricos Virtuais. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.aednit.org.br/2021/03/22/entrevista-com-tiago-oliveira-moreira-mqv-marcos-quilometricos-virtuais/>>. Acesso em: 15 de fev. de 2024.
- BRASIL. Confederação Nacional do Transporte (CNT). Pesquisa CNT de Rodovias 2018: relatório gerencial. – Brasília: CNT: SEST SENAT, 2018. 408p. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/conteudo>>. Acesso em: 08 de fev. de 2024.
- BRASIL. Confederação Nacional do Transporte (CNT). Pesquisa CNT de Rodovias 2023: relatório gerencial – Brasília: CNT: SEST SENAT: ITL, 2023. 204p. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/conteudo>>. Acesso em: 18 de dez. de 2023.
- BRASIL. Confederação Nacional do Transporte (CNT). Pesquisa CNT de Rodovias 2023: Painel de Consulta Dinâmica – Brasília: CNT: SEST SENAT: ITL, 2023. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/painel>>. Acesso em: 18 de dez. de 2023.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. DNIT 005/2003 - TER: defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/terminologia-ter/dnit_005_2003_ter-1.pdf>. Acesso em: 06 de dez. 2023.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Sistema Nacional de Viação (SNV) (2011 a 2023). Disponível em: <servicos.dnit.gov.br/dnitcloud/index.php/s/oTpPRmYs5AAdiNr?path=%2F>. Acesso em: 18 de dez. de 2023

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Conservação Rodoviária. 2.ed. – Rio de Janeiro, 2005. 564p. (IPR. Publ., 710). Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/710_manual_de_conservacao_rodoviaria.pdf..> Acesso em: 25 de dez. de 2023.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Pavimentação. 3.ed. – Rio de Janeiro, 2006(a). 274p. (IPR. Publ., 719). Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/ipr_719_manual_de_pavimentacao_versao_corrigda_errata_1.pdf>. Acesso em: 04 de jan. de 2023.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. 2.ed. – Rio de Janeiro, 2006(b). 310p. (IPR. Publ., 720). Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/720_manual_restauracao_pavimentos_afalticos.pdf>. Acesso em: 07 de fev. de 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). censo, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>>. Acesso em: 05 de mar. de 2024.

BRASIL. Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) - DNIT. Coordenação-Geral de Planejamento e Programação de Investimentos - CGPLAN. Contagem Contínua, 2022. Disponível em: <<https://servicos.dnit.gov.br/dadospnct/ContagemContinua>>. Acesso em: 01 de mar. de 2024.

FARIAS, Isabella Roberta Lobo; CORRÊA, Ana Lídia da Silva Cascales. Estudo de caso da análise visual de patologias encontradas no pavimento de uma rodovia no interior do Paraná. Journal of Exact Sciences - JES, v.37, n.1, Pp. 40–52, abr.-jun./2023. Disponível em: <https://www.mastereditora.com.br/periodico/20230505_191029.pdf>. Acesso em: 05 de fev. de 2024.

FERREIRA, Silvio Romero de Melo, *et al.* Avaliação da expansão de um solo do município de Paulista-PE melhorado com cal. Revista Matéria, suplemento, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rmat/a/4RQ7hQS7yhw4jjkTB4mzL5k/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 07 de fev. 2024.

GABRIEL, Guilherme Cesar; VERDADE, Lucas Lauer. Avaliação dos defeitos de pavimento flexível através do método do Valor de Serventia Atual (VSA) em Apucarana – PR. Revista de Engenharia e Tecnologia, Londrina, v.13, n.4, Pp. 109–119, dez./2021. Disponível em: <<https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/19533>>. Acesso em: 05 de fev. de 2024.

MACENHAN, Francieli Corrêa Santos, *et al.* Estudo de patologias em pavimentos flexíveis de vias do município de Joinville – SC. Ânima Educação, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/3633d6d0-4885-44fa-9eaa-baf7b8832d34>>. Acesso em: 08 de fev. de 2024.

MOSSORÓ, Prefeitura Municipal de. Economia Local. Disponível em: <<https://www.prefeiturademossoro.com.br/paginas/economia#:~:text=A%20fruticultura%20irrigada%2C%20a%20ind%C3%BAstria,produtor%20de%20petr%C3%B3leo%20em%20terra>>. Acesso em: 05 de mar. de 2024.

PEREIRA, Haroldo Souza. Indicadores da pavimentação no município de Vitória. 2010. 143p. Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil, 2010. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=196293>. Acesso em: 07 de fev. de 2024.

PEREIRA, P., & Miranda, V. (1999). "Gestão da Conservação dos Pavimentos Rodoviários". Universidade do Minho. Braga.

PINTO, Joana Isabel Baptista Rua. Caracterização Superficial de Pavimentos Rodoviários. 2003. 261p. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2003. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/11100>>. Acesso em: 20 de fev. de 2024.

ROCHA, Gilmar Dannielle de Carvalho; *et al.* Análise dos pavimentos utilizados nas Rodovias Brasileiras. Revista Mangaio Acadêmico. v.7, n.2, Pp. 50-75, dez./2022. Disponível em: <<https://estacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/mangaio/article/view/1618>>. Acesso em: 20 de fev. de 2024.

RODRIGUES, John Kennedy Guedes, *et al.* Manual: Avaliação, Manutenção e Restauração de Pavimentos de Vias Urbanas. – Campina Grande/PB: EDUFPG, 2008. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/30040?show=full>>. Acesso em: 07 de jan. 2023.

RODRIGUES, Zidane Almeida; PINHEIRO, Érica Cristina Nogueira Marques. Levantamento de patologias em pavimento flexível. Estudo de caso: rua visconde da Pedra Branca – Flores, Manaus – AM. Revista FT, Rio de Janeiro, Ed. 122, mai./2023. Disponível em: <<https://revistaft.com.br/levantamento-de-patologias-em-pavimento-flexivel-estudo-de-caso-rua-visconde-da-pedra-branca-flores-manaus-am/>>. Acesso em: 04 de fev. de 2024.

SANTOS, Felipe Alves, *et al.* Avaliação objetiva da superfície do revestimento asfáltico da Avenida Ranulfo Paes de Barros no município de Nova Xavantina/MT. 2019. Disponível em: <<https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/843>>. Acesso em: 30 de jan. de 2024.

SILVA, Karen Amanda Barbosa, *et al.* Avaliação de Pavimentos: Escala Visual Versus Pavement Condition Index. Revista de Engenharia e Tecnologia, Londrina/PR, v.12, n.1, Pp. 128–137, abr./2020. Disponível em <<https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/14420/209209213125>>. Acesso em: 04 de fev. de 2024.

SILVA, Paulo Fernando Araújo. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. 2 ed. – São Paulo: Pini, 2008. 129p. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/348689964/SILVA-manual-de-patologia-e-manutencao-de-pavimentos-pdf>>. Acesso em: 11 de dez. de 2023.