

FACULDADE EDUFOR

ENGENHARIA CIVIL

WAHILSON DOS SANTOS AGUIAR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DETERMINAÇÃO DE PATOLOGIAS DA PAVIMENTAÇÃO EM VIAS URBANAS



São Luís

2023

A283d Aguiar, Wahilson dos Santos

Determinação de patologias da pavimentação em vias urbanas / Wahilson dos Santos Aguiar — São Luís: Faculdade Edufor, 2023.

21 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (ENGENHARIA CIVIL) — Faculdade Edufor - São Luís, 2023.

Orientador(a) : Franklin Roosevelt Rodrigues do Ó

1. Pavimentação. 2. Asfáltica. 3. Patologia em vias asfálticas. 4. Conservação. 5. Manutenção. I. Título.

FACULDADE EDUFOR SÃO LUÍS

CDU 678.049.2

DETERMINAÇÃO DE PATOLOGIAS DA PAVIMENTAÇÃO EM VIAS URBANAS.

Wahilson dos Santos Aguiar¹

Me. Franklin Roosevelt do Ó

Resumo

A pavimentação asfáltica desempenha um papel essencial na evolução das cidades e na conectividade entre elas. No entanto, ao longo da vida útil do pavimento, surgem danos e degradações, conhecidos como patologias. Este estudo, baseado em uma revisão bibliográfica, busca analisar as origens dessas patologias em vias asfálticas e apresentar métodos de conservação e manutenção para corrigi-las. O objetivo é implementar melhorias e evitar futuros problemas, através do diagnóstico preciso e da aplicação dos procedimentos corretos. O método utilizado foi a revisão bibliográfica. Foram consultadas fontes técnicas e trabalhos acadêmicos para embasar o estudo nos conceitos de autores renomados. A pesquisa se baseou na análise e síntese dessas fontes para compreender as origens das patologias em vias asfálticas e os métodos utilizados na conservação e manutenção de estradas e pavimentos. A utilização dessas referências contribuiu para embasar as conclusões e recomendações apresentadas neste estudo.

Palavras-chave: Pavimentação. Asfáltica. Patologia em vias asfálticas. Conservação e Manutenção.

¹ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Edufor São Luís. E-mail: wahilson.dos.santos.aguiar@alunoedufor.com.br.

² Mestre em Engenharia Elétrica. E-mail: franklin.doo@edufor.edu.br

Abstract

Asphalt pavement plays an essential role in the evolution of cities and their connectivity. However, damages and degradation, known as pathologies, occur over the lifespan of the pavement. This study, based on a literature review, aims to analyze the origins of these pathologies in asphalt roads and present methods of conservation and maintenance to correct them. The objective is to implement improvements and prevent future problems through accurate diagnosis and the application of correct procedures. The method used was a literature review, consulting technical sources and academic papers to support the study with renowned authors' concepts. The research involved analyzing and synthesizing these sources to understand the origins of pathologies in asphalt roads and the methods used in the conservation and maintenance of roads and pavements. The use of these references contributed to support the conclusions and recommendations presented in this study.

Keywords: Asphalt Pavement, Asphalt Road Pathology, Conservation and Maintenance.

1. Introdução

A pavimentação assume um papel crucial no impulsionamento do desenvolvimento socioeconômico do país. É por meio dela que os transportes rodoviários canalizam produtos exportados e importados para diversas regiões, assegurando mobilidade à população. Esse cenário propicia a viabilidade de investimentos destinados a aprimorar a qualidade e segurança do transporte de mercadorias e passageiros, contribuindo para a durabilidade ampliada das vias pavimentadas. (DNIT, 2006).

Nesse contexto, estudos sobre a infraestrutura rodoviária revelam que a pavimentação asfáltica enfrenta desafios como desgaste prematuro e envelhecimento devido a falhas na execução, ausência de conservação regular, manutenção periódica deficiente e problemas na drenagem urbana. Essas questões resultam em manifestações patológicas que comprometem a resistência original do revestimento. (DNIT, 2006).

Assim, a finalidade deste trabalho é identificar as patologias que se manifestam ao longo do tempo no pavimento flexível e que são originárias nas vias urbanas, provocando a redução de sua vida útil. Para prevenir esses efeitos adversos, é essencial implementar medidas eficazes de manutenção e conservação, assegurando que os pavimentos permaneçam em ótimo estado de funcionamento.

3.1 Objetivo

Nesse contexto, o objetivo principal deste estudo foi mostrar as patologias no pavimento flexível, originadas nas vias urbanas, além de sugerir alguns métodos que podem ajudar na conservação e manutenção, visando à correção das patologias identificadas.

3.2 Metodologia

Assim, a pesquisa se delineou por meio de um levantamento bibliográfico, visando fundamentar o trabalho na definição de conceitos e na introdução do tema, ancorando-se em renomados autores e fontes da área. Destacaram-se plataformas como a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP, a Biblioteca Digital da Unicamp e o Portal de Periódicos CAPES/MEC como fontes de informação essenciais para a coleta de dados. A pesquisa nessas plataformas baseou-se na utilização de termos e assuntos específicos no processo de busca, abrangendo temas como Patologias em pavimentos, Pavimentos asfálticos, manutenção em pavimentos, conservação em estradas e estradas e pavimentos flexíveis.

2. conceitos essenciais dos pavimentos e materiais associados

Iniciando como toda obra pela sua fundação, a pavimentação segue a mesma lógica, tornando imperativo o estudo detalhado do solo. A construção de um pavimento demanda não apenas o conhecimento dos materiais que compõem suas camadas, mas também dos elementos presentes no subleito e de materiais que possam influenciar na execução de drenos, acostamentos, cortes e aterros (SENÇO, 2007).

