



INSTITUTO FEDERAL

Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO
PERNAMBUCANO
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS SERRA TALHADA**

FABRICIA BEZERRA DE LIMA

**DIAGNÓSTICO E VIABILIDADE DE ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO DAS
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TRECHO DA BR-426 EM SERRA
TALHADA-PE**

SERRA TALHADA

2025

FABRICIA BEZERRA DE LIMA

DIAGNÓSTICO E VIABILIDADE DE ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO DAS
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TRECHO DA BR-426 EM SERRA
TALHADA-PE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Coordenação do curso de
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão
Pernambucano, campus Serra Talhada,
como requisito parcial à obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. MSc. Vitor Hugo de
Oliveira Barros.

SERRA TALHADA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B574 Lima, Fabricia Bezerra de.

Diagnóstico e viabilidade de estratégias de recuperação das manifestações patológicas em trecho da BR-426 em Serra Talhada- PE / Fabricia Bezerra de Lima. - Serra Talhada, 2025.
50 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Serra Talhada, 2025.

Orientação: Prof. Msc. Vitor Hugo de Oliveira Barros.

1. Engenharia civil. 2. Pavimento. 3. Patologias. 4. Reparo. I. Título.

CDD 624

FABRICIA BEZERRA DE LIMA

DIAGNÓSTICO E VIABILIDADE DE ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO DAS
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TRECHO DA BR-426 EM SERRA TALHADA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Coordenação do curso de
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão
Pernambucano, campus Serra Talhada,
como requisito parcial à obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 11 / 02 / 2025

BANCA EXAMINADORA

Vitor Hugo de
Oliveira
Barros:10208832432

Digitally signed by Vitor
Hugo de Oliveira
Barros:10208832432
Date: 2025.03.16 19:32:41
+03'00'

Prof. Vitor Hugo de Oliveira Barros Orientador
IF Sertão PE – Serra Talhada

Documento assinado digitalmente
 **ELIVELTHON CARLOS DO NASCIMENTO**
Data: 17/03/2025 08:16:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Elivelthon Carlos do Nascimento Membro Interno
IF Sertão PE – Serra Talhada

Documento assinado digitalmente
 **FABIO GOMES DE SOUZA**
Data: 17/03/2025 13:35:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Fábio Gomes de Souza Membro Externo
UnifIS

SERRA TALHADA

2025

Dedicatória.

A Deus que me guiou durante toda a trajetória, a minha mãe e irmãos e a todos que acompanharam o processo.

“Discorrer sobre pavimento é valorizar a engenharia que constrói a infraestrutura a qual viabiliza as demais atividades do país”
(Paulo Fernando).

RESUMO

As rodovias desempenham um papel crucial no desenvolvimento econômico e social, sendo o principal meio de transporte para o deslocamento de pessoas e cargas no Brasil, que possui uma vasta malha viária. Contudo, muitas rodovias enfrentam manifestações patológicas nos pavimentos, comprometendo sua integridade e segurança. De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2019), pavimentos projetados para uma vida útil de cinco anos frequentemente apresentam sinais de desgaste em menos de sete meses, evidenciando a gravidade da situação. O presente trabalho tem como objetivo diagnosticar as manifestações de defeitos presentes no pavimento asfáltico de um trecho da BR-426, situado em Serra Talhada, Pernambuco, buscando avaliar as condições do pavimento, investigar as causas das deformações e sugerir soluções de reparo para a melhoria da via. Entre os problemas identificados estão afundamentos, buracos, escorregamento, desgaste superficial e trincas do tipo couro de jacaré. A metodologia adotada envolveu inspeções visuais detalhadas, levantamentos em campo e análise técnica conforme as diretrizes estabelecidas pelo Manual de Pavimentação do DNIT. A partir dos resultados obtidos, foram elaborados planos de reparo específicos para cada tipo de manifestação patológica, juntamente com um orçamento preliminar, considerando os custos dos materiais e serviços descritos no Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO, 2024) e no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2024). Os resultados indicam que a aplicação das intervenções propostas é essencial para a manutenção preventiva e corretiva do pavimento, garantindo sua durabilidade e segurança dos usuários. A conclusão é de que a implementação dessas soluções contribui para a melhoria contínua da infraestrutura rodoviária e a redução de custos com manutenções futuras.

Palavras-chave: pavimento; patologias; reparo.

ABSTRACT

Highways play a crucial role in economic and social development, serving as the primary means of transportation for people and goods in Brazil, a country with an extensive road network. However, many highways face pavement-related issues that compromise their integrity and safety. According to the National Transport Confederation (CNT, 2019), pavements designed to last five years often show signs of wear in less than seven months, highlighting the severity of the problem. This study aims to diagnose the pavement pathological manifestations present in a section of BR-426, located in Serra Talhada, Pernambuco, by assessing pavement conditions, investigating the causes of deformations, and proposing repair solutions to improve the roadway. The identified issues include rutting, potholes, slippage, surface wear, and alligator cracking. The methodology involved detailed visual inspections, field surveys, and technical analysis based on the guidelines established by the DNIT Pavement Manual. Based on the findings, specific repair plans were developed for each type of pathological manifestation, along with a preliminary budget considering material and service costs as described in the Reference Cost System for Works (SICRO, 2024) and the National Construction Cost Survey and Index System (SINAPI, 2024). The results indicate that implementing the proposed interventions is essential for the preventive and corrective maintenance of the pavement, ensuring its durability and user safety. The conclusion is that the adoption of these solutions contributes to the continuous improvement of road infrastructure and reduces future maintenance costs.

Keywords: pavement; pathologies; repair.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Esquematisação da disposição de camadas em pavimento flexível à esquerda e rígido à direita.....	19
Figura 2:	Esquematisação de fendas (à direita uma fissura, à esquerda Uma trinca)	21
Figura 3:	Trinca tipo couro de jacaré à esquerda, e à direita tipo bloco.....	22
Figura 4:	À esquerda esquema de tipos de afundamentos no pavimento, à direita exemplo de afundamento.....	23
Figura 5:	Buraco em rodovia gaúcha.....	24
Figura 6:	Esquema de escorregamento do revestimento asfáltico do pavimento aeroportuário nas áreas de aceleração e frenagem.....	25
Figura 7:	Ondulação no asfalto em Cariacica.....	25
Figura 8:	Exemplo de desgaste no pavimento.....	26
Figura 9:	Defeito do tipo remendo na rodovia MG-190.....	27
Figura 10:	Processo de exsudação de asfalto na avenida Tiradentes em São Paulo.....	27
Figura 11:	Remendo profundo à esquerda e superficial à direita.....	29
Figura 12:	Técnica de revestimento no Noroeste do Paraná.....	30
Figura 13:	Técnica de fresagem e recapeamento.....	31
Figura 14:	Fluxograma de sequência metodológica.....	34
Figura 15:	Sequência de passos para diagnóstico da via em estudo.....	35
Figura 16:	Sistema viário à esquerda e delimitação aproximada do trecho da BR-426 a ser estudado à direita.....	36
Figura 17:	Identificação e indicação de sentido dos trechos na BR-426.....	38
Figura 18:	Defeitos do tipo escorregamento.....	39
Figura 19:	Trincas do tipo couro de jacaré.....	40
Figura 20:	Defeitos do tipo afundamento.....	41

Figura 21:	Defeitos do tipo desgaste manifestados no trecho 2.....	41
Figura 22:	Defeitos do tipo desgaste manifestados no trecho 4.....	42
Figura 23:	Defeitos do tipo buraco ou panela.....	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Levantamento de quantidade de manifestações patológicas encontradas por tipo em cada trecho.....	39
------------	--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Classificação de trincas segundo DNIT 2003.....	22
Tabela 2:	Classificação de afundamentos segundo DNIT 2003.....	24
Tabela 3:	Levantamento de manifestações patológicas identificadas.....	38
Tabela 4:	Especificação de medidas para cálculo de áreas.....	43
Tabela 5:	Classificação e sugestão de reparo para manifestações patológicas encontradas.....	43
Tabela 6:	Detalhamento de custos de serviços e insumos.....	44
Tabela 7:	Descrição de técnicas propostas e custos totais de serviços.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BR	Rodovia Federal
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IGG	Índice de Gravidade Global
NAPA	Associação Nacional de Pavimentação Asfáltica
PE	Estado de Pernambuco
PRF	Polícia Rodoviária Federal
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICO	16
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	PAVIMENTO E SUAS CLASSIFICAÇÕES	17
3.2	CAMADAS DE UM PAVIMENTO.....	18
3.2.1	Camada de revestimento	18
3.2.2	Camada de base e sub-base.....	18
3.2.3	Subleito e reforço do subleito.....	19
3.3	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS E PRINCIPAIS CAUSAS.....	19
3.3.1	Fendas	20
3.3.1.1	Fissura.....	21
3.3.1.2	Trinca	21
3.3.2	Afundamento	22
3.3.3	Panela ou buraco	24
3.3.4	Escorregamento	24
3.3.5	Ondulação ou corrugação	25
3.3.6	Desgaste	26
3.3.7	Remendo	26
3.3.8	Exsudação	27
3.4	TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE PATOLOGIAS	28
3.4.1	Manutenção preventiva periódica	28
3.4.2	Remendo	29
3.4.3	Recuperação de fendas	29
3.4.4	Recuperação de buracos ou painelas	30
3.4.5	Recuperação de afundamento	31
3.4.6	Recuperação de ondulação ou corrugação	31
3.4.7	Recuperação de escorregamento	32

3.4.8	Recuperação de exsudação	32
3.4.9	Recuperação de desgaste.	33
4.	METODOLOGIA	34
4.1	CARACTERÍSTICAS DO TRECHO ESTUDADO	34
4.2	COLETA DE DADOS	35
4.2.1	Tráfego	35
4.3	INSPEÇÃO DO TRECHO	36
4.4	ESQUEMA METODOLÓGICO	37
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1	PRINCIPAIS PATOLOGIAS ENCONTRADAS	37
5.1.1	Escorregamento	39
5.1.2	Trinca	40
5.1.3	Afundamento	40
5.1.4	Desgaste	41
5.1.5	Panelas ou buracos	42
5.2	TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO	43
5.3	ORÇAMENTO DE TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO	43
6.	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47-50

1. INTRODUÇÃO

O estudo das estradas remonta à própria evolução da civilização humana, uma vez que estas foram fundamentais para o povoamento de continentes, a consolidação de conquistas territoriais e a facilitação de trocas comerciais, culturais e religiosas. Ao longo da história, as estradas desempenharam um papel vital no desenvolvimento urbano e econômico das sociedades. No Egito antigo, por exemplo, a construção das pirâmides levou à criação de caminhos rudimentares para o transporte de cargas, enquanto os romanos introduziram o conceito moderno de infraestrutura viária. Com o planejamento e a construção de uma vasta rede rodoviária, motivados por interesses militares e econômicos, os romanos conectaram diferentes povos e contribuíram para a difusão da civilização romana (MARÉ, 2011).

