

PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Paulo Otávio Amaral e Silva¹
Ricardo Fonseca de Oliveira²

RESUMO: Este trabalho apresenta um estudo sobre as patologias presentes em pavimento flexível na Rodovia MG-190 sentido MG-223, entre às cidades de Monte Carmelo/MG e Dolearina/MG, tendo uma extensão de 49,9 km. As rodovias são o meio de transporte mais significativo do país, dispendo de uma imensa extensão territorial de estrada. Porém, na maioria dessas estradas apresentam algum tipo de mudança de sua forma inicial, devido às suas condições causadas pelo tráfego, questões climáticas e falta de planejamento. Esse estudo mostra uma análise feita das patologias que podem ocorrer nesta pavimentação flexível. Ao longo da rodovia foram encontradas patologias tipo couro de jacaré, trincas longitudinal, escorregamento do asfalto e exsudação, Tais patologias, além da ajuda dos intemperismo e da idade avançada aparente da massa betuminosa, foram causadas devido ao intenso tráfego de veículos pesados da região, sendo esta uma rota de exportação de telhas e minérios para todo o território brasileiro. Ao longo dos anos e com o aumento da rolagem dos carros e veículos de carga pelas rodovias, percebemos o aumento do desgaste e a má recuperação executada em diversas partes. Com esse grande fluxo de veículos, o modal rodoviário necessita de uma infraestrutura mais adequada, visto que é o sustentáculo da economia do país. Pode-se notar que apenas os reparos para este trecho não são suficientes, pois suas patologias são recorrentes em todo o ano. Seria ideal a construção de uma nova rodovia, com camadas mais bem executadas e seguindo todas as normas prescritas.

PALAVRAS-CHAVE: Patologias; Rodovias; Pavimento flexível.

ABSTRACT: This work presents a study on the pathologies present in flexible sidewalk on Highway MG-190 direction MG-223, between the cities of Monte Carmelo/MG and Dolearina/MG, having an extension of 49.9 km. The highways are the most significant means of transportation in the country, having an immense territorial extension of road. However, most of these roads present some kind of change in their initial form, due to their conditions caused by traffic, climate issues and lack of planning. This study shows an analysis of the pathologies that can occur in this flexible pavement

Along the highway were found alligator-leather pathologies, longitudinal cracks, slipping of the asphalt and exudation. Such pathologies, besides the help of bad weather and the apparent advanced age of the bituminous mass, were caused by the intense traffic of heavy vehicles of the region, being this a route of exportation of tiles and ores to the whole Brazilian territory.

Over the years and with the increase in the rolling of cars and cargo vehicles along the highways, we have noticed the increase in wear and tear and the poor recovery performed in several parts. With this great flow of vehicles, the road modal needs a more adequate infrastructure, since it is the support of the country's economy.

¹ Graduando do curso de Engenharia Civil - Fundação Carmelitana Mário Palmério. Contato: paulootavio.telhas@gmail.com

² Docente do curso de Engenharia Civil - Fundação Carmelitana Mário Palmério - Av. Brasil Oeste, s/n, Jardim Zenith - Monte Carmelo, Fone: (34) 3842 – 5272. Contato: ricardooliveira2013@gmail.com

It can be noticed that only the repairs for this stretch are not enough, because its pathologies are recurrent all year round. It would be ideal to build a new highway, with better executed layers and following all the prescribed norms.

KEYWORDS: Pathologies; Highways; Flexible floor.

1 INTRODUÇÃO

A implementação de rodovias no Brasil teve início em 1920, com o apoio dos Estados Unidos, ao oferecer financiamento para a abertura de estradas, e em 1937 foi criado o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), órgão responsável pela construção, manutenção, fiscalização, e elaboração de estudos técnicos relacionados a estradas. Mas somente em 1956, no governo de Juscelino Kubitschek, foi dada maior ênfase ao setor rodoviário. Ocorreu uma notável evolução das estradas, passando a exercer um papel fundamental na integração nacional. Isto foi possível graças ao Plano de Metas, que previa um Plano Quinquenal de Obras Viárias. A partir de 1964, os governos militares também deram prioridade ao transporte rodoviário, continuando o projeto de integração nacional com o objetivo de povoar as regiões menos favorecidas e integrá-los às demais regiões do país, facilitar a exploração recursos naturais dessas regiões e criar vínculos, onde deveriam ser formadas famílias, inclusive de outras regiões (MELLO, 2004).

