

# ESTUDO DE CASO DA ANÁLISE VISUAL DE PATOLOGIAS ENCONTRADAS NO PAVIMENTO DE UMA RODOVIA NO INTERIOR DO PARANÁ

## CASE STUDY OF VISUAL ANALYSIS OF PATHOLOGIES FOUND ON THE PAVEMENT OF A HIGHWAY IN THE INTERIOR OF PARANÁ

ISABELLA ROBERTA LOBO FARIAS<sup>1</sup> ANA LÍDIA DA SILVA CASCALES CORRÊA<sup>2\*</sup>

1. Acadêmico do curso de pós-graduação do curso Engenharia e Infraestrutura de Rodovias da Faculdade FEITEP. 2. Professora Mestre, da disciplina de Pavimentação do curso de Engenharia Civil da Faculdade FEITEP.

\* Av. Paranaíba, 1164, Parque Industrial Bandeirantes, Maringá, PR, Brasil. CEP: 87070-130. [prof.analidia@feitep.edu.br](mailto:prof.analidia@feitep.edu.br)

Recebido em 23/01/2023. Aceito para publicação em 29/03/2023

### RESUMO

Os meios de transportes motores tornaram-se imprescindíveis para o cotidiano da população e, conseqüentemente, as vias para seus deslocamentos. No Brasil, a principal tipologia utilizada para a pavimentação de rodovias é a asfáltica, de característica flexível. Devido à falta de manutenção, a pavimentação que compõe as rodovias pode apresentar possíveis defeitos, também denominados como patologias, causando problemas no conforto e segurança dos usuários. A maioria dos pavimentos brasileiros e paranaenses encontram-se em estado regular, necessitando de manutenções preventivas e até mesmo reconstruções. O artigo coloca em pauta os perigos causados ao transitar por uma via estando em mal estado de conservação e sem manutenções preventivas. As patologias foram caracterizadas a partir da análise e observação do estado atual de um trecho de uma importante rodovia no interior do Paraná através de levantamentos fotográficos, levantamento de referências bibliográficas e experiência de campo de atuação profissional. Esta pesquisa motivou-se a catalogar, dar a definição e apontar as possíveis causas e a solução para cada patologia visando a maior eficiência, tornando-se assim um pequeno guia para pesquisa dos defeitos mais comuns em pavimentos asfálticos, para que antes da execução de serviços mais onerosos e definitivos, priorize-se as intervenções parciais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimentação; manifestações patológicas; rodovias; pavimentos flexíveis.

### ABSTRACT

The means of motor transport have become essential for the daily life of the population and, consequently, as ways for their displacements. In Brazil, the main typology used for paving roads is asphalt, with a flexible characteristic. Due to the lack of maintenance, the paving that makes up the highways can present possible defects, also called pathologies, causing problems in the comfort and safety of users. Most pavements in Brazil and Paraná are in fair condition, requiring preventive maintenance and even reconstruction. The article discusses the dangers caused when traveling on a road that is in a poor state of conservation and without preventive maintenance. The pathologies were characterized from the analysis and observation of the current condition of a stretch of an

important highway in the interior of Paraná, through photographic surveys, bibliographic references and professional field experience. This research was motivated to catalog, define, and point out the possible causes and the solution for each pathology aiming at greater efficiency, therefore becoming a small guide for researching the most common defects in asphalt pavements, so that before the execution of more expensive and definitive services, priority should be given to partial interventions.

**KEYWORDS:** Paving; pathological manifestations; highways; flexible floors.

### 1. INTRODUÇÃO

Os meios de transportes motores tornaram-se imprescindíveis para o cotidiano da população e, conseqüentemente, as vias para seus deslocamentos<sup>1</sup>. No Brasil, a principal tipologia utilizada para a pavimentação de rodovias é a asfáltica, de característica flexível, produzido por agregados e ligantes asfálticos derivados do petróleo<sup>2</sup>. Este tipo de pavimento, quando comparado com os pavimentos rígidos, feitos a partir do concreto armado<sup>1</sup>, possui menor custo inicial e menor vida útil, já que necessita de maiores e mais frequentes manutenções e cuidados por parte do poder público, tornando seu custo mais elevado<sup>3</sup>.

Devido à falta de manutenção, a pavimentação que compõe as rodovias podem apresentar possíveis defeitos, também denominados como patologias<sup>4</sup>, geradas por falhas no sistema construtivo ou até mesmo a partir de sua utilização errônea. Tal fato gera desconforto ao usuário e ainda falta de segurança ao transitar pelo local defeituoso<sup>5</sup>, podendo causar acidentes, e maior necessidade de manutenção dos veículos<sup>2</sup>.

Defeitos como panelas, fissuras e ondulações ocorrem em mais da metade das rodovias no Brasil, que possuem pavimento flexível, cuja vida útil permeia entre 8 e 12 anos de acordo com estudo feito por CNT, 2022<sup>6</sup>. Contudo, problemas estruturais no pavimento começam a parecer muito antes do previsto<sup>6</sup>. Além disso, conforme descrito por Bernucci *et al.* (2010)<sup>2</sup>, todo pavimento que

sofre erros ainda em fase de projeto, pode apresentar diversas patologias que danificam as malhas viárias em curto e médio prazo, podendo variar de acordo com o fluxo e uso, reduzindo ainda mais sua vida útil.

A análise de patologias presente nesta pesquisa delimitou-se à coleta de informações somente de um trecho de uma rodovia no interior do Paraná, que possui bastante relevância para a região do Vale do Ivaí, pois facilita a intercomunicação das pequenas cidades e dos grandes centros urbanos, bem como Campo Morão, Maringá, entre outras cidades referências do estado em quesitos como saúde, educação e lazer.

Por conseguinte, este trabalho visa analisar as patologias observadas em um pequeno fragmento da rodovia referida, de aproximadamente 5,3 km de extensão, cuja estrada é importantíssima para a locomoção intermunicipal da região em questão e recebe diversos tipos de solicitações de carga diariamente. O artigo coloca em pauta os perigos causados ao transitar por uma estrada de alto fluxo e que recebe constantemente solicitações de altas cargas, estando em mal estado de conservação e sem manutenções preventivas. Ademais, indicar as principais características de cada patologia encontrada, as possíveis causas e propor soluções de reparo e manutenção da via. O trabalho em questão é embasado pela norma DNIT 005/2003 – TER<sup>7</sup>, que cataloga e especifica defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos no Brasil.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada nesta pesquisa possibilitou a classificação, a definição e a quantificação dos defeitos comumente encontrados no pavimento do tipo flexível, bem como as possíveis causas para sua aparição e as técnicas ideais para solucionar cada uma delas de forma menos onerosa e mais funcional.

### Caracterização do estudo de caso

A opção metodológica da pesquisa consiste em um estudo de caso, baseado em ocorrências de patologias na pavimentação de um trecho de uma importante rodovia do interior do Paraná. Esta rota tem parte de sua extensão dentro de dois pequenos distritos localizados no município paranaense, o pavimento nesta área carece de manutenção por estar danificado e oferecendo riscos aos usuários. As patologias foram caracterizadas a partir da análise e observação do estado atual da via através de levantamentos fotográficos, levantamento de referências bibliográficas e experiência de campo de atuação profissional relacionadas ao tema.

Foi mencionado o atual estado da rodovia, com as possíveis causas das patologias, bem como as respectivas soluções, além de dissertar sobre os impactos causados pela via em mal estado nos veículos e nos usuários transeuntes.

