



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL**

CACIO MURILO DAMASCENO

PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E MEDIDAS DE RECUPERAÇÃO

UBÁ/MG

2014

CACIO MURILO DAMASCENO

PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E MEDIDAS DE RECUPERAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Msc Iracema Mauro Batista.

**UBÁ/MG
2014**

PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E MEDIDAS DE RECUPERAÇÃO

Resumo

O trabalho tem o objetivo apresentar patologias de um pavimento flexível e mostrar os métodos utilizados para a reabilitação do mesmo. É importante o conhecimento das partes integrantes do pavimento, evidenciando suas características, localização e funções na estrutura. Aliado a isso, surge a conservação, ocupando um papel importante nas possíveis deteriorações que normalmente surgirão com o passar do tempo, devido ao desgaste provocado por agentes naturais e/ou artificiais. Os tipos de revestimentos mais utilizados no Brasil, suas particularidades, processos de aplicação e processos para retardar eventuais avarias que tendem a prejudicar a superfície de rolamento e até mesmo camadas mais profundas causando desconforto ao usuário na via. Diante disso, levando sempre em conta a proteção do meio ambiente, a rodovia na sua construção e conservação da pavimentação asfáltica deve ser verificada através da qualidade e de processos que tendem a elevar a vida útil do pavimento, promovendo uma trafegabilidade de maneira adequada e podendo assim também evitar transtornos, sendo estes sociais, econômicos e até ambientais.

Palavras chave: pavimento flexível patologia recuperação.

PATHOLOGY IN FLEXIBLE PAVEMENTS AND RECOVERY MEASURES

Abstract

This research aims to present pathologies of a flexible pavement and show the methods that are used for their rehabilitation. It is important the acknowledgement of the integral parts of the pavement, highlighting their characteristics, location and functions in the structure and conservation. Taking place in possible deterioration which normally emerges over the time, due the wear caused by natural and / or artificial agents. The types of coatings commonly used in Brazil, its peculiarities, application procedures and processes to delay any faults that tend to harm the bearing surface and even deeper layers causing discomfort to the road user. Therefore, taking into account environmental protection, the highway in its construction and maintenance of asphalt pavement shall be verified by the quality and processes that tend to increase the useful life of the pavement, promoting an efficient traffic and may also avoid inconvenience, which are social, economic and even environmental.

Keywords: flexible pavement pathology recovery.

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, a necessidade do ser humano em realizar o deslocamento de um lado para outro em seu território ou simplesmente, em busca de novos territórios e com a chegada do comércio de mercadorias, em que os utensílios serviam de moedas de troca, surgem os caminhos por onde circundavam os mercadores.

A utilização constante destes caminhos, onde havia necessidade de ampliação, visando melhorias para o tráfego, que por vezes, eram realizadas a pé, no lombo de animais, carros de boi, e de outras maneiras.

Meados do século XIX, com a revolução industrial e o aparecimento da máquina a vapor, inicia - se, então o preparo de estruturas as quais deram origem as ferrovias e rodovias. Segundo Santos (2008), durante todo período colonial, a ocupação e o povoamento brasileiro tornaram - se constantes metas de Portugal, que visava povoar a colônia e até mesmo, abrir novos caminhos e interligar as várias capitanias brasileiras.

O fato que iniciou a história do sistema viário terrestre, no Brasil, ocorreu através da estrada União Indústria, no período de 1861, mas, o surgimento da primeira lei que concedia o auxílio federal para a construção de estradas foi aprovada apenas no período de 1905 e na primeira metade do século XX, o Brasil ainda instituía um grande arquipélago de ilhas econômicas, assim surge a ideologia nacionalista da marcha para o Oeste consagrando a integração nacional como um dos principais objetivos da política pública, através de imensas obras rodoviárias. As técnicas de construção de estradas acontece durante a segunda guerra mundial, em função do contato de engenheiros brasileiros e norte - americanos na construção de estradas de acesso para transporte de materiais bélicos, suprimentos alimentícios e farmacêuticos, construção de pistas de aeroportos, dentre outras, estradas construídas utilizando o recém desenvolvido ensaio que mede a capacidade de suporte de um solo e a sua expansão, quando em contato com água. O Índice de Suporte Califórnia (ISC ou CBR - Califórnia Bearing Ratio) é a relação, em porcentagem, entre a pressão exercida por um pistão de diâmetro padronizado necessária à penetração no solo até determinado ponto (0,1" e 0,2") e a pressão necessária para que o mesmo pistão penetre a mesma quantidade em solo-padrão de brita graduada.

Atualmente, há quem considere o desenvolvimento de um determinado país pela sua capacidade e estrutura de seu sistema viário, se precário, surgirão consequências que implicam diretamente no preço do transporte de pessoas e do escoamento de produtos, sejam os mesmos industrializados, agrícolas ou manufaturados, podendo ser percebido que no Brasil, esta vazão de mercadorias existe principalmente por rodovias.

