

# ESTUDO DE CASO DAS PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS NA BR-376

## CASE STUDY OF PATHOLOGIES OF FLEXIBLE ASPHATIC PAVEMENTS IN BR-376

PÂMELA NATALY BOMFIM GOULART **PARDINHO**<sup>1</sup>, ANA LÍDIA DA SILVA CASCALES **CORRÊA**<sup>2\*</sup>, GABRIEL XAVIER **JORGE**<sup>3</sup>

1. Engenharia Civil pela Universidade Norte do Paraná – UNOPAR, Londrina-PR; 2. Professora da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional-FEITEP, Maringá-PR; 3. Professor da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional-FEITEP, Maringá-PR.

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

Recebido em 20/02/2024. Aceito para publicação em 08/05/2024

### RESUMO

As condições das vias asfálticas brasileiras impactam o dia a dia dos usuários, pois as estradas desempenham funções essenciais, como o escoamento de produção e de bem-estar social ao dar acesso à educação, saúde, cultura, lazer, convívio social etc. As patologias que ocorrem impossibilitam os pavimentos de atingir seus propósitos para qual foram projetados, tornando sua utilização ineficaz e podendo até converter-se em riscos aos usuários. Este trabalho busca compreender como o tráfego e o clima influenciam na deterioração dos pavimentos, com base em pesquisas bibliográficas de autores de renome no cenário nacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimento; patologia; degradação.

### ABSTRACT

The conditions of Brazilian asphalt roads have a profound impact on the daily lives of users, as roads play essential roles in economic functions such as the transportation of goods and in social well-being by providing access to education, healthcare, culture, leisure, and social interaction. The occurring pathologies prevent pavements from achieving their intended purposes, rendering their use inefficient and potentially posing risks to users. This study aims to comprehend how traffic and climate influence pavement deterioration, based on literature research from renowned authors in the national context.

**KEYWORDS:** Pavement; pathology; deterioration.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao se deparar com a necessidade de encontrar acessos as áreas cultiváveis e outras fontes para a sua subsistência, o homem criou o que se denomina hoje de estradas<sup>1</sup>. As estradas estiveram presentes no desenvolvimento das grandes civilizações, por exemplo o Império Romano que embora não tenha sido o primeiro a criar as estradas, desenvolveu uma extensa e complexa rede de vias pavimentadas que ligou todas as regiões do continente europeu, contribuindo para que se tornassem o maior império em extensão territorial da história<sup>13</sup>.

Com o passar dos tempos e com o crescimento dos

meios de locomoção foi se percebendo que o solo natural não era suficientemente resistente para suportar as repetições de cargas, sem sofrer deformações significativas<sup>1</sup>.

Tornou-se necessário a construção de uma estrutura sobre o subleito para suportar as cargas dos veículos, distribuindo as solicitações as suas diversas camadas, de maneira a aliviar pressões sobre as camadas inferiores, que geralmente são menos resistentes, limitando as tensões e as deformações garantindo um desempenho adequado da via, por um longo período de tempo<sup>2</sup>, e pode ser classificado em tipos.

O pavimento pode ser classificado em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis, no qual, o rígido apresenta revestimento com uma elevada rigidez, no que se refere as camadas inferiores, absorvendo praticamente todas as tensões do carregamento aplicado<sup>14</sup>.

Para o pavimento flexível, todas as camadas sofrem deformações elásticas, a carga aplicada se distribui em parcelas equivalentes entre as camadas<sup>13</sup>.

De acordo com pesquisas realizadas no ano de 2021 pela Confederação Nacional de Transportes – CNT, 99% das malhas viárias brasileiras são constituídas de pavimento flexível, possuindo uma vida útil (considerando que a manutenção periódica seja correta) entre 8 e 12 anos, essa mesma pesquisa revela que grande parte dessas rodovias não estão em bom estado, dos pavimentos analisados mais da metade apresentam problemas no estado geral e recebem classificação ruim e péssima<sup>3</sup>.

Segundo DNIT (2006, p.26)<sup>7</sup>, “quando se aproxima do final do ciclo de vida, o pavimento passa a apresentar um desempenho próximo de sua condição limite permissível, no qual o processo de deterioração tenderá a crescer de forma acentuada”.

Os defeitos de um pavimento não acontecem de forma inesperada, mas sim pelas propriedades dos materiais que o constitui e que se alteram quando o uso do pavimento é liberado<sup>6</sup>.

Para Bernucci et al. (2006)<sup>2</sup> os danos no pavimento podem ocorrer precocemente, em função de erros ou inadequações, ou a médio ou a longo prazo devido as solicitações de cargas e ações do clima.

Ao ser executado uma via com uma melhor capacidade de rolamento, automaticamente será

proporcionado aos usuários uma redução nos custos operacionais, visto que, as manutenções e operações estão associadas as condições que se encontram o pavimento<sup>1</sup>.

Fundamentado em pesquisas bibliográficas, normas, artigos e documentos, esse estudo de caso tem por finalidade apresentar as patologias situadas na rodovia BR-376.