Segundo Santos (2017), a pavimentação no Brasil avançou consideravelmente a partir da Segunda Guerra Mundial, período marcado pela troca de conhecimento entre engenheiros brasileiros e norte-americanos, que vieram ao país para atender à demanda por um sistema eficiente de transporte de pessoas e equipamentos. Posteriormente, a construção de Brasília, a nova capital, foi um marco importante para a expansão das rodovias, sendo as BRs (rodovias federais) as principais vias de interligação entre as regiões brasileiras. Desde então, estas têm desempenhado um papel essencial na matriz de transportes, sendo responsáveis por 96% do transporte de passageiros e 62% do transporte de cargas (BACCHIERI; BARROS, 2011 apud OLIVEIRA et al, 2019).

No início do século XX, porém, as estradas já se encontravam em estado grave de deterioração. A malha viária não se expandia e continuava a se degradar rapidamente devido à ausência de manutenção adequada. A predominância do transporte rodoviário exige que as estradas sejam projetadas e mantidas com materiais duráveis para suportar o tráfego intenso e pesado. Entretanto, observa-se frequentemente o surgimento de defeitos no pavimento asfáltico, como trincas, afundamentos e ondulações, após um curto período de uso, causados por fatores diversos como erros de projeto, condições climáticas adversas e falta de manutenção adequada (OLIVEIRA et al, 2019).

De acordo com Rosa et al. (2016), os pavimentos asfálticos devem

garantir condições de trafegabilidade e conforto, sendo que o surgimento de patologias reduz significativamente a vida útil do pavimento e aumenta os custos de manutenção. A precariedade da infraestrutura rodoviária brasileira é evidenciada por estudos como o Índice de Competitividade Global do Fórum Econômico Mundial, que em 2014 classificou as rodovias brasileiras na 122^a posição entre 144 países analisados (CNT, 2014). A Confederação Nacional do Transporte (CNT) também apontou um aumento significativo nas extensões de rodovias classificadas como regulares ou ruins, enquanto apenas 59% das rodovias federais pavimentadas estão em bom estado (CNT, 2019).

Essa realidade demonstra a urgência de investimentos em tecnologias de pavimentação e manutenções apropriadas para preservar a qualidade das rodovias. A falta de manutenção adequada não só compromete o tráfego, como também representa um risco à segurança, especialmente para o transporte de cargas perigosas. Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo identificar as manifestações patológicas presentes no pavimento da BR-426, correlacionar as possíveis causas e propor soluções adequadas para a restauração da via. Ao investigar as condições do pavimento e sugerir técnicas de reabilitação mais apropriadas, espera-se contribuir para a melhoria da segurança e eficiência no tráfego, além de prolongar a vida útil do pavimento.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo das manifestações patológicas existentes no pavimento do trecho da BR-426 na cidade de Serra Talhada-PE, para identificar as possíveis origens, o processo de ocorrência, o tipo de manifestação adversa e propor possíveis soluções para restauração.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e classificar as manifestações patológicas presentes no trecho da BR-426 na cidade de Serra Talhada-PE;
- Analisar as possíveis causas para o surgimento das patologias encontradas;
- Sugerir técnicas de recuperação para os defeitos identificados.
- Elaborar orçamento das técnicas de recuperação das patologias diagnosticadas na pavimentação asfáltica.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PAVIMENTO E SUAS CLASSIFICAÇÕES

Segundo Bernucci et al. (2010) pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança. Em uma outra definição descrita por Senço (2001), o pavimento é uma estrutura construída através da terraplanagem, projetada para ser econômica. Sua principal finalidade é melhorar as condições de rolamento, variando em espessura, materiais utilizados e função de acordo com a via em questão.

No Brasil, é indispensável que o planejamento, produção e implementação de uma rodovia estejam em conformidade com as diretrizes estabelecidas no Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o qual desempenha um papel crucial na gestão e operação da infraestrutura de transporte em todo o país. Assim como mencionado por Santos, a pavimentação das rodovias é de extrema importância, uma vez que contribui para impulsionar o progresso socioeconômico da região, proporcionando assim uma melhoria na qualidade de vida da população. (SANTOS, 2017).

Segundo o manual de pavimentação do DNIT (2006), o pavimento rodoviário pode ser classificado tradicionalmente em três tipos: rígidos, semirrígidos e flexíveis. O pavimento do tipo rígido, possui o revestimento com uma maior rigidez em relação as camadas inferiores, onde as cargas não são absorvidas de forma igual, porém é capaz de absorver quase todas as tensões originadas pelo carregamento aplicado. O pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland é um exemplo típico de pavimentação rígida. Nos pavimentos classificados como flexíveis todas as camadas sofrem deformação elástica e neste caso ocorre a distribuição da carga em parcelas quase equivalentes entre as camadas. Os pavimentos do tipo semirrígido, que é uma combinação entre o rígido e o flexível, caracterizam-se por uma base composta por aglutinante com propriedades cimentícias, como, por exemplo, uma camada

de solo-cimento revestida por uma camada asfáltica ou como no caso da mistura solo-betume (DNIT, 2006).

No Reino Unido, Croney e Croney (1991) não mencionam o termo "pavimento semirrígido" como uma categoria distinta de estruturas de pavimento. Em vez disso, eles empregam os termos "rígido", que requer um revestimento de concreto de cimento Portland, e "flexível", que implica um revestimento asfáltico. Assim, a utilização de qualquer um desses termos exclui automaticamente a outra opção, não deixando espaço para uma categoria intermediária como "pavimento semirrígido".

3.2 CAMADAS DE UM PAVIMENTO

Conforme descrito no Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos, a composição do pavimento se dá em diversas camadas, com finalidades específicas, sendo elas: revestimento, base, camadas complementares como sub-base e reforço do subleito (no caso de pavimentos flexíveis), e camadas de leito e subleito (SILVA, 2008).

3.2.1 Camada de revestimento

A camada de revestimento é projetada para desempenhar diversas funções essenciais. Entre elas estão impermeabilizar o pavimento, aumentar a resistência ao deslizamento, aprimorar o conforto durante a condução e suportar as tensões resultantes do tráfego e das condições climáticas adversas. (SILVA, 2008).

Segundo Balbo (2007), o revestimento asfáltico é a camada que tem como função transmitir as cargas elásticas ou dinâmicas provenientes do exterior de forma atenuada para as outras camadas sem sofrer alterações.

3.2.2 Camada de base e sub-base

A camada de base desempenha um papel crucial no pavimento. Ela visa reduzir a tensão sobre as camadas inferiores, facilitar a drenagem das águas infiltradas por meio de drenos e resistir às tensões e deformações causadas. É fundamental que essa camada seja composta por material de alta qualidade e

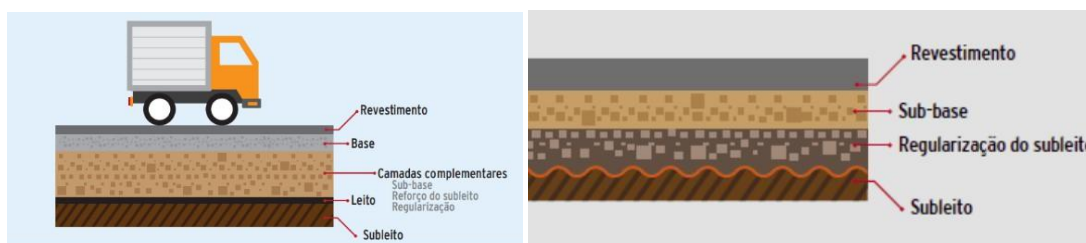
seja construída com precisão, uma vez que é nela que ocorre a máxima tensão de cisalhamento. Já a camada de sub-base tem como função principal diminuir a espessura necessária da base, que é constituída por materiais mais caros, além de fornecer proteção ao subleito.

É importante destacar que, quando a camada de base é muito espessa, por razões econômicas e construtivas, opta-se por dividi-la em duas camadas, originando uma sub-base, geralmente mais econômica. De acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem, o objetivo dessas camadas é aliviar pressões e distribuir esforços sobre as camadas de solo subjacentes (DER-SP, 2006).

3.2.3 Subleito e reforço de subleito

Ainda de acordo como o DER-SP, o subleito trata-se do terreno da fundação do pavimento ou o terreno original, enquanto o reforço do subleito consiste em uma camada aplicada sobre um subleito devidamente compactado e nivelado. O reforço é empregado quando é preciso diminuir as espessuras excessivas da camada de sub-base devido à baixa capacidade de suporte do subleito. Há ainda uma camada de leito, presente em pavimentos do tipo flexível, a qual é a interface entre o terreno de base e a estrutura do pavimento. Abaixo (Figura 1), mostra-se um exemplo típico da disposição de camadas em pavimentos do tipo flexível e rígido.

Figura 1: Esquematização da disposição de camadas em pavimento flexível à esquerda e rígido à direita



Fonte: CNT, 2014.

