



UM ESTUDO SOBRE PATOLOGIAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL NA CIDADE DE MANHUAÇU - MG

Manoela Romeiro Costa¹, Tauana de Oliveira Batista²

¹ Graduada em Engenharia Civil, UNIFACIG, manuromeiro@hotmail.com

² Mestre em Engenharia Civil, Universidade Veiga de Almeida, tauanaobatista@gmail.com

Resumo: Através de dados fornecidos pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2018) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) é possível concluir que Manhuaçu – MG possui 2,17 habitantes/veículo. Tal índice está diretamente relacionado ao tráfego na cidade e à qualidade da pavimentação. Este trabalho apresenta um estudo das patologias em uma via de intenso fluxo de veículos de pequeno e grande porte, localizada no Bairro Alfa Sul, na cidade de Manhuaçu – MG, com o objetivo de analisar, classificar as patologias encontradas e identificar o estado de deterioração do pavimento em estudo. A via foi dividida em trechos/estacas e apresenta pavimento flexível (revestimento betuminoso e blocos sextavados). Para realização do estudo, utilizou-se como referência a norma DNIT 005/2003 - TER para identificação das patologias e DNIT 006/2003 - PRO para a avaliação da condição de deterioração do pavimento através da contagem e classificação de ocorrências aparentes, atribuindo fatores de ponderação que salientaram a gravidade de cada patologia considerada. Os resultados obtidos aplicando-se as formulações propostas pela norma DNIT 006/2003 - PRO para o cálculo do IGI (Índice de Gravidade Individual) e do IGG (Índice de Gravidade Global) indicaram que o pavimento é classificado como péssimo, portanto, a maior mudança necessária seria o dimensionamento adequado da pavimentação.

Palavras-chave: Patologia; Pavimento flexível; Revestimento asfáltico; Patologias em pavimentos.

Área do Conhecimento: Engenharias.

1 INTRODUÇÃO

Por influência do setor industrial e impulsionada pelo aumento na frota de automóveis, inicia-se em meados do século XX uma mudança significativa no modal de transportes brasileiro, até então predominantemente ferroviário. A ampliação na malha rodoviária, além de ter grande importância para o desenvolvimento econômico do país, garantiu aos usuários maior acessibilidade. Paralelamente ao desenvolvimento no modal rodoviário, cresce também a demanda por melhorias na qualidade da pavimentação, a qual está diretamente relacionada à segurança dos trechos, às condições do tráfego e aos investimentos governamentais direcionados ao setor (MTPA, 2016).

Através do levantamento do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2018), sabe-se que a cidade de Manhuaçu – MG apresenta uma frota de 41.079 veículos. Levando-se em consideração o censo realizado pelo IBGE, o número de habitantes da cidade em 2018 é de 89.256, estima-se então que ela possua em média 2,17 habitantes/veículo. Com base na demanda do município, que é considerado polo de ensino e agricultura, é fundamental que as vias da cidade estejam em condições de uso e resistam às solicitações de maneira segura e durável.

Através de um estudo de caso o presente trabalho pretende analisar, classificar as patologias encontradas e identificar o estado de deterioração do pavimento flexível. A via em estudo apresenta revestimento asfáltico e em blocos sextavados e está situada no Bairro Alfa Sul, na cidade de Manhuaçu – MG. Utilizando as normas DNIT 005/2003 - TER e DNIT 006/2003 - PRO, objetiva-se contribuir para a identificação das patologias presentes no pavimento, definindo o estado de conservação do mesmo.

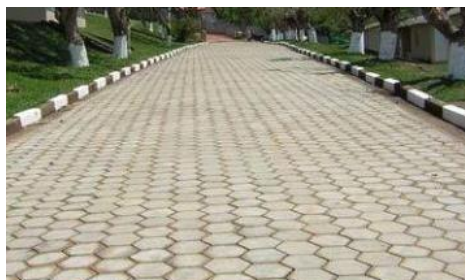
2 REFERENCIAL TEÓRICO

Com a função de garantir conforto e segurança ao transeunte e de forma a se manter em condições de uso sem necessidade de manutenção recorrente, o pavimento é uma estrutura dimensionada em camadas para resistir aos esforços do tráfego (Bernucci et al., 2008).

Os pavimentos são classificados em flexíveis, semi-rígidos, rígidos, compostos e invertidos. Aborda-se neste trabalho os revestimentos flexíveis, que são aqueles cuja seção transversal típica

apresenta uma base de solo pedregulhoso, de brita graduada ou de macadame revestida por uma camada asfáltica (BRASIL, 2006). São divididos entre revestimentos por calçamento e os betuminosos (Figura 1).

Figura 1 - Revestimento (a) por calçamento e (b) betuminoso



Fonte: Doce Obra (2018).