Por se tratar de uma via com tráfego intenso, constituída pela principal ligação entre os municípios importantes do estado e a formação de um corredor de transporte de mercadorias e escoamento de safras, tornou-se necessário a aplicação desse estudo<sup>4</sup>.

Este trabalho visa explorar as possíveis causas dos defeitos identificados nos pavimentos e analisar os motivos que têm contribuído para as classificações abaixo do esperado das rodovias brasileiras, com foco específico na BR-376.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### Método

O estudo de caso pode ser classificado quanto ao método em científico dedutivo, pois tem como objetivo explorar pesquisas bibliográficas tendo uma abordagem qualitativa, de modo a avaliar as condições do pavimento e suas possíveis causas, com a realização de inspeção visual e fotográfica, e serão compreendidas as condições do pavimento e os motivos do surgimento patológico.

### Local do estudo e características da Rodovia

O empreendimento estudado, é pertencente a uma das Rodovias do Estado do Paraná mais conhecida como Rodovia do Café – responsável pelo trajeto entre o município de Curitiba ao Noroeste do estado como demonstrado na Figura 1<sup>4</sup>.

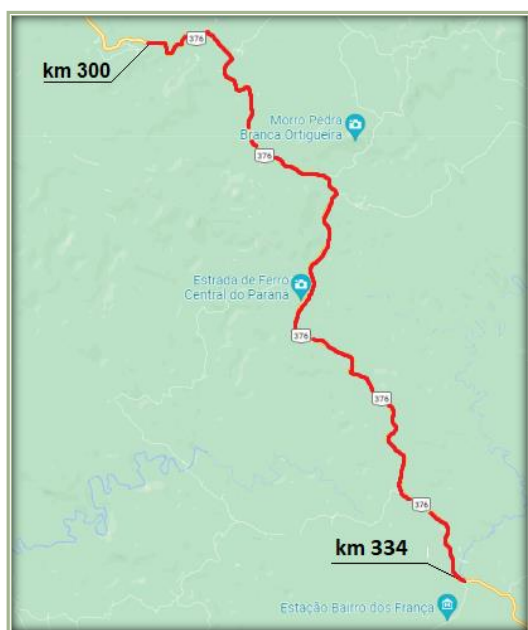


Figura 1. Localização da via. Fonte: Autores (2022).

O trecho analisado possui 34 quilômetros, sua

integração é composta por: pista simples (2 quilômetros), pista com 3ª faixa (2 quilômetros) e pista duplicada (onde 22 quilômetros são duplicação recente e 8 quilômetros duplicação existente) e está situado entre as cidades de Mauá da Serra, que possui uma população estimada em 10.994 habitantes e Ortigueira, que contém 21.783 habitantes<sup>5</sup>, cidades do estado do Paraná.

### Classificação do Pavimento

O segmento de estudo é composto em toda sua extensão por pavimento flexível que, recebe essa designação por conter em sua estrutura diversas camadas, conforme descrito na Figura 2, em que todas sofrem deformação elástica à medida que as cargas decorrentes do tráfego se distribuem<sup>6</sup>.

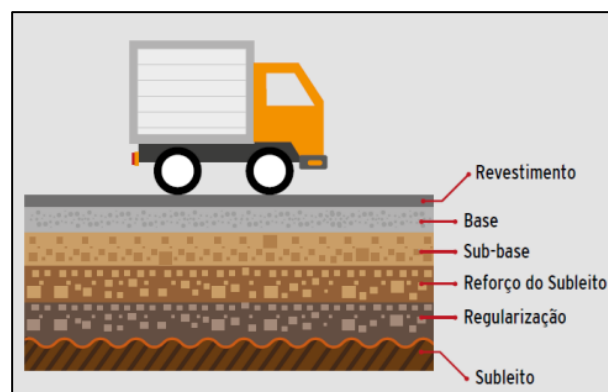


Figura 2. Ilustração do sistema de camadas de pavimento. Fonte: CNT (2017)<sup>6</sup>.

As definições das camadas do pavimento flexível são compostas por:

- “Subleito: é o terreno de fundação do pavimento”<sup>7</sup>.
- Reforço do Subleito: aplicada quando a camada do subleito necessitar de estabilização granulométrica<sup>10</sup>.
- Sub-base: camada que complementa a base<sup>7</sup>.
- Base: camada que tem por finalidade resistir e distribuir os esforços provenientes do tráfego<sup>7</sup>.
- Revestimento: responsável por receber diretamente as ações das cargas, destinado a melhorar a comodidade e segurança, bem como resistir aos esforços horizontais, tornando mais durável a superfície da via<sup>11</sup>.