Para atingir os objetivos apontados foram utilizados artigos acadêmicos através de pesquisa na plataforma “Google Acadêmico”, imagens do Google Earth, livros, revistas eletrônicas, dissertações, teses, manuais, anais de congressos, sites de órgãos especializados e normas

técnicas com as seguintes palavras-chave: Pavimentação, Patologias na pavimentação, Rodovias Brasileiras.

Foram realizados estudos e pesquisas consoantes com o tema, seguindo as informações básicas escolhidas inicialmente para aprofundamento posterior. Por meio dos estudos e revisões realizadas foi possível maior conhecimento sobre o tema, para que fosse possível analisar as possíveis causas e soluções das patologias no segmento em questão.

### Localização e características da rodovia

A rodovia em questão atravessa dezenas de municípios do Paraná, contudo o fragmento analisado possui 5,3 km de extensão, demonstrado pela marcação em vermelho na Figura 1.



**Figura 1.** Trecho em análise demarcado em vermelho. **Fonte:** os autores (2022)

A parte demarcada engloba um dos acessos do município de pequeno porte no norte do Paraná com área territorial de 415,587 km<sup>2</sup> e cerca de 11.067 habitantes, conforme censo de 2018. O trecho, que compreende pequena parte da rodovia, fica localizado entre dois distritos pertencentes a este município, sendo uma parte do acesso ao distrito 01, conforme mostrado na Figura 1, a mais prejudicada, apresenta o pavimento em pior estado.

### Estabelecimento do critério de restrição

A partir da análise visual e fotográfica in loco, foi constatado que o local em questão necessita de melhorias para atender melhor os requisitos de conforto e segurança de seus usuários. Portanto, este local foi escolhido para análise com o intuito de catalogar os defeitos encontrados no pavimento e indicar o melhor método para solucioná-los. Tendo em vista que ainda se apresentam poucos estudos na área e nenhum especificamente deste local, o levantamento de dados e características presentes neste artigo, corroboram para a importância dos estudos de caso em cada passagem das rodovias. Este método auxilia a entender a real necessidade do pavimento naquele momento, evitando gastos desnecessários com medidas provisórias. O estudo acontece entre os dois distritos, mais especificamente do quilômetro 124+850m (distrito 02) até o quilômetro 130+600m (distrito 01), que

apresentam as piores condições da rodovia paranaense analisada.

### Estado das rodovias no Brasil e no estado do Paraná

De acordo com Pereira (2006)<sup>9</sup>, o desempenho do transporte rodoviário brasileiro e, conseqüentemente, a economia da manutenção nos mesmos, depende diretamente da qualidade do pavimento das rodovias. O custo de manutenção dos transportes pode ser relativamente elevado quando um pavimento está em más condições, deste modo reduzindo o conforto e a segurança dos usuários da via, além de causar possíveis danos ambientais, às cargas, aos passageiros e aos veículos.

As condições de dirigibilidade de uma rodovia envolvem aspectos de conservação do pavimento e garantia da vida útil, contudo viu-se, de acordo com os diagnósticos do CNT (2021a)<sup>10</sup>, que as condições estão abaixo do esperado. Isto se dá por diversos motivos como deficiência no planejamento, na execução ou na manutenção das rodovias e ainda pode acontecer pela degradação da infraestrutura causado pelo alto fluxo de veículos. A falta de fiscalização de pesagem de veículos com demasiada solicitação de carga também é um problema, já que houve um aumento de 63%, entre 2010 e 2020, da frota de veículos pesados no país<sup>10</sup>.

Segundo CNT (2021b)<sup>6</sup>, no Brasil o modal rodoviário, além de viagens com deslocamentos curtos e médios, possui demanda para deslocamentos de longa distância saturando cada vez mais a infraestrutura viária. Além disso, com o aumento da frota de veículos em circulação nas rodovias, em contrapartida com a falta de expansão das mesmas, faz com que a demanda sobre o pavimento ocasione em defeitos e desgastes do pavimento, necessitando de manutenções e intervenções mais frequentes<sup>6</sup>.

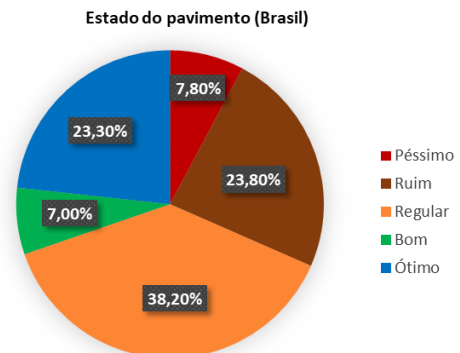
Ainda de acordo com CNT (2021b)<sup>6</sup>, os defeitos e irregularidades na superfície do pavimento estão diretamente ligados a maiores custos mecânicos dos meios de transporte, devido a maior necessidade de manutenção dos veículos, maior consumo de combustível e pneus e ainda possíveis acidentes<sup>6</sup>.

Segundo Pinto (2003)<sup>11</sup>, ao investir em uma melhor qualidade do pavimento possibilita a redução de custos operacionais dos veículos de locomoção, além de reduzir a queima de combustível já que o tempo de deslocamento será menor. Outra vantagem é o aumento do conforto e da segurança dos usuários, que poderá circular na via sem preocupação com imprevistos e, principalmente, com possíveis acidentes<sup>11</sup>.

Em concordância, CNT (2021b)<sup>6</sup> cita que a estrutura do pavimento é projetada para durar de 8 a 12 anos, definido em projeto, podendo passar do seu estado inicial ótimo para o estado péssimo até o fim da sua vida útil, caso não aconteça nenhum reparo ou manutenção. Com isso, de acordo com Sistema Nacional de Viação (SNV), apenas 12,4% das rodovias brasileiras são pavimentadas, o correspondente a 213 mil quilômetros aproximadamente. No ano de 2021, foram analisados

109.103 quilômetros de rodovias que são pavimentadas no Brasil para diagnóstico do estado dos pavimentos para pesquisa realizada pela CNT<sup>10</sup>.

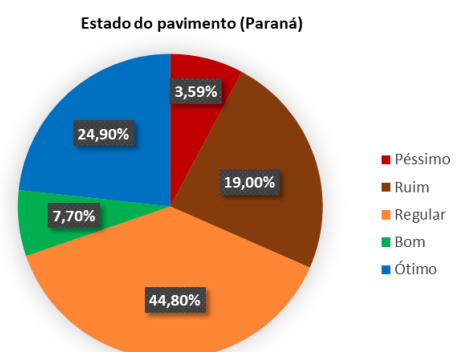
Na Figura 2 é possível observar a porcentagem em relação às condições da pavimentação das rodovias brasileiras.



**Figura 2.** Condição da pavimentação das rodovias brasileiras. **Fonte:** CNT (2021a)<sup>10</sup>, adaptado pela autora.

De acordo com os dados observados na Figura 2, conclui-se que o estado da maioria dos pavimentos brasileiros analisados foi classificado como “regular” (38,20%), pouco mais do que a classificação “ruim” (23,80%). Para mais, apesar da baixa porcentagem de pavimentos em estado “péssimo”, ainda é maior do que a classificação de pavimentos classificados como “bons”, fato que resulta em boa parte das estradas brasileiras com necessidade de melhorias.

A seguir, na Figura 3, foram apresentadas as condições das rodovias paranaenses, que também demonstram atenção nas classificações, já que os estados “ruim” e “regular” se destacam. Apesar da classificação “ótimo” também estar alta, deve-se tentar abaixar os piores índices para aumentar a vida útil das estradas paranaenses.