(a)

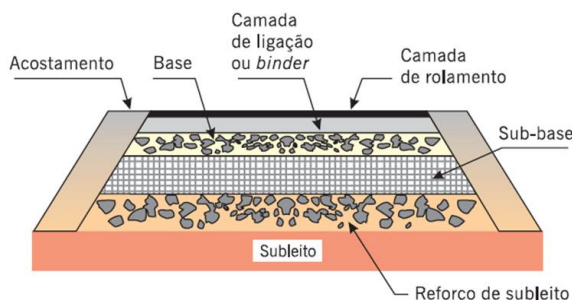


Fonte: Autores (2017).

(b)

Segundo Marques (2006), “pavimentos flexíveis são aqueles constituídos por camadas que não trabalham bem à tração”. Danieleski (2004) define e divide as camadas de um pavimento em: (i) subleito: “terreno de fundação do pavimento ou do revestimento.”, (ii) sub-base: “camada corretiva do subleito, ou complementar à base, quando por qualquer circunstância não seja aconselhável construir o pavimento diretamente sobre o leito obtido pela terraplenagem.”, (iii) base: “camada destinada a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos dos veículos sobre a qual se constrói um revestimento.” e (iv) revestimento: “camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos, destinada a melhorar as condições do rolamento quanto à comodidade e segurança e resistir aos esforços que nele atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.” Apresenta-se na Figura 2 a seção de um pavimento flexível e a identificação de cada camada, cuja espessura pode variar de acordo com o dimensionamento do pavimento.

Figura 2 - Seção típica de pavimento flexível



Fonte: BRASIL (2006).

Estão incluídos na classificação de revestimentos flexíveis por calçamento os pavimentos intertravados com blocos pré-moldados de concreto, cujo assentamento justaposto das peças garante resistência aos deslocamentos promovidos pelo tráfego, como descrito na NBR 15953:2011. Apesar de serem rígidas, o fato de as ligações entre as peças de concreto não serem extremamente eficientes e de suas dimensões serem relativamente pequenas, garante que tal revestimento se comporte como flexível (SENÇO, 2001).

São classificados como revestimentos betuminosos os pavimentos flexíveis compostos por agregados e materiais betuminosos, os quais atuam como aglutinantes e são os principais constituintes do asfalto.

O termo asfalto é, também, utilizado popularmente para denominar o conjunto de materiais aplicados na pavimentação, ou seja, a mistura constituída por um ligante asfáltico para pavimentação (cimento asfáltico de petróleo, asfaltos diluídos, asfalto modificado ou emulsões asfálticas) com agregados compostos por material mineral (BRASIL, 2015, p.4).

Os revestimentos betuminosos são subdivididos conforme é feita a associação entre os agregados e materiais betuminosos: se por penetração, que pode ser invertida ou direta, ou por

mistura (BRASIL, 2006). O concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) se encaixa nesta última classificação, uma vez que agregados e ligantes são misturados previamente, seja em usina ou no próprio local, e aplicados ainda quentes na pista.

Apesar de não haver informações precisas para Manhuaçu – MG, estima-se que o CBUQ seja o tipo de asfalto mais utilizado para pavimentação de vias de tráfego local. Para Marques (2006), o CBUQ “É a mistura de mais alta qualidade, em que um controle rígido na dosagem, mistura e execução deve atender a exigências de estabilidade, durabilidade, flexibilidade e resistência ao deslizamento preconizados pelas Normas Construtivas.”, sendo as propriedades fundamentais das misturas de concreto betuminoso a “durabilidade, flexibilidade, estabilidade e resistência ao deslizamento”. Para garantir a qualidade, resistência e durabilidade do pavimento, são realizados ensaios de controle dos diversos componentes do CBUQ.

Segundo Vieira (2016), a utilização do termo patologia, na engenharia civil, designa a análise das causas e consequências, das formas de ocorrência e das manifestações de defeitos no âmbito da construção.

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (BRASIL, 2006), os defeitos que podem ser observados em pavimentos flexíveis, especificamente na pista de rolamento e acostamentos, relacionados à manutenção rodoviária são agrupados em degradação superficial e deformações em perfil. Da convergência de informações disponíveis na norma DNIT 005/2003 - TER e no Manual de Pavimentação do DNIT (BRASIL, 2006), retira-se as definições e caracterizações das patologias pertinentes ao presente trabalho, que estão relacionadas nos Anexos I, II, III. O Quadro 1 traz as principais causas das patologias, de maneira a disponibilizar um material comparativo para identificação e causa dos defeitos nos pavimentos.