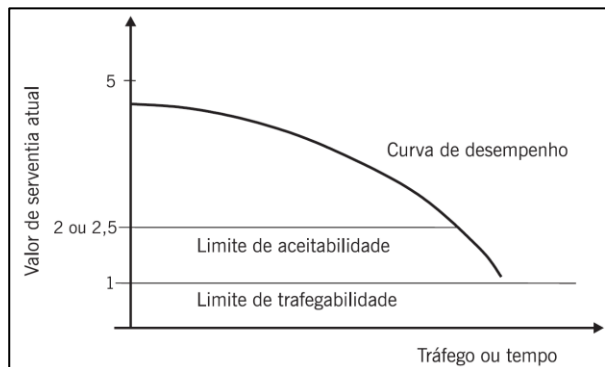
### Causa dos defeitos

Os erros ou inadequações que podem reduzir (Figura 3) o tempo de vida do pavimento estão relacionados a: falhas de projeto; na seleção, na dosagem ou na produção de materiais; na execução dos serviços; nos procedimentos tomados para conservação e manutenção<sup>2</sup>.

As deteriorações causadas por veículos, de caráter dinâmico, são influenciadas por diversos fatores, tais como: carga por eixo, pressão de enchimento dos pneus, tipo de pneu, tipo de rodagem, tipo de veículo, tipo de suspensão e velocidade dos veículos<sup>8</sup>.

O clima da mesma forma contribui para a precipitação das patologias, visto que a água da chuva promove queda de capacidade de suporte, pois ao se

trafegar, a estrutura sofre maiores deslocamentos, gerando defeitos nas superfícies e maiores danos estruturais.



**Figura 3.** Variação de serventia com o tráfego ou com o tempo decorrido de utilização da via. **Fonte:** Bernucci (2006)<sup>2</sup>.

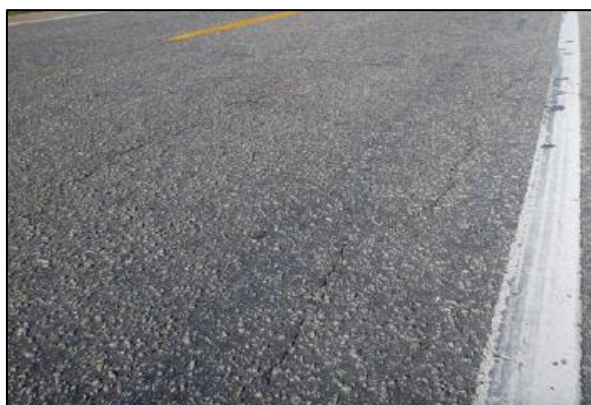
A temperatura também afeta o comportamento dos materiais, com o seu aumento reduz a viscosidade dos ligantes asfálticos e resistência das misturas às deformações<sup>2</sup>.

### Manifestações das Patologias no Pavimento

Os danos causados nos pavimentos são determinados, “principalmente, por similaridade nos mecanismos de ocorrência e na aparência visual”, podendo ser associados em duas classes: estrutural – capacidade do pavimento de suportar cargas – e funcional – qualidade de segurança e trafegabilidade em termos de rolamento<sup>12</sup>.

Serão apresentamos alguns dos mais importantes defeitos dos revestimentos asfálticos dos pavimentos bem como suas descrições.

As fissuras são fendas – qualquer ruptura que conduza aberturas no pavimento<sup>9</sup> – perceptíveis a uma distância inferior a 1,50 metros, podendo se apresentar de forma isolada como longitudinal, transversal e oblíqua, quando seu comprimento for inferior a 30cm, como demonstrado na Figura 4<sup>12</sup>.



**Figura 4.** Fissura. **Fonte:** CNT (2017)<sup>6</sup>.

Assim como as fissuras, as trincas são classificadas como fendas, porém com abertura superior a da fissura, são facilmente visíveis, denominadas como trinca isolada e trinca interligada<sup>9</sup>.

- Trinca isolada
  - Transversal e longitudinal: considerando a

Figura 5, a trinca transversal apresenta-se em direção perpendicular ao eixo da via<sup>9</sup>.



**Figura 5.** Trinca transversal. **Fonte:** CNT (2017)<sup>6</sup>.

Já a trinca longitudinal, apresentada na Figura 6, acontece de forma paralela a linha central do pavimento<sup>15</sup>.



**Figura 6.** Trinca longitudinal. **Fonte:** CNT (2017)<sup>6</sup>.

As trincas isoladas são designadas como trincas curta, quando apresentam extensão de até 100cm, se porventura a extensão for superior a 100cm são denominadas trincas longa<sup>9</sup>.

- Trinca de retração: se manifesta devido as variações volumétricas dos materiais sob ação de baixas e rigorosas temperaturas<sup>1</sup>.

- Trinca interligada

- Tipo Jacaré: as trincas tipo jacaré são interligadas sem direções preferenciais, tendo em seu aspecto a semelhança ao couro de jacaré. Podendo apresentar, ou não, erosão acentuada, como pode ser observado na Figura 7<sup>9</sup>.



**Figura 7.** Trinca interligada – tipo jacaré. **Fonte:** CNT (2017)<sup>6</sup>.

- Tipo Bloco: conjunto de trincas interligadas

formando blocos, como pode ser observado na Figura 8, possuem lados bem definidos<sup>9</sup>.