Em sua essência, a malha rodoviária desempenha um papel vital no transporte de mercadorias e na mobilidade das pessoas, responsável por absorver cerca de 60% do volume total de cargas transportadas no país, impulsionando, assim, o crescimento econômico. No entanto, é crucial buscar compreender a fundo a estrutura e o comportamento das estradas para melhor contextualização desse panorama (TEIXEIRA, 2007).

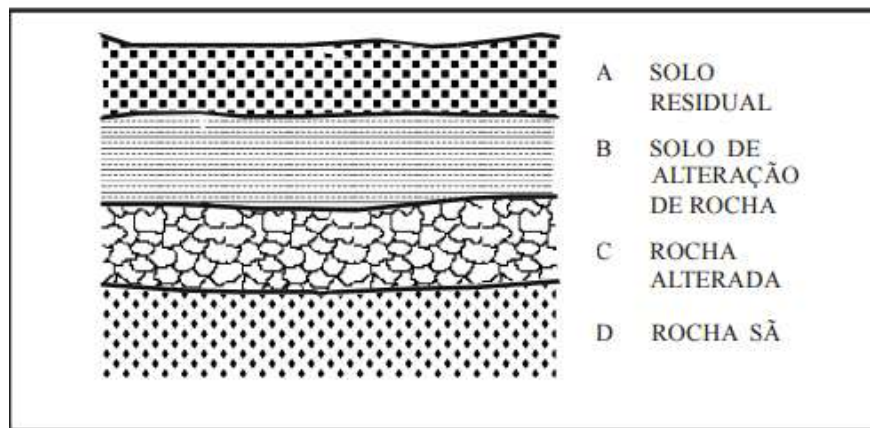
2.1. Pavimentos

Os pavimentos representam infraestruturas com uma configuração composta por camadas sobrepostas de espessuras e materiais distintos, caracterizando-se pela ausência de revestimento superficial de concreto ou asfalto. Em determinadas situações, é possível encontrar um revestimento granular. O desempenho dessas camadas é influenciado pelas propriedades e origens dos materiais que as compõem, proporcionando uma gama variada de comportamentos (DNIT, 2006).

Com o decorrer do tempo, esses materiais estão sujeitos a desgastes e degradações, o que culmina em danos nas rodovias e estradas. Nesse contexto, torna-se crucial a elaboração de projetos que contemplem métodos eficazes de conservação e manutenção, acompanhados por diagnósticos apropriados. Essa abordagem visa prevenir o desenvolvimento de problemas e patologias nas estradas e rodovias, dada sua condição de superfície exposta (FIGUEIREIDO, 2011).

No Brasil, deparamo-nos com uma variedade de tipos de solo, resultante de diversos fatores de formação. Alguns apresentam características de resistência, enquanto outros revelam fragilidades. Compreender a dinâmica e o funcionamento desses solos é essencial. A origem de seus constituintes possibilita a classificação em diferentes tipos, conforme discriminados na figura 1, quais sejam:

Figura 1 - Perfil resultante da decomposição e rochas



Fonte: DNIT (2006).

Dessa forma, torna-se de suma importância compreender não apenas o tipo de solo, mas também sua mecânica e trabalhabilidade, visando à execução eficaz de infraestruturas e à prevenção de retrabalhos. O desconsidero na investigação do solo em obras desse tipo pode resultar em patologias, uma vez que não há pavimentos robustos sem uma base sólida (DNIT, 2006).

Com o decorrer do tempo, esses materiais enfrentam desgastes e degradações, culminando em danos às rodovias e estradas. Torna-se, assim, imprescindível a implementação de métodos eficazes de conservação e manutenção, visando evitar o desenvolvimento de problemas e patologias nesses importantes caminhos, dada a sua condição de superfície exposta (BALBO, 2016).

Esta encontra-se sujeita às influências do intemperismo, desencadeando notáveis alterações e resultando no surgimento de danos e degradações. Esses elementos se manifestam por meio de esforços horizontais e verticais, variando de acordo com a temperatura, movimentação e presença de água. O desempenho deficiente durante a construção ou a preparação inadequada do material podem agravar a degradação da superfície da estrada (FIGUEIREIDO, 2011).

Estes problemas podem resultar na infiltração e penetração de água nas camadas inferiores. Estas, por sua vez, representam um dos principais fatores de deterioração, desenvolvendo-se ao longo dos estágios sucessivos de degradação que culminam na ruína do pavimento, contribuindo significativamente para os danos ao solo (VICENTE, 2006).

Esse estado alterado ou de deterioração pode manifestar-se de maneira superficial ou estrutural. Os primeiros influenciam diretamente o desempenho funcional da superfície da estrada, levando à redução da segurança e do conforto para quem trafega por ela. Por outro lado, a deterioração estrutural revela-se através do surgimento de patologias na superfície do solo, ocasionadas pela carência de capacidade de suporte da fundação ou pela degradação dos materiais que constituem a estrutura do pavimento (CNT, 2017).

Entre os métodos de aplicação desse pavimento, destaca-se a importância dos sistemas de drenagem como aliados na conservação, evitando sua degradação pela água. Inicialmente, as técnicas incluíam a escavação do perímetro do terreno em busca de materiais duros ou consistentes. Em áreas de vales com solo menos resistente, implementava-se a cravação de estacas de madeira, seguida de nivelamento e compactação (MARQUES, 2004).

Após o processo de compactação, procedia-se com a instalação do lastro de pedra, visando aprimorar as condições de apoio para as futuras camadas superiores. A camada superior era então construída utilizando tijolos, pedras, ladrilhos e grandes pedaços de ferro. Esses materiais eram consolidados por meio de uma mistura composta por cal, areia, argila e pozolana (cinza volante vulcânica natural). A camada subsequente era formada por pedras menores, seguida imediatamente pela compactação, com a função de impermeabilizar o pavimento (BALBO, 2007).