O transporte rodoviário desempenha um papel importante na sociedade e na economia brasileira, visto que tem sido a principal alternativa para a movimentação de cargas e pessoas em todo o país. Porém, para que esse transporte seja realizado de forma eficiente, faz-se necessário que o pavimento das rodovias esteja em boas condições, oferecendo economia, segurança e conforto aos usuários. Apesar da grande importância do modal rodoviário no Brasil, tem-se observado que os investimentos para manutenção e construção dessa infraestrutura são insuficientes ou pouco efetivos, uma vez que as condições dos pavimentos das rodovias, em geral, estão insatisfatórias (CNT, 2016).

No Brasil o pavimento mais utilizado nas rodovias é o pavimento flexível (CAUQ), que é aquele que o revestimento é composto por uma mistura de ligante asfáltico e agregados. Esse revestimento asfáltico é sobreposto as camadas de base, sub-base e reforço do subleito (CNT, 2016).

Os pavimentos no Brasil devido a grande quantidade de transporte terrestre as estradas não resisti por muito tempo, em menos de 12 anos deve-se acontecer o reparo desses pavimentos

flexível, haverá alteração na pavimentação, pois ela sairá da sua forma original surgindo assim as patologias na pavimentação (CNT,2016).

Muitas dessas patologias ocorrem devido a má execução do projeto desse pavimento flexível, e outras por execução na recuperação do mesmo, a sobrecarga de veículos de carga e as chuvas (Ribeiro, 2017).

Foram realizados estudos na BR-190 sentido BR-223 entre as cidades de Monte Carmelo-MG a Dolerina-MG em que realiza análise das patologias desse pavimento flexível.

Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo e análise da pavimentação flexível relatando as patologias e recuperação para que este pavimento dure mais tempo e traga conforto e segurança para as pessoas que transitam todos dias nelas

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi fazer um estudo e análise das patologias na pavimentação flexível no trecho MG-190 sentido MG-223 entre as cidades de Monte Carmelo/MG a Dolearina/MG.

1.1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- Analisar os diversos tipos de patologias encontradas no trecho;
- Apresentar as possíveis causas dessas patologias;
- Demonstrar como é feito a recuperação dessas patologias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentadas as bases teóricas para a fundamentação do estudo proposto na introdução, sendo elas, expressas por autores de livros e artigos científicos.

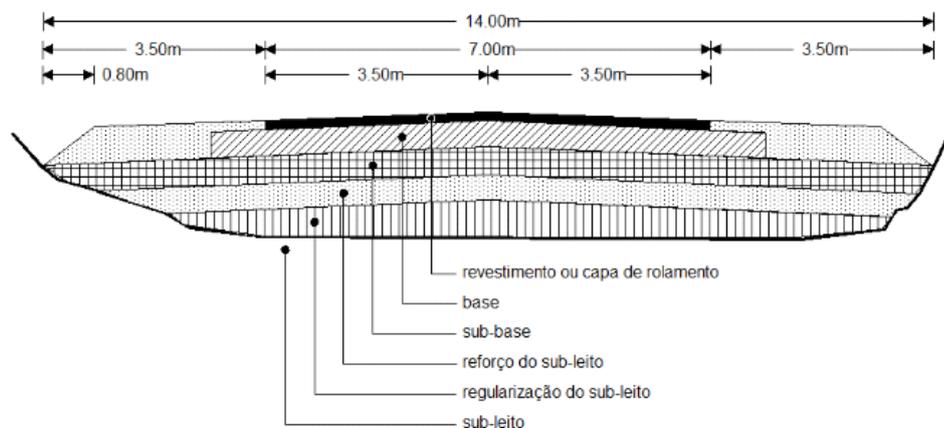
2.1 Pavimento

O termo pavimento, Segundo DNIT (2006,p.95), “[...] pavimento é como uma superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assente sobre um semiespaço considerado teoricamente infinito, a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito [...]”.

Faleiros (2005) destaca algumas funções técnicas da estrutura de pavimento, como: distribuir e filtrar de forma vertical os esforços advindos do tráfego; melhoria nas condições de conforto e segurança; tornar a vida útil da área de rolamento maior, através do escoamento horizontal de desgaste.

A Figura 1 esquematiza um pavimento e suas camadas em uma área de 14 metros. Para Solanki (2017), a limitação de uma espessura do pavimento, depende de estudos relacionados ao tráfego e estudos geotécnicos, dentre materiais utilizados.