**Figura 8.** Trinca interligada – tipo bloco. Fonte: CNT (2017)<sup>6</sup>.

Nas Figuras 9 e 10 observa-se a patologia diagnosticada como afundamento, é caracterizada por depressão da superfície da via, podendo-se apresentar de forma plástica ou por consolidação<sup>15</sup>.



**Figura 9.** Afundamento plástico. Fonte: CNT (2017)<sup>6</sup>.

Ambos podem ser titulados por afundamento local, quando sua extensão for de até 6 metros, e por afundamento por trilha de roda quando seu comprimento for superior que 6 metros<sup>9</sup>.



**Figura 10.** Afundamento de consolidação. Fonte: CNT (2017)<sup>6</sup>.

A Figura 11, demonstra o defeito de ondulação ou corrugação, que é caracterizado por ondulações transversais na superfície do revestimento<sup>7</sup>.



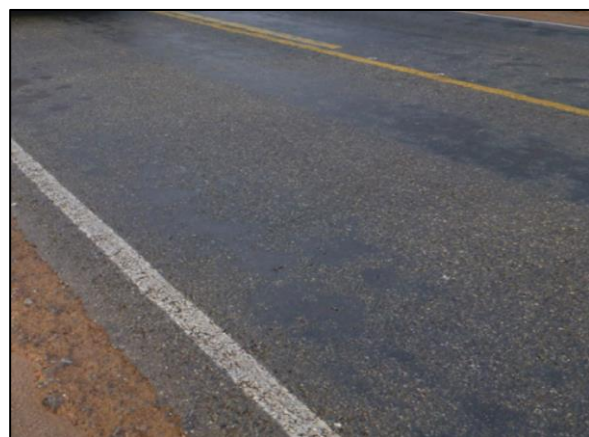
**Figura 11.** Ondulação ou Corrugação. Fonte: CNT (2017)<sup>6</sup>.

O escorregamento consiste em um deslocamento horizontal do revestimento, como observa-se na Figura 12, ocasionados por excesso de cargas transmitidos pelos veículos, produzindo fendas em forma de meia lua<sup>7</sup>.



**Figura 12.** Escorregamento. Fonte: CNT (2017)<sup>6</sup>.

Ocasionada por excesso de ligante, a exsudação se caracteriza por manchas com proporções variadas, como pode ser analisada na Figura 13, comprometendo a aderência do revestimento aos pneumáticos, principalmente em tempos de chuva<sup>7</sup>.



**Figura 13.** Exsudação. Fonte: CNT (2017)<sup>6</sup>.

Caracterizado por aspereza no revestimento, a Figura 14 ilustra o defeito definido como desgaste,

podendo ser provocado por esforços tangenciais, possuindo efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento<sup>16</sup>.



Figura 14. Desgaste. Fonte: CNT (2017)<sup>6</sup>.

As panelas ou buracos são cavidades de tamanhos variados que se formam a princípio no revestimento do pavimento<sup>7</sup>. A Figura 15 demonstra como a patologia descrita pode ser encontrada.



Figura 15. Panela ou buraco. Fonte: CNT (2017)<sup>6</sup>.

Na Figura 16 pode ser observado a patologia conhecida como remendo ou preenchimento das panelas<sup>9</sup>.



Figura 16. Remendo Fonte: CNT (2017)<sup>6</sup>.

Considerado remendo profundo quando há substituição de uma ou mais camadas, e remendo superficial quando sua correção for aplicada na camada

betuminosa<sup>9</sup>.

### 3. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso, ocorreu na BR-376, entre o quilômetro 300 ao 334. Os tipos de defeitos *in loco* levantados, através de fotografias e análise visual, estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Patologias encontradas entre os quilômetros 300 ao 334.

PATOLOGIAS	QUANTIDADES
Fissuras	2
Trinca Isolada - Transversal	2
Trinca Isolada - Longitudinal	3
Trinca Interligada - Tipo Jacaré	3
Trinca Interligada - Tipo Bloco	5
Escorregamento	1
Panela ou Buraco	9
Remendo	8
<b>Total</b>	<b>33</b>

Fonte: Autores (2022).

Diante da tabela exposta e o gráfico representado pela Figura 17, percebe-se que entre os 08 defeitos encontrados na malha analisada, cerca de 52% correspondem as patologias conhecidas como panela ou buraco (28%) e remendo (24%).

Das trincas levantadas 6% consistem em trinca isolada transversal, 9% trinca isolada longitudinal, 9% trinca interligada tipo jacaré e 15% de trinca interligada tipo bloco, somando 39% de defeitos constituído por trincas, 9% das patologias restantes se limitam em fissuras (6%) e escorregamento (3%).

