

Análise das Patologias nos Pavimentos Asfálticos Flexíveis com Ênfase na Restauração e Prevenção

Analysis of pathologies in flexible asphalt pavements with emphasis on restoration and prevention

Estefane Alves Sobrinho
Luana Erika Silva Caldas
Ronaldo Siqueira (Orientador)

RESUMO

O presente trabalho aborda as principais patologias presentes nos pavimentos asfálticos flexíveis, com ênfase nas formas de prevenção e recuperação dessas manifestações patológicas. O estudo teve como objetivo identificar os defeitos mais recorrentes nas rodovias pavimentadas, destacando suas causas, consequências e possíveis métodos de recuperação. A pesquisa foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica e análise de informações técnicas relacionadas ao comportamento estrutural dos pavimentos asfálticos, considerando fatores como tráfego intenso, deficiência de drenagem, falhas na execução das obras, uso inadequado de materiais e ausência de manutenção preventiva. Entre as principais patologias identificadas destacam-se as trincas, fissuras, buracos, afundamentos e desgastes superficiais, que comprometem diretamente a segurança, o conforto e a durabilidade das vias. O estudo demonstra que a realização de inspeções periódicas, associada à manutenção preventiva e ao uso de tecnologias modernas de monitoramento, contribui significativamente para a redução dos danos e para o aumento da vida útil do pavimento. Conclui-se que a integração entre fiscalização, planejamento, escolha adequada de materiais e programas contínuos de conservação é essencial para minimizar os impactos das patologias e garantir melhores condições de trafegabilidade nas rodovias. As análises e discussões desenvolvidas fundamentam-se nos trabalhos e artigos de Alravez (2018), Barcelos et al. (2023), Balbo (2007), CNA (2021), CNT (2018), DNER (2017), dentre outros, que oferecem suporte teórico e técnico para a compreensão das manifestações patológicas e das estratégias de prevenção e recuperação aplicáveis aos pavimentos asfálticos.

Palavras-chave: Pavimento asfáltico flexível. Patologias. Manutenção preventiva. Restauração. Rodovias.

ABSTRACT

This paper addresses the main pathologies present in flexible asphalt pavements, emphasizing methods for preventing and repairing these pathological manifestations. The study aimed to identify the most recurrent defects in paved roads, highlighting their causes, consequences, and possible repair methods. The research was developed through a literature review and analysis of technical information related to the structural behavior of asphalt pavements, considering factors such as heavy traffic, drainage deficiencies, construction flaws, inadequate use of materials, and lack of preventive maintenance. Among the main pathologies identified are cracks, fissures, potholes, depressions, and surface wear, which directly compromise the safety, comfort, and durability of the roads. The study demonstrates that conducting periodic inspections, combined with preventive maintenance and the use of modern monitoring technologies, significantly contributes to reducing damage and increasing the pavement's lifespan. It is concluded that the integration of inspection, planning, appropriate material selection, and continuous conservation programs is essential to minimize the impacts of pathologies and ensure better traffic conditions on highways. The analyses and discussions developed are based on the works and articles of Alravez (2018), Barcelos et al. (2023), Balbo (2007), CNA (2021), CNT (2018), DNER (2017), among others, which offer theoretical and technical support for understanding pathological manifestations and prevention and recovery strategies applicable to asphalt pavements.

Keywords: Flexible asphalt pavement. Pathologies. Preventive maintenance. Restoration. Highways.

INTRODUÇÃO

No Brasil cerca de 80% das rodovias são feitas por malha de pavimento asfáltico, então pode-se dizer que é o maior meio de transporte utilizado, essa modalidade é valorizada pelo fato de ser mais flexível, assim permitindo o transporte de diversos tipos de cargas, se

adaptando a logística e a necessidade do condutor, escolhendo a maneira e o caminho mais fácil para ele. De acordo com a pesquisa realizada em 2018 pela CNT (Confederação Nacional Transporte)

cerca de 50%, equivalente a 106 mil quilômetros de rodovia que mostrou defeitos, ou seja, a situação foi considerada como insatisfatória. (CNT,2018)

As estradas vicinais, de caráter municipal, conectam áreas rurais a centros urbanos e rodovias principais, mas sofrem com patologias como buracos, erosões e atoleiros, que comprometem sua durabilidade e funcionalidade. Estudos da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) em parceria com a ESALQ/USP apontam que esses problemas afetam mais de 2,2 milhões de km de estradas no país. Para reduzir tais deteriorações, são necessárias medidas de manutenção preventiva, inspeções periódicas e técnicas adequadas de drenagem, além do uso de materiais de qualidade e execução correta das obras, garantindo maior durabilidade das estradas vicinais. (PACHECO, 2023).

Há necessidade de uma reestruturação asfálticas nas rodovias ou estradas vicinais, para uma melhor pavimentação e duplicação. Diante disso, a maioria das estradas atuais brasileiras estão fora dos padrões de qualidade, com isso, cerca de 99% do asfalto aplicado nas regiões brasileiras, são compostos de pavimentos flexíveis ou semi rígidos. Porém a pavimentação asfáltica está mostrando problemas cada vez maiores, na escala de comparação entre os dois pavimentos o asfáltico e de concreto (CARDOSO; DELFINO,2021).

Com o aumento gradativo das rodovias e das estradas vicinais e a falta de manutenção e investimento nas restaurações, aumenta-se sucessivamente os números de patologias. A camada mais afetada é a do asfalto flexível que está mais exposta, podendo aparecer vários problemas como: as trincas, fissuras, ondulações, buracos, desagregação e afundamentos. Simultaneamente, DYNATEST (2017) fala que a durabilidade de uma rodovia está ligada a três fatores: o volume do tráfego a fiscalização mais presente na qualidade do trabalho; e a elaboração de um bom projeto, que aponte as camadas de pavimentos segundo a real situação do local.