Figura 1 – Esquema das camadas de um pavimento.



Fonte: Faleiros, (2005)

A primeira camada apresentada na figura 1, como revestimento ou capa de rolamento, é a camada que está diretamente ligada ao tráfego, com a funcionalidade de proporcionar um conforto maior no rolamento dos veículos, resistindo aos atritos, estimulando uma maior durabilidade. A base é a camada construída sobre o revestimento, recebendo e escoando os esforços advindos do tráfego. A sub-base ou camada de reforço, é fundamental para que a pavimentação asfáltica tenha uma vida útil dentro do esperado. O reforço do subleito ou fundação do pavimento, possui uma camada de área constante. Para Faleiros (2005), a regularização do subleito possui área irregular, acomodando assim o subleito para receber o pavimento.

2.1.1 Pavimento flexível

Para Balbo (2017), a pavimentação flexível possui um revestimento betuminoso, onde os materiais utilizados são o asfalto como revestimento, um material granular constituindo a base e um outro material de origem também granular, na maioria das vezes sendo utilizado o próprio solo, para formar a sub-base.

Pinto (2003), afirma que esse tipo de pavimento requer grandes espessuras, graças aos materiais deformáveis ou de espécie arriscada, e a utilização de cargas. Com isso, tais espessuras conseguem com que a resistência do solo de fundação seja maior do que a tensão aplicada.

Pinto (2003) ainda afirma que nos pavimentos flexíveis, verifica-se uma menor coesão nos níveis e esses se alteram, formando assim depressões localizadas com alturas notáveis na superfície.

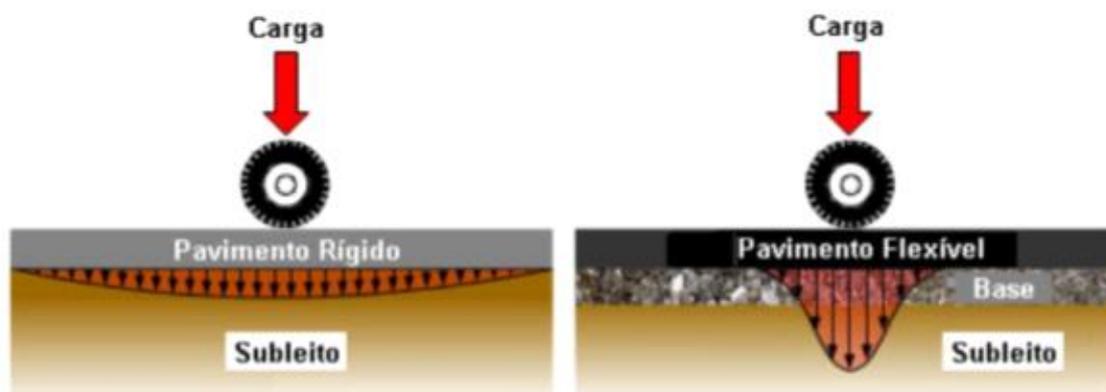
Quando comparado ao pavimento rígido, o flexível tem uma maior deflexão, ou deformação elástica. Este pavimento também apresenta uma sucção dos esforços de forma dividida entre as camadas do pavimento, onde segundo Silva (2008), as tensões verticais se instalam nas camadas inferiores, próximas da aplicação das cargas.

2.1.2 Pavimento rígido

Ao compararmos os pavimentos rígidos ou pavimentos de concreto com os flexíveis, podemos enxergar várias diferenças: durabilidade maior; distribuição de esforços numa área

maior; custo elevado, uma vez que é feito de concreto; necessidade de manutenção menor. Na Figura 2 podemos observar a diferença de aplicação de cargas nos dois tipos de pavimentos.

Figura 2 – Distribuição de cargas nos pavimentos rígido e flexível.



Fonte: Departamento de Transportes da UFPR (2009).

Assim, segundo DNIT (2006), pavimento rígido é todo aquele que possui alta rigidez sobre às camadas inferiores, infiltrando todas as tensões aplicadas.

2.2 Patologias do pavimento flexível

As patologias provenientes dos pavimentos flexíveis, são classificadas como: defeitos de superfícies; degradações superficiais; deformações. Podem se caracterizar também por: imperfeições funcionais, que é quando o pavimento desempenha seu papel de serventia ao usuário; imperfeições estruturais, que são as provenientes dos danos que surgem na superfície do pavimento, quando submetidas à determinadas cargas.