3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS E PRINCIPAIS CAUSAS

Os defeitos encontrados nas pavimentações, conhecidos como manifestações patológicas, afetam consideravelmente a qualidade das estradas e a vida das pessoas que as utilizam, uma vez que compromete o bom desempenho da mobilidade dessas vias. Entre os fatores cruciais considerados que causam ou agravam o estado dessas manifestações estão o tráfego rodoviário, impacto das condições climáticas na região da construção, escolha de materiais e a execução do projeto (DNIT, 2006).

Segundo Rocha (2010), quando o pavimento alcança seu limite de vida útil, é notada a manifestação de defeitos decorrentes da deterioração das propriedades físicas e químicas dos agregados e ligantes betuminosos. Essas patologias são denominadas defeitos de superfície. A identificação dos defeitos de superfície é realizada para avaliar a condição de conservação dos pavimentos asfálticos, permitindo assim a realização de um diagnóstico da situação funcional. Com base nesse diagnóstico, é possível determinar soluções que sejam tecnicamente adequadas, buscando as melhores alternativas para a manutenção ou restauração do pavimento.

Os defeitos podem ser categorizados como estruturais e funcionais. Os defeitos estruturais estão ligados à redução da capacidade do pavimento de suportar cargas, resultando na perda de sua integridade estrutural, como por exemplo trincas transversais e a interseção de trincas. Por outro lado, os defeitos funcionais estão associados às condições de segurança e tráfegabilidade do pavimento em relação ao seu desempenho durante o rolamento, conforme afirmado pelo (DNIT, 2006). Como exemplo destas pode-se citar a rugosidade, o polimento da superfície, ruídos e defeitos de superfície (SANTOS, 2017).

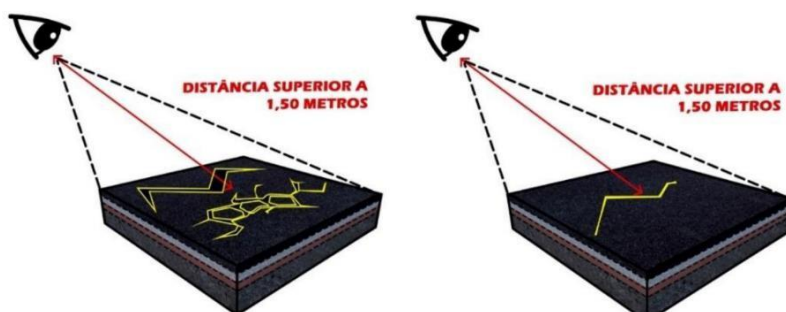
De acordo com definições da norma DNIT 005/2003-TER, os principais defeitos manifestados em pavimentos são: fenda, afundamento, panela ou buraco, escorregamento, ondulação ou corrugação, desgaste, remendo e exsudação.

3.3.1 Fenda

As fendas representam um dos defeitos mais significativos dos pavimentos asfálticos sendo definidas como qualquer descontinuidade na

superfície do pavimento, que resulte em aberturas de tamanhos variados, manifestando-se de diferentes formas como disposto na Figura 2.

Figura 2: Esquematisação de fendas (à direita uma fissura, à esquerda uma trinca).



Fonte: SISEP, 2019.

3.3.1.1 Fissura

Esta apenas é visível a olho nu a uma distância inferior a 1,50 metros sendo uma abertura estreita presente no revestimento, disposta transversal ou diagonalmente ao longo do eixo da via (Figura 2). As fissuras são aberturas iniciais que ainda não provocam problemas funcionais no revestimento, e, portanto, não são avaliadas quanto à gravidade nos métodos de avaliação das condições de superfície. As principais causas desse tipo de defeito estão associadas à má dosagem do asfalto, excesso de finos ou material de enchimento no revestimento e à compactação excessiva ou em momento inadequado.

3.3.1.2 Trinca

Trata-se da falha relacionada a aberturas superficiais no revestimento asfáltico e são facilmente visíveis a olho nu, possuindo uma abertura maior que a da fissura. Estas podem manifestar-se como uma trinca isolada ou como uma trinca interligada (Tabela 1). As trincas do tipo isolada podem ainda ser divididas em outros 3 grupos: A transversal, quando a trinca apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via (podendo ser classificadas em curtas quando apresentam extensões menores que 100 metros, ou longas para extensões superiores a essa medida), a trinca longitudinal, que apresenta

direção paralela ao eixo da via em sua maior parte, e a trinca de retração a qual não é atribuída aos fenômenos de fadiga, mas sim aos fenômenos de retração térmica do material do revestimento ou da base.

Por fim as trincas classificadas como interligadas dividem-se em outros dois grupos: A trinca tipo “Couro de jacaré”, que são um conjunto de fissuras interconectadas sem direções específicas, semelhantes à aparência de couro de jacaré, que podem ou não exibir erosão acentuada em suas bordas, e a trinca tipo “bloco”, as quais se identificam por um conjunto de fissuras interconectadas que se caracterizam pela configuração de blocos formados com lados bem definidos (Figura 3).

A contração da cobertura asfáltica, resultante de temperaturas baixas ou do endurecimento do asfalto, e a propagação de fissuras nas camadas subjacentes ao revestimento da estrada são as principais causas desses tipos de manifestações. Essas causas podem variar de acordo com o tipo de trinca.

Tabela 1: Classificação de trincas segundo DNIT 2003

Isoladas	Trinca transversal	Curta (para extensões menores que 100 m)
		Longa (para extensões maiores que 100 m)
	Trinca longitudinal	Curta (para extensões menores que 100 m)
		Longa (para extensões maiores que 100 m)
	Trinca de retração	
Interligada	Trinca Couro de Jacaré	
	Trinca tipo bloco	

Fonte: DNIT, 2003.

Figura 3: Trinca tipo couro de jacaré à esquerda, e à direita tipo bloco

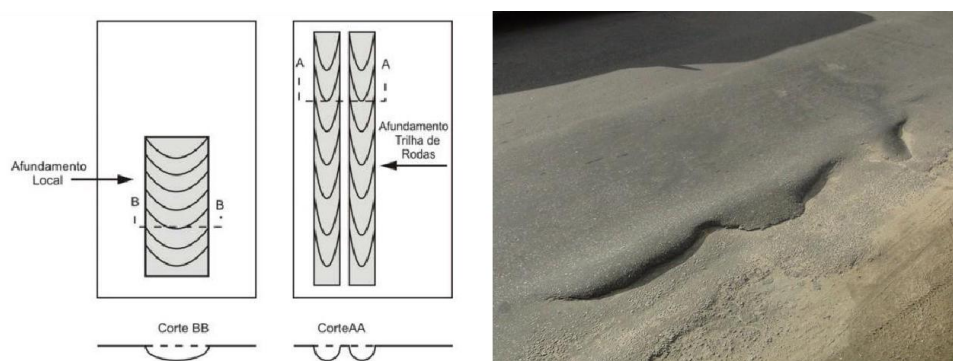


Fonte: ABESC, 2025.

3.3.2 Afundamento

Trata-se da deformação permanente identificada pelo afundamento da superfície do pavimento, acompanhada ou não por elevação, podendo manifestar-se como afundamento plástico ou consolidação como apresentado na Tabela 2. O afundamento plástico é causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, estando associado ao levantamento, podendo ser local ou afundamento da trilha de roda (Figura 4). Já o afundamento de consolidação é gerado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, sem a ocorrência simultânea de levantamento (DNIT, 2006).

Figura 4: À esquerda esquema de tipos de afundamentos no pavimento, à direita exemplo de afundamento



Fonte: DNIT 005/2003-TER

Segundo Bernucci et al. (2008), devido à sobrecarga e à falta de compactação do solo, a camada asfáltica começa a manifestar indícios de enfraquecimento, apresentando deformações e afundamentos em áreas onde há maior tráfego de veículos pesados ou um intenso fluxo de automóveis. Como principais causas pode-se ter falha na seleção do tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante, falha na dosagem da mistura asfáltica, excesso de ligante asfáltico e fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito.

Tabela 2: Classificação de afundamentos segundo DNIT 2003

Afundamento plástico	Afundamento local (ocorre em extensão de até 6 m)
	Afundamento da trilha de roda (para extensões maiores a 6 m)
Afundamento de consolidação	Afundamento local (ocorre em extensão de até 6 m)
	Afundamento da trilha de roda (para extensões maiores a 6 m)

Fonte: DNIT, 2003.

3.3.3 Painela ou buraco

Cavidade, geralmente circular (Figura 5), que pode atingir as camadas inferiores do pavimento, ocasionando a desagregação dessas camadas. Essa cavidade se desenvolve no revestimento devido a diversas causas como a falta de aderência entre camadas sobrepostas, resultando no deslocamento dessas camadas, desintegração localizada na superfície do pavimento, falha na compactação, umidade excessiva em camadas de solo e falha na imprimação (procedimento fundamental para garantir a durabilidade e a qualidade do pavimento).

De acordo com o manual do DNIT (2006), a evolução dessa patologia está diretamente ligada à ação do tráfego e sua ocorrência pode acontecer em qualquer parte do pavimento, sendo mais comum nas trilhas de roda.

Figura 5: Buraco em rodovia gaúcha



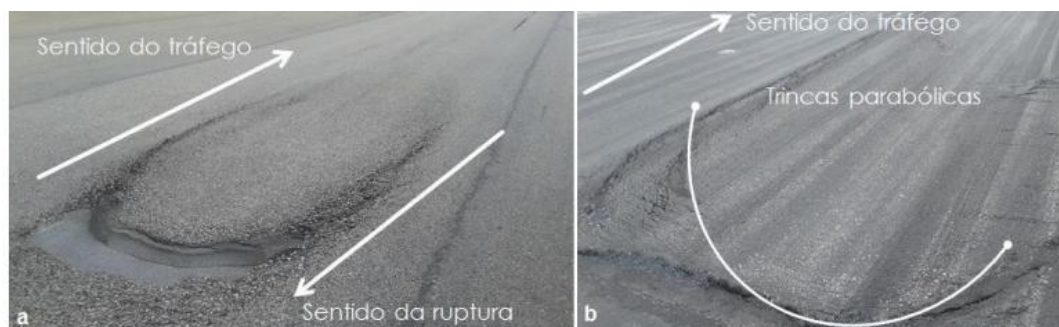
Fonte: FOLHA DO MATE, 2015.

