



ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NA BR 153 (TRECHO ARAGUAÍNA – NOVA OLINDA)

ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN ASPHALT PAVEMENT ON BR-153 (ARAGUAÍNA – NOVA OLINDA SECTION)

Izadora Santos BENTO

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: izadorasbento@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-0348-7904>

98

Karolina Braga Peixoto BARNABE

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: Karolinabraga6@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-3137-7385>

Mateus Vileda MARCELINO

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: mateus.marcelino@afya.com.br

ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-7591-3047>

RESUMO

As rodovias federais exercem papel fundamental na circulação de pessoas e escoamento de produções, principalmente, em virtude da proeminência da infraestrutura da malha rodoviária no sistema de modais de transporte brasileiro. Desse modo, a fim de manter condições adequadas de tráfego, entende-se a necessidade de acompanhamento e controle técnico das vias para evitar e tratar patologias, deformações que ocorrem nas camadas estruturais do pavimento, e que causam prejuízos à qualidade e à segurança das pistas de rolamento. Diante disso, o presente trabalho busca realizar a identificação e a análise das manifestações patológicas presentes na extensão da pavimentação asfáltica da BR-153 no trecho entre as cidades de Araguaína-TO e Nova Olinda-TO. A partir desse objetivo, realizou-se um estudo de caso que compreende as seguintes etapas: Levantamento de dados, análise visual, verificação das possíveis causas e análise dos impactos das deformações na qualidade do pavimento asfáltico. Portanto, conclui-se que a identificação e correção de deformações no sistema viário são essenciais para assegurar a eficiência das vias, considerando o alto tráfego de pessoas e cargas.

Palavras-chave: Malha viária. Pavimentação asfáltica. Manifestações patológicas. Rodovias.

ABSTRACT

Federal highways play a fundamental role in the movement of people and the transportation of goods, mainly due to the prominence of the road network within the Brazilian transportation system. Therefore, in order to maintain adequate traffic conditions, there is a need for technical monitoring and control of the roadways to prevent and address pathologies, deformations that occur in the structural layers of the pavement and compromise the quality and safety of the traffic surface. In this context, the present study aims to identify and analyze the pathological manifestations observed in the asphalt pavement of BR-153, in the section between the cities of Araguaína-TO and Nova Olinda-TO. To achieve this objective, a case study was conducted, including data collection, visual inspection, verification of possible causes, and analysis of the impacts of deformations on pavement quality. It is concluded that the identification and correction of deformations in the road system are essential to ensure the efficiency of the roadways, given the intense flow of people and goods.

99

Keywords: Road network. Asphalt pavement. Pathological manifestations. highways.

INTRODUÇÃO

A pavimentação asfáltica é uma estrutura constituída de múltiplas camadas com espessuras e rigidezes variadas. Essas camadas são dispostas em uma superfície final de terraplanagem e são projetadas a fim de suportar, em conjunto, os esforços causados pelo tráfego de veículos e pelas intempéries. As vias são executadas com o objetivo de melhorar as condições de rolamento e considerando aspectos como condições climáticas e geométricas do local, além da intensidade do tráfego (Bernucci et al, 2022).

As manifestações patológicas que se formam no pavimento asfáltico são alterações da estrutura original que prejudicam o desempenho da função das vias.

Essas deformações são causadas, em geral, por execuções inadequadas, condições climáticas adversas, uso de materiais de má qualidade e, entre outras causas, o tráfego intenso. A fim de garantir uma malha viária eficiente, o monitoramento e a manutenção frequentes das vias são essenciais, levando em consideração que as patologias alteram a qualidade e segurança do pavimento asfáltico. Dessa forma, os responsáveis pelo projeto e execução da pavimentação devem se atentar ao preparo do solo e às condições específicas que o local apresenta, as escolhas feitas determinarão como será o ciclo de vida útil da estrutura, ademais, os responsáveis pela manutenção das vias terão atribuições igualmente relevantes pois os cuidados diminuirão as intervenções de urgência.

É pertinente considerar, ainda, que as rodovias brasileiras possuem uma atuação fundamental ao garantir o escoamento das produções de norte ao sul do Brasil, além disso, são responsáveis pelo fluxo de pessoas entre os estados brasileiros, auxiliando o turismo doméstico. Essa movimentação é importante para a economia e permite o desenvolvimento socioeconômico de regiões afastadas dos grandes centros urbanos.

Posto isso, ao avaliar as condições da BR 153, conhecida como Rodovia Transbrasiliana, busca-se analisar o estado de conservação do trecho entre as cidades de Araguaína-TO e Nova Olinda-TO. Tendo em vista que essa rodovia é um eixo logístico nacional e sua preservação possibilita a manutenção do desenvolvimento da economia brasileira principalmente no caso de Estados com grandes produções agrícolas como o Tocantins, Goiás e Pará.

JUSTIFICATIVA

O Brasil é um país com a área total estimada de 8.510.417,82 km² (IBGE, 2023). Esse território se estende por 5 regiões com acentuadas diferenças sociais, culturais e ambientais. Considerando essas informações, é possível inferir que o transporte de mercadorias e pessoas em um país de dimensões continentais representa um grande desafio, exigindo planejamento, execução e manutenção de uma infraestrutura complexa.

Apesar da necessidade de diversificação nas formas de locomoção, segundo dados da CNT (Confederação Nacional de Transportes), disponibilizados na Pesquisa

CNT de rodovias 2024, o transporte rodoviário é proeminente, representando 65% do escoamento de mercadorias e 95% do fluxo de passageiros. Esse relatório corrobora ainda a importância da qualidade das vias de tráfego para a performance econômica do país.