A prevenção das principais patologias em rodovias exige fiscalização constante e rigorosa em todas as etapas da obra. A presença de engenheiros e técnicos especializados garante que os processos de execução sigam corretamente os projetos e normas técnicas, evitando falhas estruturais que comprometem a durabilidade do pavimento. Segundo Barcelos et al. (2023), a ausência de inspeções sistemáticas aumenta a incidência de fissuras e buracos, tornando a manutenção mais cara e menos eficiente.

Além da fiscalização e da escolha de materiais, o estudo aprofundado do tráfego é indispensável para prevenir patologias. A análise das cargas e da frequência de veículos

permite projetar soluções que suportem diferentes situações de uso. De acordo com Silva e Oliveira (2025), o dimensionamento adequado do pavimento, considerando o volume de tráfego e as condições locais, é fundamental para garantir maior durabilidade e reduzir custos de manutenção.

A integração entre fiscalização, seleção de materiais e estudo de tráfego deve ser acompanhada por programas contínuos de manutenção preventiva. Intervenções periódicas, como reparos imediatos em pontos críticos e reforço estrutural em áreas vulneráveis, são fundamentais para prolongar a vida útil das rodovias. Costa e Lima (2024) ressaltam que o uso de tecnologias emergentes, como sensores e inteligência artificial, pode otimizar a identificação precoce de defeitos e reduzir custos operacionais.

Por fim, a inovação tecnológica surge como aliada na prevenção das patologias rodoviárias. O uso de softwares de gestão e sistemas automatizados permite monitorar em tempo real as condições do pavimento, antecipando problemas e otimizando recursos. Barcelos et al. (2023) reforçam que a automação da detecção de patologias contribui para maior padronização e segurança, enquanto Silva e Oliveira (2025) destacam que a modernização dos métodos de monitoramento é indispensável para rodovias mais seguras e sustentáveis.

Diante do exposto, nossa pesquisa tem como intuito identificar as principais patologias no pavimento asfáltico, através de registros fotográficos e descrições técnicas de cada tipo de patologias encontradas. Assim podendo propor como prevenir e corrigir baseado nos achados bibliográficos.

É possível observar as consequências das patologias nos pavimentos asfálticos, principalmente causado pela má execução nos canteiros de obras. Quando analisando mais de perto percebe-se que uma das principais causas patológicas são as chuvas (deficiência no sistema de drenagem) e o tráfego de veículos, muito pesados que abastece as cidades pequenas e grandes, acaba induzindo a tensão e deformação na parte do asfalto, que irá resultar em alterações e prejudicar as principais partes do pavimento. (ALRAVEZ,2018) Na maioria dos pavimentos asfáltico, apresenta algum tipo de patologias, que dentre tantas a que mais se destaca são as trincas e fissuras, pois sempre irão encadear novas patologias, deve-se sempre fiscalizar os possíveis problemas no canteiro de obra. Assim as manutenções serão mais demoradas e adequadas. Com isso poderá evidenciar os pavimentos asfáltico, não por seus defeitos possivelmente apresentados mais sim pelo conforto e segurança que deve ser oferecido aos usuários das vias (BALBO,2007).

Do ponto de vista social, um programa eficiente de preservação e manutenção de

pavimento pode certificar um custo - eficácia podendo aumentar a vida do preventiva e a reabilitação menor. Essa reabilitação menor consiste em pequenas atribuições na segurança e na economia. Pois irá melhorar as avenidas e rodovias assim prevenindo acidentes e ficando esteticamente bonitas. De acordo com a FHWA, as técnicas de manutenções preventivas também podem ajudar a recolher futuras patologias.

As análises e discussões desenvolvidas fundamentam nos trabalhos e artigos de Alravez (2018), Barcelos et al. (2023), Balbo (2007), CNA (2021), CNT (2018), DNER (2017), dentre outros. A pesquisa possui uma abordagem qualitativa, podendo analisar as patologias encontradas em uma estrada vicinal.

Essa dissertação foi realizada em um trecho de 2 km da estrada vicinal que liga a cidade de Timon ao povoado Laranjeiras.

Foram observados e catalogados os diferentes tipos de patologia e sua possível solução, comparando-os com os fundamentos bibliográficos existentes. Os dados foram registrados por meio de fotografias e observação realizadas pelo pesquisador.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO À PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA FLEXÍVEL

De acordo com Bernucci et al. (2010) o pavimento é feito por inúmeras camadas de espessuras limitadas, construídas sobre um terreno já preparado para recepcionar a estrutura final, e dar aos usuários melhores condições de tráfego.

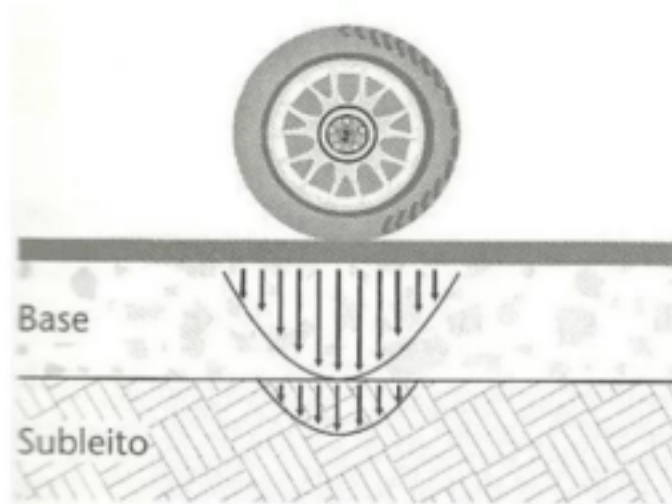
Segundo DNER (2017) as partes principais da pavimentação são: o revestimento asfáltico, base e sub-base. O revestimento asfáltico também chamado de capa de rolamento é composto por agregado graúdo e ligante asfáltico. Fortalece a resistência à abrasão e a impermeabilização, passando mais segurança e conforto aos usuários. A camada de base, localizada entre a sub-base e o revestimento, é responsável por distribuir as cargas do tráfego para as camadas inferiores, garantindo resistência e suporte estrutural ao pavimento. (DNER,2017).