Quadro 1 - Causas dos principais defeitos em pavimentos flexíveis

| Terminologia | Causas |
|---|--|
| Fissuras | Má dosagem do asfalto; excesso de finos (ou material de enchimento) no revestimento; compactação excessiva ou em momento inadequado. |
| Trinca transversal | Contração da capa asfáltica causada devido a baixas temperaturas ou ao endurecimento do asfalto; propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento da estrada. |
| Trinca longitudinal | Má execução da junta longitudinal de separação entre as duas faixas de tráfego; recalque diferencial; contração de capa asfáltica devido a baixas temperaturas ou ao endurecimento do asfalto; propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento da estrada. |
| Trincas interligadas tipo “couro de jacaré” | Colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego; subdimensionamento ou má qualidade da estrutura ou de uma das camadas do pavimento; baixa capacidade de suporte do solo; envelhecimento do pavimento (fim da vida); asfalto duro ou quebradiço. |
| Trincas interligadas tipo “bloco” | Contração da capa asfáltica devido à alternância entre altas e baixas temperaturas; baixa resistência à tração da mistura asfáltica. |
| Afundamento plástico | Fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito; falha na dosagem de mistura asfáltica – excesso de ligante asfáltico; falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante. |
| Afundamento de consolidação | Fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito; densificação ou ruptura por cisalhamento de camadas subjacentes ao revestimento; falha de compactação na construção; problemas de drenagem. |
| Ondulação ou corrugação | Falta de estabilidade da mistura asfáltica; excessiva umidade do solo subleito; contaminação da mistura asfáltica; falta de aeração das misturas líquidas de asfalto. |
| Escorregamento | Falhas construtivas e de pintura de ligação. |
| Exsudação | Excessiva quantidade de ligante; baixo conteúdo de vazios. |
| Desgaste | Falhas de adesividade ligante-agregado; presença de água aprisionada e sobreposição em vazios da camada de revestimento, gerando deslocamento de ligante; deficiência no teor de ligante; problemas executivos ou de projeto de misturas. |
| Panela ou buraco | Trincas de fadiga (processo que ocorre devido ao acúmulo das solicitações do tráfego ao longo do tempo); desintegração localizada na superfície do pavimento; deficiência na compactação; umidade excessiva em camadas de solo; falha na imprimação. |

| | |
|----------|--|
| Remendo* | Carga de tráfego; emprego de material de má qualidade; ação do meio ambiente; má construção. |
|----------|--|

Fonte: CNT (2018).

* Apesar de ser uma atividade de conservação, é considerado um defeito por apontar um local de fragilidade e por impactar o conforto no rolamento. A deterioração de remendos é o conjunto de danos existentes em uma área de remendo.

É da inspeção de pavimentos que se pode verificar a qualidade da construção, a necessidade de manutenção ou reconstrução, e o atendimento às especificações para as quais são projetados (BRASIL, 2006).

A NORMA DNIT 006/2003 - PRO especifica os procedimentos de avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, mediante a contagem e classificação das patologias encontradas, sem considerar a extensão dos defeitos. Os problemas abrangidos por este método recebem uma notação (Quadro 2) e estão agrupados em 8 classes, possuindo cada uma destas um fator de ponderação próprio (Quadro 3), que é levado em consideração no cálculo do Índice de Gravidade Individual (IGI) (Equação 1) e Índice de Gravidade Global (IGG) (Equação 2).

Quadro 2 - Defeitos apresentados no Procedimento DNIT-PRO 006/2003

| Defeitos | Notação |
|---|---------|
| Fissuras | FI |
| Trincas isoladas transversais curtas | TTC |
| Trincas isoladas transversais longas | TTL |
| Trincas isoladas longitudinais curtas | TLC |
| Trincas isoladas longitudinais longas | TLL |
| Trincas interligadas tipo couro de jacaré sem erosão acentuada nos bordos | J |
| Trincas interligadas tipo couro de jacaré com erosão acentuada nos bordos | JE |
| Trincas isoladas devido a retração térmica | TRR |
| Trincas em bloco sem erosão acentuada nos bordos | TB |
| Trincas em bloco com erosão acentuada nos bordos | TBE |
| Afundamentos plásticos locais | ALP |
| Afundamentos plásticos nas trilhas de roda | ATP |
| Afundamentos de consolidação locais | ALC |
| Afundamentos de consolidação nas trilhas de roda | ATC |
| Corrugação – ondulações transversais | O |
| Escorregamento de revestimento betuminoso | E |
| Exsudação | EX |
| Desgaste acentuado | D |
| Panelas | P |
| Remendos existentes (superfície e/ou profundos) | R |

Fonte: Danieleski (2004).