**Figura 3.** Condição da pavimentação das rodovias do estado do Paraná. **Fonte:** CNT (2021a)<sup>10</sup>, adaptado pela autora.

Levando em consideração os dados do gráfico, apenas pavimentos em estado “bom” e “ótimo” causam pouco ou nenhum aumento no custo operacional nos veículos e, portanto, não possuem defeitos consideráveis. Deste modo, do total das estradas pavimentadas, quase 70% apresentam algum defeito, já que foram classificadas entre regular, ruim ou péssima<sup>6</sup>. Além da qualidade do pavimento insatisfatória, de

acordo com CNT (2021a)<sup>10</sup>, a extensão pavimentada, no âmbito nacional, também é inferior ao ideal levando em conta a grande extensão do Brasil<sup>10</sup>.

### Características do pavimento flexível

Consoante com Flek (2017)<sup>12</sup>, a necessidade de deslocamentos entre um local e outro através das estradas gerou a criação coberturas sobre o leito, que permitissem a passagem de veículos com maior segurança e conforto, o pavimento. O ato de cobrir a leito com o pavimento reforça-o, permitindo maior resistência e distribuição dos esforços solicitados pelo tráfego de veículos, e maior resistência a desgaste, prolongando vida útil da superfície de rolamento<sup>12</sup>.

Há três tipos de pavimentos implantados em todo o mundo, sendo os flexíveis, semirrígidos e rígidos. Contudo, Vieira (2011)<sup>13</sup> afirma que, nas últimas décadas, observa-se o amplo uso do pavimento flexível nas estradas brasileiras. No método do pavimento flexível é utilizado o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) como principal material de composição. De acordo com Bonet (2002)<sup>14</sup>, o CBUQ, que compõe o pavimento flexível, é feito a partir da mistura, em usina específica, do agregado miúdo e graúdo, filler ou material de enchimento e ligante betuminoso. Em complemento, Pastana (2006)<sup>5</sup>, afirma que o pavimento flexível possui ligante betuminoso em sua composição e é constituído por camadas que podem se deformar até certo ponto, por isso o termo “flexível”. Este se difere do pavimento rígido, que tem deformação limitada e é feito principalmente com concreto, composto por cimento e agregados<sup>15</sup>.

Segundo Flek (2017)<sup>12</sup>, um pavimento rígido tende a causar uma dispersão de pressão sobre as camadas inferiores. Por outro lado, de acordo com Solanki *et al.* (2017)<sup>16</sup>, a resposta às cargas em uma estrutura flexível é mais concentrada próximo à área carregada. A construção de um pavimento envolve a sobreposição de diversas camadas com diferentes características e finalidades.<sup>12</sup>

Ainda de acordo com Flek (2017)<sup>12</sup>, quando um pavimento tem sua camada de fundação em boas condições, é menos provável que as camadas subsequentes sejam danificadas. Conrudo, para que isso ocorra, deve-se utilizar materiais mais nobres, começando de cima pra baixo ao longo das camadas (Figura 4), ou seja, o revestimento ou capa de rolamento é a camada mais nobre da estrutura de um pavimento<sup>12</sup>.

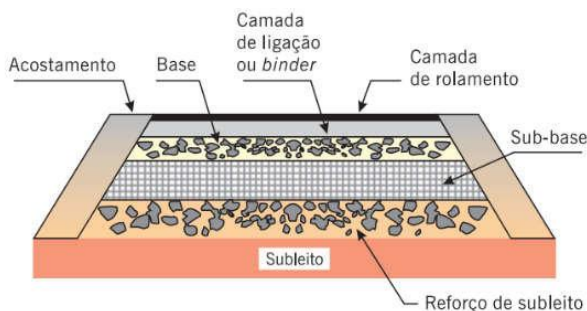


Figura 4. Camadas do pavimento. Fonte: Bernucci *et al.* (2010)<sup>2</sup>.

As camadas dos pavimentos flexíveis podem ser divididas em<sup>12,15</sup>:

**Subleito:** terreno de fundação que serve de apoio ao pavimento. É a estrada sem cobertura que recebe solicitações de tráfego há algum tempo, portanto deve-se pavimentá-la, após a regularização apropriada;

**Regularização:** camada de espessura irregular, construída sobre o sub-leito com a função de confortá-lo tanto no sentido transversal quanto no longitudinal, deve ser executada sobre aterro pois esta camada não deve substituir a camada subsequente já compactada pelo tráfego;

**Reforço de sub-leito:** é uma camada de espessura constante que, se necessária, deve ser construída sobre a camada de regularização com técnicas superiores ao sub-leito mas inferior a camada seguinte, no caso a sub-base ou a base;

**Sub-base:** É a camada complementar a base, utilizada quando por questões relacionadas a técnicas ou questões econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do sub-leito;

**Base:** É a camada que recebe e distribui as cargas recebidas pelos esforços do tráfego, é sobre esta camada que se constrói o revestimento asfáltico ou capa de rolamento; e

**Capa de rolamento:** é a primeira camada a receber as solicitações de tráfego, deve ser o mais impermeável possível, sua função é otimizar a superfície de rolamento para oferecer maior conforto e segurança aos usuários, além de proteger as camadas inferiores de desgaste.

De acordo com a pesquisa de rodovias da CNT (2021b)<sup>6</sup>, o pavimento flexível de revestimento asfáltico, que compõe cerca de 99% das rodovias no Brasil, possui uma vida útil de 8 a 12 anos, dependendo da manutenção periódica, contudo é comum rodovias com pavimento deteriorado antes do fim do prazo estipulado. As possíveis causas podem ter relação com falhas no processo construtivo, falhas no dimensionamento em projeto, a falta de manutenção preventiva e a falta de fiscalização para com as frotas de veículos pesados e com excesso de peso sobre o pavimento<sup>6</sup>.

### Patologias do pavimento flexível

Conforme Bernucci *et al.* (2010)<sup>2</sup>, a qualidade do conjunto das camadas do pavimento é imprescindível para a maior capacidade de suporte e durabilidade, segurança e conforto aos usuários, de acordo com o tipo de tráfego esperado. Segundo CNT (2021b)<sup>6</sup>, a estrutura deve ser projetada para efetivamente cumprir as demandas da rodovia e prezando pela economia do orçamento. Quando um pavimento sofre degradação há perda de qualidade e funcionalidade, afetando a solidez de sua estrutura, bem como sua capacidade de carga, além de comprometer a capa de rolamento<sup>6</sup>. O estado da superfície do pavimento é o primeiro ponto a ser visto e sentido pelo usuário, já que o afeta diretamente com desconforto e maior manutenção dos veículos<sup>15</sup>.

As degradações no pavimento podem evoluir para possíveis manifestações patológicas que acontecem por diversos fatores conjuntos como a má concepção do projeto e erros no mesmo, má execução de terraplanagem, má execução da pavimentação em si, sistema de drenagem insuficiente, utilização inadequada de materiais, dentre outros<sup>6</sup>. Bernucci *et al.* (2010)<sup>2</sup> explica que a qualidade do pavimento define com o passar do tempo por questões de tráfego ou intempéries, pois cada carga solicitada na estrutura do pavimento vai contribuir para a deterioração do mesmo, fazendo com que a superfície sofra alterações. A deterioração se agrava quando veículos de altas cargas transitam pelo pavimento já um pouco deteriorado e com algumas irregularidades, piorando seu estado<sup>2</sup>.