Tendo em vista a relevância da qualidade da pavimentação asfáltica durante o ciclo de vida útil, os dados mais recentes demonstram que o Brasil não está em uma situação ideal, uma vez que 43,1% (48.227 quilômetros) da malha rodoviária brasileira está avaliada como favorável, sendo 31,2% classificados como ótimo e 11,09% como bom, enquanto a maioria das estruturas do sistema viário, 56,9% (63.626 quilômetro) encontra-se entre regular e péssima, estando 34,7% (38.860 quilômetros) em situação regular, 22,2% (38.860 quilômetros) em situação crítica, 16,3% (18.200 quilômetros) em situação ruim e 5,9% (6.566 quilômetros) em situação péssima (CNT, 2024). Ainda segundo a CNT, a ocorrência de acidentes de trânsito está diretamente ligado à qualidade de rolamento da pista e ao estado de conservação do pavimento. Dessa forma, o estado geral das rodovias pode potencializar os riscos de acidentes de trânsito.

A BR-153 está entre as maiores rodovias do Brasil com 3.585 km de extensão, passando pelos estados do Pará, Tocantins, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. É uma via de conexão essencial para estabelecer movimentação entre as produções do norte e sul do Brasil. Segundo (Nunes, 2020), a rodovia Belém-Brasília, ou também chamada de Transbrasiliana, revelou-se positiva para o desenvolvimento socioeconômico dos municípios do Tocantins uma vez que dados demonstram a mudança em IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) das cidades atravessadas pela rodovia em contraposição com as cidades sem contato com a via entre os anos de 1991 e 2000. Dentre as 14 cidades em que a rodovia corta a sede, 11 (78,6%) obtiveram aumento de IDH, enquanto dentre as 110 em que a rodovia não tem contato, apenas 16 (14,5%) obtiveram aumento de IDH.

Portanto, perante o exposto, é visível que as manifestações patológicas influenciam a qualidade e a segurança do modal rodoviário, sendo, assim, a busca pela identificação e análise dessas deformações são relevantes para garantir que as rodovias desempenhem da melhor forma possível suas funções de transporte.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

- Identificar e analisar manifestações patológicas presentes no pavimento asfáltico na BR-153 no trecho Araguaína – Nova Olinda.

Objetivos Específicos

- Indicar manifestações patológicas mais frequentes no trecho rodoviário da BR-153;
- Investigar possíveis causas das manifestações patológicas;
- Avaliar impacto dessas deformações na qualidade do pavimento asfáltico, bem como no desempenho de suas funções.

102

REFERENCIAL TEÓRICO

Pavimentação

O dimensionamento do pavimento baseia-se em uma estrutura com múltiplas camadas, em que cada nível é projetado com propriedades específicas, de modo a suportar o tráfego e as influências climáticas. Essa estrutura é assentada sobre a superfície final da terraplenagem, denominada subleito, e tem como principal função melhorar as condições de rolamento, proporcionando um tráfego mais seguro, confortável e econômico (Bernucci et al, 2022).

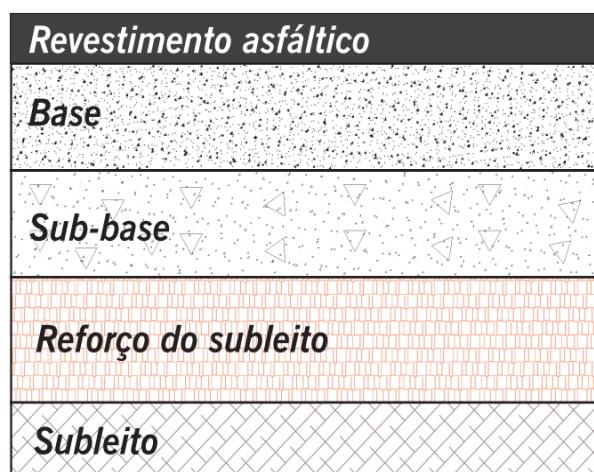
Em relação a sua classificação, é possível segmentar os pavimentos, tradicionalmente, em rígidos e flexíveis. No entanto, atualmente, a utilização das denominações pavimento de concreto de cimento Portland e pavimento asfáltico se tornaram frequentes. Ademais, considera-se que os pavimentos asfálticos englobam as seguintes nomenclaturas: os flexíveis, pavimento com revestimento asfáltico cuja a camada imediatamente abaixo é constituída de material granular ou de solos, e os semirrígidos, pavimento com revestimento asfáltico cuja a camada imediatamente abaixo é formada por material cimentado. Apesar das mudanças de nomenclaturas, os conceitos de pavimentos flexíveis e rígidos são frequentemente associados às

estruturas de mistura asfáltica e concreto cimento, respectivamente (Bernucci et al, 2022).

Ao buscar relacionar a segmentação das estruturas de pavimento, é possível identificar 3 tipologias gerais, classificadas como rígidas, semirrígidas e flexíveis. As rígidas são estruturas formadas por concreto de cimento Portland, flexíveis quando formadas por material asfáltico e semirrígidas quando formadas por um revestimento asfáltico com base de solo-cimento, a terceira atua como uma mistura de métodos e propriedades das duas primeiras classificações (Balbo, 2006).

Em geral, os pavimentos flexíveis, também chamados de asfálticos, são dispostos no solo a partir da preparação do subleito, em seguida o reforço do subleito, a sub-base, e a base são posicionados e por fim, na camada superficial, há o revestimento asfáltico, camada responsável pelo recebimento das tensões geradas pelo rolamento e transmissão para as camadas inferiores, a disposição das múltiplas camadas da estrutura pode ser observada na figura 1.