As nomenclaturas dos defeitos listados pela norma brasileira do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (2003) – DNIT 005, empregadas para cálculo do IGG (Índice de Gravidade Global), são descritos por: Exsudação de asfalto; Subida de finos; Escorregamento do revestimento asfáltico; Fendas ou fendilhamento; Afundamentos; Corrugações ou ondulações; Rodeiras ou trilhas de roda. Tais patologias estão relacionadas às estruturas e superfície do pavimento. Embasado nas classificações encontradas na norma brasileira, serão explicadas a seguir.

2.2.1 Exsudação de asfalto

Este fenômeno ocorre quando a dilatação sofrida pelo asfalto graças ao calor, não consegue espaço para ocupar. Isso se dá devido ao baixo volume de vazios ou uma quantidade maior de ligantes no pavimento, existindo assim, menor viscosidade no asfalto.

A Figura 3 mostra tal fenômeno, que apresenta brilho graças ao excesso de ligantes betuminosos.

Figura 3 - Ilustração da exsudação na parte lateral e central da rodovia, e detalhes.



Fonte: Bernucci, (2006); Pinto,(2003); Silva,(2008).

2.2.2 Desgaste

O desgaste está ligado à várias questões que afetam a estrutura direta e indiretamente. Pode se dar por: ações do tráfego, ações climáticas, carência de ligantes nas misturas betuminosas, utilização de materiais desnecessários e erros durante a construção.

2.2.3 Escorregamento do revestimento betuminoso

Para Silva (2008), os principais responsáveis pela formação do escorregamento do revestimento, que formam fendas em forma de meia-lua, é dos veículos no seu momento de frenagem. Mas, a baixa resistência do pavimento ou a má formação de sua estrutura são os motivos para formação de tais fendas.

2.2.4 Subida de finos

Causada ocasionalmente quando a água presente no subsolo, originária de problemas de infiltração e drenagem, é expulsa do interior do pavimento por meio das fendas quando os veículos a comprimem no momento que passam pela rodovia.

2.2.5 Fendas ou fendilhamento

Este fenômeno é o mais recorrente na degradação dos pavimentos flexíveis. Se dá principalmente pelo esgotamento dos materiais que compõem às camadas betuminosas, graças a tração por flexão, causada pelos veículos de carga.

Paulo Fernando Silva (2008), cita que os automóveis, ao invés de serem o motivo dos problemas estruturais, são a causa da redução do atrito, que é o maior causador de acidentes nas estradas. Já Joana Pinto (2003), as razões para o fendilhamento são: capacidade de suporte inexistente nas camadas granulares, camada de superfície ser mais rígida quando comparada às outras camadas ou a péssima qualidade dos materiais utilizados.

Os estudos relacionados às fadigas em pavimentos flexíveis vêm sendo feitos através de softwares, que mesmo com suas limitações, conseguem definir, por exemplo, as propriedades viscoelásticas do pavimento e detectar com maior precisão as possíveis causas das fendas. (BESKOU, 2016; HASNI, 2017; SABOO, 2016; ZBICIAKA, 2016).

Como exemplos de fendas, temos: tipo couro de jacaré, trincas isoladas de retração, trincas em bloco, trincas longitudinais, trincas transversais e trincas de bloco.

Às fendas também, podem ser classificadas por classes, quanto ao grau de severidade, que vai da classe 1 (FC-1) até a classe 3, sendo que quanto maior o número, mais danos a fenda causa ao pavimento. Para trincas, a classificação é feita pelo tamanho, sendo maior ou menor a 1 milímetro, e se causam ou não erosão nas bordas do pavimento.

2.2.6 Afundamentos

Os Afundamentos são alterações que se dão ao longo da superfície do pavimento, de forma verticalizada, causada pela repetida passagem de veículos. Tais alterações podem ser plásticas ou de consolidação.

Para Silva (2008), afundamento plástico se dá pelas deformações plásticas do pavimento, podendo ser envolto por elevações. São ditos plásticos locais os que possuem até 6 metros de extensão. Se maiores, são ditos plástico da trilha.

As consolidações se dão em camadas do pavimento e/ou subleito. Se maiores de 6 metros, se dá por consolidação na trilha. Menos ou até 6 metros, consolidação local.

2.2.7 Peladas

As peladas surgem graças à camada de desgaste quando reduzida, à ligação extremamente gasta entre esta camada e a camada betuminosa, subsequente à pouca estabilidade da camada de desgaste.