Pode-se afirmar ainda que o pavimento flexível é aquele cuja superfície é constituída por uma mistura asfáltica, e sua estrutura é composta por quatro camadas: revestimento, base, sub-base e reforço do subleito. Essas camadas são formadas por materiais granulares, solos ou combinações de solos, sem a utilização de agentes cimentantes. Quando submetidas a carregamentos, apresentam comportamento de deformação elástica em todas as camadas, de

modo que a carga aplicada é distribuída entre elas em parcelas aproximadamente iguais, resultando em pressões mais concentradas. (DNIT,2006)

A Figura 1 é apresentada para fins comparativos, evidenciando como, diferentemente do pavimento flexível, as placas de concreto absorvem diretamente as tensões oriundas das cargas aplicadas, concentrando os esforços na própria estrutura rígida. Segundo Fernandes Júnior (2012), essa diferença de comportamento mecânico explica por que os pavimentos rígidos apresentam maior durabilidade em rodovias de alto tráfego, enquanto os pavimentos flexíveis demandam manutenção mais frequente devido à propagação das tensões pelas camadas inferiores.

Figura 1 - Resposta mecânica do pavimento flexível



Fonte: Balbo, 2007

Nos pavimentos flexíveis, os agregados representam cerca de 90% a 95% da composição do revestimento, sendo responsáveis por suportar e transmitir as cargas provenientes dos veículos, além de resistir ao desgaste causado pelas solicitações do tráfego. Por outro lado, o material betuminoso, como o asfalto, corresponde aproximadamente de 5% a 10% do revestimento e desempenha a função de aglutinante, além de contribuir para a impermeabilização da estrutura. BERNUCCI AT AL., (2010)

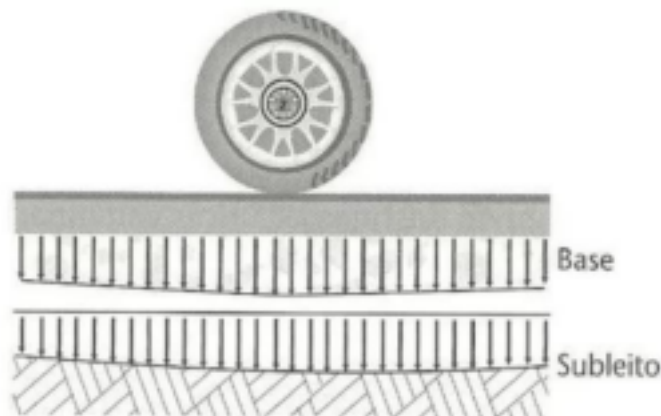
Segundo Bernucci et al. (2010), os pavimentos rígidos são caracterizados pelo uso de placas de concreto de cimento Portland como revestimento. Esse tipo de estrutura apresenta elevada rigidez em comparação às camadas inferiores e possui espessura definida de acordo com a resistência à flexão das placas. Dessa forma, o pavimento rígido absorve praticamente todas as tensões oriundas das cargas aplicadas, distribuindo-as de maneira uniforme sobre a

base.

A Figura 2 ilustra esse comportamento estrutural, evidenciando como as placas de concreto suportam diretamente os esforços provenientes do tráfego. A representação gráfica demonstra que, devido à elevada rigidez, as tensões não se propagam de forma significativa para as camadas inferiores, concentrando-se na própria placa. De acordo com Fortes (2015), esse mecanismo explica a maior durabilidade e capacidade de carga dos pavimentos rígidos em relação aos flexíveis, tornando-os uma solução eficiente para rodovias de alto volume de tráfego.

Já Balbo (2009) destaca que essas placas de concreto de cimento Portland são apoiadas diretamente sobre o solo de fundação ou sobre uma camada de sub-base, desempenhando simultaneamente as funções de revestimento e base. Além disso, podem ser construídas com ou sem a utilização de armaduras de aço.

Figura 2 - Resposta mecânica do pavimento rígido



Fonte: Balbo, 2007.

1.1 Patologia do pavimento asfáltico

Apoiando a ideia do Castro 2009, as patologias em pavimentos são alterações na parte exterior ou nas camadas de estrutura do pavimento, mudando de maneira ruim, que acaba mexendo no desempenho por causa de alguns fatores que colaboram para a existência dessa patologia, um dos principais motivos é o projeto inadequado fazendo com que os materiais e medidas sejam erradas para que o tráfego estabelecido em projeto. E uma das principais causas do grande tráfego de veículos é o desgaste causados pelo escalamento dos pneus dos automóveis, sendo a justificativa da deformação elástica no pavimento originando algumas

rupturas na estrutura. (CASTRO,2009)

Como foi falado por Capello et.al., 2010 as patologias podem começar por causa de uma série de problemas, que afetam a qualidade e durabilidade das vias pavimentadas. Alguns exemplos comuns de patologias são: trincas e fissuras que são rachaduras lineares que se formam na superfície do asfalto devido a fatores como movimentação do solo, variação térmica, tráfego intenso e devido a fadiga que está ligado com a repetição de passagem de carga de veículo comercial. (CAPELLO ET AL,2010).