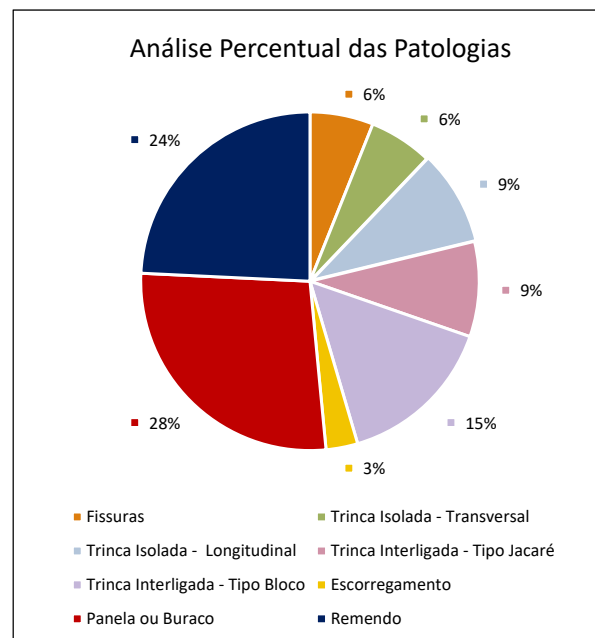


Figura 17. Análise percentual das patologias encontradas in loco. Fonte: Autores (2022).

Na Tabela 2 encontra-se expressa os graus de severidade de cada patologia identificada no trecho já citado anteriormente.

**Tabela 2.** Grau de Severidade.

Os revestimentos asfálticos em algum estágio de sua

PATOLOGIAS	GRAU DE SEVERIDADE		
	Baixo	Médio	Alto
Fissuras	-	-	-
Trinca Isolada - Transversal	Trincas seladas, com qualquer abertura e material selante em condições satisfatórias para prevenir substancialmente a infiltração Trincas não seladas com pouca ou nenhuma erosão e abertura média inferior a 6mm.	Trincas moderadamente erodidas, com qualquer abertura (seladas ou não) Trincas seladas e não erodidas, mas com selante em más condições ou com abertura das fendas maior que 6mm Trincamento aleatório Trinca com pouca ou nenhuma erosão.	Trincas severamente erodidas Trincamento aleatório de média ou alta severidade, próximo da trinca.
Trinca Isolada - Longitudinal	Idem a Trinca Isolada Transversal.	Idem a Trinca Isolada Transversal.	Idem a Trinca Isolada Transversal, com o acréscimo de trincas que causam severo impacto quando o veículo as atravessa.
Trinca Interligada - Tipo Jacaré	Quando apresenta trincas capilares, sem erosão nas bordas, desconectadas ou com poucas conexões, paralelas ao eixo da estrada.	Já aparecem peças formadas por trincas, sem erosão nas bordas ou com pouca erosão.	As trincas apresentam erosão maior nas bordas, algumas peças soltas, balançando com o tráfego. Pode existir bombeamento.
Trinca Interligada - Tipo Bloco	Trincas não seladas com pouca ou nenhuma erosão e abertura média inferior a 6mm Trincas seladas cujos selantes estão em condições satisfatórias para prevenir a infiltração de umidade.	Trincas seladas ou não seladas, moderadamente erodidas Trincas seladas e não erodidas, mas com selante em más condições ou com abertura das fendas maior que 6mm Trincas seladas, não erodida ou com pouca erosão, mas que apresentam o selante em condição insatisfatória.	Trincas severamente erodidas.
Escorregamento	Deformação plástica do revestimento, causam alguma vibração no veículo, mas não desconforto.	Deformação plástica do revestimento, causam alguma vibrações significativas no veículo e cria algum desconforto.	Deformação plástica do revestimento, causam excessiva vibração no veículo, cria desconforto substancial e acarreta riscos de segurança ou de dano no veículo, requerendo redução da velocidade
Panela ou Buraco	Apresentam profundidades menores que 2,5cm e cobrem menos que 0,28m <sup>2</sup> de área (cerca de 60cm de diâmetro).	Profundidades menores que 2,5cm e cobrem mais que 0,28m <sup>2</sup> de área Profundidades compreendidas entre 2,5cm e 5,0cm e cobrem menos que 0,28m <sup>2</sup> de área Apresentam profundidade maior que 5,0cm e cobrem menos que 0,10m <sup>2</sup> de área (cerca de 40cm de diâmetro).	Profundidade entre 2,5cm e 5,0cm e cobrem mais que 0,28m <sup>2</sup> de área Mais que 5,0cm de profundidade e cobrem mais que 0,10m <sup>2</sup> de área.
Remendo	Apresenta-se em muito boa ou excelente condição, com desempenho satisfatório.	Contém qualquer tipo de defeito.	Quando se encontra muito deteriorado, necessitando ser refeito.

Fonte: Adaptação do Manual para identificação de defeitos de revestimentos asfálticos de pavimento. (1993)<sup>12</sup>.

**Possíveis causas das patologias**

Ao longo do percurso analisado, foi possível constatar poucas manifestações de fissuras (conforme Figura 18) no pavimento.



**Figura 18.** Fissura. Fonte: Autores (2022).

Segundo Domingues (1993)<sup>12</sup>, a presença de fissuras no pavimento pode ocorrer por má dosagem do asfalto, excesso de finos no revestimento e compactação excessiva ou inadequada (quando a base não possui estabilidade ou quando a mistura está muito quente). Por se tratar de defeitos iniciais, o autor ainda considera que as fissuras não possuem nenhum grau de severidade ao pavimento.

vida tendem a trincar por influência das ações combinadas do tráfego e das circunstâncias ambientais<sup>7</sup>.