2.2.8 Corrugações ou ondulações

Esta patologia está diretamente associada às tensões cisalhantes latitudinais causadas pela aceleração dos veículos. Representadas por ondulações transversais ao eixo da via, que acontecem nas camadas de desgaste feitas por revestimento superficial. De acordo com Silva (2008), tais ondulações se devem à base instável, advinda de uma execução mal feita, que apresenta grande quantidade de finos e asfalto.

Quando na camada de revestimento, as ondulações são chamadas de escorregamento de massa. Pinto (2003), diz que essas deformações ocorrem graças à baixa quantidade de ligantes presentes nas camadas do pavimento asfáltico.

2.2.9 Rodeiras ou trilhas de rodas

Consistem em depressões longitudinais caracterizadas por constantes modificações nas camadas do pavimento, devido à consolidação ou degradação dos materiais da massa asfáltica quando submetidos à cargas do tráfego. As camadas e fundações, quando não conseguem ter uma capacidade de carga adequada, formam rodeiras de grande porte. As pequenas, são formadas graças à baixa plasticidade da mistura betuminosa.

Para Bernucci (2006), ao avaliar funcionalmente um pavimento, deve-se levar em conta o conceito da superfície do pavimento e como ele altera o conforto ao rolamento. Para isso, a utilização de um certo trecho de pavimento, atribui resultados de 0 a 5 para o conforto ao rolamento. Neste método, avalia-se os limites de tráfego, em que a medida é a irregularidade longitudinal.

Mas existem outros métodos de medidas, feitas através da determinação do IGG para levantamento de defeitos, utilizando de planilhas para anotações de ocorrências e cálculos de frequência absoluta e relativa, demarcação de estacas e áreas de pesquisas, e treliças metálicas para o afundamento das trilhas de roda nas determinadas áreas analisadas segundo as normas DNIT 006/2003 – PRO (DNIT, 2003b) e DNIT 007/2003 – PRO (DNIT, 2003c).

2.3 Técnicas de reconstrução do pavimento flexível

Antes de iniciar um projeto de reconstrução da área, deve-se fazer um estudo (estrutural e funcional do pavimento), levantando as principais causas para tais patologias surgirem, e a partir daí, propor soluções viáveis. Referente ao estudo de caso feito sobre a rodovia, podemos perceber através das fotos apresentadas, que as patologias mais significativas nesse trecho são trincas, afundamentos, panelas e remendos.

2.3.1 Reconstrução de trincas/ fendas

As técnicas utilizadas para reconstrução de trincas são:

- **Microrevestimento asfáltico**: técnica em que são emitidas misturas asfálticas alteradas com polímero;
- **Lama asfáltica**: técnica utilizada em revestimentos com poucos desgastes superficiais e pequeno grau de trincamento. Atua como rejuvenescedor da estrutura, com ação impermeabilizante;
- **Tratamento superficial**: técnica que consiste na aplicação, sem mistura, dos ligantes asfálticos e agregados no pavimento, tendo uma compactação após a aplicação, para adesão dos ligantes e recobrimento da estrutura;
- **Capa selante**: Yoshizane (2005, p.8, apud ROCHA, 2010) explica que, a capa selante, nada mais é do que a aplicação dos ligantes no pavimento, com a finalidade de selar trincas, impermeabilizar, rejuvenescer o asfalto e estabelecer o coeficiente de atrito pneu-pavimento.

2.3.2 Recuperação de afundamentos

As técnicas usadas para recuperação de afundamentos são: fresagem e recapeamento.

Segundo (BERNUCCI et al, 2008), a fresagem se dá pelo corte no revestimento existente, para restabelecer a capacidade de rolamento ou melhorar sua qualidade de suporte. A vantagem da fresagem é que o material utilizado pode ser reutilizado, ajudando assim no controle ambiental. Já o recapeamento é a construção de camadas asfálticas sobre a existente, onde uma camada é para corrigir o nivelamento do asfalto antigo, e outra é uma camada uniforme, segundo Rocha, 2010.

2.3.3 Recuperação de panelas

Geralmente, a recuperação de panelas se dá através de remendos bem executados. É executado por um corte com ângulo de 90° com a superfície. Após o corte, se é imprimado todo o local, selando as trincas. Logo após, é aplicado o novo pavimento asfáltico, obtendo a recuperação superficial ou profunda (todas as camadas do pavimento).