Por dois mil anos, os métodos de construção de pavimentos foram aprimorados e disseminados, estendendo-se para além da Europa e chegando a outros continentes. Essa evolução tinha como propósito conectar várias cidades, otimizar a utilização de recursos disponíveis em regiões distantes, acelerar as transações de produtos agrícolas e criar caminhos sólidos para a movimentação humana (MOTTA et al., 2008).

Em termos teóricos, os pavimentos são formados por betumes, um dos materiais mais comuns e amplamente utilizados pelo ser humano. Definido como um material de consistência variável, de coloração parda ou preta, o asfalto é predominantemente composto por betume, originando-se na natureza através de jazidas ou sendo obtido por meio do refino do petróleo (LEITE, 2003).

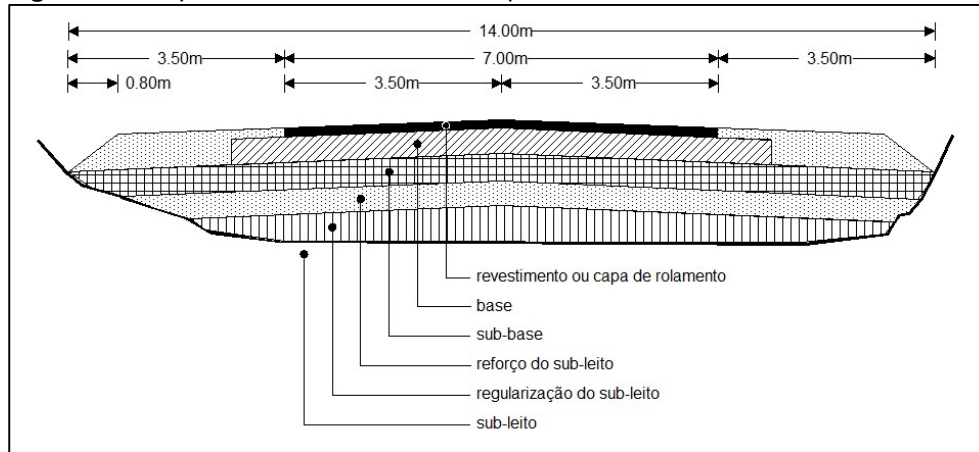
2.2. pavimentos

As estruturas de pavimentos são compostas por sistemas de camadas ascendentes sobre uma fundação chamada subleito. O comportamento estrutural é influenciado pela espessura de cada camada, pela rigidez dessas camadas e do subleito, assim como pela interação entre as diversas camadas do pavimento. Na engenharia rodoviária, as estruturas de pavimentos são subdivididas com base na rigidez do conjunto: de um lado, encontram-se as estruturas rígidas, e do outro, as flexíveis (DNIT, 2007).

O pavimento flexível é definido pelo revestimento betuminoso, utilizando materiais como asfalto para a camada de revestimento, material granular na base e outro material granular ou o próprio solo na sub-base. Comparado ao pavimento rígido, o pavimento flexível apresenta uma deformação elástica maior e mais significativa, conhecida como deflexão no meio rodoviário. Nesse tipo de pavimento, a absorção de esforços ocorre de forma distribuída entre

as camadas, com concentração das tensões verticais nas camadas inferiores próximo à aplicação da carga (BALBO, 2017; SILVA, 2008).

Figura 2 – Esquema das camadas de um pavimento



Fonte: Faleiros, (2005).

De acordo com a abordagem de Balbo (2007), a estrutura dos pavimentos asfálticos é fracionada em duas ou mais camadas, considerando as técnicas construtivas e os custos envolvidos. Essa subdivisão é evidenciada pelas diferentes nomenclaturas atribuídas às camadas do revestimento asfáltico na engenharia rodoviária.

As misturas de agregados e ligantes asfálticos constituem o revestimento dos pavimentos asfálticos, que se organizam em quatro camadas principais: o revestimento asfáltico, atuando como uma capa protetora para resistir diretamente às ações do tráfego; a base, sub-base e reforço do subleito, desempenhando papéis críticos no gerenciamento de tensões e deformações na estrutura do pavimento (DNIT, 2010).

Bernucci et al. (2006) afirmam que o pavimento asfáltico se divide em duas categorias: rígido e flexível. A distribuição dos esforços no subleito é distinta para cada tipo, com o pavimento rígido utilizando um maior número de camadas para concentrar as cargas em uma seção mais específica do subleito.

Segundo Medina et al. (2005), o pavimento rígido distribui as cargas solicitadas por uma área mais ampla do subleito, influenciado pelo módulo de elasticidade presente na camada, que desempenha uma função estrutural crucial no pavimento rígido. A vida útil desse tipo de pavimento varia de 3 a 5 anos.

Ao longo da vida útil dos pavimentos, é plausível que essas estruturas apresentem defeitos por diversos motivos, desencadeando as conhecidas patologias. Essas questões estão intrinsecamente relacionadas ao comportamento mecânico da estrutura e aos materiais utilizados nas misturas asfálticas, sendo essencial ressaltar a importância do método de execução para o bom desempenho, como indicado por Pereira (2010).

3. patologias da pavimentação

Nesta seção, são destacadas de maneira sucinta algumas patologias relacionadas ao pavimento flexível, considerando a distinção entre deterioração superficial e estrutural. O impacto inicial compromete o funcionamento adequado da superfície da estrada, resultando na redução da segurança e conforto para os usuários. A deterioração estrutural, por outro lado, se evidencia pelo surgimento de patologias na superfície do solo (VICENTE, 2006).