Através da busca por materiais alternativos para uso na construção de pavimentos rodoviários, leva-se a justificativa de que o setor rodoviário possui a responsabilidade por mais de 70% de cargas que são transportadas no Brasil, bem como pela existência de aproximadamente 1,7 milhões quilômetros de estradas públicas vicinais, podendo haver a associação à necessidade de que as rodovias sejam trafegáveis durante o período de todo o ano, havendo qualidade e segurança, e que através da construção de pavimentos rodoviários devem ter a garantia da resistência mecânica e uma vida útil prolongada (MACHADO *et al*, 2003).

Pode ser observado, que um sistema viário tem como finalidades, atender às condições de rolamento, segurança, conforto aos usuários em seus deslocamentos desde a origem até o destino. Um pavimento rodoviário sofre danos causados pelas ações climáticas e pelo tráfego, diminuindo a sua qualidade.

Os pavimentos são infraestruturas importantes no que se refere à Rede Rodoviária, pois os mesmos se encontram sujeitos a ações rigorosas, quer ocorram pelo tráfego, como por ações climáticas. Constituem a parte mais elevada nos investimentos de vias de comunicação, uma vez construídos devem seguir adequadamente os padrões classificados de qualidade, estrutural e funcional, visando à minimização de quaisquer intervenções de conservação e reabilitação de maneira a reduzir os custos inerentes à manutenção e à administração (SANTOS, 2009).

Normalmente, essas solicitações de manter a conservação e a reabilitação, visam minimizar o surgimento de defeitos nos pavimentos, que afetam a segurança e a comodidade no tráfego, o que requer o controle das degradações, que ocorrem ao longo do tempo. Assim a capacidade de resistência dos pavimentos, necessitam de uma avaliação de sua estrutura e, caso necessite, a realização de reparos devidos.

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar patologias de um pavimento flexível e mostrar os métodos que são utilizados para a reabilitação dos mesmos em rodovias.

Atualmente, com a situação de degradação de diversos pavimentos de rodovias, e da preocupação com a situação econômica, surge um grande desafio diante da avaliação, manutenção e reabilitação, justificando assim, a qualidade dessas estruturas compreendendo certo conjunto de atividades que permitem conhecer o estado do pavimento, onde designa a qualidade residual do mesmo, tendo como base a definição de critérios que são considerados objetivos em realização da análise da interação entre o estado do pavimento, a capacidade estrutural e a maneira de utilização da estrada.

2 DESENVOLVIMENTO

A preocupação com o transporte rodoviário seja qual for o tipo de carga, ou simplesmente a necessidade de ligação entre comunidades, é evidente, por isso é importante verificar as condições de rolamento das vias. Contudo há necessidade de avaliar tais estruturas, compostas por elementos estruturais bem definidos.

2.1 Pavimentos

Pavimento pode ser definido como uma estrutura constituída por camadas que possuem determinadas espessuras construídas sobre a terraplenagem, de acordo com especificações de carácter técnico e econômico visando resistir e distribuir as cargas verticais oriundas do tráfego, que permite aos usuários encontrar conforto e segurança, maior durabilidade, resistindo ao desgaste e efeitos devido às ações climáticas.

Para Santos (2009), os pavimentos são um conjunto de camadas de materiais, que possuem constituições diferentes, encontram-se sobrepostos, com apoio em uma base de terreno natural ou então de solo selecionado, onde pode relatar que as camadas que se encontram colocadas na parte superior do pavimento, cuja denominação é de camadas ligadas, possuem constituição de materiais granulares, como britas e areias, que são estabilizados com ligantes betuminosos ou hidráulicos, o que dependerá da espécie de pavimento, encoberto a estas. Ao encontrar as camadas granulares, constituídas de materiais granulares naturais ou britânicos, mas de modo geral não são ligados, apenas passam por uma compactação através de meios mecânicos. Apesar de ser considerada prática a estabilização dos materiais granulares com o uso de ligantes hidráulicos, principalmente cimento Portland, em solos com características mecânicas consideradas medíocres. Tais camadas se apoiam na fundação, constituída de terreno natural, ou então por material granular em aterro, mas por não estarem diante de características exigidas, podem optar pela sobreposição de uma camada de solo selecionado, sendo de melhor qualidade, podendo, por vezes, ser tratados com a utilização de ligantes hidráulicos, aumentando assim a capacidade de suporte da fundação e homogeneizar as suas características resistentes, e tais camadas se encontram dispostas, através da qualidade e da resistência decrescentes, ocorrendo

de cima para baixo, em conformidade com a redução progressiva dos esforços em profundidade.