A Figura 19 apresentada adiante se trata de uma trinca isolada transversal longa, pois seu comprimento possui cerca de 250cm<sup>9</sup> – considerando aqui a largura do acostamento.



**Figura 19.** Trinca isolada transversal. Fonte: Autores (2022).

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2005)<sup>15</sup>, a causa da trinca transversal se deve ao fato de haver contração/dilatação do revestimento ou ao envelhecimento do asfalto.

Assim como a trinca transversal a trinca isolada longitudinal, como apresentado na Figura 20, pode vir a surgir por contração da capa<sup>13</sup>.



**Figura 20.** Trinca isolada longitudinal. **Fonte:** Autores (2022).

Na Figura 21 pode ser verificado o estágio inicial do defeito conhecido como trinca interligada – tipo couro de jacaré.



**Figura 21.** Trinca interligada – tipo jacaré, na fase inicial. **Fonte:** Autores (2022).

O seu mecanismo de ocorrência inicia-se na superfície inferior da capa asfáltica, onde as forças de tração e os esforços são maiores sob o peso do tráfego. As fissuras passam a se propagar para a superfície, a princípio como uma ou mais trincas longitudinais paralelas (como pode ser analisado na Figura 21), logo após tornam-se trincas que se conectam, depois de repetidas ações de peso ocasionados pelo tráfego, formando segmentos semelhantes a pele de um jacaré<sup>12</sup>.

A manifestação dessa trinca, pode ser por: repetições de cargas do tráfego, ação climática, envelhecimento do ligante, compactação deficiente, entre outros<sup>13</sup>.

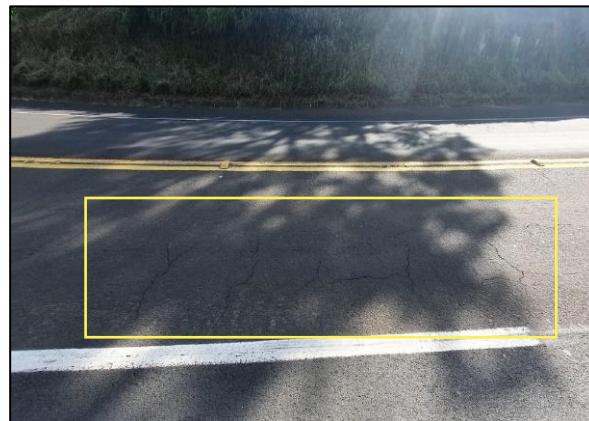
Por se tratar de uma rodovia que possui 3 faixas e com um fluxo intenso de veículos (sendo analisado aqui a importância da rodovia, como já mencionado anteriormente nesse estudo<sup>4</sup>), constatou-se que o surgimento da patologia já mencionada pode ser devido as repetições de cargas na pista.

Observa-se na Figura 22, a manifestação da deterioração de pavimento conhecida como trinca interligada tipo bloco.

Para Balbo (2007)<sup>1</sup> a ocorrência dessa patologia se deve ao fato de haver retração ou contração térmica, em virtude de variações de temperatura nas misturas.

As resoluções de Balbo (2007)<sup>1</sup> vão ao encontro das definições de Domingues (1993)<sup>12</sup> que diz “o

trincamento tipo bloco é causado principalmente, pela contração da capa asfáltica, em função da alternância diária entre altas e baixas temperaturas” (p. 23).



**Figura 22.** Trinca interligada – tipo bloco. **Fonte:** Autores (2022).

A Figura 23, apresentada a seguir, representa o defeito em pavimento conhecido como escorregamento.



**Figura 23.** Escorregamento. **Fonte:** Autores (2022).

Segundo o manual do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2006)<sup>7</sup>, os escorregamentos são ocorrentes em locais com aplicação de esforços do tráfego, podendo ser encontrada em aclives ou declives, curvas, interseções e parada de ônibus.

Devido a via ser composta por faixa simples (como pode ser observado na Figura 23), verificou-se durante o estudo que a patologia descrita anteriormente pode ter sido ocasionada por solicitações de cargas e por estar situada em um aclive.

Domingues (1993)<sup>12</sup> define que as painelas são cavidades que podem ser encontradas com tamanhos variados.

Suas principais causas se devem a trincas de fadiga, desintegração localizada na superfície do pavimento, deficiência na compactação, umidade excessiva em camadas de solo e falha na imprimação<sup>6</sup>.

A Figura 24 a seguir retrata a patologia classificada como panela ou buraco.

O remendo, evidenciado na Figura 25, pode ser ocasionado quando há solicitações de cargas excessivas no pavimento, utilização de material má qualidade, agressividade das condições ambientais e problemas

durante o processo construtivo<sup>7</sup>.



Figura 24. Painela ou buraco. Fonte: Autores (2022).