Essa situação ocorre devido à incapacidade da fundação de oferecer suporte suficiente ou à degradação dos materiais estruturais do pavimento. Essas deficiências promovem o acúmulo e a infiltração de água nas camadas inferiores, demandando intervenções nos pavimentos. O processo se desenvolve por estágios sucessivos de degradação, resultando eventualmente na ruína do pavimento (DNIT, 2006).

Azevedo (2011) proporciona uma definição precisa de patologia, ressaltando sua principal aplicação na medicina. De acordo com essa perspectiva, a patologia é considerada a ciência que estuda e diagnostica doenças, investigando suas origens, sintomas, agentes causadores e mecanismos de ocorrência.

Na engenharia, o emprego do termo patologia mantém-se alinhado ao seu significado na medicina. Ele continua a ser derivado do tratamento de problemas ocorridos, com o propósito de estudar as origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e sistemas de degradação das estruturas (GUARNIERI, 2016).

Enfrentar as patologias nas camadas flexíveis dos pavimentos asfálticos representa um desafio expressivo para empreiteiras, concessionárias de rodovias, prefeituras, entre outros. A demanda por manutenções regulares evidencia as dificuldades em manter a qualidade das vias asfaltadas, muitas vezes prejudicada pela carência de recursos financeiros (DNIT, 2010).

De acordo com Bernucci et al. (2006), a capacidade de carga de um pavimento está intrinsecamente relacionada ao seu estado estrutural, ligada à sua capacidade para suportar as cargas decorrentes do tráfego futuro, atendendo às demandas de conforto e segurança dos usuários, bem como aos parâmetros estruturais e funcionais, dentro de um projeto que também considere as restrições econômicas. Entretanto, são identificadas interferências em diferentes formas.

3.1. buraco ou panela

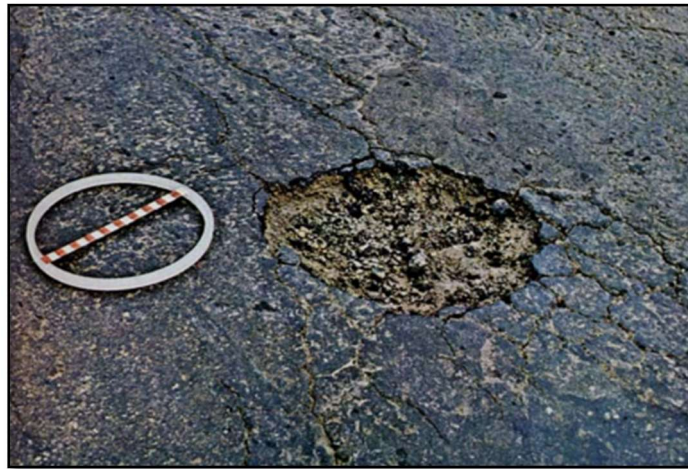
Uma cavidade que se desenvolve no revestimento, podendo atingir a base e resultar na desagregação ou amolecimento das camadas do pavimento, gerando afundamentos na trilha da roda. Em outras palavras, trata-se de uma irregularidade caracterizada por cavidades

inicialmente formadas no revestimento do pavimento, com dimensões e profundidades diversas, causando danos à estrutura do pavimento e facilitando a entrada de água nas camadas inferiores (DNIT, 2005).

Causadas principalmente pelas trincas de fadiga provocadas pelo tráfego, desagregação da superfície do pavimento, umidade excessiva em camadas do solo, compactação deficiente e falha na imprimação, as cavidades, também chamadas de panelas ou buracos no pavimento, são fenômenos ilustrados na Figura 3, conforme observado por Silva (2008).

A falta de serviços de manutenção para corrigir fissuras no revestimento contribui significativamente para a formação da maioria dos buracos. Além disso, os buracos podem surgir devido ao trincamento por fadiga na fase final e à desintegração fixada na superfície do pavimento. Em resumo, ao longo do tempo, as trincas se conectam, formando pequenas placas desvinculadas com bordas erodidas. Sem o devido tratamento, essas placas podem evoluir para grandes buracos no revestimento asfáltico, permitindo a infiltração de água (SILVA, 2008).

Figura 3 – Panela / Buraco.



Fonte: DNIT, (2003).

O erro na dosagem é apontado como um dos fatores para essa falha construtiva, enfatizando a necessidade de alcançar a proporção e temperatura corretas ao misturar os materiais. Essa prática é essencial para prevenir imperfeições na pavimentação e salvaguardar as outras camadas do pavimento (BERNUCCI et al., 2006).

3.2. afundamento

Os afundamentos, conforme Silva (2008), são deformações plásticas identificadas por uma depressão longitudinal na superfície do pavimento, com classificação de consolidação ou plásticas. Essas deformações são resultantes da repetição das cargas das rodas dos pneus e do fluxo canalizado de veículos comerciais. A Figura 4 fornece uma representação visual do

afundamento plástico.

Figura 4 – Afundamento plástico nas trilhas de roda.



Fonte: , (2017)

A ocorrência de afundamentos plásticos está relacionada à deformação plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, excesso de ligante asfáltico e falha na escolha do tipo de revestimento adequado à carga solicitante. Esses afundamentos apresentam elevações ao longo dos lados, com diferenças em sua extensão. Quando a extensão é de até 6m, é denominado afundamento plástico local (ALP), e se ultrapassa 6m, é classificado como afundamento plástico da trilha (ATP) (SILVA, 2008; CNT, 2017).

À medida que ocorre o afundamento de consolidação, nota-se a depressão do pavimento sem a correspondente compensação volumétrica lateral. Em resumo, isso acontece quando há deformação ao longo da trilha com extensão superior a 6 metros, configurando o afundamento de consolidação de trilha de roda (MOTTA, 2008).