Á ondulação, também chamada de escorregamento de massa, são distorções que surgem na superfície do asfalto e podem ser observados visualmente como espécie de padrão ondulado ou elevações desiguais na pista. E acontecem por causa da baixa estabilidade da mistura asfáltica, quando é exposto ao tráfego e às intempéries. Os afundamentos são deformações plásticas, com a ação repetidas das passagens de automóveis com cargas grandes e o fluxo direcionados dos veículos comerciais é responsável pelas deformações. SILVA, (2008)

Os erros que podem provocar uma manifestação patológicas rápidas, também podem ser causadoras por várias maneiras, por exemplos por execução: erros de fundamental para diminuir a possibilidade de danos na estrutura dos pavimentos. Ao detectar e corrigir defeitos menores, como buracos e rachaduras, antes de se agravarem, evitamos a infiltração de água e a consequente formação de falhas na estrutura. PAVSINAL. (2023)

O pavimento flexível é formado por camadas granulares e uma camada de revestimento asfáltico, que distribuem as cargas do tráfego. Por ser mais suscetível a deformações, esse tipo de pavimento apresenta patologias ao longo de sua vida útil, exigindo inspeções periódicas e intervenções técnicas (BERNUCCI et al., 2006).

As trincas em pavimentos asfálticos flexíveis constituem manifestações patológicas que comprometem diretamente a durabilidade e a segurança das rodovias. Elas podem se apresentar em diferentes formas, como trincas longitudinais e transversais, geralmente associadas à retração térmica ou falhas na execução das juntas; trincas em bloco, que indicam envelhecimento do ligante asfáltico; e trincas por fadiga, também conhecidas como “couro de jacaré”, resultante da repetição de cargas de tráfego e da insuficiência estrutural do pavimento. Segundo a terminologia adotada pelo DNIT, as trincas podem ocorrer de forma isolada ou

interligada, sendo classificadas conforme sua configuração e origem, constituindo um dos principais indicadores da degradação dos pavimentos flexíveis (DNIT, 2003; ALMEIDA, 2024).

Segundo Silva Neto e Ramos (2025), as trincas são consideradas a porta de entrada para outros tipos de patologias, pois permitem a infiltração de água nas camadas inferiores do pavimento, acelerando o processo de deterioração. Esse fenômeno favorece a formação de buracos e deformações plásticas, tornando-se um problema crítico para a manutenção viária.

Além disso, estudos recentes destacam que a ocorrência de trincas está diretamente relacionada à qualidade dos materiais utilizados, ao processo de compactação e ao dimensionamento estrutural inadequado. Aguiar et al. (2025) reforçam que a inspeção periódica e a aplicação de técnicas de recuperação, como a selagem de trincas e o recapeamento, são medidas essenciais para prolongar a vida útil dos pavimentos e reduzir custos de manutenção.

Os buracos, também conhecidos como *potholes*, constituem cavidades formadas na superfície do pavimento asfáltico em decorrência da evolução de trincas e da desagregação dos agregados. Esse tipo de patologia é agravado pela presença de água infiltrada nas camadas inferiores, que reduz a resistência mecânica do revestimento, e pelo tráfego repetitivo de veículos pesados. De acordo com a Revista Pavimentação da Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv, 2025), os buracos representam uma das manifestações mais críticas, pois além de comprometerem o conforto da rodovia, oferecem risco direto de acidentes, especialmente em áreas urbanas de tráfego intenso. (ABPv, 2025)

Um estudo realizado por Santos (UTFPR, 2025), em Francisco Beltrão-PR, identificou que os buracos surgem com maior frequência em locais onde há deficiência de drenagem e falhas na execução da camada de rolamento. O autor destaca que a rápida evolução dessa patologia exige intervenções emergenciais, como o tapa-buraco ou a recomposição da camada superficial, para evitar a propagação do dano e reduzir custos futuros de manutenção. UTFPR, 2025.

Além disso, pesquisas recentes ressaltam que os buracos são indicadores de falha estrutural do pavimento, uma vez que sua ocorrência está diretamente relacionada à perda de suporte das camadas inferiores e à infiltração de água nas estruturas. A presença de umidade acelera a deterioração dos materiais e favorece o surgimento de deformações e desagregações

no revestimento asfáltico. Por isso, medidas preventivas como inspeções periódicas, selagem de trincas e reforço da drenagem são fundamentais para prolongar a vida útil das rodovias e minimizar os impactos econômicos e sociais dessa patologia. (CHEN; WANG, 2024; DINIZ; MELO, 2023).

Os afundamentos e deformações plásticas em pavimentos asfálticos flexíveis caracterizam-se por depressões localizadas ou contínuas na trilha de roda, conhecidas como *rutting*. Esse tipo de patologia ocorre quando a mistura asfáltica não possui resistência suficiente para suportar as cargas repetitivas do tráfego, resultando em deformações permanentes. Além disso, fatores como compactação inadequada, excesso de ligante asfáltico e elevadas temperaturas intensificam o problema, tornando o pavimento mais suscetível ao desgaste. Estudo recentes apontam que o afundamento em trilha de roda está diretamente relacionado à deformação acumulada nas camadas asfálticas e à incapacidade da estrutura do pavimento de resistir às tensões geradas pelo tráfego pesado, especialmente em regiões de clima quente (HUANG et al., 2024; MIAO et al., 2023).