Figura 25. Remendo. Fonte: Autores (2022).

Levando em consideração o manual de pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2006)<sup>14</sup> e analisando a Figura 26, observa-se que a operação designada para recuperação do pavimento (remendo), de um modo em geral, vem sendo executada sem o esmero e qualidade necessárias e com importância secundária ou relativa.



Figura 26. Remendo deteriorado. Fonte: Autores (2022).

Como pôde ser verificado na imagem anteriormente exposta (Figura 26), constata-se que o grau de severidade do defeito é classificado como alto, pois, vê-se a necessidade de ser refeito, pois o remendo encontra-se muito deteriorado, causando um desconforto no

usuário da via.

#### 4. DISCUSSÃO

De acordo com as manifestações patológicas já apresentadas, constatou-se durante o estudo que a execução, o excesso de peso, a ação do clima e a serventia do pavimento de acordo com o tempo, são eventos que atuam em conjunto ou separadamente para a formação das deteriorações, como pode ser observado na tabela a seguir:

Tabela 3. Causas das manifestações patológicas

Patologias	Execução	Clima	Tempo (envelhecimento)	Tráfego (excesso de peso)
Fissuras	X			
Trinca Isolada - Transversal		X	X	
Trinca Isolada - Longitudinal		X	X	
Trinca Interligada - Tipo Jacaré			X	X
Trinca Interligada - Tipo Bloco		X		
Escorregamento				X
Painela ou Buraco	X			
Remendo	X			X

Fonte: Autores (2022)

Dentre as patologias estudadas e apontadas no trecho em análise, pôde-se constatar que o tempo de vida (envelhecimento) do pavimento e o clima não demonstraram um grau de severidade alto, pois de acordo com a Tabela 2, todos os defeitos observados pertencem a um nível de severidade baixo, não ocasionando desconforto e nem risco de segurança ao usuário.

Considerando a gravidade classificada de média a alta dos danos causados na via apurada nesse estudo, tem-se que as patologias manifestadas através da má execução e do excesso de peso são responsáveis por mais da metade da malha viária, sendo em média 55% (Figura 17), porcentagem essa que demonstra o motivo das rodovias brasileiras receberem classificações tão abaixo do esperado.

De acordo com vistorias recentes, realizadas por empresas fiscalizadoras do Departamento de Estradas e Rodagens do Estado do Paraná (DER-PR), nota-se o quão imprescindível é possuir balanças (pontos de controle de excesso de cargas) nas rodovias, para o devido cumprimento da Resolução nº 803, de 22 de outubro de 2020 do CONTRAN<sup>20</sup>, no uso da competência que lhe conferem o inciso I do art. 12 e os incisos V e X do art. 231 da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997.<sup>21</sup>

Pois, conforme apresentado na Tabela 4, é possível verificar que dentre os veículos que foram abordados e pesados na rodovia – desconsiderando aqui a rodovia em estudo – todos obtiveram valores que ultrapassaram o limite permitido para o tráfego.

Tabela 4. Classificação e Peso Bruto Total dos veículos fiscalizados

VEÍCULOS	CLASSIFICAÇÃO	PBT	
		Peso	Excesso
1º	C3	29.950	5.800
2º	C3	34.550	10.400
3º	CTS10	64.450	17.200
4º	CTSS8	67.150	7.300

Fonte: Autores (2022)



Na Figura 27 é possível verificar através de um determinado sistema, a comprovação de carga excedente do 3º veículo apontado na Tabela 4 e o descumprindo do Art. 231 do Lei nº 9503/97.<sup>21</sup>

A Lei nº 9503/97 atua em conjunto com o CONTRAN e o DENATRAN para legislar sobre as diferentes áreas de trânsito no país. A mesma dispõe no Capítulo XV, Art. 231, as penalidades que o condutor sofrerá caso o veículo contenha dimensões ou excesso de carga superior ao limite estabelecido legalmente ou pela sinalização, sem autorização.<sup>21</sup>

Exo	Grupo	Peso	Excesso
1	1	6300	0
2	2	12100	2538
3	2	8900	0
4	3	11400	1838
5	3	12350	2788
6	3	13400	3838

Grupo	Peso	Excesso
1	6300	0
2	21000	1875
3	37150	8463

Seq Per	Passagem	Data
3	1	15/12/2022 12:17:44
2	1	15/12/2022 11:58:50

PBT	Peso	Excesso
	64450	17200

Figura 27. 3º veículo fiscalizado. Fonte: DER-SR Norte (2022)<sup>19</sup>

Apesar da operação de pesagem não ter sido realizada na rodovia em estudo ela corrobora com a ideia de Albano (1998)<sup>18</sup>, que diz que o excesso de carga é o grande responsável por defeitos gerados no pavimento.

Considerando o fato da rodovia em estudo, ser recém duplicada e que a análise se iniciou quatro meses após o encerramento da concessão (27 de novembro de 2021), há de se considerar que as causas do surgimento das patologias podem ter relação com a falta de estudos qualificados (abordando projetos, conservação ou manutenção ou recuperação adequada) no local.