Ainda conforme Bernucci *et al.* (2010)<sup>2</sup>, a interferência do clima colabora na aceleração da deterioração do pavimento, pois a água da chuva pode alterar a capacidade inicial de suporte da estrutura, causando maiores deslocamentos pelo tráfego e danos na superfície do pavimento, bem como nas camadas subjacentes. Além disso, um pavimento que já possui alguma irregularidade como a trinca, tem uma falha na sua impermeabilização, permitindo a entrada de água na estrutura, a evolução da trinca pode acarretar em deformações mais severas<sup>2</sup>.

As patologias presentes na superfície dos pavimentos asfálticos são definidas e classificadas de acordo com a terminologia apontada pela norma DNIT 005/2003-TER (2003)<sup>7</sup>. Dentre os defeitos no pavimento rígido, catalogados e classificados pelo índice de gravidade global (igg), se encontram as fendas, definidas como fissuras ou aberturas na superfície asfáltica perceptíveis a olho nu com uma distância inferior a 1,5m, ou trincas quando a abertura é maior que a fissura<sup>2</sup>. Um dos exemplos de trincas são as isoladas, como demonstrado na Figura 5, podendo ser longitudinal ou transversal em relação ao eixo da via e se diferem entre curtas ou longas<sup>7</sup>.



Figura 5. Trinca isolada. Fonte: DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>7</sup>.

De acordo com DNIT (2010)<sup>17</sup>, para diferenciar os tipos de trincas deve-se observar sua direção predominante e sua extensão, a trinca é transversal quando a mesma está ortogonalmente em relação ao eixo da via. Já a trinca longitudinal tem sua direção

predominante em sentido paralelo ao eixo da via. A extensão de cada tipo também se difere, a trinca da Figura 5 é considerada longitudinal e curta, pois tem até 100 cm de extensão, a partir deste tamanho é considerada trinca longa<sup>17</sup>.

As trincas podem ser interligadas, do tipo couro de jacaré (Figura 6), que não seguem um padrão geométrico e podem possuir erosão nas bordas<sup>2</sup>. De acordo com DNIT (2006)<sup>18</sup>, este tipo de trinca é considerada como defeito estrutural e é gerada por deformações permanentes decorridas da fadiga do pavimento ou trincas causadas pela fadiga do revestimento asfáltico. O colapso do revestimento que causa a patologia acontece pelo excesso de tráfego, solo com baixa capacidade de carga, asfalto rígido demais ou baixa qualidade das camadas do pavimento.

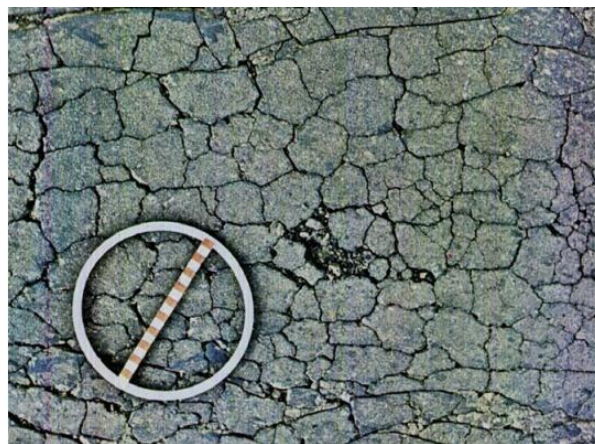


Figura 6. Trinca couro de jacaré. Fonte: DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>7</sup>.

Os afundamentos derivados de deformações permanentes também são patologias relevantes para a rápida deterioração do pavimento. Pode afetar as camadas mais profundas do pavimento, bem como o revestimento asfáltico. São diferenciados entre afundamento nas trilhas de roda, deformações plásticas e depressões<sup>7</sup>, os afundamentos plásticos (Figura 7) são decorrentes da fluência do revestimento asfáltico, apresenta-se de forma longitudinal em relação a trilha de roda, formando uma protuberância de massa asfáltica nas bordas do afundamento<sup>2</sup>.



Figura 7. Afundamento da trilha de roda. Fonte: DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>10</sup>.

O desgaste ou a desagregação (Figura 8) são caracterizados pelo aspecto áspero anormal na superfície do pavimento<sup>7</sup>, decorrente do desprendimento de agregados da superfície do pavimento<sup>2</sup>.



**Figura 8.** Desgaste do pavimento. Fonte: DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>7</sup>.

A panela (Figura 9) é caracterizada por uma depressão pontual ou uma cavidade no revestimento, formando um “buraco” na superfície<sup>19</sup>, possuem diâmetros e profundidades diversas, sendo um defeito grave, já que afeta a estrutura do pavimento quando as águas acumuladas na superfície se esvaíam para o interior da estrutura<sup>7</sup>.



**Figura 9.** Panela. Fonte: DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>7</sup>.

O escorregamento da capa de rolamento (figura 10) é o deslocamento horizontal do revestimento asfáltico, que pode ocorrer por diversos motivos, dentre eles: a fluência plástica; como consequência do afundamento na trilha de roda; deficiências na imprimação e pintura de ligação; os esforços tangenciais produzidos pelos eixos dos veículos; dentre outros. Enquadra-se nesta patologia a capa de rolamento que possui material deslocado em direção às bordas do pavimento formando uma ondulação. É comum encontrarmos este tipo de defeito em locais de aceleração e desaceleração, como acontece próximo a lombadas e sinalizadores de redução de velocidade<sup>7</sup>.

O remendo do tipo “tapa buraco” (Figura 11), apesar de ser um método utilizado para a manutenção do pavimento, pode ser caracterizado como um defeito. Se

caracteriza pelo preenchimento de panelas ou outras depressões na superfície do pavimento com massa asfáltica<sup>19</sup>.



**Figura 10.** Escorregamento. Fonte: DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>7</sup>.

Quando o remendo é executado de maneira errônea, se torna uma patologia e não uma solução, já que intempéries como a chuva podem fazer com que a camada betuminosa despejada se desprenda, virando um farelo possibilitando possíveis acidentes na via. Estes remendos podem ser profundos ou superficiais, sendo o profundo necessário quando há a substituição do revestimento e eventualmente de uma ou mais camadas subjacentes ao revestimento asfáltico, já o remendo superficial é a correção de uma área danificada visível na superfície<sup>7</sup>.



**Figura 11.** Remendo superficial. Fonte: DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>7</sup>.

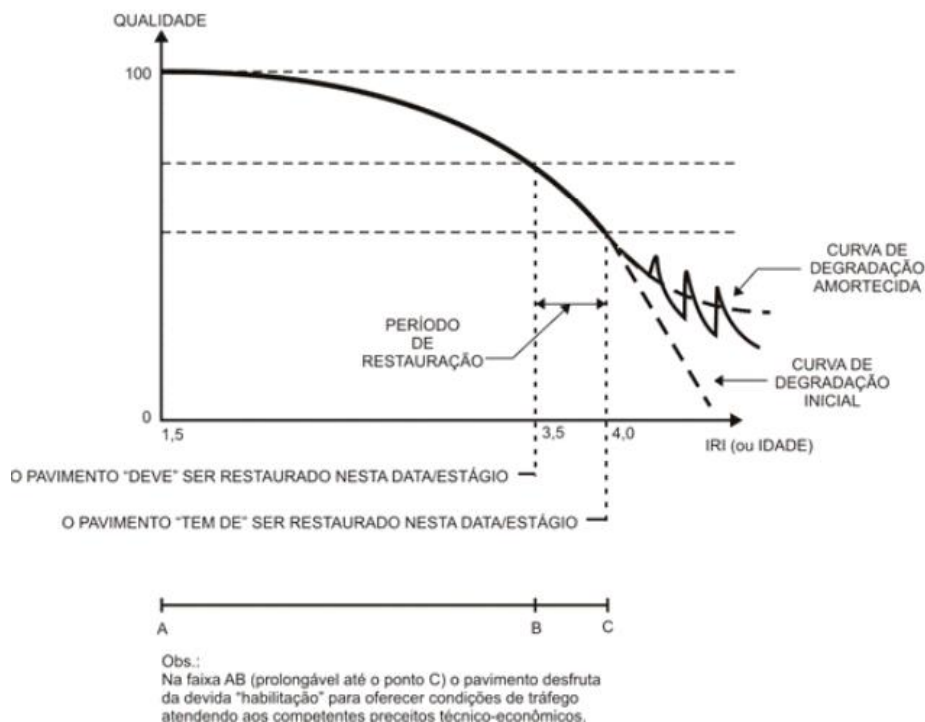
A partir do exposto anteriormente, foi possível quantificar e caracterizar o estado dos pavimentos brasileiros e paranaenses, além de catalogar as patologias mais comuns que podem ser encontradas no pavimento do tipo flexível. Deste modo, torna-se mais fácil dimensionar a vida útil do pavimento e seu estado atual, além de prever as manutenções que devem ser feitas antes que precise de reparos mais invasivos.