De acordo com Pacheco (2011), o pavimento pode ter três divisões: o pavimento rígido, o flexível e o semirrígido. O pavimento rígido é aquele que possui maior resistência em uma parte maior das tensões que atuam em um pavimento, pois a sua rigidez é muito maior do que as demais camadas sobre as quais ele foi construído, exemplo: as lajes realizadas com a utilização de concreto Portland são demonstrações mais comuns de pavimentos rígidos. O pavimento flexível é aquele, em que as camadas desse pavimento recebem carregamentos aproximadamente equivalentes, pois a deformação que ocorre é significativamente de forma elástica, podendo exemplificar comumente com os pavimentos que possuem revestimento asfáltico e com base estabilizada granulometricamente, ou seja, brita graduada, macadame ou solo pedregulho e o pavimento semirrígido é considerado aquele em que sua rigidez relacionada à base é aumentada devido à adição de elementos quimicamente reativos como, o cimento. Os pavimentos que contêm a base de solo cimento e o revestimento asfáltico são exemplos deste pavimento semirrígido.

2.1.1 Estruturas do pavimento

Os pavimentos são estruturas em camadas. Segundo Marques (2010) existem as camadas e os componentes principais que aparecem numa seção típica de pavimentos flexíveis e rígidos, sendo:

- Subleito:

É considerado um terreno de fundação onde será apoiado todo o pavimento, deve ter a estima e estudado até as profundidades em que atuam de maneira significativa nas cargas que são impostas pelo tráfego (de 0,60 a 1,50m de profundidade). Se o CBR do subleito for menor que 2 por cento, deverá ser substituído por um material que seja melhor, se o CBR do material do subleito for maior ou igual a 20 por cento, poderá ter a utilização de sub – base;

- Leito:

É a superfície do subleito, em área, que é obtido através da terraplanagem ou obra de arte e conformada ao greide e seção transversal;

- Regularização do subleito (nivelamento):

Considera-se a operação que possui como destino conforme leito, transversal e longitudinal, podendo ou não existir, dependendo assim das condições do leito, havendo a compreensão de cortes ou aterros de até 20 cm de espessura;

- Reforço do subleito:

É a camada de espessura constante transversalmente e variável longitudinalmente, sendo de acordo com o dimensionamento do pavimento, fazendo assim parte integrante deste e que, por circunstâncias técnico econômicas, será executada sobre o subleito regularizado, serve para melhorar as qualidades do subleito e regularizar a espessura da sub-base;

- Sub-base:

É a camada complementar da base, devendo ser usada quando não for aconselhável executar a base de forma direta sobre o leito regularizado ou sobre o reforço, por circunstâncias técnico econômicas, da utilizada para regularizar a espessura da base;

- Base:

Camada destinada a resistir e distribuir ao subleito, os esforços oriundos do tráfego, e sobre qual será construído o revestimento;