De acordo com os levantamentos apresentados, foi possível identificar que 52% (somados painelas e buracos) dos defeitos possuem relação com a execução, com as condições ambientais e materiais de má qualidade.

Tendo em vista que a entrega da duplicação não havia completado 1 ano é visível as falhas nos levantamentos e estudos realizados no local, pois mais da metade (22 quilômetros) da via analisada é composta por pista nova, ou seja, os defeitos deveriam começar a surgir a partir de 8 anos – considerando que a vida útil do pavimento flexível é de 8 a 12 anos.

Ademais, nos 12 quilômetros restantes abordados, percebe-se que as conservações realizadas não foram suficientes para sanar as patologias apontadas, uma vez que, ao ser projetado e executado o novo dimensionamento (conservação) deve ser contemplado com adequadas intervenções de caráter corretivo e preventivo, atendendo ao novo ciclo de vida projetado.<sup>15</sup>

## 5. CONCLUSÃO

O estudo para compreensão das causas que tem conduzido a degradação das rodovias brasileiras, foi a

tônica que regeu essa obra.

De acordo com as referências bibliográficas e análises apresentadas, as patologias comumente ocorridas, são por traslado com excesso de carga e a falta de um correto diagnóstico dos defeitos da superfície para uma boa conservação e manutenção.

Com a finalidade não só de obter boas classificações, mas também minimizar os problemas e patologias, a solução é primeiramente a qualidade na execução dos serviços, onde sejam utilizados equipamentos e materiais que estejam de acordo com as normas vigentes e especificações para cada camada, considerando aqui também a conservação e manutenção dos pavimentos.

No que se refere a excessos de cargas é necessário um bom monitoramento – operação de pesagem – nas rodovias nacionais, devendo se fazer cumprir a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997.<sup>21</sup>

Por fim sabemos que é impossível o esgotamento de um assunto tão amplo e há necessidade de estudos adicionais, entretanto, considerando o estudo apresentado, se as autoridades competentes fizerem cumprir as leis e normas destinadas a execução, manutenção e preservação do pavimento, haverá uma melhora na qualidade e avaliação dos pavimentos do território nacional brasileiro.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Superintendente da Regional Norte do Paraná do Departamento de Estradas e Rodagem, Marco Aurélio, pela autorização do uso de imagem nesse estudo.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Balbo, JT. Pavimentação Asfáltica: Materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- [2] Bernucci, LB. et al. Pavimentação Asfáltica: Formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006.
- [3] CNT, Confederação Nacional do Transporte. Pesquisa de Rodovias. [acesso em 14 abr. 2022] Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/relatorio-gerencial>
- [4] Departamento de Estradas e Rodagem. História das Rodovias do Estado. [acesso 28 abr. 2022] Disponível em: <https://www.der.pr.gov.br/Pagina/Historia>
- [5] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [acesso 22 abr. 2022] Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/>
- [6] CNT, Confederação Nacional do Transporte. Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram? Brasília, 2017.
- [7] DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Manual de Restauração de Pavimentos, IPR-720, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.
- [8] Fernandes, JL. Investigação dos efeitos das solicitações do tráfego sobre o desempenho do pavimento. 19 f. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.
- [9] DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Norma DNIT 005/2003 – TER. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia, Rio de Janeiro, 2003.
- [10] DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Norma DNIT 138/2010 – ES.

- Pavimentação – Reforço do subleito – Especificação de serviço, Rio de Janeiro, 2010.
- [11] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Terminologia e Classificação de Pavimentação – NBR 7207. Rio de Janeiro, 1982.
- [12] Domingues, FAA. Manual para identificação de defeitos de revestimentos asfálticos de pavimentos. São Paulo: F.A.A. Domingues, 1993.
- [13] Bernucci, LB. *et al.* Pavimentação Asfáltica: Formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda 2. ed., 2022.
- [14] DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Manual de Pavimentação, IPR-719, 3.ed., Rio de Janeiro, 2006.
- [15] DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Manual de Conservação Rodoviária, IPR-710, 2.ed., Rio de Janeiro, 2005.
- [16] DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Norma DNIT 154/2010 – Pavimentação asfáltica – Recuperação de defeitos em pavimentos asfálticos, Rio de Janeiro, 2010.
- [17] DER, Departamento de Estradas e Rodagem do Estado do Paraná, Especificações de Serviços Rodoviários, Terraplenagem – Aterros, Curitiba, 2018.
- [18] Albano JF. Efeitos da variação da carga por eixo, pressão de inflação e tipo de pneu na resposta elástica de um pavimento. 1998. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- [19] DER, Departamento de Estradas e Rodagem do Estado do Paraná – Superintendência Regional Norte, Fiscalização de excesso de cargas, Londrina, 2022.
- [20] CONTRAN, Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 803, Trânsito de veículos com excesso de peso ou excedendo a capacidade máxima de tração. Diário Oficial da União, 22 out. 2020.
- [21] BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da União. Congresso Nacional, 23 set. 1997.