Quadro 3 - Valor do Fator de Ponderação

| Ocorrência Tipo | Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER “Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia” (ver item 6.4 e Anexo D) | Fator de Ponderação <i>fp</i> |
|-----------------|---|-------------------------------|
| 1 | Fissuras e trincas isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR) | 0,2 |
| 2 | FC-2 (J e TB) | 0,5 |

| | | |
|---|--|-----|
| 3 | FC-3 (JE e TBE) Nota: para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (f_r) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2. | 0,8 |
| 4 | ALP, ATP e ALC, ATC | 0,9 |
| 5 | O, P, E | 1,0 |
| 6 | EX | 0,5 |
| 7 | D | 0,3 |
| 8 | R | 0,6 |

Fonte: DNIT 006/2003 - PRO.

$$IGI = f_r \times f_p \quad (1)$$

$$f_r = (f_a \times 100)/n \quad (1.1)$$

$$IGG = \sum IGI \quad (2)$$

Onde;

f_r = frequência relativa de cada tipo de defeito,

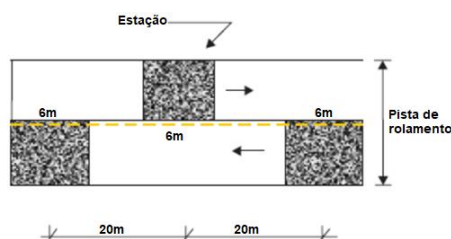
f_a = frequência absoluta de cada tipo de defeito,

n = número de estações inventariadas,

f_p = fator de ponderação.

A amostragem do método é realizada através da análise e da contagem visual das patologias, com superfícies de avaliação de 6 metros de comprimento por 3,5 metros de largura, localizadas em vias de pista simples, a cada 20 metros, partindo do eixo da superfície inicial até o eixo da superfície seguinte, alternados em relação ao eixo da pista (Figura 3).

Figura 3 - Modelo de demarcação de áreas para inventário de defeitos especificado pela norma DNIT 006/2003 - PRO



Fonte: Bernucci *et al.* (2008).

Com a finalidade de conferir ao pavimento estudado uma classificação que retrate a sua condição, o método exposto na NORMA DNIT 006/2003 - PRO define uma relação entre IGG e a conceituação do pavimento (Quadro 4).

Quadro 4 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

| Conceitos | Limites |
|-----------|---------------------|
| Ótimo | $0 < IGG \leq 20$ |
| Bom | $20 < IGG \leq 40$ |
| Regular | $40 < IGG \leq 80$ |
| Ruim | $80 < IGG \leq 160$ |
| Péssimo | $IGG > 160$ |

Fonte: DNIT 006/2003 - PRO.

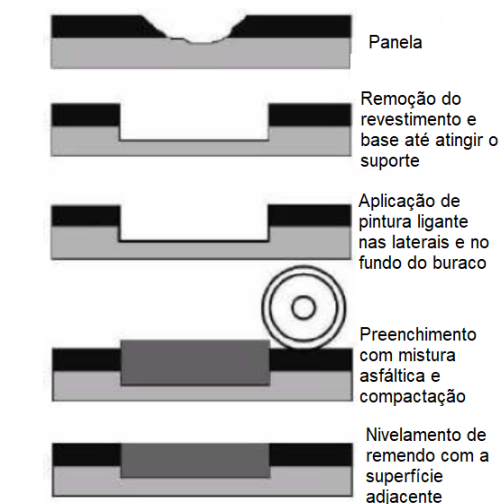
Seja para prevenir ou corrigir defeitos, de forma rotineira ou emergencial, os reparos direcionados à pavimentação tem como objetivo final manter as vias em condições adequadas de utilização, tendo em vista as questões econômicas envolvidas, além do bem-estar social. Neste contexto, Stuchi (2005) aponta três técnicas como as mais utilizadas no país para reparo de pavimentos asfálticos: remendo simples, remendo compactado e remendo permanente.

O remendo simples ou tapa-buraco é um reparo superficial pontual do pavimento asfáltico, em geral das panelas, realizado manualmente. Apesar da gravidade deste defeito e da existência de procedimentos normatizados para a execução do serviço, como escavação ou corte do pavimento procedido de limpeza do local a ser remendado, ou mesmo compactação (BRASIL, 2005), esta técnica é conhecida por ser empregada sem seguir qualquer especificação. Ocorre apenas um preenchimento do buraco com material asfáltico.

O remendo compactado é um reparo superficial que segue, porém, a sistemática descrita em norma. Além do corte da superfície desgastada e da posterior limpeza, aplica-se emulsão asfáltica seguida do lançamento do agregado, o qual deve atender os requisitos quanto a granulometria, e que deve ser comprimido com rolo pneumático (DNIT 154/2010 – ES, 2010).

O remendo permanente, também conhecido como remendo profundo, recebe a denominação de permanente pela maior durabilidade conferida pelo seu método executivo. Usualmente é retangular, formato em que se realiza o corte para a substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento (DNIT, 2003).

Figura 4 - Procedimento para execução de remendo permanente



Fonte: Stuchi (2005).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho realizou um estudo de caso das patologias em uma via de pavimento flexível, situada no Bairro Alfa Sul, na cidade de Manhuaçu – MG, com o objetivo de analisar, classificar as patologias encontradas e identificar o estado de deterioração do pavimento em estudo. O trecho selecionado abrange a Rua Elói Werner e a Avenida Elói Werner.