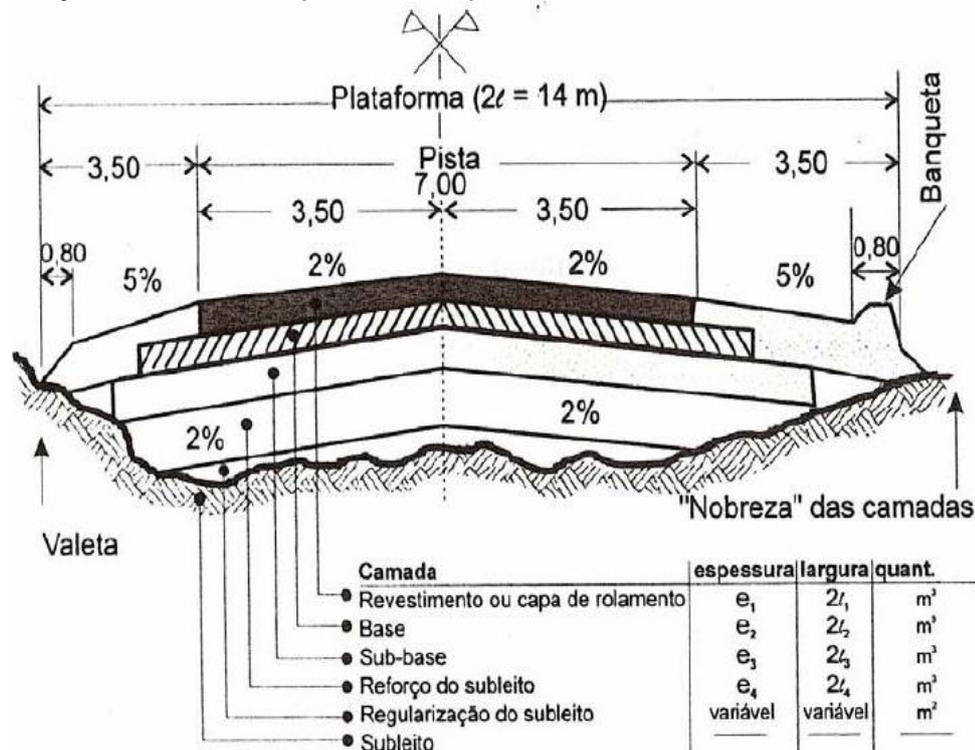
- **Revestimento:**

É a camada impermeável, que recebe de forma direta a ação do rolamento dos veículos e destinada econômica e simultaneamente, a melhorar as condições do rolamento quanto à comodidade e segurança; a resistir aos esforços horizontais que nele atuam, tornando mais durável à superfície do rolamento. O revestimento deve ser resistente ao desgaste, sendo conhecido também como capa ou camada de desgaste;

- **Acostamento:**

É a parte da plataforma contígua à pista de rolamentos, que tem como destino o estacionamento de veículos, ao transito em caso de emergência e ao suporte lateral do pavimento, onde são feitas as operações de regularização do subleito e reforço, quando necessário. A camada de sub-base tem como objetivo evitar o bombeamento dos solos do subleito, onde a placa de concreto de cimento tem a função de servir ao mesmo tempo como base e revestimento.

FIGURA1: Seção transversal típica de um pavimento flexível



2. 1. 2 Revestimentos

Os pavimentos flexíveis têm em sua constituição uma mistura de agregados minerais e ligante asfáltico, sua composição é constituída de camadas responsáveis para trabalhar juntas, cada uma irá absorver as solicitações e transmitir parte para as camadas inferiores.

O revestimento, consiste em uma mistura de agregados e materiais betuminosos construídos sobre uma camada de base (PINTO e PREUSSLER, 2002), cujas funções estruturais são: resistência à abrasão do tráfego; dificultar a entrada da água superficial no pavimento; promover uma superfície de rolamento suave e uniforme ao tráfego.

Após as operações de compactação e regularização da base, devem-se executar pinturas asfálticas antes da aplicação da camada de revestimento. Estas pinturas são feitas utilizando materiais diferentes em função da finalidade e papéis que desempenham na estrutura. As pinturas mais utilizadas e comuns são:

- Imprimação: promover a coesão das partículas superficiais da base, através da penetração do ligante, além de impermeabilizar a camada aplicada e permitir a aderência entre a base e o revestimento a ser aplicado. A especificação de serviço do departamento nacional das estradas de rodagem (DNER 306 ES, 1997) diz que a taxa de material betuminoso usado na imprimação é determinada pela quantidade de material que a base pode absorver em um período de 24 horas. Na aplicação da camada de material betuminoso sobre a superfície de base granular concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso qualquer, tem como objetivo conferir coesão superficial, impermeabilizar permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado. Portanto, recomenda – se um intervalo mínimo de 24 horas entre a execução da imprimação e a execução do revestimento.

- Pintura de ligação: Promover a aderência entre o revestimento e a base. A especificação de serviço do departamento nacional de infraestrutura e transporte (DNIT 031 ES, 2006) diz que decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação e a execução da capa asfáltica é necessário que seja feita uma pintura de ligação sobre a base imprimada, para executar o revestimento.

- Pintura de cura: Pintura asfáltica utilizada para evitar a perda acelerada de umidade e promover condições adequadas para a cura das camadas tratadas com

cimento Portland ou cal hidratada. Neste tipo de pintura, aconselha-se que seja executada logo após a execução da camada.

2.1.3 Tipos de revestimentos em pavimentos flexíveis mais utilizados no Brasil

Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) é a mistura de agregados minerais graduados, materiais de enchimento (filer) e materiais betuminosos (ligante), executadas em usinas apropriadas em temperaturas de acordo com suas especificações que é transportada para pista espalhada e compactada a quente no local, conforme FIG. 2;

FIGURA 2: Aplicação e compressão do CBUQ



Fonte: O autor

Pré-misturado a quente: quando o ligante e o agregado são misturados e espalhados na pista ainda quentes;

Pré-misturado a frio: mistura de agregado mineral graduado, material de enchimento (filer) e emulsão asfáltica preparados em temperatura ambiente em usina apropriada, transportada, espalhada e compactada a frio na pista;

Areia asfalto a quente: mistura preparada à quente, em usina apropriada, material de enchimento (filer), agregado miúdo e cimento asfáltico, transportada, espalhada e compactada a quente na pista;

Microrevestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero: mistura de material de enchimento (filer), agregado miúdo, emulsão asfáltica modificada por polímero, água e aditivos, com consistência fluida, espalhada em equipamento apropriado e compactada a frio. Os agregados, normalmente são areia, pó de pedra ou ambos. Este tipo de revestimento é também conhecido como lama asfáltica, utilizado na recuperação de pavimentos, conforme FIG. 3;

FIGURA 3: Aplicação de lama asfáltica



Fonte: O autor

Revestimentos Betuminosos – Tratamentos superficiais: tipo de revestimento que consiste em aplicações de sucessivas camadas de ligante betuminoso coberto

com uma camada de agregado mineral, submetida à compressão. São também conhecidos, como: TSS, TSD e TST, cuja diferença está no número de camadas de ligante e agregado que irá compor o revestimento. O tratamento superficial simples (TSS) é composto por uma camada, o tratamento superficial duplo (TSD) é composto por duas camadas e o tratamento superficial triplo (TST) é composto por três camadas.