### Manutenção e restauração rodoviária

Segundo Faleiros (2005)<sup>20</sup>, ao conhecer os tipos e a intensidade ou severidade de cada defeito do pavimento, é possível a tomada de decisão de qual técnica realizar para correção ou prevenção de cada patologia. O método indicado antes de intervir é coletar amostras e fazer ensaios de todas as camadas da estrutura do pavimento, caso este apresente deformações. A remoção ou

substituição de uma ou mais camadas do pavimento podem ser necessárias para evitar deformações excessivas e agravamento das patologias. A restauração do pavimento é indicada quando este atingir determinado nível de trincamento, deformação ou desagregação, que já não pode ser evitado<sup>20</sup>.

Em concordância, DNIT (2005)<sup>21</sup> cita que se a conservação rotineira e os esforços estruturais, quando necessários, forem feitos corretamente, uma via não se deteriorará até ficar em mau estado, evitando a necessidade de restauração ou reconstrução da estrutura do pavimento. Assim como demonstrado na Figura 12, há um desempenho esperado para o comportamento do pavimento ao longo de seu ciclo de vida, apresentando dois limites, um caracterizado pelo período correto para se fazer a restauração com um certo intervalo de tempo aceitável e o limite máximo até sua ruptura<sup>21</sup>.



**Figura 12.** Curva de deterioração do pavimento. **Fonte:** DNIT – Manual de Conservação Rodoviária (2005)<sup>21</sup>.

De acordo com DNIT (2005)<sup>13</sup>, em decorrência da solicitação estrutural do pavimento, seu desempenho perde qualidade de forma crescente, diminuindo sua vida útil. Deste modo, quando o grau de deterioração estrutural estiver elevado, porém sem apresentar severidade nos defeitos, é recomendável um reforço na estrutura do pavimento, para que sua vida útil seja maior. Contudo, geralmente o reforço não é feito neste estágio, devido a falta de recursos orçamentários, e sim quando o pavimento já está em estágio de deterioração intensa, que evoluiu da fase inicial<sup>21</sup>.

Ainda segundo DNIT (2005)<sup>21</sup>, com o passar da sua vida sem manutenção e reforços estruturais, o pavimento começa a perder sua qualidade inicial e corre o risco de sofrer maiores danos, exigindo restaurações

ou até mesmo reconstruções que são mais onerosas<sup>21</sup>. De acordo com Madeiro (2018)<sup>22</sup>, para evitar custos elevados com a reparação completa do pavimento, costuma-se tomar medidas temporárias para diminuir a velocidade de deterioração, todavia, quando for necessária a solução definitiva, o serviço exigirá maior custo e tempo para ser feito<sup>22</sup>.

A conservação rotineira é definida por operações que devem ser realizadas para reparar ou sanar algum defeito do pavimento, como remendos e selagem de trincas. Estas medidas selam provisoriamente as trincas superficiais através de aplicação de capa selante ou uma camada mais fina de material asfáltico e agregado miúdo usinados, para que não haja penetração de umidade no interior do pavimento<sup>22</sup>.

Neste contexto, de acordo com Ceratti *et al.* (2011)<sup>23</sup> e Balbo *et al.* (2018)<sup>19</sup> os principais métodos utilizados para a manutenção e restauração dos pavimento rodoviários são:

- Fresagem: que consiste em uma intervenção no pavimento quando já existe algum defeito, como trincas, fazendo um corte mecânico de uma ou mais camadas do pavimento por meio de um equipamento chamado fresadora. Este corte pode ter diferentes espessuras se classificando como superficial, rasa, ou profunda, bem como diferentes rugosidades como a padrão, a fresagem fina e a microfresagem. A utilização desta técnica evita a evolução das trincas para defeitos mais complexos<sup>19</sup>;

- Reciclagem dos pavimentos: definida pela reutilização de misturas asfálticas envelhecidas e deterioradas em novas misturas, aproveitando os materiais já utilizados como agregados e ligante residual. Para compor este novo revestimento são utilizados agentes rejuvenecedores, espuma de asfalto, emulsão de asfalto e CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo). Esta técnica tem vantagens ecológicas, já

que evita a retirada de novos materiais da natureza e reduz custos, além de não limitar locais com escassez de materiais para a execução das rodovias. A reciclagem pode ser feita a quente, para reciclar somente a capa, ou a frio se precisar de intervenções na base ou na sub-base do pavimento<sup>19</sup>;

- Microrevestimento asfáltico a frio (MRAF): é um tipo de mistura asfáltica processada a frio, em usina móvel especial, de agregados minerais, filler, água e emulsão modificada com polímero, além de, eventualmente, adição de fibras. É um tipo de revestimento asfáltico utilizado em manutenções preventivas e na reabilitação funcional dos pavimentos. Pode ser utilizado para selagem de trincas, para melhorar a aderência dos pneus na pista, impermeabilização do pavimento, manutenção das superfícies oxidadas, revitalização da superfície

desgastada e preenchimento para afundamento da trilha de roda. Esta técnica também pode ser utilizada para retardar o processo de flexão de trincas, funcionando como uma camada intermediária. Depois de aplicado o MRAF precisa de aproximadamente uma hora de cura até que se normalize o tráfego, sendo vantajosa a sua aplicação em meio urbano e em rodovias com alto volume de tráfego<sup>23</sup>.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No percurso da rodovia analisada, encontraram-se demonstrações reais de algumas patologias descritas pela Norma DNIT 005/2003-TER<sup>7</sup>. Estas foram captadas através de levantamento fotográfico realizado em fevereiro de 2022 e imagens captadas pelo Google Earth do mesmo trecho em anos anteriores. Com isso foi possível a análise da evolução das patologias com relação ao tempo de exposição, sem quaisquer manutenções e reparos.