Para o levantamento dos dados foi usada como referência a norma DNIT 006/2003 - PRO, que consiste em fazer uma avaliação da condição de deterioração do pavimento através da contagem e classificação de ocorrências aparentes, atribuindo fatores de ponderação para salientar a gravidade de cada patologia considerada, podendo assim, definir o estado de conservação do pavimento. Sendo assim, o trabalho utilizou as formulações propostas por esta norma para o cálculo do IGI e do IGG. Vale ressaltar que a treliça metálica não foi utilizada para medição da trilha de roda, como especifica a norma DNIT 006/2003 - PRO, devido à falta do equipamento.

O trecho possui extensão total de 510 m, apresentando 419 m em revestimento asfáltico e 91 m em bloco sextavado. Para coleta da amostragem realizou-se uma contagem visual das patologias, com superfícies de avaliação de 6 metros de comprimento por 3,5 metros de largura, localizadas em vias de pista simples, a cada 20 metros, partindo do eixo da superfície inicial até o eixo da superfície seguinte, alternados em relação ao eixo da pista (Figura 3). No total, a via em estudo apresentou 26 estacas, onde da estaca 1 a 21 o pavimento apresenta revestimento asfáltico, da estaca 22 a 25 o pavimento apresenta revestimento em bloco sextavado e a estaca 26 apresenta revestimento asfáltico. Para ilustração dos defeitos foi utilizada uma régua de 15 cm de largura e 150 cm de

comprimento, dividida em 15 faixas de 10 cm, pintadas alternadamente. Tal procedimento também foi adotado por Danielecki (2004) com a finalidade de auxiliar no estabelecimento de noção das dimensões das degradações.

A coleta da amostragem se deu ao longo do segundo semestre do ano de 2018, com a primeira estação de trabalho (estaca) localizada no encontro da Avenida Elói Werner com a Praça José André da Costa, na pista localizada à direita com trânsito direcionado à BR-262 e teve fim no encontro da Rua Elói Werner com a BR-262, na pista localizada à direita com trânsito direcionado à BR-262 (marcação em vermelho na Figura 5). Para registrar as patologias encontradas, foi utilizada como referência a tabela fornecida pelo DNIT (Anexo IV), onde foram assinalados os defeitos identificados em cada estação de trabalho avaliada.

Figura 5 - Trecho da Rua Elói Werner e Av. Elói Werner considerados no estudo



Fonte: Google Earth – Mapas (2018).

Para a delimitação dos trechos utilizou-se trenas de 30 m, que auxiliavam na demarcação da estação de trabalho. Para que o eixo do trecho não fosse perdido entre uma medição e a próxima, utilizou-se placas que indicavam o centro (eixo) de cada estação de trabalho de 6 m x 3,5 m (Figura 6). A partir do eixo de medição da primeira estação, marcou-se 20 m e posicionou-se o eixo de medição da próxima estação (estaca), baseando-se no eixo de medição da nova estação, media-se 3 m para trás e 3 m para frente, formando-se assim a nova superfície de trabalho.

Figura 6 - Detalhe do posicionamento das superfícies de medição: (a) eixo posicionado em 20 m; (b) eixo posicionado em 3 m.



Fonte: Autores (2018).

(a)



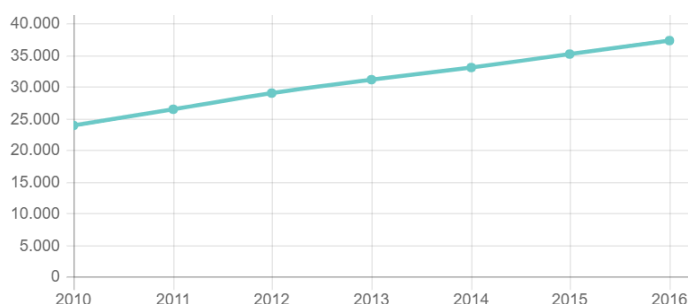
Fonte: Autores (2018).

(b)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo levantamento do DENATRAN (2018), a cidade de Manhuaçu – MG apresenta uma frota de 41.079 veículos. Levando-se em consideração o censo realizado pelo IBGE, o número de habitantes da cidade em 2018 é de 89.256, estima-se então que a cidade possua em média 2,17 habitantes/veículo. Com base nesta demanda, é fundamental que as vias da cidade estejam em condições de uso e resistam às solicitações de maneira segura e durável. O Gráfico 1 retrata o crescimento da frota do município, que atingiu em 2016 o número de aproximadamente 37.255 veículos, o que representa um aumento de 10,3% em um período de 2 anos em relação ao ano de 2018, mantendo o histórico registrado.