O processo em que acontece a aplicação do ligante, em seguida o agregado, é denominado de tratamento de penetração invertida, quando dessa maneira se coloca o agregado antes do ligante, a denominação para o processo é de tratamento superficial de penetração direta, conforme FIG. 4.

FIGURA 4: Aplicação de tratamento superficial duplo (TSD)



Fonte: O autor

2.2 Principais patologias em pavimentos flexíveis

A exposição do pavimento rodoviário a diversas ações ao longo dos anos causa a diminuição das características funcionais e mecânicas dos materiais, assim

contribuem para o aparecimento das patologias do pavimento as quais afetam as condições de segurança e conforto dos usuários da rodovia, dessa maneira, o controle dessas degradações, com o passar do tempo é de fundamental importância para o controle e reabilitação estrutural dos pavimentos.

De acordo com Maia (2009), as degradações funcionam como uma cadeia de acontecimentos. Cada uma dará origem a novas formas de degradações, aumentando a porcentagem de patologias existentes, tanto em extensão como em potencial evolutivo.

As patologias funcionam como cadeia de acontecimentos. Com o aumento da porcentagem de degradações existentes dará origem a novas espécies de patologias e assim sucessivamente, ocorrerá o aumento de porcentagem de degradações existentes tanto em extensão como em potencial evolutivo. O processo de degradação dos pavimentos depende de forma essencial de dois grupos de fatores, sendo os fatores passivos, que se referem às características dos pavimentos, relacionando os materiais usados, às espessuras das camadas, à qualidade da construção; e os fatores ativos, que são os tráfegos, agentes climáticos, podendo informar que são os principais responsáveis pelo processo de defeitos dos pavimentos (SANTOS, 2009).

Para a classificação das patologias, a norma do departamento nacional de infraestrutura e transporte (DNIT 005/2003), e Bernucci et al (2007) cita alguns defeitos como sendo os principais: fendas; corrugações e ondulações transversais; exsudação; afundamentos; panela ou buraco; remendos.

Conforme Santos (2009), existem diferenciados modos de ruptura dos pavimentos flexíveis, realizadas em sítios geológicos e pedagológicos diversos, diante diferentes condições climáticas e morfológicas e com políticas de cargas para veículos comerciais diferentes, em diversos países, relatando que os mais importantes modos de ruptura do pavimento são constados devido à resistência, fadiga, deformação plástica, retração hidráulica, retração térmica, propagação de trinca e ruptura funcional.

2.2.1 Trincas

As trincas são consideradas fendas identificáveis, através de uma distância de 1,5m e podem ser classificadas em longitudinal e transversal. As trincas

interligadas dividem - se em duas categorias: de couro ou de jacaré com contornos sinuosos; e as trincas em bloco, que possuem os contornos bem definidos. A trinca é um defeito na superfície que atinge a camada de revestimento e permite a entrada de água, tendo como consequência um enfraquecimento adicional da estrutura, e quando se inicia o processo de trincamento, este tende a aumentar sua extensão e severidade conduzindo à desintegração do revestimento (SANTOS, 2009).

Os revestimentos betuminosos tendem a trincar em determinado estágio da vida relacionado às ações combinadas do tráfego e das condições ambientais, através de um ou mais mecanismos: trincamento por fadiga; trincas por envelhecimento ou retração; trincas por reflexão e trincas próximas as bordas, conforme FIG. 5.

FIGURA 5: Trinca interligada tipo couro de jacaré



Fonte: O autor

2.2.2 Ondulações

As ondulações são consideradas deformações que se repetem com bastante frequência ao longo do pavimento, acontecendo em camadas de desgaste que são constituídas por revestimentos superficiais ou betão betuminoso de pouca espessura devido a fatores como, deficiência construtiva; má distribuição do ligante; camadas constituídas por betão betuminoso onde pode ocorrer o arrastamento de mistura por excessiva deformação plástica; deformações da fundação derivam de assentamentos por consolidação diferencial dos solos ou deficiências de compactação de aterros, e ao se relacionar com os termos de quantificação, podem ser observados parâmetros como a distância em centímetros entre dois pontos consecutivos de máxima altura; profundidade da onda em centímetros (MAIA, 2009), conforme FIG. 6.