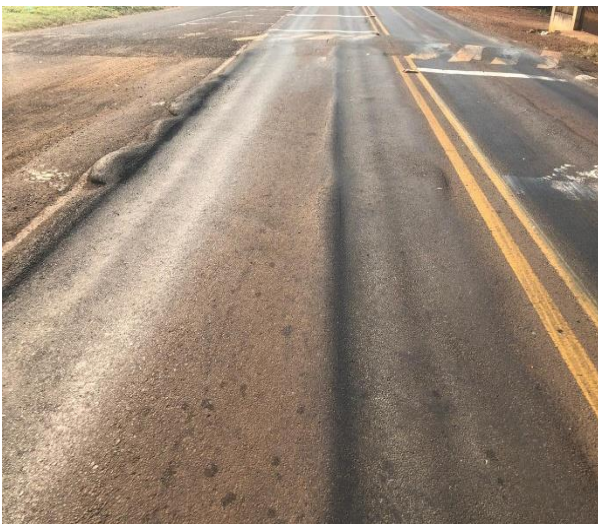
Por meio de levantamento fotográfico e visual, quantificou-se as seguintes patologias: afundamento plástico nas trilhas de roda, panela ou buraco, remendo, escorregamento da capa de rolamento, desgaste, trincas isoladas do tipo transversal e longitudinal e trincas interligadas do tipo couro de jacaré, demonstrados no Quadro 1.

**Quadro 1.** Quantificação das patologias encontradas.

Tipo de patologia	Qtd.	Porcentagem
Afundamento da trilha de roda	06	1,80%
Panela	05	1,50%
Remendo	78	23,42%
Escorregamento da capa de rolamento	09	2,70%
Desgaste	71	21,32%
Trinca Couro de jacaré	58	17,41%
Trinca isolada longitudinal longa	18	5,40%
Trinca transversal curta	40	12,01%
Trinca isolada longitudinal curta	48	14,41%
<b>TOTAL</b>	<b>333</b>	<b>100%</b>

Fonte: os autores (2022)

#### Afundamento plástico da trilha de roda



**Figura 13.** Afundamento da trilha de roda. Fonte: os autores (2022)

Durante o levantamento, observou-se uma parte crítica de afundamento plástico da trilha de roda (Figura 13), localizado próximo a uma lombada, que induz a redução de velocidade dos veículos, tornando-se um local de intensa frenagem e aceleração. O defeito percorre por aproximadamente 100 metros, com afundamento da trilha e, conseqüentemente, formando uma protuberância nos dois bordos da pista e em seu eixo.

#### Causas prováveis

De acordo com observações apontadas por Bernucci *et al.* (2010)<sup>2</sup>, em complemento de DNIT (2005)<sup>21</sup> e DNIT (2006)<sup>18</sup>, tornou-se possível estudar as principais causas para o surgimento desta patologia, dentre elas:

- A fluência plástica ou mudança do teor de umidade de uma ou mais camadas do pavimento, incluindo o subleito;
- Compactação do solo insuficiente;
- Excesso de ligante asfáltico, ou alguma outra falha na dosagem da mistura asfáltica;
- Presença de lombada como redutor de velocidade, já que em regiões do pavimento onde necessitam de movimentos de aceleração e desaceleração de veículos, é comum encontrar deslocamentos da camada de betume, causando escorregamento;
- O tráfego pesado e intenso aliado a sobrecargas excessivas, já que durante a análise caminhões acima do peso permitido pela via (9 eixos) foram vistos transitando carregados pelo lado mais afetado da pista.

#### Solução

A solução ideal para este tipo de caso seria a fresagem superficial para correção de afundamentos maiores que 20mm nas trilhas de roda, com adição de novo revestimento em CBUQ. Esta técnica consiste em fresar a superfície do revestimento existente na espessura média de 40 mm, limpeza da superfície fresada com jateamento de ar comprimido, aplicar a pintura de ligação e preenchimento com CBUQ na espessura média de 40 mm, em conformidade com DER/PR ES-P 31/05<sup>24</sup> e ES-P 21/05<sup>25</sup>.

#### Panela



**Figura 14.** Panela. Fonte: os autores (2022).



Encontrou-se recorrentemente buracos ou panelas, como demonstrados na Figura 14, de variados tamanhos e profundidades em algumas partes do trecho. Inclusive, em um certo ponto, uma quantidade concentrada de diversas patologias deste tipo.

### Causas prováveis

Segundo Bernucci *et al.* (2010)<sup>2</sup> juntamente com as instruções do DNIT (2006)<sup>18</sup> e DNIT (2005)<sup>21</sup>, esta cavidade no revestimento pode surgir devido a diversos motivos como:

- Evolução de um defeito anterior, como trincas, afundamentos e desgastes, por exemplo;
- Desintegração do revestimento, com arrancamento de materiais, provocada pelo tráfego sobre pontos fracos do revestimento;
- Falta de aderência entre as camadas da estrutura, causando o deslocamento de uma ou mais camadas, alterando a estrutura da capa ou de camadas subjacentes, causando a desagregação destas;
- Trincas por fadiga, que ocorrem quando há acúmulo de solicitações de tráfego por longo período;
- Deficiência na compactação;
- Umidade excessiva nas camadas de solo;
- Falha na imprimação.

### Solução

A solução recomendada seria o remendo superficial em cavidades menos profundas, ou seja, Reparos Superficiais Localizados (RLS) de pequenas dimensões. Seria conveniente o reparo dos orifícios abertos a partir de um corte retangular em sua volta, logo depois aplicar a pintura de ligação nos bordos e no fundo do orifício e, posteriormente, adicionar mistura asfáltica em CBUQ, compactando cada camada de até 7cm, em conformidade com DER/PR ES-P 21/05<sup>25</sup>. Exceto caso os efeitos da panela tenha atingido as camadas de base ou sub-base, onde será necessário o remendo profundo para reparar as demais camadas danificadas.

### Remendo

No local avaliado visualizou-se alguns remendos (Figura 15) categorizados como patologia, pois, apesar de servir como um tipo de manutenção e correção de buracos ou panelas, o remendo pode causar desvantagens ao condutor, como desconforto ao trafegar.



Figura 15. Remendo superficial. Fonte: os autores (2022).

### Causas prováveis

Dentre as principais causas dos remendos, que geram alto desconforto, como é o caso estudado, de acordo com Bernucci *et al.* (2010)<sup>2</sup>, DNIT (2005)<sup>21</sup> e DNIT (2006)<sup>18</sup>, destacam-se:

- Má execução;
- Utilização de material de baixa qualidade;
- Problemas construtivos;
- Agressividade das condições ambientais;
- Solicitação intensa de tráfego, ocasionando compactação acima do previsto;

### Solução

É importante recordar que o remendo é uma forma de correção de patologias, contudo, se feito de forma errada pode se tornar a própria patologia. Para saná-la é necessária a remoção do remendo superficial existente deteriorado em formato retangular, assim como o reparo das panelas. Posteriormente aplicar a pintura de ligação e em seguida fazer a substituição por uma nova mistura asfáltica em CBUQ, em conformidade com DER/PR ES-P 21/05<sup>25</sup>.

### Escorregamento da capa de rolamento

Em alguns focos da rodovia analisada, principalmente nos bordos são encontrados deslocamentos do material do revestimento asfáltico (Figura 16), contudo há um ponto mais crítico, que com a ação do afundamento da trilha de roda, gerou também o escorregamento do revestimento.



Figura 16. Escorregamento do revestimento nos bordos. Fonte: os autores (2022).

### Causas prováveis

A partir da análise de Bernucci *et al.* (2010)<sup>2</sup>, DNIT (2005)<sup>21</sup> e DNIT (2006)<sup>18</sup>, foi possível diagnosticar as possíveis causas do escorregamento da capa de rolamento neste local, sendo eles:

- Mistura pouco estável;
- Falta de ligação entre o revestimento betuminoso e a camada subjacente;
- Parada e saída dos veículos nas interseções;
- Falhas construtivas;
- Fluência do revestimento asfáltico decorrente do excesso de ligante.