Segundo Oliveira da Silva (2025), os afundamentos podem se apresentar em diferentes formas: localizados, quando restritos a pequenas áreas, ou contínuos, quando se estendem ao longo das trilhas de roda. Ambos comprometem a dirigibilidade e favorecem o acúmulo de água, aumentando o risco de aquaplanagem.

Pesquisas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) destacam que a deformação permanente é um dos principais defeitos em pavimentos brasileiros, pois acelera a degradação da via e reduz o conforto dos usuários. O estudo ressalta que esse fenômeno possui componentes viscoelásticos e plásticos, sendo mais proeminente em regiões de clima quente, como o Nordeste brasileiro, onde o tempo de carregamento e a temperatura elevada intensificam a deformação (UFRGS, 2025).

Um trabalho realizado no Instituto Federal de Goiás (Ferreira, 2025) analisou um trecho urbano em Anápolis e concluiu que a ocorrência de afundamentos está diretamente relacionada à deficiência no dimensionamento estrutural e à falta de controle tecnológico durante a execução da obra. O autor reforça que medidas preventivas, como o uso de misturas asfálticas modificadas e inspeções periódicas, são essenciais para reduzir a incidência dessa patologia.

Esse tipo de defeito se manifesta por meio da perda de agregados (desagregação), do polimento dos agregados e da exsudação do ligante asfáltico. A desagregação ocorre quando os agregados se soltam da superfície devido à perda de aderência com o ligante, deixando o pavimento áspero e vulnerável à infiltração de água. Já o polimento dos agregados é resultado do tráfego contínuo, que torna a superfície lisa e reduz a aderência dos pneus, aumentando o risco de derrapagem. A exsudação, por sua vez, acontece quando há excesso de ligante que migra para a superfície, deixando-a escorregadia e perigosa para os usuários.

De acordo com Ribeiro (2017), o desgaste superficial é um indicativo de envelhecimento precoce do pavimento e pode ser agravado por condições climáticas severas, como altas temperaturas e chuvas intensas. Além disso, estudos de Oliveira (2021) apontam que a falta de manutenção preventiva, como a selagem de trincas e o controle da drenagem, acelera o processo de degradação superficial.

Essa patologia, embora inicialmente considerada de menor impacto estrutural, compromete a segurança viária e pode evoluir para defeitos mais graves, como buracos e deformações. Por isso, medidas corretivas como recapeamento e aplicação de microrrevestimento asfáltico são recomendadas para restaurar a aderência e prolongar a vida útil da rodovia.

1.2 Prevenção e restauração de asfalto

As patologias de pavimentos acontecem por causa de má execução ou da inadequação, reduzindo rapidamente a vida útil da rodovia. Os problemas já conhecidos como imperfeição de superfície referem-se aos danos ou desgastes que ocorrem na superfície dos pavimentos asfálticos e que podem ser percebidos sem a necessidade de equipamentos especiais. As principais causas das manifestações de patologias rápidas, podem acontecer de várias maneiras: como na própria execução, erros de cálculos, projetos, na qualidade do material e na conservação da própria rodovia. (RIBEIRO.S.,2021)

A fim de definir as opções de restauração, é fundamental conduzir uma análise para avaliar o estado do pavimento já existente, assim como fala a norma DNER-PRO 159/85. Esse processo é feito através de duas avaliações distintas: uma relativo à funcionalidade infraestrutura e outra o estado que a infraestrutura se encontra no momento. Tais dados oferecem informações essenciais para a avaliação das condições superficiais e estruturais do pavimento, visibilizando a escolha da melhor abordagem para uma restauração ideal. (DNER –

Na avaliação das condições de pavimentos asfálticos, distinguem-se duas técnicas principais de recuperação: a avaliação funcional e a avaliação estrutural. A avaliação funcional concentra-se na análise da superfície do pavimento, realizada por meio de inspeções visuais e medições da irregularidade longitudinal. Nesse processo, os principais aspectos observados incluem a presença de trincas, deformações permanentes e irregularidades ao longo da extensão da via. Já a avaliação estrutural dedica-se à verificação da capacidade das camadas do pavimento em suportar as cargas aplicadas. Para isso, utilizam-se técnicas de investigação não destrutivas, capazes de determinar a deflexão superficial provocada pela aplicação de uma carga conhecida, fornecendo informações essenciais sobre o desempenho e a resistência da estrutura (CAMARGO,2023).

O parâmetro fundamental considerado nesse tipo de avaliação é a deflexão na superfície e a bacia de deformação. Na deflexão é comumente empregada para identificar segmentos com condições estruturais semelhantes. Reparar um pavimento asfáltico não se limita à correção de questões estruturais ou operacionais. Tem alguns casos da previsão de aumento do tráfego em uma determinada via, métodos são empregados para possibilitar o incremento da capacidade estrutural do pavimento. (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008)

Esse tipo de intervenção pode ser realizado por diferentes técnicas, escolhidas de acordo com a gravidade e extensão dos defeitos. De acordo com Aguiar, Silva e Santana (2025), os métodos mais comuns incluem o tapa-buraco, utilizado para corrigir cavidades pontuais; o recapeamento asfáltico, que recompõe a camada de rolamento em áreas mais extensas; e o reforço estrutural, aplicado quando há comprometimento das camadas inferiores do pavimento. Além disso, Oliveira (2021) destaca que a restauração deve ser precedida de uma avaliação funcional e estrutural, garantindo que a solução adotada seja adequada às condições reais da via.