FIGURA 6: Deformação plástica



Fonte: O autor

2.2.3 Exsudação

Deve - se ao excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante para superfície do revestimento (LINK, 2009).

Segundo Souza (2004), exsudação é o aparecimento que se localiza do ligante ou então da argamassa betuminosa na superfície do pavimento, gerando uma criação de manchas de dimensões variadas que apresentam brilho vítreo de coloração preta, e superfície lisa de baixa resistência à derrapagem, podendo ocorrer nas trilhas de roda ou em qualquer porção da superfície do pavimento, conforme FIG. 7.

FIGURA 7: Revestimento exsudado



Fonte: O autor

2.2.4 Afundamento

Conforme Link (2009), as deformações permanentes caracterizadas por depressões na superfície do pavimento, acompanhadas ou não por levantamento como afundamento plástico ou consolidação localizada, conforme FIG. 8.

- Plástico: causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento, podendo ser localizado ou nas trilhas de roda.
- Consolidação localizado: causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento. Quando sua extensão for inferior a 6 metros é denominado local, quando for superior a 6 metros e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda.

FIGURA 8: Afundamento localizado



Fonte: O autor

2.2.5 Painelas ou buracos

Cavidades que se formam na superfície do pavimento, que tem sua origem devido às diversas causas, inclusive má aderência entre as camadas superpostas ou pela entrada da água por trincas devido à sua presença constante ou a ação do tráfego. Estes buracos podem alcançar as camadas inferiores, promovendo a desagregação dessas camadas (LINK, 2009), conforme FIG. 9.

FIGURA 9: Buraco sendo preparado



Fonte: O autor

2.2.6 Remendos

Cavidade ou painela que apresentam a porção da superfície do pavimento maior que 0.1 metro quadrado, removida e substituída após a construção inicial, operação esta denominada tapa buraco, avaliando-se a deformação elástica, pode-

se aferir que o trecho em questão apresenta níveis de deflexões acima das deflexões admissíveis determinadas pelas metodologias adotadas para determinação da espessura de reforço, exceto em segmentos localizados (LINK, 2009).

De acordo com Souza (2004), embora remendo seja considerado uma espécie de reparo de defeitos, na maior parte dos casos ele também compromete a funcionalidade do pavimento relacionando ao desconforto do usuário, além de que o remendo demonstra um ponto de maior suscetibilidade à deterioração, devido a estes motivos o remendo deve ser tratado como defeito, conforme FIG. 10.

FIGURA 10: Revestimento com remendo



Fonte: O autor

2.3 Medidas preventivas

Ao se tratar de pavimento, sabe-se que sempre deve haver avaliação da sua estrutura para observar se há desgaste, que causam as patologias relacionadas ao pavimento, alterando as condições de rolamento, o que causa desconforto e insegurança ao usuário. Segundo Santos (2009), existe a classificação dos modelos

de conservação rodoviária: conservação corretiva rotineira e conservação preventiva periódica.

- **Conservação corretiva rotineira**

É um conjunto de operações de conservação realizadas de forma permanente, havendo uma programação regular e rotineira, para dessa forma corrigir um determinado defeito ou inconformidade;

- **Conservação preventiva periódica**

É considerada uma junção de operações de conservação que são realizadas de uma maneira periódica para que desta forma se evite o surgimento ou então agravamento dos defeitos e a Conservação de Emergência que se estabelece por um conjunto de operações que se destinam a reparar, repor, reconstruir ou então restaurar os elementos obstruídos ou danificados da rodovia, visando a correção dos defeitos de aparecimento repentino, provocado por eventos extraordinários e imprevisíveis.

2.4 Reparos nas patologias dos pavimentos

As patologias necessitam de reparos adequados proporcionando conforto e segurança, e também aumenta a durabilidade e a qualidade do pavimento. Desta forma, ao se envolver com os reparos necessários, torna - se importante entender que os mesmos devem ser feitos adequadamente para evitar a evolução e o surgimento de patologias no pavimento.

Segundo Gonçalves (1999), o trincamento é a principal causa da queda do desempenho ou nível de serventia dos pavimentos. O reforço dos mesmos possui em seu desempenho uma marcação pelas fraquezas estruturais do pavimento antigo subjacente, onde as trincas podem se propagar através da camada de recapeamento ou reflexão de trincas. Tais reflexões de trincas em camadas sobre pavimentos flexíveis podem ser reduzidas pelas seguintes estratégias alternativas:

- Atraso do início do trincamento na face inferior da camada de reforço;

- Reciclagem do revestimento trincado antes do recapeamento, para que deste modo possa eliminar as trincas;
- Aumento da espessura de camada de reforço, para que se atrase a ascensão da trinca, assim, pode ser percebido que a sua eficácia pode, contudo, demonstrar dependência de um grande aumento de espessura.