O afundamento por consolidação ocorre principalmente devido à compactação inadequada de alguma camada do pavimento, à mistura asfáltica inadequada e ao enfraquecimento de uma ou mais camadas causadas pela infiltração de água (DNIT, 2005). A Figura 5 ilustra de forma gráfica esse processo.

Figura 5 – Afundamento por consolidação nas trilhas de roda.



Fonte: CNT, (2017)

Originado pela compactação inadequada, questões de drenagem, fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, e densificação ou ruptura por cisalhamento das camadas subjacentes ao pavimento (CNT, 2017).

3.3. exsudação

O aumento excessivo do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) constitui a principal causa da exsudação. De forma resumida, essa patologia ocorre quando a película ou filme de material betuminoso se expande na superfície do pavimento devido ao deslocamento do ligante através do revestimento, resultando em manchas de dimensões variadas (BERNUCCI et al., 2008).

O baixo índice de vazios durante a compactação é outro fator que pode desencadear esse fenômeno. Com o aumento da temperatura, o material se expande, ultrapassando os vazios projetados e elevando os níveis de ligantes (DNIT, 2006).

Segundo Bernucci et al., (2010), não existe um local determinado para a manifestação desse defeito; no entanto, é comum observar a exsudação frequentemente nas trilhas de rodas. Eles identificam fatores como segregação de massa, cravamento de agregados na base e ascensão de ligante à superfície como potenciais causadores dessa patologia. A Figura 6 oferece uma representação visual do defeito de exsudação no pavimento.

Figura 6– Exsudação.



Fonte: DNIT, (2003).

É caracterizada pelo excesso de ligantes e mastique, decorrente da redução extrema dos vazios, frequentemente ligada a temperaturas elevadas. Isso leva à migração do betume para a superfície, ocasionando a redução da macrotextura do pavimento (FIGUEIREDO, 2011).

3.4. Deformação plástica do revestimento

Este tipo de anormalidade ocorre quando há desprendimento do revestimento em relação à base, gerando fendas com características de meia-lua (SILVA, 2008).

Conforme estabelecido pelo DNIT (2006), o escorregamento é gerado pelos eixos dos veículos ao aplicarem esforços tangenciais durante a frenagem e a aceleração, causando movimentos horizontais no revestimento. Ou seja, consiste no deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, acompanhado pela formação de fendas em meia-lua.

Assim como a ondulação, o escorregamento é frequentemente identificado em trechos com significativo índice de aceleração e frenagem de veículos, como rampas íngremes, curvas horizontais de raio pequeno, interseções e nas proximidades de paradas de ônibus ou lombadas (BERNUCCI et al., 2008). A Figura 7 ilustra o defeito de deslocamento no pavimento.

Figura 7 – Escorregamento.



Fonte: DNIT, (2003).

Visíveis na superfície, essa característica se destaca, em especial, devido à deficiência na pintura de ligação, que desempenha um papel vital na promoção da aderência entre as camadas asfálticas e no aumento da durabilidade do revestimento. Considerada um elemento de grande importância, especialmente durante a execução, a sua negligência pode resultar na diminuição do número de intervenções na estrutura (BERNUCCI et al, 2006).

3.5. remendos

A aplicação de remendos ou recapeamentos é realizada em locais onde há buracos ou depressões com uma ou mais camadas. Os remendos são classificados como patologias devido à sua propensão a novas deteriorações e ao desconforto que podem causar na via de rolamento (DNIT, 2006).

Os remendos são comumente classificados em Remendo Profundo, quando há a substituição de uma ou mais camadas do pavimento, e Remendo Superficial, quando se trata apenas de um reparo localizado na superfície através do preenchimento com material betuminoso (DNIT, 2003).

Em outras literaturas, o reparo efetuado na camada de desgaste é considerado uma patologia, já que causa rupturas no adesivo, tornando essas áreas suscetíveis ao surgimento de novas degradações e patologias. Nas rodovias e estradas, torna-se crucial identificar e analisar as razões por trás dessa ocorrência, visando uma manutenção mais eficiente para prevenir a repetição ou, ao menos, adiar tais problemas (FIGUEIREDO, 2011).

5.6 trincas isoladas

As trincas isoladas são defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Elas são facilmente visíveis a olho nu e possuem aberturas superiores às das fissuras, trincas isoladas se dividem em transversais e longitudinais. As trincas transversais são aquelas que se estendem perpendicularmente ao eixo da via. Se a extensão for de até 100 cm, é denominada trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm, denomina-se trinca transversal longa. Já as trincas longitudinais são aquelas que se estendem paralelamente ao eixo da via. As trincas isoladas são defeitos funcionais e estruturais. Grandes trincamentos causam irregularidade e enfraquecem o revestimento do pavimento. DNIT(2019)

5.7 trincas couro – de - jacaré

De acordo com a norma DNIT 005/2003, as trincas tipo couro de jacaré são um conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se a um aspecto estilo couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada e estágio avançado de fadiga. Apresentam-se de forma isolada e, à medida que progridem com o tempo, interligam-se e ficam com o aspecto de pele de crocodilo .



Figura 8 - Trinca tipo Couro de Jacaré. Fonte: (Bernucci, 2008).

5.8 desgastes superficial

O desgaste superficial é uma das patologias mais comuns em pavimentos flexíveis. Ele é caracterizado pelo desgaste da camada superficial do pavimento, que pode ser causado por diversos fatores, como ação do tráfego, ações climáticas, carência de ligantes nas misturas betuminosas, utilização de materiais desnecessários e erros durante a construção. O desgaste pode ser classificado em dois tipos: abrasão e polimento. A abrasão é causada pelo tráfego de veículos, enquanto o polimento é causado pela ação do clima, como chuva e vento. Existem diversas técnicas para avaliar o desgaste superficial, como o uso de equipamentos de medição de textura, como o medidor de macrotextura e o medidor de microtextura. Para prevenir o desgaste superficial, é importante que o pavimento seja projetado e construído corretamente, com a utilização de materiais de qualidade e a execução adequada das etapas de construção. (BERNUCCI, 2008, p. 186-191).