Figura 1: Camadas do pavimento flexível.

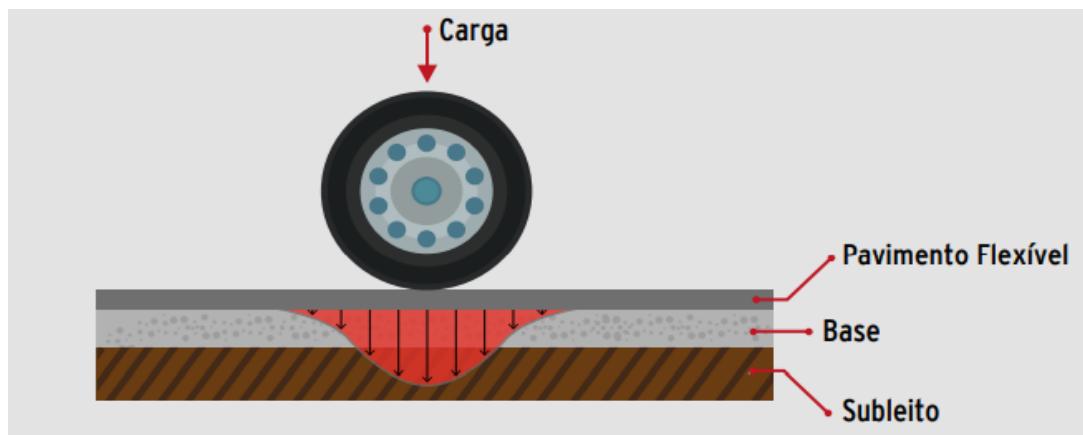


Fonte: Bernucci, 2008

Camadas da Pavimentação Flexível

As tensões aplicadas no pavimento flexível causam deformações plásticas significativas ao longo das camadas da estrutura, sendo distribuídas de forma equivalente. A figura 2 demonstra o comportamento elástico da estrutura no processo de aplicação de carga à superfície de rolagem.

Figura 2: Deformação das camadas do pavimento flexível sob a ação de cargas.



Fonte: CNT (2017).

104

Ao analisar os extratos e as funções que desempenham na estrutura do pavimento flexível, observa-se a existência de cinco camadas principais, dispostas de forma sequencial e interdependente. A primeira é o subleito, estabelecido após os serviços de corte e regularização do solo, cuja função é servir de apoio para as camadas superiores. Em seguida, encontra-se o reforço do subleito, posicionado acima do subleito, que deve ser constituído por materiais com qualidade geotécnica superior à da camada subjacente. Logo após, surge a sub-base, uma camada complementar que atua, quando presente, na drenagem das infiltrações e na contenção da ascensão capilar da umidade. Acima dela está a base, cuja principal função é suportar e transmitir as cargas provenientes do tráfego. Finalizando a estrutura, localiza-se o revestimento asfáltico, camada superficial que atua como barreira impermeabilizante, sendo diretamente exposta às ações climáticas e às tensões provocadas pelos veículos (DNIT, 2006).

No que se refere aos materiais utilizados na execução dessas camadas, o subleito é composto por solo natural, devidamente regularizado e compactado. O reforço do subleito, por sua vez, é formado por misturas de solos com propriedades superiores. A sub-base pode ser executada com diferentes tipos de materiais, como solos estabilizados naturalmente, misturas de solos e agregados, materiais tratados com ligantes hidráulicos ou asfálticos e, em algumas situações, concreto. A base utiliza materiais semelhantes aos da sub-base, porém com características tecnológicas mais elevadas. Já o revestimento asfáltico, localizado na parte superior da estrutura, é composto por uma mistura de ligante betuminoso e agregados minerais. Essa mistura

pode ser aplicada por dois processos distintos: penetração, realizada in loco com a compactação sucessiva dos materiais, ou mistura, quando os componentes são combinados em usinas fixas ou móveis e transportados até o local de aplicação. Além disso, destaca-se a aplicação da imprimação e da pintura de ligação, que consistem na deposição de uma fina camada de ligante asfáltico entre duas camadas estruturais, geralmente entre a base e o revestimento, com o objetivo de garantir maior aderência à estrutura (CNT, 2017).

Nesse contexto, destaca-se o asfalto, um subproduto do refino do petróleo, classificado como a fração mais pesada e menos volátil obtida nesse processo. Atua como ligante entre os agregados minerais na composição das misturas asfálticas, além de exercer função impermeabilizante. Suas propriedades físico químicas conferem elevada resistência à maioria dos sais, ácidos e álcalis. No contexto brasileiro, estima-se que aproximadamente 40% da produção de asfalto seja destinada à fabricação de emulsões asfálticas, enquanto os 60% restantes são empregados na produção de misturas com agregados para aplicação em revestimentos rodoviários (Bernucci et al, 2022).

Os revestimentos asfálticos podem serem identificados conforme o ligante utilizado, sendo possível empregar, a frio, as Emulsões Asfálticas de Petróleo (EAP) ou, a quente, o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP). Este último apresenta uma variedade de tipos classificados, por ensaio de penetração, em CAP 30/45, CAP 50/70, CAP 85/100 e o CAP 150/200 (Madureira, 2023).