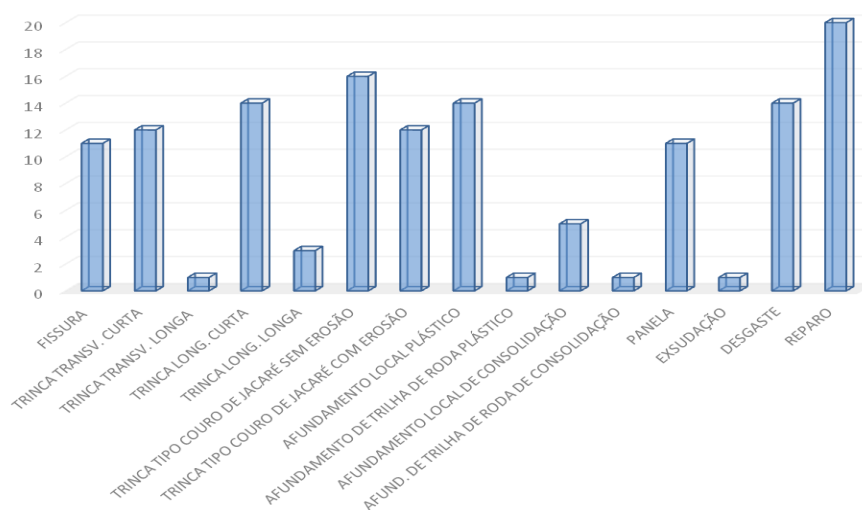
Gráfico 1 - Histórico do crescimento da frota ao longo dos anos no município de Manhuaçu – MG



Fonte: IBGE (2016).

Das 19 patologias consideradas pelo método DNIT 006/2003 - PRO, um total de 14 foram identificadas nos trechos em estudo. A frequência com que cada uma aparece nos 26 trechos está apresentada no Gráfico 2, onde os defeitos não citados obtiveram ocorrência absoluta igual a zero, ou seja, não foram observados na via, sendo eles: trinca de retração do revestimento, trinca tipo “bloco”, ondulação/corrugação e escorregamento.

Gráfico 2 - Frequência absoluta das patologias nas 26 estações de trabalho



Fonte: Autores (2018).

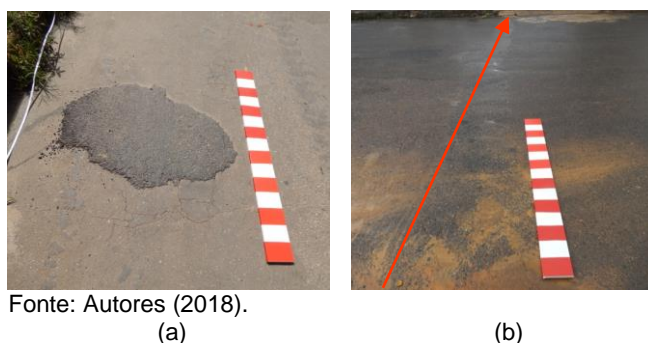
Como representado no Gráfico 2, os reparos são as patologias mais frequentes na via em questão. Este dado aponta para a precariedade da via estudada, seja pela ausência de dimensionamento, que repercute em manifestações patológicas precoces, ou mesmo pelo esgotamento da vida útil da pavimentação executada no local.

Analisando ainda os remendos, além de não estarem nivelados com o pavimento, é recorrente a detecção de trincas em suas bordas, mesmo naqueles aparentemente recentes. Isto comprova que, como indicado na definição de remendo simples apresentada no referencial teórico, esta é a forma de reparo mais utilizada. O aparecimento de fendas indica a ausência de implementação de etapas básicas sugeridas por norma, dentre elas a escavação ou corte do material de pavimentação antigo para lançamento do novo, e o preparo inadequado da superfície de aplicação do revestimento betuminoso, fatores estes que dificultam a aderência entre os materiais antigo e novo (Figura 7).

Vale ressaltar que apenas em três estações foram identificados reparos que podem ser classificados como profundos (Anexo IV), indicando a realização de trabalhos na rede de saneamento do município. Pelas análises feitas, estes reparos também não seguiram todos os procedimentos em norma, o que é perceptível pelo relevo na pista mesmo após a compressão por consequência do tráfego.

O aparecimento recorrente de remendos nos trechos teve grande contribuição para o IGG, uma vez que seu fator de ponderação é 0,6, valor médio em comparação com os demais.

Figura 7 - Remendo (a) superficial simples e (b) profundo



Outro defeito, ilustrado na Figura 8, que deve ser analisado com contribuição importante para o IGG, são as trincas interligadas tipo “couro de jacaré”, com e sem erosão, dada sua frequência, e no caso das com erosão por consequência de seu fator de ponderação (0,8) ser elevado. Apesar do presente trabalho não contemplar informações geotécnicas, de contagem do tráfego e da qualidade da pavimentação executada, é pertinente sugerir que, como detalhado pela Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2018), este tipo de manifestação patológica surge principalmente por consequência do “colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego; subdimensionamento, má qualidade da estrutura ou de uma das camadas do pavimento; baixa capacidade de suporte do solo; envelhecimento do pavimento (fim da vida)”.