5.9 desagregação

A desagregação ou desgaste é um fenômeno que ocorre em estradas e é associado ao tráfego e ao intemperismo. É resultado da deficiência na ligação entre os componentes das misturas betuminosas ou a sua má formulação, da utilização de materiais não apropriados e de erros na construção. Quando o estágio de desgaste superficial está avançado, tem-se o arrancamento progressivo dos agregados, que ocorre em consequência da volatilização e oxidação do asfalto sob a ação do intemperismo e abrasiva do tráfego, conferindo uma aspereza superficial. Pode ocorrer até um superaquecimento do asfalto ou falta do ligante, caso haja perda progressiva de agregado logo após a abertura ao tráfego, originando uma macrotextura elevada. A exposição dos agregados a muitas solicitações acaba evoluindo para a formação de peladas e ninhos. Outra patologia que

pode estar associada com a perda de agregado é o polimento de agregado, que, pelo fato da seleção deficiente de agregados, ocasiona problemas de adesividade somados potencialidade de polimento das superfícies agregados pela ação dos pneus de veículos. (BERNUCCI et al., 2008).

4. conservação e manutenção do pavimento

A conservação do pavimento consiste em atividades regulares para preservar a estrutura tão próxima quanto possível de sua condição imediata, considerando condições normais de construção e movimentação (FRACISCO, 2012).

Conforme o DNIT (2005), a conservação de rodovias abrange uma variedade de operações, desde rotineiras e regulares até emergenciais, com o objetivo de preservar as características técnicas, estruturais e operacionais do sistema viário e das instalações fixas, mantendo-os conforme os padrões estabelecidos para um determinado serviço.

As estratégias para a conservação de estradas consistem em intervenções destinadas a restaurar a qualidade funcional e estrutural do pavimento ao longo de sua vida útil. A preservação de rodovias implica a execução de um ou mais níveis em uma superfície existente, comumente composta por camadas que incluem uma mistura de agregados naturais e ligantes betuminosos (CNT, 2017).

Segundo o DNIT (2005), a restauração é mais uma experiência prática do que uma ciência exata. Uma medida apropriada de restauração deve ser embasada em uma série de procedimentos analíticos e critérios de engenharia. O processo analítico é facilitado ao seguir uma abordagem lógica e sequencial, cujos fundamentos são baseados na necessidade de:

- Identificar as Origens dos Defeitos no Pavimento;
- Desenvolver uma Lista de Soluções Adequadas para Abordar o Problema;
- Considerar Restrições Financeiras e de Projeto ao Determinar a Medida de Restauração Apropriada.

A conservação rodoviária tem como principal objetivo manter as características técnicas e físico-operacionais do sistema rodoviário, além das instalações fixas, em conformidade com os padrões estabelecidos para os serviços. Essa manutenção é dividida em operações rotineiras, periódicas e de emergência, conforme explicado por Bernucci (2008):

Englobam uma série de passos que visam reparar defeitos e, simultaneamente, restabelecer o funcionamento ideal da rodovia, proporcionando conforto e segurança ao usuário (MIRANDOLA, 2016).

Inclui um conjunto de práticas de manutenção que são realizadas em períodos predefinidos, com o propósito de prevenir o surgimento ou agravamento de novos defeitos. Essas tarefas são distribuídas ao longo do ano, mas sua execução depende de fatores como tráfego, topografia e clima (DNIT, 2005).

Compreende um conjunto de operações necessário para reparar, repor ou reconstruir trechos ou estruturas da via que tenham sido obstruídos ou danificados devido a eventos catastróficos (CNT, 2017).

A detecção fora do comum de água na superfície do pavimento pode sugerir um problema significativo de drenagem, muitas vezes derivado de um projeto mal executado, locação incorreta ou bloqueio da superfície. Quando acumulada na base ou sub-base, essa água pode resultar em defeitos na superfície do pavimento, como trincas e afundamentos, de acordo com a análise de Silva (2008).

Conforme Senço (2001), a conservação deve se ocupar da manutenção de obras de drenagem, tanto superficial quanto subterrânea. No que diz respeito à drenagem superficial, é fundamental que todo o pavimento apresente condições apropriadas para o escoamento das águas, tanto transversal quanto longitudinalmente. As atividades de conservação de pavimentos devem dar ênfase ao estudo da conservação preventiva, visando corrigir as falhas no momento de sua manifestação.

A desobstrução regular das galerias e bocas de lobo, principalmente no início de chuvas intensas, é crucial. Isso se deve ao fato de que a água infiltrada nas trincas dos pavimentos pode comprometer a estrutura, ampliando as deficiências existentes e até mesmo causando o surgimento de novas falhas (MIRANDOLA, 2016).

A conservação representa o investimento mais eficiente, pois não apenas preserva o investimento inicial na construção, mas também reduz os custos operacionais e estende a vida útil tanto do pavimento quanto dos veículos. É imprescindível implementar práticas regulares de manutenção para evitar fissuras, depressões e outras falhas que sinalizam o desgaste do pavimento (DEL VAL MELÚS, 2010).

Dessa forma, não é adequado atribuir ao termo "manutenção" o mesmo significado de "conservação", uma vez que o processo de manutenção inclui diversos grupos de intervenções, sendo a conservação apenas um deles (DNIT, 2006).