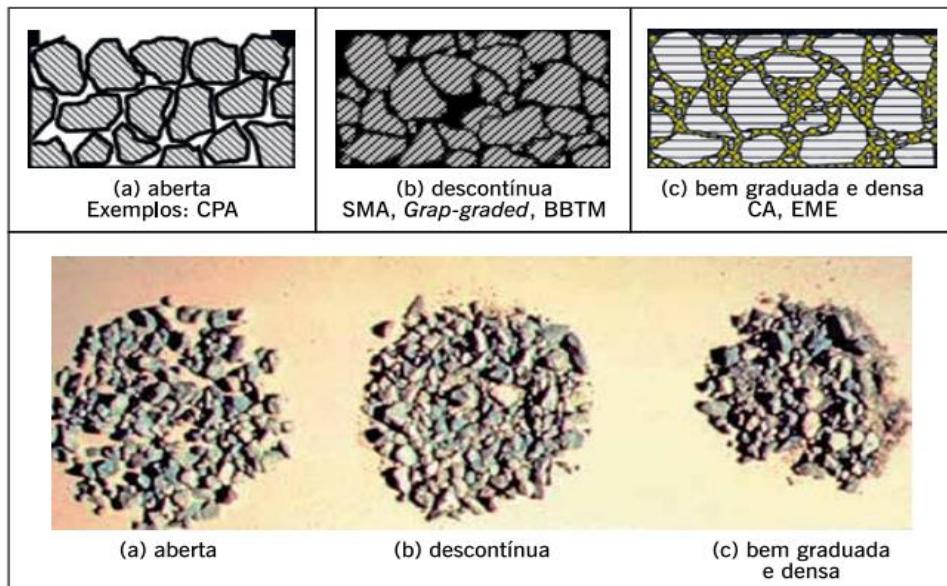
Processo de Execução do Pavimento Asfáltico

Dentre os métodos de execução de pavimentação asfáltica empregados no Brasil, destaca-se a pavimentação em CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) como a mais utilizada na malha viária. O processo de execução é formado inicialmente pela mistura do ligante, Cimento Asfáltico de Petróleo também conhecido como CAP, com agregados e filer por meio de calor em usinas, que podem ser fixas ou móveis.

Acerca da granulometria dos agregados, pode-se classificar em 3 os tipos mais utilizados: graduação densa, aberta e descontinuada. A densa é bem graduada, apresentando materiais granulares de diferentes tamanhos, dessa forma, há menos vazios na estrutura uma vez que os grãos menores preenchem nos vazios deixados

pelos maiores. Já a aberta, exibe uma granulometria mais uniforme com a maioria dos grãos sendo do mesmo tamanho. E por fim, a descontínua, que possui grãos de dimensões maiores (Bernucci et al, 2022). A figura 03 demonstra os aspectos visuais das granulometrias aberta, descontínua e densa, respectivamente.

Figura 3: Granulometria dos agregados utilizados na mistura asfáltica.



Fonte: Bernucci (2008).

Nesse método de execução, é necessário frisar a impossibilidade da realização dos serviços em dias chuvosos a fim de evitar o mau desempenho da estrutura. Além disso, considera-se que a mistura deve ser produzida, transportada ou aplicada em dias que apresentem temperatura ambiente maior que 10°C e para estruturas com espessuras menores que 3 cm, é preciso que a temperatura seja de pelo menos 15°C.

Com o objetivo de garantir a qualidade de execução das atividades exercidas, os materiais também devem ser verificados por meio de um certificado emitido pelo fabricante ou distribuidor, esse documento atesta que os materiais obtiveram resultados satisfatórios nos testes especificados no DNIT 095. Ademais, serão necessárias informações detalhadas sobre as condições, origem e tipologia dos materiais (DNIT 031, 2024).

Os materiais empregados no processo são os agregados graúdos, como rocha britada e escória, agregados miúdos, como areia e pó de pedra, material de enchimento, que deve ser a cal hidratada e por fim o CAP, Concreto Asfáltico de Petróleo. Esses elementos são selecionados na etapa de dosagem e misturados à

quente nas usinas, o material deve ser mantido em altas temperaturas tanto no estágio de produção, quanto de transporte e aplicação a fim de que a mistura apresente a viscosidade adequada. Dessa forma, o primeiro passo a seguir é a regularização do subleito para recebimento de camadas mais superficiais. Em seguida, com o auxílio de uma usina, os agregados, que ficam dispostos em silos, são misturados com o ligante, assegurando-se de que a temperatura se mantenha alta. Logo, o material é transportado para a pista de aplicação, por meio de um caminhão basculante, mantendo-se com temperatura elevada nesse percurso. Ao chegar no local de desembarque, o material deve ser espalhado na pista por intermédio de uma pavimentadora automotriz e qualquer irregularidade deve ser sanada com a distribuição do material manualmente com o auxílio de rodos metálicos.

Anteriormente a essa etapa, a imprimação ou pintura de ligação deve ser executada com o objetivo de tornar a superfície mais aderente ao revestimento asfáltico. Imediatamente ao processo de aplicação da mistura asfáltica com a pavimentadora, realiza-se a compactação com o rolo compressor, o percurso da máquina não permite mudanças de direção, pausas sobre o material recentemente manipulado ou inversões bruscas de marcha. Para concluir o processo, é necessário mencionar que a abertura para tráfego deve ocorrer apenas após um período de cura que perdura até que a pista esteja com uma temperatura abaixo do ponto de amolecimento do CAP (DNIT 031, 2024). As figuras 4, 5 e 6 ilustram a usina de asfalto, a pavimentadora automotriz e o rolo compressor, respectivamente.

Figura 4: Usina de asfalto utilizada na mistura do ligante e agregados.



Fonte: Benucci (2008).

Figura 5: Máquina pavimentadora automotriz utilizada na distribuição da mistura asfáltica na pista.



Fonte: Caterpillar

Figura 6: Rolo compressor utilizado na compressão da mistura asfáltica na pista.