3.3.4 Escorregamento

Ocorre com o deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, manifestando-se através de fendas em formato de

meia-lua (Figura 6), sendo defeitos oriundos dos esforços transmitidos do pneu para o pavimento, ocasionando rupturas por cisalhamento. Falhas construtivas e de pintura de ligação são apontadas como as principais causas desse defeito.

Figura 6: Esquema de escorregamento do revestimento asfáltico do pavimento aeroportuário nas áreas de aceleração (a) e frenagem (b).



Fonte: ALVES, 2017.

3.3.5 Ondulação ou corrugação

Deformação identificada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento. Segundo Souza (2004), essas patologias surgem devido aos defeitos presentes no solo, como solo arenoso sem a presença de um maciço rochoso adequado, além de inadequações na terraplanagem, compactação deficiente do solo e a utilização de lama asfáltica.

Bernucci et al (2008) aponta um tipo de ondulação transversal comum, a ondulação tipo “camaleão”, manifestando-se quando a malha asfáltica sofre uma elevação nas bordas, chegando praticamente ao mesmo nível do meio-fio. Esse fenômeno pode ser atribuído à passagem de veículos pesados, como ônibus, que frequentemente fazem paradas naquela região.

Figura 7: Ondulação no asfalto em Cariacica



Fonte: BETUME, 2021.

3.3.6 Desgaste

Resultado da remoção gradual do agregado do pavimento, evidenciado pela rugosidade superficial do revestimento, causado por esforços tangenciais gerados pelo tráfego (Figura 8).

Figura 8: Exemplo de desgaste em pavimento



Fonte: SETCESP, 2018.

3.3.7 Remendo

Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento durante a operação conhecida como "tapa-buraco". Embora esse tipo de defeito esteja associado à manutenção da superfície e envolva o preenchimento de panelas, orifícios ou depressões com massa asfáltica, se realizado de maneira inadequada, resultará em uma patologia ainda mais significativa.

Esse defeito pode ser dividido em remendo profundo, quando há a substituição do revestimento e de uma ou mais camadas inferiores do pavimento, apresentando, geralmente, uma forma retangular, e em remendo superficial, que é a correção, em uma região específica, da superfície do revestimento por meio da aplicação de uma camada betuminosa (Figura 9). Entre as principais causas associadas a esse defeito tem-se a carga de tráfego, utilização de materiais de baixa qualidade, impacto ambiental e construção inadequada.

Figura 9: Defeito do tipo remendo na rodovia MG-190



Fonte: MARCATO, 2019 / CNT, 2014

3.3.8 Exsudação

Excesso de ligante betuminoso (obtido a partir da destilação do petróleo bruto) na superfície da malha, originada pela migração do ligante através do revestimento. Manifesta-se como áreas mais escuras, resultantes da abundância desse mesmo elemento no asfalto.

Figura 10: Processo de exsudação de asfalto na Avenida Tiradentes em São Paulo



Fonte: ROSA, 2016.

Souza (2004) infere que ao longo de décadas, as administrações têm adotado o uso de medidas paliativas para a manutenção de vias urbanas e rodovias, como recuperações de emergência e remendos mal executados, entre outros serviços, e embora exijam menos recursos imediatos, essas ações meramente postergam o reaparecimento e o agravamento dos defeitos. Esses defeitos, por sua vez, acabam demandando novos reparos, resultando, no final

das contas, em transtornos infinitamente maiores, afetando a qualidade de tráfego das vias e conseqüentemente expondo a segurança das pessoas.

3.4 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE PATOLOGIAS

A manutenção de um pavimento engloba todas as condições que afetam, direta ou indiretamente, o desempenho atual ou futuro dele. Conforme o Manual de Conservação Rodoviária (DNIT, 2005), a conservação rodoviária refere-se ao conjunto de operações realizadas regularmente, periodicamente e em situações de emergência para preservar as características técnicas e funcionais do pavimento.

Ao se aproximar do fim de sua vida útil, o pavimento requer manutenção e reparos com maior frequência. Para iniciar este processo, é crucial realizar um diagnóstico das patologias dos pavimentos, identificando os defeitos e suas possíveis causas. A partir deste levantamento, é possível determinar as soluções viáveis, avaliando qual medida é a mais adequada, da mesma forma, é fundamental compreender as condições do pavimento antes de definir as técnicas para a recuperação ou restauração realizando um estudo abrangente que avalie tanto a parte estrutural quanto a funcional do pavimento (ROCHA, 2010).

Segundo Peterson (1987), a manutenção é dividida em preventiva e corretiva. A manutenção preventiva ocorre em intervalos predeterminados, visando reduzir a probabilidade de falhas, e inclui serviços como remendos superficiais, limpeza da pista e desobstrução de drenagem. Já a manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de um problema, com o objetivo de restaurar a funcionalidade da instalação, englobando serviços como recapeamento e remendos profundos (ABNT, 1994).

3.4.1 Manutenção preventiva periódica

Trata-se do processo de restaurar a superfície ao seu estado original, utilizando métodos que visam preservar a integridade estrutural do pavimento e a qualidade de rolamento (SILVA, 2008). De acordo com o DNIT (2006), refere-se ao conjunto de intervenções realizadas em intervalos regulares para manter a conservação do pavimento, visando prevenir o surgimento ou agravamento de

defeitos. A frequência dessas ações está relacionada à intensidade do tráfego, às características topográficas e ao clima, como é o caso da operação tapa-buraco.

3.4.2 Remendo

Embora seja destacado também como um defeito no pavimento, o remendo é um tipo de correção aplicada geralmente a painéis ou buracos utilizando uma ou mais camadas de pavimento, podendo ser superficial ou profundo. Segundo o DNIT, os reparos localizados ou remendos, também conhecidos como operações corretivas, são geralmente realizados no nível do revestimento asfáltico.

Essas intervenções têm como objetivo corrigir defeitos específicos, bem definidos e de pequena extensão. No remendo superficial é feita uma correção localizada no revestimento com material betuminoso na área afetada. Já no remendo profundo é comum realizar um corte retangular e, em seguida, substituir o revestimento e, em alguns casos, algumas camadas adicionais do pavimento.

Figura 11: Remendo profundo à esquerda e superficial à direita



Fonte: DER/PR, 2019.

3.4.3 Recuperação de fendas

Entre as soluções disponíveis para realizar a recuperação de trincas, pode-se incluir o uso de capa selante, tratamento superficial, lama asfáltica e micro revestimento asfáltico (Figura 12), conforme descrito por Rocha (2010).

Segundo Yoshizane (2005, p.8, apud ROCHA, 2010) “[...] Capa selante é a atividade que consiste na aplicação apenas de ligante asfáltico ou de ligante com agregados, continuamente sobre a superfície do pavimento, com a finalidade de rejuvenescer o revestimento asfáltico, restabelecer o coeficiente de atrito pneu -pavimento, selar trincas com pequena abertura, impedir a entrada

de água na estrutura do pavimento e retardar o desgaste causado por intemperismo [...]"

Há, também, o tratamento superficial utilizado como uma técnica de tratamento de trincas, descrito por Bernucci et al (2008, p.191) como "A aplicação de ligantes asfálticos e agregados sem mistura prévia, na pista, com posterior compactação que promove o recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes. O tratamento superficial pode ser: Simples, Duplo ou Triplo. O tratamento segue conforme a sequência: ligante é colocado primeiro e o agregado depois".

Figura 12: Técnica de micro revestimento no Noroeste do Paraná



Fonte: DER/ PR, 2019.

3.4.4 Recuperação de buracos ou panelas

Em casos de buracos e depressões, é essencial realizar a recuperação das camadas de sustentação do pavimento (base, sub-base ou subleito), pois a deterioração em um ponto pode afetar outras camadas devido à extensa degradação. A correção pode ser realizada através de remendos, desde que sejam bem executados, podendo estes serem superficiais ou profundos. Um remendo será superficial se o defeito for de pequena extensão, ou seja, se ainda não afetou a base, sub-base ou subleito, e será profundo caso contrário. (BERNUCCI, 2008).

Para corrigir as panelas, é preciso delimitar a área deteriorada, cortar e retirar o material danificado, limpar a caixa, aplicar a pintura de aderência, preencher a caixa com material asfáltico, compactar a mistura e finalizar com o acabamento, conforme orientações do DNIT em 2005.

3.4.5 Recuperação de afundamento

Para corrigir afundamentos, são propostas duas técnicas: recapeamento e fresagem. A fresagem consiste na remoção, utilizando máquinas especializadas, de parte ou de todo o revestimento asfáltico de um trecho de via, podendo também abranger outras camadas do pavimento e é recomendada antes da aplicação de novas camadas asfálticas. Esta técnica é utilizada para reduzir a propagação de trincas existentes, prolongando sua reflexão nas camadas subsequentes visando restaurar a qualidade de rolamento da superfície e melhorar a capacidade de suporte do pavimento (BERNUCCI, 2008).

A outra técnica empregada é o recapeamento estrutural que envolve a aplicação de uma ou mais camadas asfálticas sobre a estrutura do pavimento existente. Essas camadas têm a finalidade de aumentar a capacidade de carga e corrigir eventuais saliências na superfície do pavimento (DNER, 2006; YOSHIZANE, 2005 apud NETTO, 2013). Esta técnica também pode ser utilizada para corrigir ondulações, corrugações e exsudação.

Bernucci (2008) destaca que a fresagem apresenta vantagens em relação ao recapeamento, pois o material removido e triturado pode ser reutilizado no processo, combinado com a adição de ligantes e rejuvenescedores.

Figura 13: Técnica de fresagem à esquerda e recapeamento à direita



Fonte: ARED, 2024.

3.4.6 Recuperação de ondulação ou corrugação

Como descrito por Rocha (2010), as técnicas indicadas para a

recuperação de pavimentos com esses defeitos são semelhantes às utilizadas na correção de afundamentos, incluindo recapeamento e fresagem, conforme mencionado no item anterior.