Pesquisas recentes também ressaltam a importância de técnicas de micro revestimento asfáltico e de selagem de trincas, que atuam como medidas corretivas e preventivas, evitando a evolução de defeitos superficiais para problemas estruturais mais graves. Segundo Nascimento da Silva e Rodrigues (2022), a restauração eficiente depende não apenas da execução correta das técnicas, mas também do uso de materiais de qualidade e do controle tecnológico durante a obra.

Assim, a restauração das patologias não deve ser vista apenas como uma correção emergencial, mas como parte de um programa contínuo de manutenção, capaz de reduzir custos futuros e garantir maior segurança e conforto aos usuários.

A prevenção das patologias em pavimentos asfálticos é um aspecto essencial para garantir a durabilidade e a segurança das rodovias. De acordo com Aguiar, Silva e Santana (2025), a adoção de programas de manutenção preventiva é capaz de reduzir custos futuros e prolongar a vida útil do pavimento. Entre as medidas mais eficazes estão a selagem de trincas, que impede a infiltração de água nas camadas inferiores, e o recapeamento periódico, que restaura a aderência e protege contra desgaste superficial.

Outro fator determinante é o controle da drenagem, já que a presença de água é considerada um dos principais agentes de degradação. Silva e Rodrigues (2022) ressaltam que sistemas de drenagem eficientes evitam a formação de buracos e deformações plásticas, especialmente em regiões de clima chuvoso. Além disso, o uso de misturas asfálticas modificadas com polímeros tem se mostrado eficaz para aumentar a resistência ao tráfego pesado e às variações térmicas, reduzindo a ocorrência de afundamentos.

CAPÍTULO II

ANÁLISE DAS PATOLOGIAS NO PAVIMENTO ASFÁLTICO FLEXÍVEL DA ESTRADA VICINAL DAS PIRANHAS COM ÊNFASE NA RESTAURAÇÃO E PREVENÇÃO

A pesquisa caracteriza-se como aplicada e descritiva, com abordagem qualitativa, pois segundo Gonçalves (2003), preocupa-se com a compreensão, com a interpretação do fenômeno, considerando o significado que os outros dão às suas práticas. O estudo foi desenvolvido por meio de pesquisa de campo, com o objetivo de analisar as patologias existentes em pavimentos flexíveis, catalogá-las e propor medidas de prevenção.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica em livros, artigos e normas técnicas relacionadas à pavimentação asfáltica e às patologias rodoviárias. Essa etapa forneceu a base teórica necessária para definir critérios de identificação e classificação das patologias, além de orientar a análise das causas e possíveis soluções preventivas.

Na etapa de campo, foram selecionados trechos da estrada vicinal com diferentes condições de tráfego e exposição ambiental. A coleta de dados ocorreu por meio de inspeções

visuais sistemáticas, com registros fotográficos e anotações técnicas. As patologias encontradas foram classificadas de acordo com normas do DNIT (2006) e da ABNT NBR 7207/1982, permitindo a criação de um catálogo técnico com descrição detalhada de cada ocorrência.

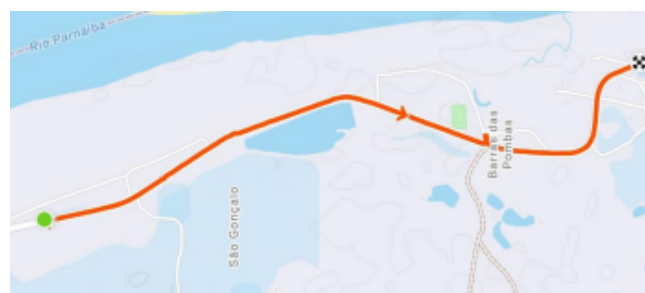
Após a catalogação, foi realizada uma análise comparativa entre os trechos, relacionando a presença das patologias com fatores como intensidade de tráfego, qualidade dos materiais empregados e condições climáticas. Essa análise possibilitou identificar padrões de ocorrência e compreender os principais agentes causadores da deterioração dos pavimentos flexíveis.

Por fim, os resultados foram discutidos à luz da literatura revisada, permitindo propor estratégias de prevenção. Entre elas, destacam-se a fiscalização mais rigorosa durante a execução das obras, a escolha adequada de materiais conforme as características locais e a implementação de programas de manutenção preventiva. Dessa forma, o estudo contribuiu para a melhoria da durabilidade e da segurança da estrada.

O local analisado compreende estradas vicinais e rodovias rurais localizadas em uma região de clima tropical úmido, caracterizada pela intensa presença de vegetação e pela influência das chuvas sazonais. Essas vias desempenham papel fundamental na mobilidade da população rural e no escoamento da produção agrícola. Entretanto, foram identificadas diversas patologias que comprometem sua durabilidade e suas condições de tráfego.

O estudo concentrou-se em um trecho específico da Estrada das Piranhas, no município de Timon, abrangendo aproximadamente 2 km entre a cidade e o povoado Laranjeiras, onde foram catalogadas as principais manifestações patológicas presentes na via. A Figura 3 apresenta a distância correspondente ao trecho em que foram realizados os registros fotográficos utilizados durante a análise das patologias identificadas na estrada.

Figura 3 - Distância onde foi coletada os registros fotográficos



Fonte: aplicativo strava

2.1 Patologia Desgaste superficial e fissuras iniciais

O desgaste superficial é uma patologia comum em rodovias pavimentadas, caracterizada pela perda gradual da textura da camada de rolamento. Esse processo ocorre principalmente devido ao tráfego contínuo de veículos e à ação de agentes climáticos, como sol e chuva, que aceleram o envelhecimento do pavimento (CNT, 2023). Já as fissuras iniciais surgem como pequenas trincas na superfície, geralmente provocadas por variações térmicas, infiltração de água e sobrecarga de tráfego. Mesmo sendo discretas, essas fissuras facilitam a entrada de água no pavimento, contribuindo para a evolução de problemas mais graves, como buracos e erosões (DNIT, 2021). A Figura 4 apresenta o registro fotográfico das duas patologias observadas no trecho analisado, evidenciando tanto o desgaste superficial quanto as fissuras presentes na via.