No contexto mais amplo, a manutenção do pavimento consiste na execução de um conjunto de atividades voltadas para a manutenção ou aprimoramento, até os níveis desejados e homogêneos, de acordo com os princípios fundamentais mencionados, do desempenho da rodovia. Essas atividades devem englobar e abranger todos os sistemas pertinentes (DNIT, 2005).

Segundo Silva (2008), o critério primordial da manutenção de um pavimento é identificar a causa do defeito, envolvendo um trabalho regular elaborado para restaurar o pavimento o mais próximo possível de sua condição original durante a construção, sob condições normais de temperatura. No caso de pavimento flexível, existem dois tipos de manutenção:

Manutenção Preventiva - Como exemplo dessa prática, podemos citar a selagem de trincas, que compreende a aplicação de uma película de asfalto modificado sobre trincas inativas. Essas trincas, geralmente isoladas, podem ocorrer longitudinal ou transversalmente, sem esborcinamento. Além disso, a manutenção preventiva abrange ações voltadas para a drenagem e camadas de selamento, como micro revestimento a frio, lama asfáltica, tratamentos superficiais, selamento com areia ou emulsão (BERNUCCI et al., 2010).

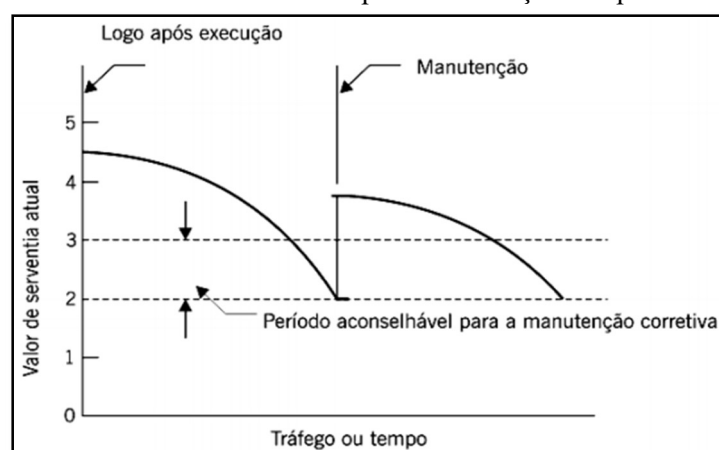
Manutenção corretiva - Tomando como exemplo os remendos e tratamentos superficiais, essas práticas visam reparar ou sanar defeitos nas vias, promovendo o restabelecimento de sua funcionalidade, como preconizado pelo DNIT (2006).

As atividades de manutenção visam preservar o período de projeto do pavimento, aumentando minimamente o nível de utilidade e evitando a deterioração precoce. Por outro lado, as atividades de reabilitação têm como objetivo prolongar a vida em serviço do pavimento, elevando o nível de utilidade quase ao máximo e criando condições para um novo ciclo de deterioração. Apesar do investimento mais elevado, essa solução acaba sendo mais cara, mas traz consigo um resultado de maior qualidade (DEL VAL MELÚS, 2010).

De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), o desempenho funcional de um pavimento é definido como a capacidade de cumprir sua função principal, que consiste em oferecer uma superfície com utilidade adequada em termos de qualidade de rolamento.

Ao alcançar um índice mínimo de qualidade, torna-se necessário realizar atividades de manutenção preventiva e corretiva em um pavimento. Isso visa aumentar o Valor de Serventia Atual (VSA), contribuindo para a ampliação de sua vida útil (BERNUCCI et al., 2006). A Figura 8 fornece uma ilustração visual do desempenho dos pavimentos em relação à serventia ao longo do tempo.

Figura 9 – Período recomendável para manutenção dos pavimentos



Fonte: Bernucci et al. (2006).

A funcionalidade global dos pavimentos é avaliada pela irregularidade longitudinal, conforme conceituada por Bernucci et al. (2006). Essa medida é descrita como a soma dos desvios da superfície do pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico. A irregularidade longitudinal afeta a dinâmica do veículo, os efeitos das cargas, a qualidade do rolamento e a drenagem superficial da via.

O método IRI (International Roughness Index - Índice de Irregularidade Internacional) é adotado em vários países, incluindo o Brasil, como uma ferramenta fundamental para aceitação e controle de obras de pavimentação. Este índice mensura os desvios de superfície no pavimento em m/km, com base no projeto original, sendo uma metodologia reconhecida e valiosa para avaliar a qualidade das vias (BERNUCCI et al., 2010).

O método da serventia foi concebido para as pistas experimentais da AASHTO (Associação Americana de Autoridades de Rodovias Estaduais), atualmente conhecida como AASHTO (Associação Americana de Autoridades de Rodovias e Transportes). A serventia é avaliada numericamente em uma escala de 0 a 5, sendo a média das notas de 18 avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo em um trecho específico, em um ponto específico da vida do pavimento (DNIT, 2003).

A obtenção dos valores do IRI pode ser realizada por equipamentos que medem o perfil longitudinal, empregando medidas topográficas ou utilizando equipamentos tipo resposta que consideram os desvios do eixo em relação à suspensão de um veículo. Esse modelo de resposta é comumente utilizado não apenas internacionalmente, mas também no Brasil, conforme indicado pelo DNIT (2006).

Os métodos para obtenção do IRI são classificados conforme o tipo de avaliação, podendo ser diretos com equipamentos de Classe I (nível e mira, perfilômetro, etc.) e Classe II (equipamentos com sensores a laser, perfilógrafos, etc.), ou indiretos com equipamentos de Classe III (BERNUCCI et al., 2006).

Dessa forma, para manter ou elevar o nível de desempenho de uma rodovia, torna-se imprescindível que todos os sistemas componentes desempenhem suas funcionalidades, conservando suas funções e interagindo de maneira harmônica e integrada (DNIT, 2005).