2.3.4 Recuperação de remendos

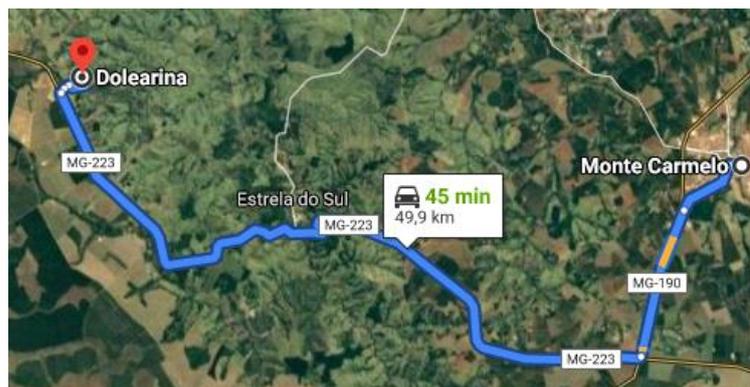
Mesmo a técnica de remendos sendo a mais utilizada na maioria das recuperações, nem sempre ela é feita como deve, gerando assim, a necessidade de consertar os remendos. A única técnica para tal recuperação é a descrita no item a cima, ou seja, refaz-lo da maneira correta.

3 METODOLOGIA

Nesta etapa, serão apresentados os métodos de pesquisa para a obtenção dos resultados, através de uma pesquisa descritiva que, segundo Gil (2007), estabelecem características entre fatores e circunstâncias.

Sendo assim, foi feito um estudo de caso para a obtenção dos resultados. Para a realização deste estudo, foram escolhidos trechos da rodovia MG-190 sentido MG-223, entre às cidades de Monte Carmelo/MG e Dolearina/MG (Figura 4). Este trecho foi selecionado pois, além de ser uma rodovia estadual, sempre apresenta patologias significativas para o tráfego da região.

Figura 4 – Trecho de Monte Carmelo à Dolearina.



Fonte: Google Maps (2020).

A análise foi feita entre os 49,9 km que liga as duas cidades em pontos específicos foram coletados os dados para as patologias que ocorreram em boa parte do trecho

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Patologias encontradas

Foi realizado neste trecho de Monte Carmelo à Dolearina, um levantamento visual das patologias, realizado em fevereiro de 2020, em que se nota a necessidade imediata de manutenção.

As patologias, como por exemplo panelas, advindas de outras patologias, como mostra na Figura 5. A Figura 6 apresenta trincas tipo couro de jacaré, que, segundo Silva (2008), são o estágio evoluído da fadiga. Outras como escorregamento do asfalto e exsudação, Figuras 7 e 8, respectivamente, dentre outras que, em muitos lugares encontram-se em um mesmo local, foram encontradas nesta rodovia.

Tais patologias, além da ajuda dos intemperismos e da idade avançada aparente da massa betuminosa, foram causadas devido ao intenso tráfego de veículos pesados da região, sendo esta uma rota de exportação de telhas e minérios para todo o território brasileiro.

Figura 5 – Panelas.

Patologias em pavimentos flexíveis



Fonte: O autor (2020).

Figura 6 – Tricas tipo jacaré e trinca longitudinal



Fonte: O autor (2020).

Figura 7 – Escorregamento asfáltico.



Fonte: O autor (2020).

Figura 8 – Exsudação do asfalto.



Fonte: O autor (2020).

Como pode-se notar na Figura 9, o trecho é constituído por pista simples, pouco sinalizado e com o acostamento também danificado (FIGURA 10).

Figura 9 – Pista simples danificada.



Fonte: O autor (2020).

Figura 10 – Acostamento danificado.



Fonte: O autor (2020).

Pode-se observar também os remendos mal executados e mal planejados neste trecho, apresentados na Figura 11.

Figuras 11 – Remendos ao longo do trecho.



Fonte: O autor (2020).

Dentre o estudo e observações feitas, é perceptível a degradação da estrutura deste trecho rodoviário entre Monte Carmelo e Dolearina. Com o número elevado de panelas, as camadas subjacentes ficam expostas, mostrando assim o quanto foram afetadas. Percebemos também que várias operações tapa-buracos foram feitas, mas não obtiveram resultados

satisfatório, uma vez que num prazo 260 dias, contando com o alto índice de chuvas na região, as patologias se tornam presentes novamente.