Fonte: Caterpillar

As etapas do processo de execução do revestimento asfáltico betuminoso por mistura estão ilustradas nas figuras 7, 8, 9 e 10 na seguinte ordem: Preparação do subleito para recebimento do revestimento; Transporte da mistura asfáltica para o

local de aplicação; Distribuição do material na pista com a pavimentadora automotriz e Compactação da pista com o rolo compressor.

Figura 7: Preparação do subleito para recebimento do pavimento asfáltico.



109

Fonte: SINFRA-MT (2013).

Figura 8: Transporte da mistura asfáltica para o local de aplicação.



Fonte: Fatali Asfalto.

Figura 9: Distribuição do material na pista com a pavimentadora automotriz.



Fonte: Benucci (2008).

Figura 10: Compactação da pista com o rolo compressor.



Fonte: Construfenix.

Principais Patologias

No contexto da infraestrutura de transportes, as patologias correspondem às ocorrências de deformações ou falhas em estruturas, como aquelas observadas nos sistemas viários. Essas deteriorações afetam diretamente a funcionalidade, a qualidade e a segurança das vias de rolamento. Tais deformações podem resultar de diversos fatores, como erros de projeto ou execução, condições climáticas adversas,

uso de materiais de baixa qualidade, ausência de manutenção, entre outros (DNIT 005, 2003). Nessa perspectiva, comprehende-se que a identificação das patologias mais recorrentes nas estruturas de pavimentação asfáltica é essencial para aprimorar as condições de rolamento e prevenir novas deformações. As avaliações devem ser conduzidas considerando o grau de severidade das manifestações patológicas.

Fendas

Fendas são qualquer descontinuidade na superfície da pavimentação, podem ocorrer em menor e maior dimensão e de acordo com o tamanho são classificadas em fissuras ou trincas. A primeira é uma abertura mais branda e menos perceptível na superfície da pista, podendo ser observada em uma distância máxima de 1,5 m, é uma fenda de largura capilar que não representa um problema funcional na estrutura e possui extensão máxima de 30 cm. Entre as principais causas das fissuras estão a má dosagem de matérias como o filer e a compactação excessiva ou em momento inadequado da pista. Já a última, é uma abertura maior que pode ser facilmente identificada na superfície, é classificada em trinca isolada ou trinca interligada (CNT, 2017).

Dentre as trincas isoladas, há a trinca transversal que possui direção predominantemente perpendicular ao eixo da pista, a trinca longitudinal com direção paralela ao eixo da via e a trinca de retração, sendo a única em que as deformações são atribuídas à retração do material em vez de os fenômenos de fadiga. Por outro lado, as trincas interligadas podem ser classificadas em trincas tipo “Couro de Jacaré” e tipo “Bloco”. Dessa forma, as primeiras se manifestam em conjunto de trincas conectadas sem nenhuma direção preferencial e a segunda se caracteriza pelas formas de blocos em que se organizam (DNIT, 2003). As figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16 ilustram.

Figura 11: Fissura em pavimentação asfáltica.



Fonte: CNT (2017).

Figura 12: Trinca isolada transversal em pavimentação asfáltica.



Fonte: DNIT 005 (2003).

Figura 13: Trinca isolada longitudinal em pavimentação asfáltica.



Fonte: DNIT 005 (2003).

Figura 14: Trinca isolada de retração em pavimentação asfáltica.



(c) Trinca de retração (TRR)

(d) Trinca de retração (TRR)

Fonte: Benucci (2008).

Figura 15: Trinca tipo “Couro de Jacaré” em pavimentação asfáltica.



Fonte: DNIT 005 (2003).

Figura 16: Trinca tipo “Bloco” em pavimentação asfáltica.



(e) Trincas de bloco com erosão (TBE)

(f) Trincas de bloco sem erosão (TB)

Fonte: Benucci (2008).

Afundamento

O afundamento é a depressão da superfície da pavimentação permanentemente, pode ou não ser acompanhada de solevamento. Esse tipo de deformação pode ser classificado em afundamento plástico ou consolidado. O afundamento plástico é acompanhado de solevamento, enquanto o consolidado não possui essa característica. Por outro lado, ambos se assemelham ao possuírem subclassificações referentes à extensão da deformação, quando são de até 6m são denominadas locais e quando são maiores que 6 m são denominadas trilhas de roda.

Quanto às causas dessas manifestações, pode-se apontar para os afundamentos plásticos a afluência de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, excesso de ligante asfáltico e falha na seleção do tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante. No que diz respeito ao afundamento consolidado, as razões podem ser problemas de drenagem, falhas na compactação, ruptura por cisalhamento de camadas subjacentes ao revestimento e, em concordância com o afundamento plástico, a afluência de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito (CNT, 2017).

Figura 17: Afundamento plástico nas trilhas de roda.



Fonte: CNT (2017).

Figura 18: Afundamento local.



115

Fonte: DNIT 005 (2003).

Escorregamento

O escorregamento é uma deformação que se caracteriza pelo deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente, formando fendas com aparência de meia-lua. Vale pontuar que essa manifestação tem como principal causa as falhas construtivas e na execução da camada de pintura de ligação (CNT, 2017). Adicionalmente, Barca e Nogueira (2015) relatam que essa falha é formada quando as rodas que freiam ou giram induzem o deslocamento da superfície do pavimento. Além disso, informam que ocorre em decorrência do uso de mistura asfáltica de baixa resistência ou uma ligação fraca entre a superfície e a camada seguinte.

Figura 19: Escorregamento na pavimentação.



Fonte: DNIT 005 (2003).

Exsudação

A exsudação é a migração do material betuminoso por meio da camada de revestimento da estrutura, essa movimentação causa uma película brilhante na superfície do pavimento (DNIT, 2003). Dessa forma, segundo CNT (2017), essa falha se manifesta por causa do uso excessivo de ligante e pelo baixo conteúdo de vazios.