4.1 Sistema de gerência de pavimento

A gerência de pavimentos é um conjunto de atividades que envolve o planejamento, projeto, construção, manutenção e avaliação dos pavimentos que fazem parte de uma infraestrutura viária.

Um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) é um conjunto de ferramentas ou métodos que auxiliam os tomadores de decisão a encontrar estratégias ótimas para construir, avaliar e manter os pavimentos em uma condição funcional aceitável durante um determinado período de tempo. O SGP tem como função aumentar a eficiência das tomadas de decisão, expandir seu escopo, fornecer feedback quanto às consequências das decisões, facilitar a coordenação das atividades dentro da organização e assegurar a consistência das decisões tomadas em diferentes níveis de gerência dentro da mesma organização .(BERNUCCI et al., 2007).

5. Conclusão

O trabalho de conclusão de curso teve como objetivo a determinação de patologias da pavimentação em vias urbanas, utilizando uma revisão bibliográfica. A pesquisa teve uma abordagem explicativa e sugestiva, mostrando alguns tipos de patologias ,fornecendo informações sobre as possíveis causas das falhas e as soluções para corrigi-las.Os resultados da pesquisa corroboram os processos descritos na norma pertinente ao assunto, contribuindo para um entendimento mais amplo das patologias no pavimento e da manutenção dos pavimentos asfálticos em vias urbanas . Este estudo abre caminho para uma investigação mais detalhada sobre a manutenção de pavimentos, um passo importante para a especialização na área de estradas e um potencial impulso para o crescimento profissional no setor.A importância de um conhecimento aprofundado dos métodos de avaliação do pavimento foi destacada, assim como a escolha adequada entre métodos corretivos ou preventivos para prolongar a vida útil do pavimento.

Referências:

- AZEVEDO. M. T. et al. Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo: Ibracon,1902p, v.2, 2011.
- BALBO, J. T. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. Oficina de texto, 2007.
- BALBO, J. T. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. Oficina de texto, 2016.
- BERNUCCI, L. B. et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro. Petrobrás/ABEDA, 2006.
- BERNUCCI, Liedi Bariani et all. Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2008.
- BALBO, J. T. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. Oficina de texto, 2017.
- BERNUCCI, Liedi Bariani et all. Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2010.
- Confederação Nacional do Transporte. 2005 Disponível em:

<<http://www.cnt.org.br/imprensa/noticia/conheca-principais-defeitos-pavimento>>. Acesso em 25/10/2019.

Confederação Nacional do Transporte. 2017 Disponível em:

<<http://www.cnt.org.br/imprensa/noticia/conheca-principais-defeitos-pavimento>>.. Acesso em 25/01/2021.

DEL VAL MELÚS, M. A. “Las necesidades de conservación de los firmes de las carreteras españolas”. Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), 2010.

DNIT. Manual de pavimentação. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, 2003.

DNIT. Manual de pavimentação. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, 2005.

DNIT. Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR). Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

DNIT. Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR). Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. 2. ed. Publ. 710. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, Brasil, 2007.

DNIT. Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR). Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, Brasil, 2010.

FALEIROS, L. M. Estradas: pavimento. Franca/SP, USP – Curso de Engenharia Civil, Notas de aula, Jul/2005, 39p.

FIGUEIREIDO, N. P. D. Avaliação e Conservação de Pavimentos Rodoviários Municipais com Baixo Tráfego: Contribuição para uma Metodologia de Apoio. Dissertação (Mestrado em Construção Urbana), Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2011.

GUARNIERI R. Proposta de metodologia para avaliação e manutenção de pavimentos urbanos: Aplicação no município de Bocaina/SP. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Uniara de Araraquara, 2016.

LEITE, L. F. M. Curso Básico Intensivo de Pavimentação Urbana – Módulo Básico – Ligantes Asfálticos. Rio de Janeiro, 2003.

MARQUES, G. L. O. Utilização do Módulo de Resiliência como Critério de Dosagem de

- Mistura Asfáltica; Efeito da Compactação por Impacto e Giratória. Tese de D.Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.
- MEDINA, J. et al. Mecânica dos Pavimentos. 2ª edição, Rio de Janeiro-RJ, Editora UFRJ, 2005.
- MIRANDOLA A. M. Proposta de metodologia de gestão e manutenção na restauração do pavimento urbano. Dissertação (Pós-Graduação em Infraestrutura, Projetos e Gestão de Rodovias). Centro Universitário de Lins/SP Unilins, 2016.
- MOTTA, L. M. G. et al. Pavimentação Asfáltica. 2008.Disponível em:
<<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2018/03/Cap-6-Propriedades-mec%C3%A2nicas-das-misturas-asf%C3%A1lticas.pdf>>. Acessado em: 15/01/2021.
- SENÇO, Wlastermiller de, 1929. Manual técnicas de pavimentação. 2. ed. ampl. São Paulo. Pini, 2001.
- SENÇO, WLASTERMILER DE, 1929. Manual técnicas de pavimentação. 2. ed. ampl. São Paulo. Pini, 2007.
- SILVA, Paulo fernando A. Manual de patologia e manutenção. 2. ed. São Paulo. Pini, 2008.
- PEREIRA, H. S. Indicadores da pavimentação no município de vitoria. 2010, Dissertação (Mestrado em engenharia civil) Programa de pós-graduação em engenharia civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível.
- TEIXEIRA, K.M. Investigação de opções de Transporte de carga geral em contêineres nas conexões com a região amazônica. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. Escolha de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2007.
- VICENTE, A. A Utilização de Betumes Modificados com Borracha na Reabilitação de Pavimentos Flexíveis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade do Porto, Porto, 2006.