As falhas que podem ocorrer na pista de rolamento podem ser devido a decorrência de problemas que são gerados na superfície do pavimento, como consequência da atual situação que se encontra o ligante, podendo ser encontrado em quantidades consideradas não apropriadas para a situação, pode notar a ocorrência do envelhecimento devido a sua vida útil estar comprometida, ou então, endurecido pela perda das suas propriedades como flexibilidade através da oxidação do ligante, ou ainda, o problema pode estar relacionado com a infraestrutura do pavimento, como na base e na sub-base da via, onde podem estar sendo executadas com material de baixa qualidade ou então em terreno fraco, causando uma deterioração da estrutura do pavimento (VIERTEL, 2005).

As situações citadas apresentam alguns métodos de reparo que demonstram alto índice de recomendação para a sua aplicação, alguns deles serão descritos, como a fresagem e a reciclagem, conforme quadro 1:

QUADRO 1: Técnicas de manutenção com aplicação e restrição

SERVIÇO	APLICAÇÃO	RESTRIÇÃO
Fresagem do revestimento	Realizado em revestimento com alto índice de trincamento, podendo eventualmente estar com fissuras de baixo grau de deterioração e certamente de alto grau de deterioração.	Alguns cuidados devem ser tomados com os poços de visita e outros dispositivos de drenagem, também não deverá ser feita uma fresagem que atinja a camada de base para evitar que desestrua o pavimento.
Reciclagem do revestimento asfáltico	Esta medida atrai uma grade de benefícios de alto potencial; e desde que a mistura atenda as exigências do tráfego local e o asfalto envelhecido possa ser recuperado convenientemente.	Os custos gerados pela recuperação do asfalto e o transporte do material fresado poderão ser uma barreira; dependendo do estado de oxidação do ligante, o serviço não poderá ser executado.
reforço	Quando uma demanda de tráfego gerada na via é maior que a atual condição estrutural fornecida pelo pavimento.	O levantamento do greide causará diversos problemas em vias urbanas como degraus em cruzamentos, os gabaritos de altura sob os viadutos e de degraus em acostamentos.
Lama asfáltica	Nos casos de haver o desgaste do pavimento, ou trincas no pavimento com baixo grau de deterioração, ou ainda no caso de haver polimento pode ser aplicado.	Não pode ser aplicado em casos de trincas de alto índice de deterioração e seu tempo de serviço será variável em função do nível existente de tráfego.

Fonte: VIERTTEL, 2005

- Fresagem do revestimento, conforme FIG. 11: trata-se da remoção do revestimento asfáltico em situações em que o pavimento encontra-se com extensas áreas danificadas e a aplicação do novo revestimento, visa auxiliar as manutenções que representem menores custos para outros elementos viários, como a execução de reforço em apenas uma faixa, evita também alterações no greide, manter os gabaritos e geometrias originais e demais fatores. Quando o pavimento não demonstra defeitos considerados significativos, não é recomendável que se aplique a técnica de fresagem, pois existem outras soluções com menores custos e bons resultados. Desta maneira, tal situação é muito conhecida quando se fresa a faixa mais carregada da pista e a outra faixa é revitalizada através da utilização de outros métodos considerados mais econômicos;

FIGURA 11: Fresadora executando fresagem da capa



Fonte: O autor

- Reciclagem dos revestimentos asfálticos, conforme FIG12: trata - se de uma alternativa que visa minimizar a exploração de matéria prima virgem e reduzir desta forma o consumo de agregados de asfalto, tem o objetivo básico na remoção e trituração feita por fresagem de revestimento, e aplicação de agentes regenerantes além também da aplicação de teor de asfalto virgem durante o reprocessamento da mistura. A não reaplicação do material fresado pode gerar conseqüentemente problemas de área para sua disposição, contribuindo de forma negativa com o seu aspecto visual no meio urbano. Contudo, o material fresado pode ser aplicado diretamente por reciclagem, sobre a via tendo seu funcionamento basicamente como revestimento.

FIGURA 12: Máquina realizando processo de reciclagem



Fonte: O autor

2.4.1 Execuções de remendos

A execução de remendos é uma operação comum na conservação das rodovias, onde o reparo imediato de pequenas rupturas do pavimento visa manter os gastos de conservação em níveis baixos, isto porque, desde que ocorra a verificação da ruptura de um trecho e a conseqüente penetração da água no subleito. Como conseqüência haverá maiores danos que se evoluirão para todo pavimento SOUZA, (2004).

Segundo Souza (2004), os tipos comuns de remendos na reparação de pavimentos betuminosos são os remendos superficiais que reparam danos e consertos considerados provisórios e os remendos profundos, que são reparos e consertos considerados permanentes.