## Solução

Para corrigir o escorregamento da capa de rolamento são indicados reparos superficiais e pontuais, utilizando a fresagem, técnica já descrita, em conformidade com DER/PR ES-P 31/0524 e ES-P 21/0525. Além disso, deve ser feita a restauração da borda do pavimento para conter a evolução dos defeitos, melhorando as condições de conforto, bem como a segurança dos usuários. Este ato também corrobora para a implantação adequada e eficiente da sinalização horizontal.

## Desgaste

Analisou-se vários focos de desgaste ao longo do trecho, como demonstrado na Figura 17, onde é possível observar certo desprendimento do material e desagregação. De acordo com as causas prováveis, o ligante asfáltico fica impossibilitado de promover retenção dos agregados, que se soltam de acordo com a progressão das ações do tráfego.



Figura 17. Desgaste. Fonte: os autores (2022).

## Causas prováveis

Das causas prováveis que podem ter ocasionado este tipo de defeito, segundo estudos dos autores DNIT (2005)<sup>21</sup>, DNIT (2006)<sup>18</sup> e Bernucci *et al.* (2010)<sup>2</sup>, destacam-se:

- Deslocamento da película betuminosa pela presença de água aprisionada no interior do revestimento;
- Deficiência no teor de ligante e mal uso dos equipamentos;
- Problemas executivos, como a pavimentação em condições de clima adversos ou compactação inadequada;
- Qualidade baixa dos agregados;
- Presença de poeira ou sujeira no momento da construção, causando a perda de coesão entre agregado e ligante.

## Solução

Para corrigir o defeito desgaste deve-se aplicar uma camada fina de recape, ou seja, microrrevestimento asfáltico a frio, para aumentar a vida útil do pavimento e rejuvenescê-lo, melhorando sua capa de rolamento. Este microrrevestimento utilizado é composto por

agregado miúdo, cau hidratada ou cimento Portland, água, aditivo e emulsão asfáltica de Ruptura Controlada (RC) modificada por polímero. A mistura é feita na usina móvel e cai pronta em uma caixa de distribuição para o correto espalhamento, de forma contínua e homogênea, no local a ser restaurado<sup>2</sup>.

## Trincas interligadas – couro de jacaré

As trincas interligadas, do tipo couro de jacaré (Figura 18), descrita como entrelaçadas ou em malhas, formando uma série de pequenos polígonos, também é frequente em um pedaço do local analisado.



Figura 18. Trincas interligadas do tipo couro de jacaré. Fonte: os autores (2022).

## Causas prováveis

A partir da análise de Bernucci *et al.* (2010)<sup>2</sup>, DNIT (2006)<sup>18</sup> e DNIT (2005)<sup>21</sup>, foi possível identificar as possíveis causas para o aparecimento das trincas interligadas do tipo couro de jacaré, sendo:

- Ruptura da camada de rolamento devido às solicitações do tráfego e envelhecimento;
- Pequena espessura da camada de revestimento;
- Evolução de um trincamento em blocos.
- Efeitos cumulativos da fadiga por carregamento excessivo;
- Variabilidade dos materiais do pavimento e subleito;
- Regiões com maiores deflexões;
- Estrutura inaquedada para o tráfego.

## Solução

Para solucionar os defeitos das trincas interligadas em focos menores, segundo instruções de Castro (2009)<sup>4</sup>, é necessária reconstrução localizada. Nesta técnica o local afetado pela patologia será recortado em formato retangular utilizando a máquina cortadora de asfalto, em uma profundidade a depender de qual camada está sendo afetada pela trinca, geralmente até a base. É importante deixar as bordas do recorte verticalmente em relação a capa de rolamento sem qualquer resíduo ou material solto. Logo depois, deve-se imprimir as superfícies verticais com um tipo de pintura impermealizante, utilizando emulsão asfáltica. Na sequência, colocar a estrutura de reposição das

camadas, específica para cada caso, formando a base e imprimá-las também. Posteriormente, despejar a mistura asfáltica sobre o recorte, espalhando e compactando o material para que fique nivelado com o restante da capa.

### Trincas isoladas – transversais e longitudinais

As trincas isoladas do tipo longitudinal e transversal (Figura 19) superficiais e finas, em sua variação de extensões do tipo curta e longa, demonstrou-se bastante frequente em grande parte da extensão do pavimento.



**Figura 19.** Trincas isoladas do tipo longitudinal longa e transversal curta, respectivamente. **Fonte:** os autores (2022).

### Causas prováveis

A partir da análise de Bernucci *et al.* (2010)<sup>2</sup>, juntamente com DNIT (2005)<sup>21</sup> e DNIT (2006)<sup>18</sup>, foi possível elencar as principais possíveis causas para o aparecimento de trincas isoladas, transversais ou longitudinais, curtas ou longas no local analisado, sendo:

- Trinca por envelhecimento quando o ligante perde seus elementos mais leves ficando suscetível a rompimentos;
- Trinca por flexão, quando há um trincamento na camada inferior que se propaga até o revestimento asfáltico;
- Concentração de tensões no entorno da região onde surgiu a trinca;
- Retração térmica e alta rigidez do ligante betuminoso associado com a variação de temperatura;
- Umidade no acostamento, causando recalque do terreno de fundação ou ruptura de aterros;
- Tráfego com ciclo de carregamento e alívio constantes promovem tensões na fibra interior do pavimento.
- Excesso de finos no revestimento;
- Deficiência na compactação, podendo ser excessiva, com a base instável ou com a mistura ainda muito quente.

### Solução

De acordo com DNIT (2005)<sup>21</sup>, para a devida solução das trincas isoladas deve-se fazer a selagem de trinca com emulsão asfáltica e pó de pedra ou areia. Esta técnica consiste no preenchimento de trincas e fissuras

do revestimento betuminoso, com aplicação manual de material asfáltico para impedir a penetração de água nas camadas inferiores do pavimento. Depois do enchimento das trincas no revestimento betuminoso com material asfáltico sem excesso, deve-se cobrir com pó de pedra ou areia e em seguida espalhar o agregado sobre o material betuminoso com o rolo<sup>21</sup>.

Realizando uma análise geral das verificações apresentadas, foi possível indicar as principais características de cada patologia encontrada, as possíveis causas e propor soluções de reparo e manutenção da via. Para melhor entendimento do tema analisou-se diversas referências bibliográficas e normas pertinentes para chegar-se ao bom entendimento das patologias encontradas, auxiliando nas pesquisas futuras relacionadas a pavimentos flexíveis.

## 4. CONCLUSÃO

Por conseguinte, a partir dos relatórios fotográficos e análise visual, no trecho de rodovia estudado, nota-se demasiada quantidade de patologias em estágio inicial e avançadas ao longo de toda extensão. Esta pesquisa motivou-se a catalogar, dar a definição, as possíveis causas e a solução para cada patologia a maior eficiência. Tornando-se assim esta pesquisa um pequeno guia para pesquisa dos defeitos mais comuns em pavimentos asfálticos.

De acordo com CNT (2021a)<sup>10</sup>, rodovias no âmbito nacional possuem quase 70% de seu pavimento classificado como regular, ruim ou péssimo. Neste estudo de caso foram encontradas algumas patologias que podem ser responsáveis por esta porcentagem, como: afundamento da trilha de roda, panela, remendo, escorregamento da capa de rolamento, desgaste, trinca couro de jacaré e trincas isoladas do tipo longitudinal longa e curta e do tipo transversal curta. Sendo o remendo a patologia mais encontrada na pista com 23,42% de incidência, contabilizando 78 focos deste mesmo defeito. Logo em seguida o desgaste também é destacado, já que possui 71 focos na pista, totalizando 21,32% de incidência.