3.4.7 Recuperação de escorregamento

A técnica de recuperação para escorregamento em pavimento, segundo Bernucci (2008), pode envolver os seguintes passos:

1. Limpeza da Superfície: Inicialmente, é essencial limpar a superfície do pavimento para remover qualquer contaminante, como óleo, graxa ou sujeira, que possa reduzir a aderência.
2. Fresagem: Em casos de escorregamento severo ou irregularidades na superfície, pode ser necessária a fresagem para remover a camada superior danificada e criar uma superfície uniforme.
3. Aplicação de Camada de Ligação: Após a fresagem, uma camada de ligação asfáltica é aplicada para melhorar a aderência entre as camadas de pavimentação e garantir uma transição suave e segura.
4. Repavimentação: Finalmente, uma nova camada de asfalto é aplicada e compactada sobre a área tratada para restaurar a integridade estrutural do pavimento e proporcionar uma superfície segura e durável.
5. Tratamento Antiderrapante: Em áreas propensas a escorregamento devido a condições molhadas ou climáticas, pode ser aplicado um tratamento antiderrapante para melhorar a tração e reduzir o risco de escorregamento.

3.4.8 Recuperação de exsudação

A técnica de recuperação para exsudação em pavimento envolve os seguintes passos descritos pela Associação Nacional de Pavimentação Asfáltica (NAPA, 2018):

1. Limpeza da Superfície: Inicialmente, é necessário limpar a superfície do

pavimento afetada pela exsudação para remover o betume em excesso e quaisquer outros contaminantes.

2. Tratamento da Área Afetada: Após a limpeza, a área afetada é tratada com um agente desengraxante ou solvente para remover completamente o betume exsudado.

3. Fresagem: Em casos mais graves, pode ser necessário realizar a fresagem da camada afetada para remover completamente o asfalto danificado e exposto ao betume.

4. Aplicação de Selante: Uma vez que a área afetada tenha sido tratada e preparada, um selante asfáltico especializado é aplicado para selar a superfície e prevenir a exsudação futura.

5. Monitoramento: Após a recuperação, é importante monitorar regularmente a área tratada para garantir que a exsudação não retorne e que o selante aplicado esteja desempenhando adequadamente sua função protetora.

3.4.9 Recuperação de desgaste

Assim como descrito por Rocha (2010), em situações de menor gravidade, emprega-se a lama asfáltica mencionada anteriormente. No entanto, é essencial avaliar a integridade estrutural do pavimento. Se houver comprometimento, é necessário remover e reconstruir a base e a sub-base no trecho afetado, seguido de repavimentação.

4. METODOLOGIA

O estudo seguiu uma orientação para o procedimento metodológico (Figura 14) fundamentando-se em uma adaptação do fluxograma de Lichtenstein (1986), objetivando diagnosticar as manifestações patológicas presentes no pavimento e oferecer técnicas de recuperação de acordo com as prováveis causas de cada defeito identificado fazendo um levantamento quantitativo para cada técnica apresentada.

Figura 14: Fluxograma de sequência metodológica



Fonte: AUTOR, 2024.

4.1 CARACTERÍSTICAS DO TRECHO ESTUDADO

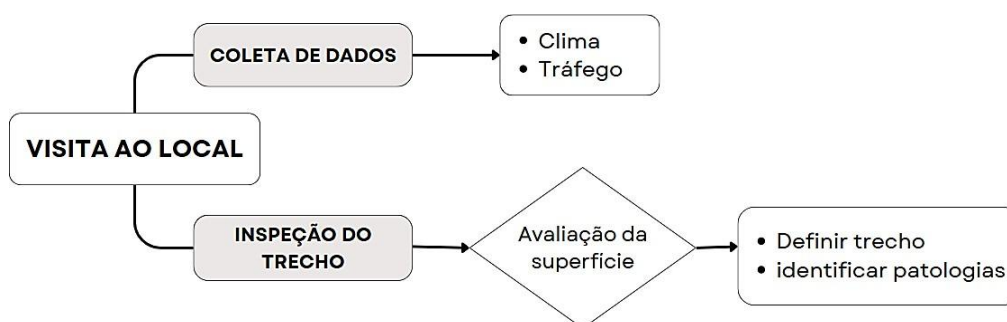
A BR-426 é uma das principais vias de acesso à PRF (Polícia Rodoviária Federal), à entrada e saída da cidade na qual observam-se manifestações patológicas significativas que comprometem a mobilidade e segurança, dada a grande circulação de veículos.

A rodovia desempenha um papel estratégico na mobilidade regional, caracterizando-se por um elevado volume de tráfego, especialmente devido ao fluxo constante de veículos utilizados no transporte de estudantes que se deslocam diariamente para instituições de ensino superior, inclusive provenientes de municípios vizinhos. Além disso, a rodovia se destaca por sua importância logística, servindo como via de ligação para outras cidades, o que intensifica ainda mais o seu uso como corredor viário essencial na região.

A determinação do diagnóstico foi guiada pelo fluxograma disposto na

Figura 15. A partir da visita ao local, foi feita uma inspeção no trecho da via para conhecimento das manifestações patológicas e delimitação da área a ser estudada, realizando ao mesmo tempo a coleta dos dados disponíveis, como clima e situação de tráfego da via. O levantamento foi feito de forma manual por duas pessoas que caminharam pelo pavimento, tomando nota de informações com o uso de ferramentas simples, como trena, para obtenção das medidas, e registro fotográfico das manifestações patológicas encontradas.

Figura 15: Sequência de passos para diagnóstico da via em estudo



Fonte: AUTOR, 2024.

4.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados se deu por meio de pesquisas em documentos públicos dos setores de planejamento e infraestrutura da Prefeitura Municipal de Serra Talhada e por meio da inspeção durante a visita do local, coletando dados como o clima no momento da visita e o tráfego do trecho analisado.

4.2.1 Tráfego

Para a classificação do tráfego, foi adotado o método proposto por Nabeshima (2011), que consiste na contagem de veículos calculando a média dos registros obtidos por hora, e classificando o tráfego conforme os critérios descritos a seguir:

- Baixo: o tráfego máximo é de 150 veículos/hora;
- Médio: tráfego variando entre 150 veículos/hora e 300 veículos/hora;

- Alto: o tráfego é superior a 300 veículos/hora

A contabilização de veículos ocorreu em dois dias distintos e em horários diferentes: às 17 horas no primeiro dia e às 9 horas da manhã no segundo, ambos considerados horários de pico. A BR-426 possui uma única faixa de rodagem, sendo classificada como pista simples, sem a presença de linhas de ônibus ou ciclovias. O tráfego foi classificado como médio, com um volume registrado de 214 veículos por hora.

4.3 INSPEÇÃO DO TRECHO

Em campo, a pesquisa foi conduzida em uma área de cerca de 400 metros de extensão na rodovia BR-426, na cidade de Serra Talhada. Inicialmente, por meio de análise visual, foram destacados os trechos mais danificados da via, com maior manifestação de patologias. Para tal atividade, foi empregada uma motocicleta para deslocamento, um dispositivo de celular para registros fotográficos, uma caderneta para anotações essenciais e uma trena para a verificação das medidas, o registro fotográfico ocorreu no dia 01/03/2024, no período da tarde, das 14h00 às 15h00.

O trecho observado (Figura 16) integra um sistema viário interseccionado que facilita um elevado fluxo de tráfego e conecta importantes destinos e serviços.

Figura 16: Sistema viário à esquerda e delimitação aproximada do trecho da BR-426 a ser estudado à direita



Fonte: GOOGLE EARTH, 2024.

A partir dos registros fotográficos, foram identificadas e diagnosticadas as

patologias mais recorrentes, e em seguida foi feito o levantamento bibliográfico baseado em estudos e pesquisas anteriores acerca do tema em questão. Em vista disso é realizada a classificação da via estudada e a identificação das possíveis causas dos defeitos, qualificando cada um de acordo com suas características.

4.4 ESQUEMA METODOLÓGICO

Teve-se como metodologia de inspeção uma adaptação da abordagem metodológica apresentada pelo DNIT para cálculo do IGG (Índice de Gravidade Global). Assim como descrito por Bernucci et al. (2008), O IGG não é obtido para a totalidade da pista, mas sim por meio de amostragem, conforme definido pelas especificações do DNIT. Em pistas simples, o levantamento é realizado a cada 20 metros, alternando a faixa em cada avaliação. Já em pistas duplas, as medições ocorrem a cada 20 metros na faixa com maior demanda de tráfego, em ambas as direções.

Como o trecho de estudo tem aproximadamente 400 metros de extensão, a inspeção foi feita a cada 100 metros observando-se ambas as faixas para a manifestação de defeitos. Dividiu-se, assim, o trecho inicial em 4 trechos de 100 metros cada, a fim de levantar a quantidade e a recorrência de patologias em cada um deles. Finalmente, nos últimos passos, foram expostos os potenciais métodos de restauração para o pavimento em análise e elaborado um orçamento para as intervenções de restauração das patologias identificadas na via, com base em dados de materiais, insumos e serviços disponibilizados pelas tabelas da SICRO (2024) e da SINAPI (2024) e fundamentado em estudos anteriores.