4.2 Recuperação das patologias

Uma solução cabível à tal trecho, mediante todas as patologias apresentadas, seria a sua reconstrução, ou seja, retirar todo o revestimento asfáltico existente, compactando novamente à base de maneira que fique resistente e assim, refazer a estrutura com um CBUQ (Concreto betuminoso usinado a quente), atendendo os critérios do projeto de recuperação deste trecho.

5 CONCLUSÃO

Ao longo dos anos e com o aumento da rolagem dos carros e veículos de carga pelas rodovias, percebemos o aumento do desgaste e a má recuperação executada em diversas partes. Com esse grande fluxo de veículos, o modal rodoviário necessita de uma infraestrutura mais adequada, visto que é o sustentáculo da economia do país.

Ao longo deste trabalho, pode-se observar as inúmeras patologias presentes nas rodovias, que também podem estar presentes nos trechos municipais. Conhecer e saber identificar as patologias de uma maneira correta é crucial para o plano de ação que será desenvolvido para a sua recuperação, bem como conhecer as técnicas de recuperação para as mesmas.

Sobre o trecho que foi analisado, foram expostas suas patologias através de fotos e classificações. Podemos observar que de fato o trecho apresentava várias patologias, como trincas, afundamentos, panelas, e vários remendos ao longo da rodovia.

Pode-se notar que apenas os reparos para este trecho não são suficientes, pois suas patologias são recorrentes em todo o ano. Seria ideal a construção de uma nova rodovia, com camadas mais bem executadas e seguindo todas as normas prescritas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNUCCI et al, L.B. et al. **Pavimentação Asfáltica**: Formação básica para engenheiros. 1.ed. Rio de Janeiro: Petrobras ABEDA, 2008.

BALBO, T. JOSÉ. Pavimentação Asfáltica. 3ª ed. Oficina de Textos, 2016.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 001/2009: **Pavimentos flexíveis**: Pré-misturado a frio: especificação de serviços. Rio de Janeiro, 2009.

Diferenças entre pavimentos flexíveis e rígidos. Disponível em <<http://bibliotecadaengenharia.com.br/diferencas-entre-o-pavimento-rigido-e-flexivel/>> Acesso em 05 de Junho de 2020.

MELLO, José Carlos. **A Evolução do Transporte Rodoviário**. Apostila da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2004. Disponível em: <<https://docslide.com.br/documents/a-evolucao-do-transporte-rodoviario.html>>. Acesso em 05 de Junho de 2020.

BERNUCCI, Liedi B.; MOTTA, Laura M. G.; CERATTI, Jorge A. P.; SOARES, Jorge B. **Pavimentação Asfáltica – formação básica para engenheiros**. 3ª Edição. Rio de Janeiro, Imprinta, 2010.

Confederação Nacional do Transporte – CNT. **Transporte Rodoviário: Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** Brasília, CNT, 2017. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Estudo/transporte-rodoviario-pavimento>>. Acesso em 20 de Maio de 2020.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificações de serviço – Norma DNIT 031/2006–ES**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2006.

SOLANKI, P.; ZAMAN, M. Design of semi-rigid type of flexible pavements. International Journal of Pavement Research and Technology, 2017. v. 10.

FALEIROS, L. M. Estradas: pavimento. Franca/SP, USP – Curso de Engenharia Civil, Notas de aula, Jul/2005.

PINTO, J. I. B. R. Caracterização superficial de pavimentos rodoviários. 2003. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2003.

SILVA, P. F. A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. DNIT IPR/720: Manual de restauração de pavimentos asfálticos. Rio de Janeiro, 2006.

BESKOU, N. D.; TSINOPOULOS, S. V.; HATZIGEORGIU, G. D. Fatigue cracking failure criterion for flexible pavements under moving vehicles. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2016. v. 90

HASNI, H. et al. A self-powered surface sensing approach for detection of bottom-up cracking in asphalt concrete pavements: theoretical/numerical modeling. *Construction and Building Materials*, 2017. v. 144,

SABOO, N.; DAS, B. P.; KUMAR, P. New phenomenological approach for modeling fatigue life of asphalt mixes. *Construction and Building Materials*, 2016. v. 121

ZBICIAKA, A.; MICHALCZYK, R.; BRZEEZINSKI, K. Evaluation of fatigue strength of pavement structure considering the effects of load velocity and temperature variations. *Procedia Engineering*, 2016. V. 153

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007

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