Figura 20: Exsudação na pavimentação asfáltica.



116

Fonte: CNT, 2017.

Panela ou Buraco

Os buracos, também denominados panelas, são cavidades geradas no pavimento asfáltico por inúmeras causas. Entre as origens dessa deformação estão a evolução dos casos de trincas de fadiga, a desintegração na superfície do revestimento, falhas na compactação, umidade excessiva nas camadas de solo e erros na imprimação (Bernucci, 2022).

Figura 21: Buraco na pavimentação asfáltica.



Fonte: DNIT 005 (2003).

METODOLOGIA

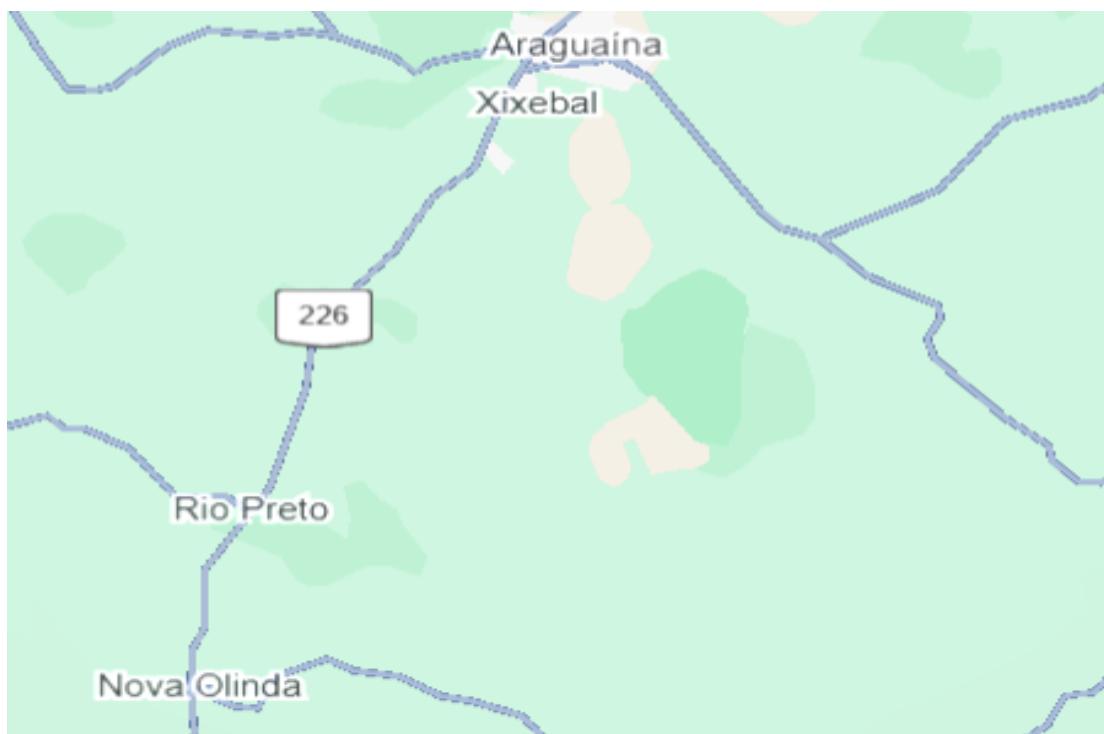
O presente trabalho tem como objetivo a realização de uma análise das manifestações patológicas no pavimento asfáltico na BR-153 (Trecho Araguaína – Nova Olinda) valendo-se de uma pesquisa exploratória, a qual fundamenta-se por meio de levantamento bibliográfico. O estudo determina as manifestações presentes no trecho a partir da coleta de dados, análise visual e classificação. Além disso, apresentam-se as possíveis causas das deformações no pavimento asfáltico.

A área escolhida para realização da identificação e análise das manifestações patológicas foi um trecho da BR-153, que compreende os municípios de Araguaína à Nova Olinda, ambos no Estado do Tocantins. Sendo selecionado em decorrência do papel que desempenha na região.

Nessa perspectiva, é importante destacar a relevância da rodovia na criação e expansão das cidades tocantinenses, uma vez que houve um aumento na movimentação econômica a partir da construção da via. Nesse sentido, considera-se

que a via comporta alto tráfego de veículos domésticos, e um notável fluxo de veículos pesados para a realização de escoamento de produtos.

Figura 22: Trecho de Araguaína à Nova Olinda.