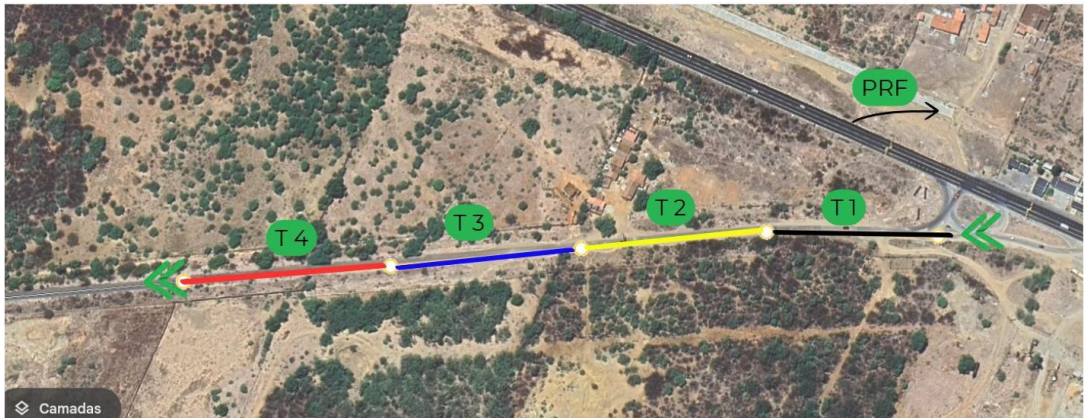
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 PRINCIPAIS PATOLOGIAS ENCONTRADAS

Durante a inspeção e o registro fotográfico, diversas patologias foram identificadas em diferentes níveis de deterioração. Algumas apresentavam sinais incipientes, enquanto outras já se encontravam em estágios avançados de degradação. Para cada trecho determinado, sendo designados T1, T2, T3 e T4

(Figura 17), contabilizando os 400 metros analisados, foi feito um levantamento das patologias encontradas (Tabela 3) destacando as possíveis causas e tendo o registro da temperatura no momento da inspeção, assim como um levantamento das quantidades de patologias em cada trecho por tipo (Gráfico 1).

Figura 17: Identificação e indicação de sentido dos trechos na BR-426



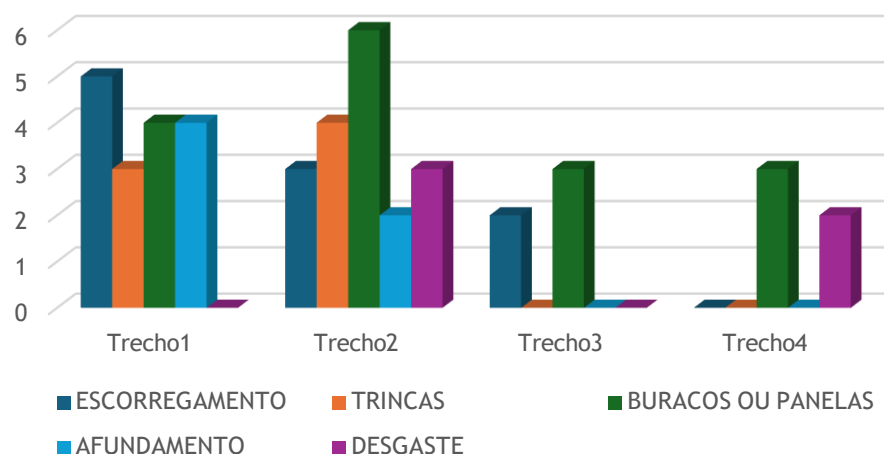
Fonte: AUTOR, 2024.

Tabela 3: Levantamento de manifestação das patologias identificadas

<i>Patologia identificada</i>	<i>Trecho de manifestação</i>	<i>Possível causa</i>	<i>Condição climática</i>
<i>Escorregamento</i>	T1, T2, T3	- Excesso de ligante asfáltico - Depressões nas bordas	32º
<i>Trincas tipo couro de jacaré</i>	T1, T2	- Ação das cargas, fadiga - Colapso do revestimento	32º
<i>Panelas ou buracos</i>	T1, T2, T3, T4	- Decorrentes das trincas de fadiga - Ação da água - Alto tráfego	32º
<i>Afundamento</i>	T1, T2	- Deformações plásticas das camadas do pavimento	32º
<i>Desgaste</i>	T2, T4	- Fim de vida útil do pavimento - Tráfego intenso	32º

Fonte: AUTOR, 2024.

Gráfico 1: Levantamento de quantidade de manifestações patológicas encontradas por tipo em cada trecho

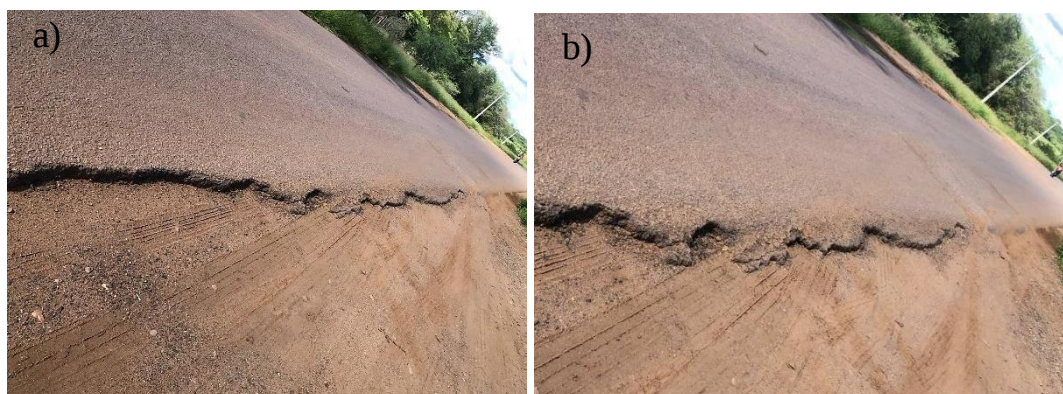


Fonte: AUTOR, 2024.

5.1.1 Escorregamento

Ao longo de quase toda a extensão do trecho analisado foi possível perceber a presença de escorregamento, principalmente no acostamento da via (Figura 17). No primeiro trecho, 100 metros iniciais, foi uma das patologias mais presentes, com cerca de 5 registros de escorregamento. Esse defeito também esteve presente nos trechos 2 e 3. Pode-se associar sua causa à redução da viscosidade do ligante, devido às altas temperaturas, fazendo com que ele perca suas propriedades adesivas e, em conjunto com o tráfego pesado, provoque o deslizamento da mistura asfáltica. Esse fenômeno pode ter sido agravado pela falta de rigidez da estrutura do pavimento ou pelo uso de um ligante inadequado para altas temperaturas (DNIT, 2006).

Figura 18: Defeitos do tipo escorregamento

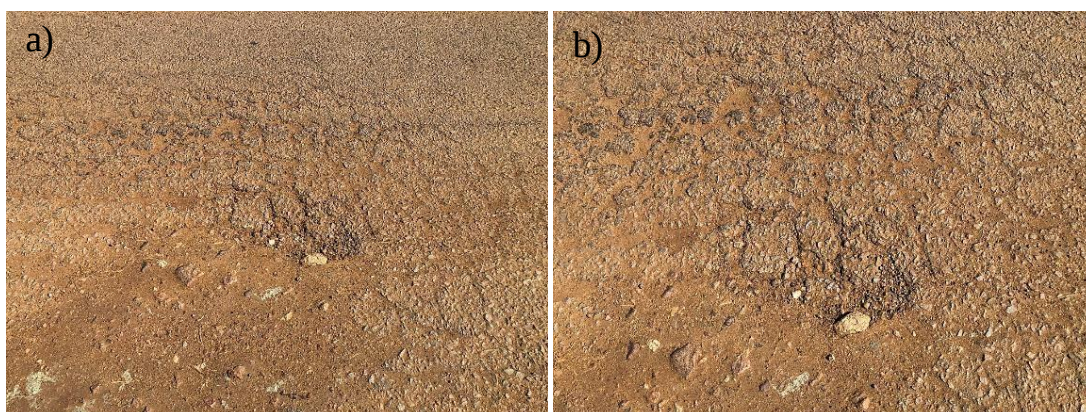


Fonte: AUTOR, 2024.

5.1.2 Trincas

As trincas identificadas foram, em sua maior parte, do tipo couro de jacaré, apresentando extensões e formas diversas (Figura 18). Estas tiveram maior recorrência no trecho 2 com cerca de 4 registros e 3 registros no trecho 1. Sua causa se dá possivelmente pela ação de cargas devido ao fluxo de veículos. O tráfego constante de veículos pesados provoca tensões acumuladas, levando ao surgimento de trincas por fadiga ao longo do tempo e a presença de um suporte inadequado da base ou sub-base, drenagem deficiente e envelhecimento do ligante asfáltico também podem ter contribuído para o surgimento desses defeitos. Outro fator possível é a dilatação térmica do asfalto, que pode causar fissuras quando o material se expande e contrai de maneira cíclica (BERNUCCI et al, 2008).

Figura 19: Trincas do tipo couro de jacaré

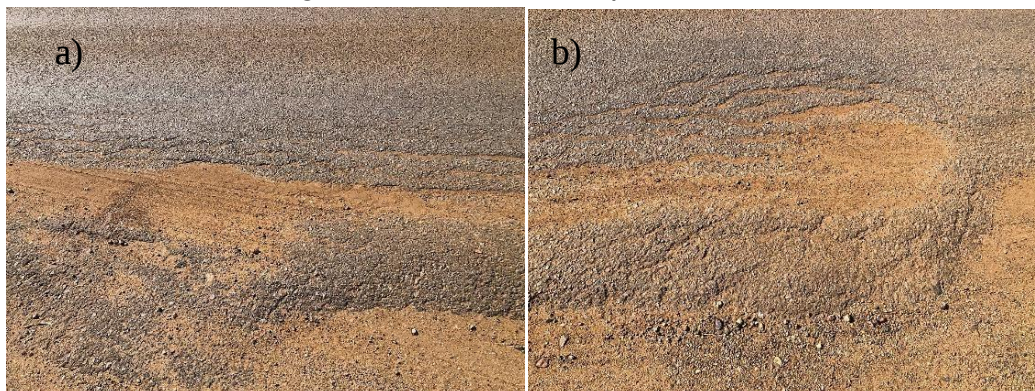


Fonte: AUTOR, 2024.

5.1.3 Afundamento

Notou-se a presença de afundamento plástico local (Figura 19), principalmente nos trechos 1 e 2 da BR, com maior incidência no primeiro trecho. As possíveis causas, segundo Bernucci et al. (2008), estão ligadas à compactação inadequada de uma ou mais camadas durante a construção, a utilização de mistura asfáltica com baixa estabilidade e a redução da capacidade de drenagem de uma ou mais camadas, favorecendo a absorção de água e ainda segundo Silva (2008) esse defeito pode estar relacionado à ação das cargas dos pneus, nesse caso de forma plástica.