Figura 4 - Exemplo da Patologia Desgaste superficial e fissuras iniciais



Fonte autoral

2.2 Irregularidade e mancha

As irregularidades leves e as manchas em estradas vicinais pavimentadas são sinais iniciais de deterioração da superfície, geralmente são causados pela deficiência de drenagem e pela ausência de manutenção preventiva. Essas falhas reduzem o conforto da circulação e indicam que a água está infiltrando no pavimento, acelerando o desgaste da camada de rolamento.

Um exemplo claro pode ser observado na figura 5, onde a presença de buracos e manchas evidencia a infiltração de água e a falta de conservação adequada. Para prevenir esse tipo de patologia. Além disso, estudos como o de Santos (2011) reforçam que a manutenção

preventiva é mais econômica e eficaz do que intervenções corretivas, prolongando a vida útil das estradas vicinais.

Figura 5 - Exemplo da Patologia Irregularidade e mancha



Fonte autoral

2.3 Buracos (potholes) e desgaste

Na Figura 6, observa-se a presença de buracos e desgaste acentuado do pavimento, provocados principalmente pela infiltração de água e pela falta de manutenção preventiva. Essas patologias comprometem a trafegabilidade, aumentam os riscos de acidentes e aceleram o desgaste dos veículos (BERNUCCI et al., 2022). Para reduzir esse tipo de problema, é fundamental realizar manutenção periódica, melhorar a drenagem da via e utilizar materiais adequados na recuperação do pavimento (DNIT, 2021)

Figura 6 - Exemplo da Patologia buracos (potholes) e desgaste



Fonte autoral

2.4 Buracos (panela)

Os buracos (panelas) são falhas graves no pavimento, caracterizadas pela perda localizada de material da camada de rolamento, e formando cavidades que comprometem a segurança e aumentam os custos de transporte. Na Figura 7, esse problema é evidente, resultado da infiltração de água e da ausência de manutenção preventiva. O DNIT (2020) aponta que os buracos surgem quando fissuras e desgastes superficiais não são corrigidos, permitindo que a água fragilize o pavimento e acelere sua deterioração.

Figura 7 - Exemplo da Patologia buracos (panela)



Fonte autoral

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa permitiu compreender as principais patologias presentes nos pavimentos asfálticos flexíveis, destacando suas causas, consequências, formas de prevenção e métodos de restauração. A partir da análise bibliográfica e do estudo das manifestações patológicas mais recorrentes, foi possível identificar que problemas como trincas, fissuras, buracos, afundamentos e desgaste superficial estão diretamente relacionados à deficiência de drenagem, ao excesso de tráfego pesado, à má execução das obras e à ausência de manutenção preventiva. Como solução para esses problemas, destaca-se a necessidade de melhorias nos sistemas de drenagem, execução adequada das camadas do pavimento e realização de inspeções periódicas para identificação precoce das falhas.

Observou-se que a conservação adequada das estradas vicinais é indispensável para garantir segurança, conforto e durabilidade ao pavimento asfáltico. Nesse contexto, a manutenção preventiva mostrou-se mais eficiente e economicamente viável quando comparada

às intervenções corretivas realizadas apenas após o agravamento dos danos. Além disso, verificou-se que a utilização de materiais de qualidade, associada ao correto dimensionamento estrutural e à fiscalização rigorosa durante a execução das obras, contribui significativamente para a redução das manifestações patológicas. Também se destaca como solução a aplicação de recapeamentos periódicos e recuperação imediata de pequenos defeitos antes que evoluam para danos mais graves.

Outro ponto importante identificado ao longo da pesquisa foi a relevância das tecnologias modernas aplicadas ao monitoramento e à gestão de pavimentos, como sistemas inteligentes de inspeção, sensores e softwares de controle, que auxiliam na detecção precoce de falhas e na tomada de decisões mais eficientes para manutenção e restauração das vias. Essas tecnologias possibilitam maior controle das condições do pavimento e ajudam na elaboração de planos de manutenção mais rápidos e eficazes.

Dessa forma, conclui-se que a prevenção das patologias em pavimentos asfálticos depende da integração entre planejamento, execução adequada, manutenção contínua e investimentos em inovação tecnológica. Portanto, a adoção dessas medidas é fundamental para prolongar a vida útil das rodovias, reduzir custos futuros de recuperação e proporcionar melhores condições de trafegabilidade e segurança para os usuários.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. S. S.; SILVA, L. M.; SANTANA, L. M. Principais patologias da pavimentação asfáltica e alguns métodos de mitigação. *Revista Novos Desafios*, v. 5, n. 1, 2025.

ALMEIDA, A. F. M. *Avaliação de defeitos em pavimentos e terminologias aplicadas aos revestimentos asfálticos*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, 2024.

ALRAVEZ, Rodgher. *Patologias e manutenção no pavimento asfáltico no município de Bocaina/SP*. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO (ABPv). *Revista Pavimentação*. Brasília: ABPv, 2025. ISSN 1809-1865.

BALBO, José Tadeu. *Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração*. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BARCELOS, Bruna Tamanini et al. Detecção inteligente de patologias em pavimentos rodoviários: aplicação prática com redes neurais convolucionais. Trabalho Técnico Científico, 2023.