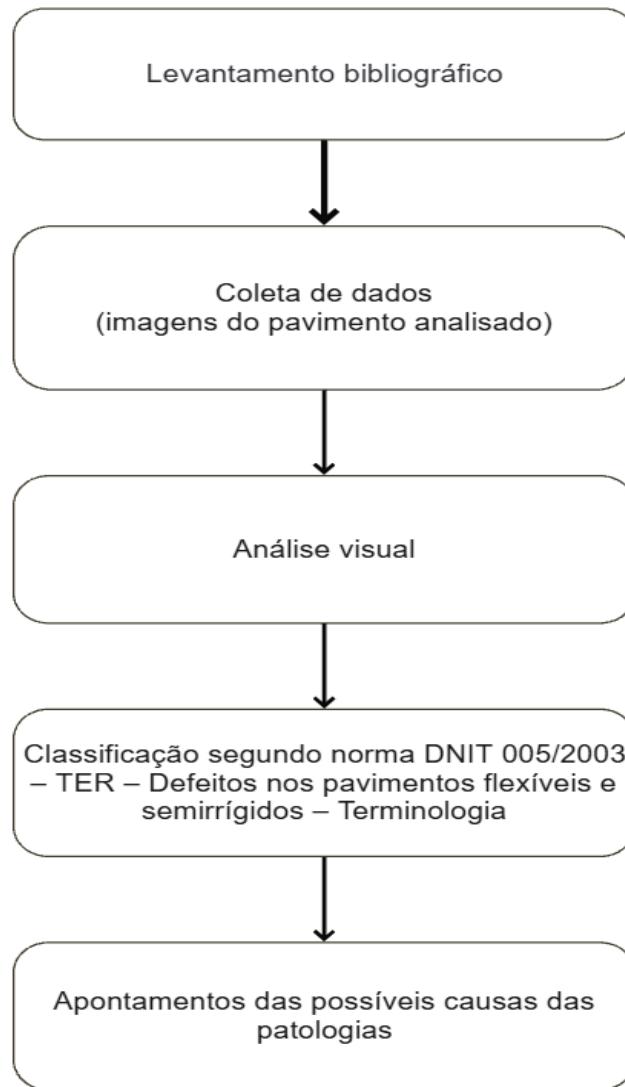


118

Fonte: Google Maps (2025).

As etapas de execução do estudo são compreendidas pela realização de levantamento bibliográfico a fim de obter embasamento teórico, seguido pela coleta de dados, a qual ocorre por meio do registro de imagens da pavimentação em áreas com presença notável de deformações na via de rodagem, posteriormente, realizou-se a análise visual e classificação segundo a Norma DNIT 005/2003 – TER – Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia. Dando seguimento, a partir da base teórica, realizou-se o apontamento das possíveis causas das patologias. Ademais, ressalta-se que a coleta de dados foi realizada no mês de setembro de 2025.

Figura 23: Fluxograma das etapas da metodologia.



Fonte: Autor, 2025.

RESULTADOS

Ao longo da execução do levantamento fotográfico no trecho estudado na BR-153, identificaram-se pontos de deformação com as seguintes patologias: trincas, afundamento, escorregamento, desgaste, buraco ou panela. Dessa forma, destaca-se que as manifestações ocorreram em pontos específicos da via durante todo o trecho.

Trincas

Inicialmente, evidencia-se a existência frequente de trincas na via de rolamento. As trincas são fendas que possuem maior abertura e visibilidade que as fissuras, podendo apresentar prejuízos às condições da superfície. Subdividem-se em

isoladas e interligadas conforme seu arranjo estrutural, as isoladas podem ser longitudinais curtas, longitudinais longas e de retração, enquanto as interligadas dividem-se nas tipologias “couro de jacaré” e “bloco” (DNIT, 2003).

No trecho estudado foi possível identificar trincas tipo “couro de jacaré” em alguns pontos da via, essa deformação indica a fadiga do revestimento asfáltico em decorrência da repetição das cargas do tráfego, além disso pode indicar envelhecimento do ligante, perda de flexibilidade, compactação ineficiente e recalque diferencial (Bernucci, 2022).

Como observado nas Figuras 24 e 25, essas patologias apresentam-se de maneira interligada, cuja evolução pode resultar na desagregação do revestimento e na formação de buracos, como evidenciado na Figura 25, onde já se nota o surgimento de panelas.

120

Figura 24: Trinca tipo “couro de jacaré”.



Fonte: Autor (2025).

Figura 25: Trinca tipo “couro de jacaré”.



Fonte: Autor, 2025.

Além da trinca tipo “couro de jacaré” foram encontradas trincas longitudinais longas (Figura 26) que são caracterizadas pela estrutura alongada e paralela ao eixo da via, são causadas geralmente por falhas de execução, tais como erro na temperatura de compactação ou na dosagem da mistura asfáltica, além do envelhecimento do ligante asfáltico.

Figura 26: Trinca longitudinal longa.



Fonte: Autor, 2025.

As trincas longitudinais curtas (Figura 27), também observadas no trecho, apresentam menor extensão e estão associadas a recalques diferenciais do pavimento e erros de execução, que provocam movimentações distintas entre as camadas e resultam no surgimento dessas fissuras.

Figura 27: Trinca longitudinal curta.



122

Fonte: Autor, 2025.

Buracos ou Panelas

Os buracos ou panelas são cavidades formadas a partir da degradação das camadas estruturais do revestimento asfáltico, surgindo, geralmente, a partir da evolução de outras patologias, como trincas. No trecho estudado foram encontrados buracos com degradações profundas (Figura 28) que causam maior prejuízo à superfície de rolamento, assim como buracos com desagregações rasas (Figura 29 e 30), os quais são encontrados com maior frequência na via. Essas deformações se manifestam também nas áreas de acostamento (Figura 28), que desempenham função importante na segurança da via, e são causadas, em geral, por falhas construtivas como erros na compactação, imprimação e dosagem. Ademais, destaca-se o efeito da umidade excessiva, que contribui para o enfraquecimento das camadas estruturais do revestimento (Bernucci, 2022).

Figura 28: Buraco com degradação profunda.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 29: Buraco com degradação rasa.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 30: Buraco com degradação rasa.



Fonte: Autor, 2025.

Na Figura 31, observa-se a evolução de uma panela em uma área com concentração de trincas, o que evidencia o processo de aprofundamento da degradação do revestimento asfáltico em decorrência da falta de correção das patologias em estágio inicial.

Figura 31: Buraco formado em área com concentração de trincas.



Fonte: Autor, 2025.