Há inúmeras causas possíveis para cada patologia, em resumo podem acontecer por fluência plástica, deficiência na compactação, falha na mistura e dosagem, presença de resutores de velocidade, ações do tráfego intenso e pesado, evolução de defeitos anteriores, falta de aderência entre as camadas do pavimento, umidade excessiva do solo, falha na execução, material de baixa qualidade, água aprisionada no interior do pavimento, intempérie severa, envelhecimento do pavimento, regiões mais frágeis ou com maiores deflexões, estrutura inadequada para determinado tráfego, trinca por flexão, tensões pontuais, retração térmica e umidade no acostamento.

Contudo, de acordo com a análise, as causas que obtiveram maior incidência na pesquisa foram: a fluência plástica, a compactação do solo deficiente, as ações do tráfego e a evolução de defeitos anteriores, tornando-se os maiores impecilhos na construção de pavimentos funcionais.

Por meio dos dados apresentados neste estudo, depreende-se que a melhor solução para a resolução das patologias é priorizar as intervenções parciais antes da execução de serviços mais onerosos e definitivos. As soluções parciais incluem ações para o rejuvenescimento e a impermeabilização da camada de rolamento através de manutenções preventivas superficiais, como mencionado por DNIT (2016)26. Entretanto, quando a patologia já está em estágio avançado deve-se fazer as manutenções necessárias sendo o remendo profundo a solução mais eficiente, restaurando desde as camadas anteriores ao revestimento, principalmente a camada de base.

Por conseguinte, consoante com o que foi dito por CNT (2021a)10 o caminho para se elevar a qualidade das rodovias brasileiras e suavizar os impactos socioambientais das deficiências de infraestrutura necessita-se tanto de construções de novas vias quanto de manutenções das já existentes. Para isso, é preciso que haja confluência entre a participação pública e privada, com o contínuo aumento e melhoria dos programas de concessões, bem como de um maior direcionamento de recursos e de execução pública para as rodovias estaduais e federais10.

Por fim, é necessário ter maiores estudos de caso como este de diferentes regiões do Brasil, para levantar dados relevantes do estado das rodovias do país e quantificar as patologias encontradas citando as causas prováveis e suas soluções. Portanto, a partir de pesquisas e análises, realizar conservações rotineiras e esforços estruturais, quando necessários. Estas manutenções devem ser feitas no período indicado para cada patologia, possibilitando melhor planejamento financeiro e preservando investimentos públicos.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] Reis NFS. Análise Estrutural de Pavimentos Rodoviários: Aplicação a um Pavimento Reforçado com Malha de Aço, 2009, 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.
- [2] Bernucci L, Motta L, Ceratti J, Soares J. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2010.
- [3] Nascimento BPS, Neves GA, Ribeiro GA, Souza LBG, Correia LS. Viabilidades e Benefícios na Implementação da Pavimentação de Concreto nas Cidades Brasileiras. Anais Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 7., Goiânia. 2021.
- [4] Castro CET. Defeito dos pavimentos asfálticos e suas causas. Porto Alegre/RS, PUCRS - Curso de Engenharia Civil, Notas de aula, ago/2009, 20p.
- [5] Pastana CET. Pavimentações de estradas II. Marília/SP, UNIMAR - Curso de Engenharia Civil, Notas de aula, jul/2006, 87p.
- [6] CNT - Confederação Nacional do Transporte. Pesquisa CNT de rodovias de 2021. Brasília: CNT: SEST: SENAT 2021b. [acesso em 21 mar. 2022]. Disponível em: [https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/Pesquisa\\_CNT\\_Rodovias\\_2021\\_Web.pdf](https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/Pesquisa_CNT_Rodovias_2021_Web.pdf).
- [7] DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. DNIT 005-TER: defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia. Rio de Janeiro, 2003.
- [8] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico de 2010: população estimada de Jardim Alegre no ano de 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. [acesso em 22 mai. 2022]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/jardim-alegre>.
- [9] Pereira DBS. Análise do Impacto das Condições de Rodovias Pavimentadas na Renovação da Frota de Transporte Rodoviário de Carga, 2006, 114p. Dissertação (Mestrado em Transporte) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.
- [10] CNT - Confederação Nacional do Transporte. Pesquisa CNT de rodovias: classificação das rodovias avaliadas. Brasília: CNT: SEST: SENAT 2021a. [acesso em: 21 mar. 2022]. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/PainelIframe/PesquisaCNTRodovias.html>.
- [11] Pinto JIBR. Caracterização superficial de pavimentos rodoviários. 2003, 261p. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2003.
- [12] Flek CM. Diagnóstico de patologias encontradas na rodovia br-050 entre Araguari e Uberlândia. Universidade FUMEC. Revista CONSTUINDO, Belo Horizonte, v. 9, ed. Esp. de Patologia, p. 48 – 61, Jul – dez., 2017.
- [13] Vieira EA. Quantificação e avaliação de danos em trecho de pavimento flexível de avenidas de Ribeirão Preto, SP, Brasil. Revista estação científica UNIFAP, Macapá, v. 1, n. 1, p. 95-98, 2011.
- [14] Bonet II. Valorização do resíduo areia de fundição (raf). incorporação nas massas asfálticas do tipo c.b.u.q. 2002, 142p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- [15] Fontes LPTL. Otimização do desempenho de misturas betuminosas com betume modificado com borracha para reabilitação de pavimentos. 2009, 281p. Dissertação (doutorado em Engenharia Civil – Vias de comunicação) – Escola de engenharia, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, Braga, Portugal, 2009.
- [16] Solanki P, Zaman M. Design of semi-rigid type of flexible pavements. International Journal of Pavement Research and Technology, 2017.v. 10, p. 99-111.
- [17] DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. NORMA DNIT 155/2010 – ES: Pavimentação asfáltica – Recuperação de defeitos em pavimentos asfálticos - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, nov. 2010.
- [18] DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Manual de restauração de pavimentos asfálticos. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006.
- [19] Balbo JT, Bernucci LLB, Fernandes LPG, Otsubo MT, Sousa MRR. Relatório 1: Fresagem e Reciclagem Asfáltica em Obras de Reabilitação. Engenharia de Transportes – Avaliação e Reabilitação de Pavimentos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2018.
- [20] Faleiros LM. Estradas: pavimento. Franca/SP, USP – Curso de Engenharia Civil, Notas de aula, Jul/2005, 39p.
- [21] DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Manual de conservação rodoviária. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.
- [22] Madeiro EV. Diretrizes para elementos mínimos de anteprojeto de obras de restauração de pavimentos asfálticos. 2018, 80p. Dissertação (Monografia de

Especialização), Instituto Serzedello Corrêa, Tribunal de Contas da União, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2018.

- [23] Ceratti JAP, Reis RMM. Manual de Microrrevestimento Asfáltico a Frio – MRAF. São Paulo: Oficina de Textos; Rio de Janeiro: Instituto Pavimentar, 2011.
- [24] DER/PR – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná. ES-P 31/05: Pavimentação: Fresagem a Frio. Especificação de serviços rodoviários. Curitiba, 2005.
- [25] DER/PR – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná. ES-P 21/05: Pavimentação: Concreto Asfáltico Usinado a Quente. Especificação de serviços rodoviários. Curitiba, 2005.
- [26] DNIT Distrito Federal. Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. Superintendência de Obras. Manual de Planejamento e Procedimentos das Atividades de Conservação Rodoviária Executadas Pelos Distritos Rodoviários do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal - DER/DF. 2. ed. Brasília: Secretaria de Estado de Mobilidade, 2016.