Figura 20: Defeitos do tipo afundamento

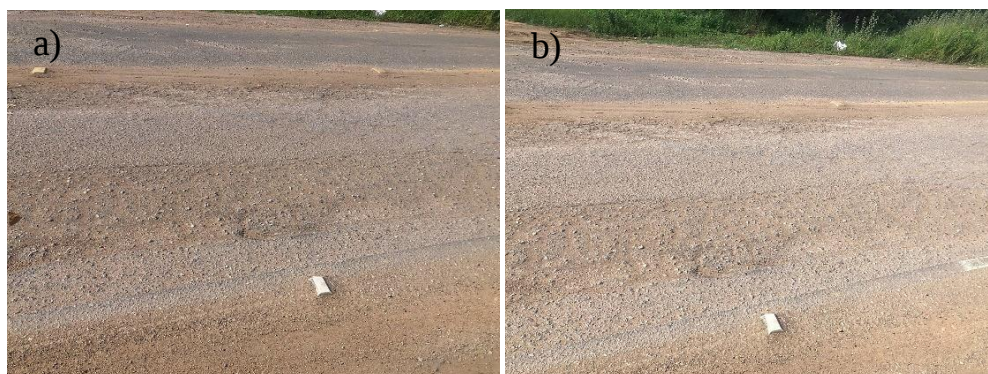


Fonte: AUTOR, 2024.

5.1.4 Desgaste

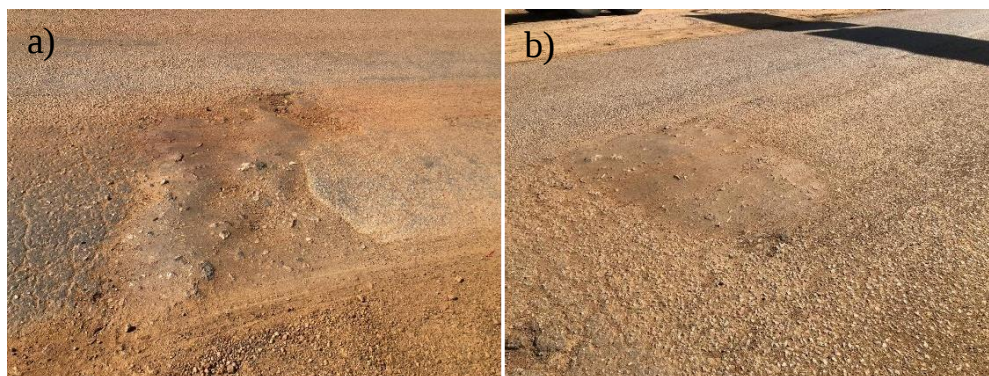
O desgaste foi identificado nos trechos 2 (Figura 20) e 4 (Figura 21), com três ocorrências no segundo trecho e duas no quarto. De acordo com o DNIT (2003) a causa mais provável para esse problema são os esforços tangenciais gerados pelo tráfego, resultando no desprendimento de agregados na superfície do revestimento devido também à falta de adesão entre o ligante e o agregado. Como solução, recomenda-se a remoção do pavimento danificado e a reconstrução das camadas afetadas, seguida da repavimentação adequada (SOUZA, 2019).

Figura 21: Defeitos do tipo desgaste manifestados no trecho 2



Fonte: AUTOR, 2024.

Figura 22: Defeitos do tipo desgaste manifestados no trecho 4

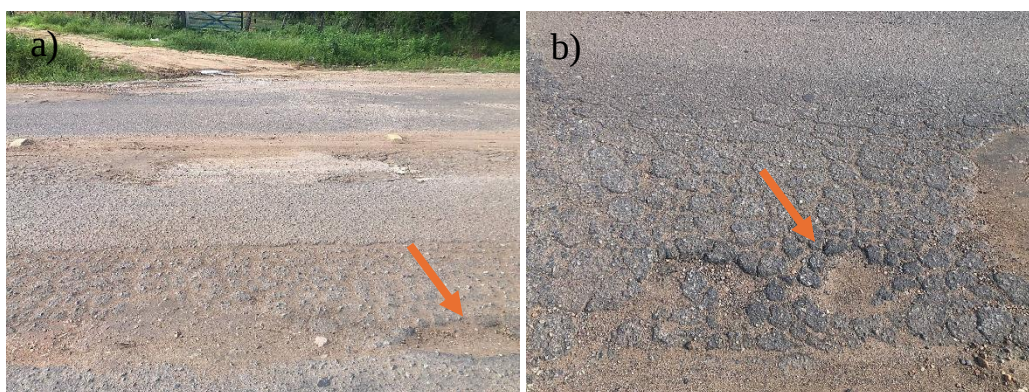


Fonte: AUTOR, 2024.

5.1.5 Painelas ou buracos

Todos os 4 trechos apresentaram a manifestação de painelas ou buracos em sua extensão, tendo maior destaque no trecho 1 e 2, primeiros 200 metros de extensão, onde encontravam-se em estado mais avançado, e com maior incidência no segundo trecho com cerca de 6 ocorrências. Como possível causa dessa manifestação tem-se a combinação do calor excessivo com o tráfego intenso, que acelerou o processo de deterioração do pavimento e a perda da rigidez do ligante asfáltico tornando-se mais suscetível a deformações. Também a provável existência de fissuras e trincas (Figura 21a) permite a infiltração de água, o que agrava o problema e resulta na formação de buracos (BERNUCCI et al., 2008).

Figura 23: Defeitos do tipo buraco ou panela



Fonte: AUTOR, 2024.

5.2 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO

Após a coleta e análise dos resultados das patologias identificadas no pavimento da via em estudo, e considerando as medidas médias de comprimento, largura e profundidade (Tabela 4), as quais foram obtidas manualmente com auxílio de trena no momento da inspeção do local, foram propostas soluções específicas para cada problema detectado (Tabela 5). Essas propostas visam corrigir os defeitos existentes e prevenir o surgimento de novas patologias, garantindo assim a melhoria da qualidade e da durabilidade do pavimento. As soluções incluem intervenções técnicas apropriadas, como reforço estrutural, reparos no revestimento asfáltico ou na base, entre outras medidas, de acordo com as necessidades identificadas.

Tabela 4: Especificação de medidas para cálculo de áreas

Defeito	Quant.	Largura média	Comprimento médio	Profundidade média
<i>Panela ou buraco</i>	16	0,6 m	0,5 m	0,05 m
<i>Afundamentos</i>	6	1 m	1 m	0,05
<i>Desgastes</i>	5	1 m	3 m	-
<i>Trincas couro de jacaré</i>	7	0,8 m	0,9 m	-
<i>Escorregamento</i>	10	1 m	2 m	0,05 m

Fonte: AUTOR, 2024.

Tabela 5: Classificação e sugestão de reparo para manifestações patológicas encontradas

Patologia	Classificação	Reparo
<i>Escorregamento</i>	Funcional e estrutural	- Fresagem - Aplicação de camada de ligação - Repavimentação (SILVA, 2019).
<i>Trincas tipo couro de jacaré</i>	Funcional	- Remoção do material - Correção da base - Repavimentação (SILVA, 2020).
<i>Panelas ou buracos</i>	Funcional e estrutural	- Remendo (BERNUCCI, 2008 apud FREITAS, CORTEZIA, 2020).
<i>Afundamento</i>	Funcional e estrutural	- Recapeamento ou fresagem (SILVA, 2020).
<i>Desgaste</i>	Funcional	- Aplicação de lama asfáltica (ODA, 2003 apud COSTA et al., 2020).

Fonte: AUTOR, 2024.

5.3 ORÇAMENTO DE TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO

Diante do exposto foi realizado um levantamento quantitativo para elaboração do orçamento dos reparos corretivos necessários. Na tabela 6 tem-

se o detalhamento dos serviços para as áreas aproximadas necessárias de reparo, enquanto na Tabela 7 é apresentada a descrição dos serviços propostos para cada defeito, bem como a quantidade de patologias identificadas por tipo apresentando o custo geral de todos os serviços.

Os orçamentos apresentados são de natureza preliminar, sendo necessária a realização de estudos técnicos abrangentes para a avaliação detalhada das condições estruturais do pavimento, a fim de possibilitar a definição de reparos mais específicos e adequados para cada tipo de defeito identificado além de implementar outros tipos de serviços como transporte de materiais, canteiros de obra dentre outros. O tempo estimado para a conclusão dos serviços depende das condições climáticas e da disponibilidade dos materiais e mão de obra.

Tabela 6: Detalhamento de custos de serviços e insumos

FONTE	CÓDIGO	CORREÇÃO PROPOSTA	DESCRIÇÃO DE SERVIÇO	ÁREA TOTAL	UNID	CUSTO ESTIMADO (R\$)	
						UNITÁRIO	TOTAL
Recuperação de Painelas							
SICRO	4915757	Remendo superficial	Tapa buraco com pintura de ligação - demolição com serra corta piso (prof. de 5 cm)	0,24	m³	437,15/m³	90,70
Recuperação de Trincas tipo couro de jacaré							
SICRO	4915670	Remoção do material comprometido	Remoção manual do revestimento asfáltico (considerando 5 cm de espessura)	0,25	m³	192,87/m³	48,60
SICRO	4915668		Remoção manual da camada granular do pavimento (considerando 20 cm de base)	1	m³	302,76/m³	302,76
SICRO	4011342	Correção da base (20 cm de espessura)	Reestabilização de camada de base com adição de 30% de brita comercial	1	m³	82,17/m³	82,17
SICRO	4011490	Repavimentação (5 cm de espessura)	Aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)	0,6	t	532,50/t	319,50
Recuperação de Escorregamentos							
SICRO	4915705	Fresagem	Correção de defeitos por fresagem descontínua do revestimento asfáltico - profundidade de 5 cm	1,0	m³	120,23/m³	120,23
SICRO	4011353	Aplicação da camada de ligação	Pintura e ligação - Emulsão asfáltica (RR-1C)	20,0	m²	0,28/m²	5,60
SINAPI	00001518	Repavimentação (5 cm de espessura)	CBUQ	2,35	t	532,50/t	1251,37
Recuperação de Afundamentos							
SICRO	4915705	Fresagem	Correção de defeitos por fresagem descontínua do revestimento asfáltico - profundidade de 5 cm	0,30	m³	120,23/m³	36,00
SICRO	4011490	Recapeamento	Manta sintética para recapeamento asfáltico com geotêxtil RT-09 – fornecimento e aplicação	6,0	m²	5,74/m²	34,45
Recuperação de Desgastes							
SICRO	4011404	Aplicação de lama asfáltica	Lama asfáltica faixa II areia e brita comerciais	15,0	m²	0,59/m²	8,85

Fonte: AUTOR, 2024.