Afundamento

O afundamento é uma patologia caracterizada pela depressão permanente da superfície do pavimento, podendo ou não ser acompanhada de solevamento adjacente. Essa deformação geralmente ocorre em razão de falhas estruturais nas camadas inferiores como a ruptura por cisalhamento, fator que reduz a capacidade de suporte do revestimento e provoca o abatimento localizado da via (Bernucci, 2022). No trecho analisado observa-se a existência de áreas de afundamento sem solevamento como representado na Figura 32.

125

Figura 32: Afundamento.



Fonte: Autor, 2025.

Escorregamento

O escorregamento é o deslocamento da camada superficial do revestimento asfáltico em decorrência da falta de aderência com as camadas intermediárias (DNIT, 2003). Desse modo, na Figura 33 observa-se a manifestação do escorregamento a partir da formação de enrugamentos longitudinais, efeito criado por meio do deslocamento da superfície de rolamento.

Figura 33: Escorregamento.



Fonte: Autor, 2025.

Exsudação

A exsudação é a manifestação do excesso de ligante na camada superficial da estrutura asfáltica, ocasionando manchas escurecidas na via. As falhas na dosagem e segregação de componentes da massa asfáltica são responsáveis pela migração do material betuminoso (Bernucci, 2022). Durante o percurso analisado, foram identificados alguns locais que apresentam a patologia como observado na Figura 34.

Figura 34: Exsudação.



Fonte: Autor, 2025.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, reitera-se a importância do estudo das patologias na área da infraestrutura de transportes visto a relevância no sistema logístico brasileiro. Nesse contexto, conclui-se que o trecho estudado possui ocorrência de deformações variadas que se manifestam de forma agrupada em áreas específicas, considerando que alguns trechos, no momento da coleta de dados, estavam passando por processos de reparo.

Ademais, ao analisar, de forma geral, o pavimento asfáltico estudado, observa-se maior ocorrência de algumas patologias em áreas de frenagem, como nas entradas e saídas de veículos. De forma complementar, ressalta-se que as manifestações patológicas presentes na via se desenvolveram por múltiplos fatores, incluindo falhas de projeto e de execução, como erros na dosagem de ligantes, ausência de tratamentos corretivos em estágios iniciais, ação de agentes atmosféricos, inadequado preparo do solo e tráfego intenso de cargas pesadas.

127

REFERÊNCIAS

- BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de textos, 2007. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=py6zCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT530&ots=o9AFkEVIGQ&sig=j5KYkghFSs3SdHlO2U6typRitHA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 10 jun. 2025.
- BARCA, M. A; NOGUEIRA, S. P. **Análise de técnicas de conservação de pavimentos rodoviários**. 2015. 141 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015810.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Petrobrás ABEDA, 2022. Disponível em: <https://triunfotransbrasiliana.com.br/wp-content/uploads/2022/07/PA-Completo-2022.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2025.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa de rodovias CNT**. Brasília: CNT, 2024. Disponível em: <https://cnt.org.br/documento/cbf59b9e-fd1a-41fc-b230-172c4dc42100>. Acesso em 14 jun. 2025.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram**. Brasília: CNT, 2017.

Disponível em: <<https://cnt.org.br/por-que-pavimentos-rodovias-nao-duram>>. Acesso em: 13 jun. 2025.

CATERPILLAR. **Equipamentos de Pavimentação.** [S.d.]. Disponível em: https://www.cat.com/pt_BR/byindustry/paving.html. Acesso em: 14 jun. 2025.

CONSTRUFENIX. **Aplicação Massa Asfáltica.** [S.d.]. Disponível em: <https://www.construfenix.com.br/pavimentacao-asfaltica.php>. Acesso em: 14 jun. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). **DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.** Rio de Janeiro: IPR, 2003. Disponível em: <[https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipro/coletanea-de-normas/terminologia-ter](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipro/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/terminologia-ter)>. Acesso em: 13 jun. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). **Manual de restauração de pavimentos asfálticos.** 3. Ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipro/coletanea-de-manuais/vigentes/720_manual_restauracao_pavimentos_afalticos.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). **DNIT 031/2024 – ES: Pavimentação – Concreto asfáltico – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: IPR, 2024. Disponível em: <<https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-do-extremo-sul-catarinense/pavimentacao/dnit-031-2024-es-norma-dnit-031-2024/119423132>>. Acesso em: 10 jun. 2025.

FATALI PAVIMENTAÇÃO. **Asfalto Frio.** [S.d.]. Disponível em: <https://www.fatali.com.br/asfalto-frio>. Acesso em: 14 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Área territorial brasileira 2023.** Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-10/06/2025territorio/malhas-territoriais/15774-areas-dos-municios.html>. Acesso em: 10 jun. 2025.

MADUREIRA, L. A. B. **Misturas asfálticas: Conceituação, Materiais e Dosagem: Módulo 01.** Brasília: IPR, 2023. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/jspui/bitstream/1/7689/1/M%C3%B3dulo%201%20-%20Conceitos%20gerais%20.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

GOOGLE. **Google Maps.** Disponível em: <https://www.google.com/maps>. Acesso em: 16 jun. 2025.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística. **Governo de MT avança em obras na MT-170: 24 km já receberam terraplanagem.** [S.d.].

Disponível em: <https://www.sinfra.mt.gov.br/-/governo-de-mt-avan%C3%A7a-em-obras-na-mt-170-24-km-que-receberam-terraplanagem>. Acesso em: 14 jun. 2025.

NUNES, D. S; MELO, W. F; BRACARENSE, L. S. F. P. **Implicações socioeconômicas da rodovia br-153 e os reflexos no desenvolvimento urbano no Tocantins.** Revista Humanidades e Inovação, v.7, n.14, 2020. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/3071>. Acesso em: 18 jun. 2025.