Pela associação da elevada frequência relativa com um alto fator de ponderação, os afundamentos locais plásticos contribuíram muito para o IGG calculado (Figura 9). Como exposto no Quadro 1, é pertinente ressaltar que a inexistência de dimensionamento para a via, quanto à escolha do tipo de revestimento betuminoso mais adequado ao tipo de carregamento ao qual é submetida, ou a ausência de controle de qualidade dos componentes da mistura, especificamente do ligante asfáltico, contribuíram para a presença deste tipo de defeito.

Figura 8 - Trinca tipo “couro de jacaré” (a) com erosão e (b) sem erosão

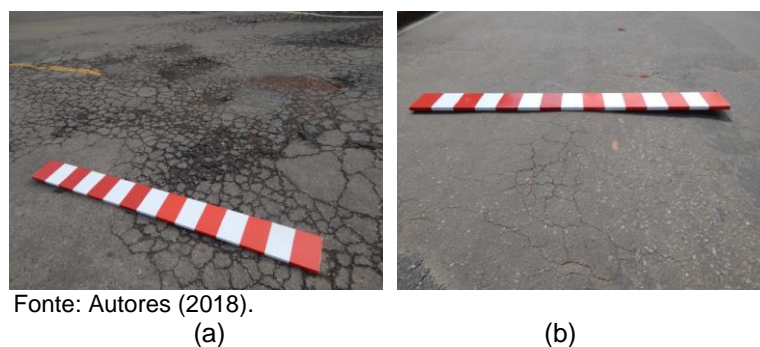


Figura 9 - Afundamento local plástico no trecho 9



Em termos de comparação entre as estações de trabalho, os trechos em piores condições de pavimentação são: o 9, em frente à Câmara Municipal, e o 21, em frente à Unopar, nos quais foram encontrados defeitos diversos. Na estação 21 ocorre a transição entre revestimento betuminoso e blocos sextavados, e ela se destaca pelo elevado desgaste destes blocos e pela forma como foi feita tal transição, sem qualquer padronização, causando desconforto para os transeuntes (Figura 10).

Figura 10 - Trecho 21 (a) transição de revestimento e (b) desgaste dos blocos de concreto



Fonte: Autores (2018).

(a)

(b)

Alguns defeitos não classificados pelo DNIT para conceituação da degradação da pavimentação também foram catalogados, sendo eles: (i) derrame de material betuminoso e de concreto na pista, por descuido durante a execução de reparos ou, como no caso do concreto, pela ação da própria população, na tentativa de minimizar os danos do pavimento mal conservado; (ii) rampas de acesso a edificações invadindo a pista e interrompendo o escoamento de águas pluviais; (iii) remendos cobrindo a sinalização horizontal de trânsito (faixa de pedestres da estaca 11, nas proximidades da Câmara); (iv) bocas de lobo assentadas de maneira inadequada. Quanto a este dispositivo de drenagem, é fundamental destacar que o seu sub-dimensionamento e seu posicionamento incorreto ao longo da via, associados a outros fatores característicos do sistema de saneamento municipal, colaboram para o agravamento das enchentes de morro, e causam um desgaste elevado no revestimento do pavimento (Figura 11).

Figura 11 - Defeitos não classificados pelo DNIT: (a) derrame de material; (b) rampa invadindo a pista e (c) bocas de lobo assentadas de maneira incorreta



Fonte: Autores (2018).

(a)

(b)

(c)

No trecho revestido com blocos sextavados, há uma redução na qualidade da pavimentação associada à baixa resistência destas peças de concreto, uma vez que muitas foram identificadas já rompidas, ou seja, as peças não apresentam resistência para suportar as cargas provenientes dos veículos. Também neste trecho notou-se a ausência de material de preenchimento das juntas, o que dificulta a transferência de esforços de um bloco para outro e consequentemente reduz a capacidade de resistirem em conjunto aos esforços (Figura 12).

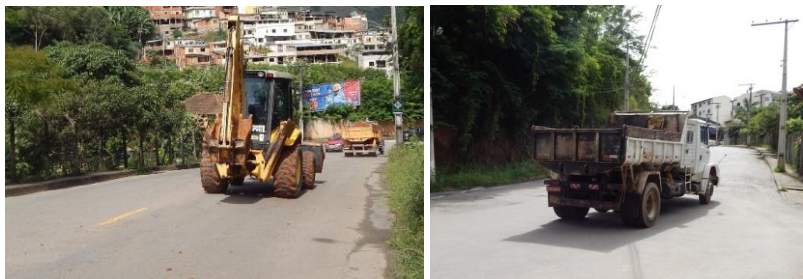
Figura 12 - Blocos sextavados rompidos e ausência de preenchimento das juntas



Fonte: Autores (2018).