Tabela 7: Descrição de técnicas propostas e custos totais de serviço

Patologia	Quant.	Área média por defeito	Descrição de Técnica	Custo
Escorregamentos	10	0,1 m ³	Fresagem, aplicação de camada de ligação e repavimentação	R\$ 1377,20
Trincas tipo Couro de Jacaré	7	0,72 m ²	Selagem de trincas e drenagem	R\$ 753,03
Panelas	16	0,015 m ³	Remendo superficial	R\$ 90,70
Afundamentos	6	1 m ²	Fresagem e recapeamento	R\$ 70,45
Desgastes	5	3 m ²	Aplicação de lama asfáltica	R\$ 8,85
Custo total	-		-	R\$ 2300,23

Fonte: AUTOR, 2024.

O orçamento inclui custos com mão de obra especializada e o uso de equipamentos necessários para a execução dos serviços, como fresadoras, rolos compactadores, caminhões para transporte de material, entre outros, levando em consideração os preços médios de materiais e insumos na região, com referência nos custos unitários e serviços disponibilizados pela SICRO (2024) e pelas tabelas da SINAPI (2024) no estado de Pernambuco.

Vale ressaltar que, mesmo após a restauração da via, a conservação e manutenção são fundamentais para a durabilidade dos pavimentos. Sem uma manutenção eficiente, todo o esforço dedicado a projetos, levantamentos, estudos de viabilidade, execução e controle pode ser comprometido em pouco tempo, pois é por meio dela que se realizam os reparos e cuidados indispensáveis (BARRETO, 2016).

6. CONCLUSÃO

A utilização segura do transporte rodoviário depende de uma infraestrutura adequada e de alta qualidade, sendo essencial seguir as normas do DNIT para garantir a segurança, o conforto e a economia. O estudo de caso na BR-426 revelou diversos defeitos no asfalto devido à falta de projeto adequado, execução inadequada e ausência de manutenção. No trecho de 400 metros analisado, constatou-se a presença de buracos, trincas tipo couro de jacaré e escorregamentos, que agravaram as condições da rodovia, permitindo a infiltração de água e acelerando a deterioração. O desgaste foi menos frequente, mas de maior extensão. A manutenção preventiva é fundamental para a durabilidade dos pavimentos, sendo a melhor alternativa para preservar a infraestrutura rodoviária. Recomenda-se um tratamento completo das patologias, incluindo recapeamento, fresagem e reforço das camadas profundas, conforme as normas da ABNT, para garantir a segurança, o conforto e a longevidade da rodovia, evitando custos adicionais no futuro.

REFERÊNCIAS

ABESC - **Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem**. Disponível em: <<https://abesc.org.br/fissuras-tipo-couro-de-jacare-e-de-fato-um-problema/>>. Acesso em: 22 feb. 2025.

ABNT NBR 5462 – **Confiabilidade e Manutenibilidade. Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Rio de Janeiro, RJ, 1994.

ALVES, R. M. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. **Concreto produzido com resíduos de pavimento asfáltico**. Rio Grande do Norte, 2017.

ARED. **Recapeamento asfalto rodovia – Pavimentação**. Disponível em: <<https://www.aredpavimentacao.com.br/recapeamento-asfalto-rodovia>> Acesso em: 20 abr. 2024.

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

BARRETO, S. S. **Estudo e abordagem da origem e desenvolvimento das patologias em pavimento**. Revista saber acadêmico N° 21 / ISSN 1980-5950. São Paulo, 2016.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: Abeda, 2008.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J.B.

Pavimentação Asfáltica – formação básica para engenheiros. 3ª ed. Imprinta. Rio de Janeiro, 2010.

BETUME, V. **Ondulações no asfalto.** *In:* VILA BETUME | USINA DE ASFALTO EM CARIACICA – ES. 15 May 2021. Available at: <https://vilabetume.com.br/ondulacoes-no-asfalto-entenda-as-principais-causas/>. Accessed at: 19 Oct. 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2019.** Brasília, DF: CNT, 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, CNT – **Relatório Gerencial: Pesquisa CNT de rodovias.** Brasília, 2014.

COSTA, G. F.; GONÇALVES, C. V. R.; BRITO, L. P.; FERREIRA, L. S.; BRITO, P. L.; LIMA, L. R. **Patologias em vias urbanas: Estudo de caso na Cidade de Vitória da Conquista – Bahia.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 05, Vol. 13, pp. 05-20. Maio de 2020.

CRONEY, D.; CRONEY, P. (1991). **The design and performance of pavements, 2nd ed.** London: Her Majesty's Stationery Office, Transport and Road Research Laboratory, 1991.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ – DER/ PR (2019) DER/PR ES–OC 07/2013: **Especificações de Serviços Rodoviários. Obras Complementares: Defensas Metálicas.** Deliberação no 138/2005. Curitiba, 2019.

DER-SP, DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO, 2006.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Norma 009/2003 PRO. Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos.** 1ª rev. Rio de Janeiro, 2003, 6 p.

DNIT - **Manual de Conservação Rodoviária.** Rio de Janeiro, 2005. (IPR. Publ. 710).

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Manual de pavimentação.** 30ª Edição. Rio de Janeiro, 2006.

FOLHA DO MATE. **Reparos em buracos em rodovias gaúchas, 2015.** Disponível em: <<https://folhadomate.com/noticias/mesmo-com-ordem-de-reparos-buracos-continuam/>>. Acesso em: 10 jan. 2025.

FREITAS, C. C.; CORTEZIA, D. A. D. **Estudo das principais patologias em**

pavimento – estudo de caso – trecho go 241– UHE Serra da Mesa, Minaçu-GO, Goiânia, 2020.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, Boletim Técnico nº 06, 1986.

MARÉ, F. L. **História das infraestruturas rodoviárias**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Porto, Portugal, 2011.

MARCATO, D.; OLIVEIRA, R. F. **Gestão, Tecnologia e Ciências - Manifestações patológicas em estruturas asfálticas: estudo de caso na rodovia MG-190**. V 10, n 30, 2019.

NABESHIMA, C. K. Y; ORSOLIN, K; SANTOS R. K. X. **Análise comparativa entre sistemas de pavimentação urbana baseados em concreto asfáltico e blocos de concreto intertravados (pavers)**. 2011. 123 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

NAPA, National Asphalt Pavement Association. (2018). **Best Practices Handbook on Asphalt Pavement Maintenance**, 2018.

NETTO, M. R. **Estudo de Caso do Pavimento Flexível em Determinados Pontos da Zona Urbana de Alegrete – RS**. 2013. 163f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2013.

OLIVEIRA, D. C.; BIFANO, R. P.; SOUZA, R. E.; OLIVEIRA, R. A. S.; TOLEDO, C. E. **Identificação de manifestações patológicas em pavimentos asfálticos na cidade de Santa Margarida - MG**. Pensar Acadêmico, Manhuaçu, v. 17, n. 1, p.33-42, 28 jan., 2019.

PETERSON, D. E. **Pavement Management Practices**. Transportation Research Board 135. National Research Council. Washington, DC, 1987.

ROCHA, R.S. **Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações: estudo de caso da Avenida Pinto de Aguiar**. Salvador, 2010.

ROSA, C. A. S.; VALIM, G. L. A.; CÂMARA, A. C. **Estudo das ocorrências de patologias em faixa exclusiva de ônibus em pavimentos flexíveis, no município de São Paulo-SP**. Faculdade de Tecnologia Victor Civita, 2016.

ROSA, K. K. B.; MOTA, G. L. P.; SOUZA, J. M.; MARQUES, C. S.; NEVES, L. D.; FENANDES, F. A. S. **Diagnóstico e procedimento de recuperação das Patologias apresentadas na pavimentação Asfáltica de Palmas-TO**. Revista Integralização Universitária, Palmas, v.11, n.15, novembro 2016, p. 44-58,

novembro, 2016.

SANTOS, C. R. **Patologia em pavimentações**. Centro Universitário do Norte Paulista. São José do Rio Preto, 2017.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Volume 2, Ed. Pini, São Paulo, 2001.

SETCESP- **Sindicato das empresas de transporte de Carga**, 2018. Disponível em: <<https://setcesp.org.br/>>. Acesso em: 7 abr. 2024.

SICRO – **Sistema de Custos Referenciais de Obras**, Pernambuco, dezembro de 2024.

SILVA, A. F. **Manual de Patologias e Manutenção de Pavimentos**. Ed. Pini, 2 ed. São Paulo, 2008.

SILVA, L. L. M. **Avaliação Superficial de Pavimentos, usando o método IGG, (Índice de Gravidade Global)**: Um estudo de caso, em um trecho na Av. Anhanguera, em Goiânia, Goiás. Goiânia, novembro de 2019.

SILVA, S. M. **Estudo das manifestações patológicas em pavimento flexível na avenida João Bosco M. de Souza no município de Sousa-PB**, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Paraíba, 2020.

SINAPI – **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**, Pernambuco, outubro de 2024.

SISEP – **Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos**, 2019. Disponível em: <<https://www.campogrande.ms.gov.br/sisep/>>. Acesso em: 14 jan. 2024.

SOUZA, M. J. **Patologias em pavimentos flexíveis**. 2004. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2004.

SOUZA, M. C. R. **Levantamento de patologias em pavimentos asfálticos**. Congresso de pesquisa e ensino de em ciências, Paraíba, 2019.