BERNUCCI, Liedi B.; MOTTA, Laura M. G.; CERATTI, Jorge A. P.; SOARES, Jorge B. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: Imprinta, 2010.

CARDOSO; DELFINO. Análise de patologias nos tipos de pavimentos existentes no município de Muriaé - MG. 2021.

CAMARGO. Recuperação dos pavimentos asfálticos: um estudo de caso da Avenida New York no setor Jardim Novo Mundo em Goiânia - GO. 2023.

CAPELLO, A. et al. Patologias das fundações. 2010. 115 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade Anhanguera de Jundiaí, Jundiaí, 2010.

CASTRO. Defeitos dos pavimentos asfálticos e suas causas. Rio Grande do Sul, 2009.

CHEN, X.; WANG, H. Hydro-mechanical analysis of water-induced pothole patch failure in asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, v. 413, 134767, 202

CONHECER.ORG.BR. Diagnóstico de patologias encontradas em pavimentos rodoviários flexíveis e semi rígidos. 2019.

COSTA, Rafael Henrique; LIMA, Juliana Pereira. Tecnologias emergentes para monitoramento de pavimentos rodoviários: sensores e inteligência artificial. *Revista Engenharia Civil*, v. 40, n. 1, p. 12-28, 2024.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). Estudo sobre a infraestrutura de estradas vicinais no Brasil. Brasília: CNA, 2021.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias. Brasília: CNT, 2018.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Pesquisa CNT de Rodovias 2023. Brasília: CNT, 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Manual de pavimentação rodoviária. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).
Glossário de termos técnicos rodoviários. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).
Manual de conservação rodoviária. Brasília: DNIT, 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT).
Manual de recuperação de pavimentos asfálticos. Brasília: DNIT, 2021.

DINIZ, M.; MELO, R. Analysis of the correlation between the condition of urban pavements and elements of the drainage system. *Revista ALCONPAT*, v. 13, n. 2, 2023

FERREIRA, A. V. et al. Estudo de caso das principais patologias em pavimentos flexíveis na Avenida João Netto de Campos em Catalão – GO. Dissertação. Universidade UNA de Catalão.

FERREIRA, R. R. F. Análise das deformações permanentes do pavimento asfáltico em um trecho da Avenida Pedro Ludovico em Anápolis – GO. Instituto Federal de Goiás, 2025.

FERNANDES JÚNIOR, José Luiz. Pavimentos rígidos e flexíveis: características estruturais e desempenho. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FORTES, Rafael de Souza. Pavimentos rígidos: características, dimensionamento e desempenho. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

GRASSI. Conservação e manutenção de rodovias. *Revista Estrada P.S.T. Universitário de DAER*, p. 3-84, 2022.

HUANG, B.; ZHANG, J.; LI, Y. et al. Investigation of rutting performance and permanent deformation mechanisms in asphalt pavements under heavy traffic loading. *Construction and Building Materials*, v. 424, 2024.

MARIANO. Análise de ocorrência de patologias nos pavimentos de rodovias em travessia urbana em Gurupi - TO. 2020.

MIAO, C.; WANG, H.; LIU, P. et al. Evaluation of rutting resistance in asphalt mixtures considering temperature and traffic loading effects. *Road Materials and Pavement Design*, v. 24, n. 11, 2023.

OLIVEIRA DA SILVA, B. Principais defeitos em pavimentos de revestimento asfáltico. Apresentação, 2025.

OLIVEIRA, E. Avaliação de patologias em pavimentos flexíveis: estudo de caso – Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

OLIVEIRA, M. A.; SILVA, R. P.; FERREIRA, J. L. Patologias em pavimentos flexíveis: causas e soluções. Revista Engenharia Civil, v. 69, n. 1, p. 33-48, 2022.

OTONI. Análise das manifestações patológicas em templo religioso na cidade de Icó - CE. 2021.

PACHECO, Heverton Matssuy. Avaliação de patologias em pavimentos rodoviários e suas soluções corretivas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), 2023.

PAVSINAL. Otimização da vida útil do pavimento: manutenção preventiva para economia duradoura. 2023.

RIBEIRO, T. P. Estudo descritivo das principais patologias em pavimento flexível. Revista Núcleo do Conhecimento, 2017.

ROCHA. Diagnóstico de patologias encontradas em pavimentos rodoviários flexíveis e semi rígidos. 2019.

SANTOS, A. Análise das manifestações patológicas do pavimento em um trecho da Avenida Natalino Faust com a Avenida União da Vitória no município de Francisco Beltrão - PR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2025.

SANTOS, William Corrêa dos. Análise de patologias de estradas vicinais para proposta de intervenção mínima visando a sua perenização. Guaratinguetá: UNESP, 2011.

SILVA, André Luis; OLIVEIRA, Mariana Costa. Gestão de manutenção preventiva em rodovias: aplicação de indicadores de desempenho. Revista Transportes, v. 31, n. 2, p. 45-60, 2025.

SILVA, L. A. N.; RODRIGUES, T. Estudo de patologias e métodos de recuperação de pavimentação asfáltica. 2022.

SILVA NETO, J. D.; RAMOS, M. C. L. Manifestações patológicas no pavimento flexível.

Revista de Engenharia, 2025.

SOUTO; MORESCO; GOLTZ. Patologias em pavimentos asfálticos: estudo de caso em Rua Dr. Renato Figueiro Varella em Nova Xavantina - MT. 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). Modelagem da deformação permanente de misturas asfálticas a partir de princípios viscoplásticos. Porto Alegre: UFRGS, 2025.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – ESALQ. Impactos da precariedade das estradas vicinais na logística agrícola. Piracicaba: ESALQ/USP, 2020.