Como descrito ao longo deste trabalho, a região de estudo tem um tráfego intenso, inclusive de veículos pesados, o que foi testemunhado durante os dias de coleta de dados (Figura 13). Defeitos como trincas interligadas tipo couro de jacaré e os próprios remendos tem como causa a atuação de cargas mais elevadas do que aquelas para as quais o pavimento foi dimensionado, de forma similar ao que acontece na via analisada.

Figura 13 - (a) e (b) tráfego de veículos pesados na via em estudo



Fonte: Autores (2018).

(a)

(b)

Os dados de maior relevância obtidos neste trabalho foram os IGI's, correspondentes a cada manifestação patológica, e o IGG do pavimento. O Anexo V mostra a compilação de todos os dados e os respectivos valores de IGI/tipo de patologia. Com valor de IGG igual a 230,4, o pavimento é classificado como péssimo, segundo o Quadro 4. Os remendos, os afundamentos locais plásticos e as trincas isoladas interligadas tipo "couro de jacaré" foram os defeitos com maior contribuição para o IGG.

As fendas tipo 1 não foram contabilizadas no cálculo da frequência absoluta considerada quando na estação sob análise foram detectadas trincas interligadas tipo 2. De maneira semelhante, as fendas tipo 1 e as trincas interligadas tipo 2 foram desconsideradas quando na mesma estação foram observadas trincas interligadas tipo 3. Para melhor compreensão desta informação, foram hachurados em vermelho os defeitos desconsiderados (Anexo IV). Isto se deve ao fato das trincas tipo 3 serem uma evolução das trincas tipo 2, que por sua vez são uma evolução das trincas do tipo 1. Considerar tais defeitos no cálculo do IGG seria excessivo e poderia mascarar a real condição do pavimento.

5 CONCLUSÃO

A partir da análise objetiva do pavimento flexível realizada neste trabalho, conclui-se que a péssima condição na qual ele se encontra sinaliza a necessidade de mudanças, como: no sistema de drenagem de águas pluviais, na uniformização do tipo de revestimento em toda sua extensão e principalmente na forma de execução da pavimentação. Dado o elevado grau de degradação, a repavimentação seria a forma mais adequada para corrigir tantos defeitos, principalmente os mais profundos. E vale ressaltar que esta deve ser feita conforme um projeto, atendendo requisitos de qualidade normatizados e demandas do tráfego.

Sugere-se para trabalhos futuros um levantamento junto à Prefeitura Municipal de Manhuaçu – MG tanto das vias que foram, de fato, projetadas como dos tipos de revestimento utilizados na pavimentação, para que seja feita uma associação adequada e mais fiel à realidade, entre as patologias levantadas e a execução da pavimentação. Recomenda-se ainda, a análise das patologias quanto à severidade, através da elaboração de um fator próprio de ponderação, como realizado por Danieleski (2004).

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15953** – Pavimento intertravado com peças de concreto – Execução. Rio de Janeiro, 2011.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B.. Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros. 3ª reimpressão – Rio de Janeiro: Petrobrás, 2008.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Pavimentação. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná. DER/PR ES-P 12/05, 2005: Pavimentação: Tapa-buraco. Paraná, 2005.

BRASIL. PETROBRÁS. **Asfalto informações técnicas**. Rio de Janeiro, 2015.

CNT. **Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias**. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/imprensa/noticia/conheca-principais-defeitos-pavimento>. Acesso em: 28 de nov. 2018

DANIELESKI, M. L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre**. 2004. 151f. Trabalho de Conclusão (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN). **Frota de veículos, por tipo e com placa, segundo os Municípios da Federação -OUT/2018**. Disponível em: <https://www.denatran.gov.br/estatistica/635-frota-2018>. Acesso em: 25 de nov. de 2018

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

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 154/2010 – ES: Pavimentação Asfáltica – Recuperação de defeitos em pavimentos asfálticos – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2010.

DOCE OBRA. **Piso intertravado: O que é e tudo sobre revestimento**. Disponível em: <https://casaconstrucao.org/revestimentos/piso-intertravado/>. Acesso em: 27 de nov. 2018

GOOGLE EARTH – MAPAS. <https://www.google.com.br/maps>. Consulta realizada em Novembro 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **População: Manhuaçu – MG**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/manhuacu/pesquisa/22/0?tipo=ranking&indicador=28123>. Acesso em: 25 de nov. 2018

MARQUES, G. L. O. Notas de aula da disciplina Pavimentação. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, Minas Gerais. 2006. (Apostila)

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL (MTPA). c2014-2016. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/conteudo/136-transportes-no-brasil-sintese-historica.html#republica>. Acesso em: 17 nov. 2018.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**, Vol. 2. 1ª Edição – São Paulo, SP. Ed. Pini, 2001.

STUCHI, E. T. **Interferências de obras de serviços de água e esgoto sobre o desempenho de pavimentos urbanos**. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos.

VIEIRA, M. A. Patologias Construtivas: Conceito, Origens e Método de Tratamento. **Revista On-Line IPOG**, Uberlândia, 2016.