Assim, conforme Souza (2004), pode - se entender melhor os tipos comuns de remendos:

- Remendos superficiais:

Selam, de forma provisória, as trincas superficiais e assim evitam a penetração da umidade no pavimento, desta maneira impedirá maiores estragos, e sua execução pode ser através da aplicação de uma capa de selante ou de uma fina camada de asfalto misturado em usina a quente sobre uma superfície preparada. Este tratamento poderá ser repetido, caso necessite, para que o trecho fique nivelado com o pavimento, devendo dar tempo para a sua cura ou ruptura do ligante utilizado no tratamento, antes do trecho ser liberado novamente ao tráfego;

- Remendos profundos:

São considerados os reparos que atingem todas as camadas do pavimento e, às vezes, pode- se atingir o subleito, cujo objetivo é executar os reparos de forma que seja permanente, (FIG. 13), assim, o material da área a ser reparada deve ser retirado até a profundidade necessária para conseguir um apoio firme, onde a escavação deve se estender pelo menos a distância de 30 cm da parte não afetada do pavimento, em volta da área que será remendada, visando aos melhores

resultados, a escavação deverá receber um enchimento constituído de mistura asfáltica a quente, de graduação densa, cuidadosamente espalhada e compactada a fim de evitar a segregação, caso não se tenha disponibilidade de mistura a quente, pode então ser utilizada uma mistura asfáltica a frio, como ligante emulsão asfáltica de ruptura média ou lenta, ou ainda, pode ser usado asfalto diluído.

FIGURA 13: Execução de remendo profundo



Fonte: O autor

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cabe salientar que diante da enorme possibilidade do surgimento de patologias que podem afetar as condições de durabilidade, trafegabilidade, conforto e segurança do usuário nas rodovias, algumas considerações são propostas:

- Sempre que possível utilizar materiais de boa qualidade, verificadas as propriedades características de bom desempenho no que disponha à durabilidade, resistência a ação de cargas, boa adesividade e impermeabilidade;
- Nas operações de execução do pavimento a aplicabilidade das técnicas de construção bem como o controle tecnológico em cada etapa a ser construída;
- Na prevenção de algumas patologias, sempre que possível aplicar as medidas de conservação e manutenção, visto que tais degradações de caráter natural devido ações climáticas de difícil previsibilidade e que ao iniciarem seus defeitos são progressivos;
- Empregar medidas de recuperação para cada caso, visando sempre o de melhor solução técnica e econômica possível;
- Levantamentos periódicos da situação dos pavimentos em geral, para que as análises avaliativas dos quais processos a serem utilizados na sua recuperação;
- A observação das medidas a serem utilizadas para minimizar os impactos ambientais que surgirão, devido às etapas de construção, operação, manutenção e recuperação, visto que a maioria dos processos acabam por interferir em alguma parte ambiental;
- A fiscalização dos excessos de cargas transportadas nas rodovias são de extrema importância, pois tais infrações diminuem a durabilidade da via, conseqüentemente favorecendo o aparecimento de patologias.

- A correção dos possíveis defeitos deverão ter caráter imediato após detecção, com isso diminuindo a possibilidade de agravamento e diminuição do risco de acidente.

É importante desde o início da construção de um pavimento, sua conservação e manutenção, além dos devidos cuidados que deve existir no momento em que ocorra a necessidade de realizar reparos em pavimentos que se encontram danificados, para conseguir manter conforto e durabilidade.

Em suma, diante a sua construção e a conservação da pavimentação asfáltica deve ser notado que tudo se inicia através da qualidade e de um processo que deve ser correto para haver a trafegabilidade de maneira adequada e podendo assim também evitar transtornos sendo estes sociais, econômicos e até ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNUCCI, L.B.; MOTTA, L.M.G.; CERATTI, J.A.P.; SOARES, J.B. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: ABEDA; 2007.

DNER – ES 306/97. **Departamento Nacional de Estradas de Rodagem**. Norma Rodoviária; Especificação de Serviço; p. 01/06. Disponível em: www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr_new/normas/DNER-ES306-97.pdf. Acesso em 26 de out. de 2014.

DNIT – ES 031/2006. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. **Pavimentos Flexíveis– Concreto asfáltico** – Especificação de serviço. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/79989394/norma-cbuq>. Acesso em 26 de out. de 2014.

DNIT 005/2003 – **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos. Terminologia. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT005_2003_TER.pdf. Acesso em 26 de out. de 2014.

GONÇALVES, F.P. **O diagnóstico e a manutenção dos pavimentos** (Notas de Aula). Out. 1999. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~pugliero/arquivos/10.pdf>. Acesso em 25 de out. de 2014.

LINK, V.M. **Pavimentos asfálticos em corredores de ônibus**: patologias e concepção de alternativas. Porto Alegre; dez. 2009. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24126/000741863.pdf?sequencia=1>. Acesso em 24 de out. de 2014.

MACHADO, C.C.; FERNANDES, D.C.M.; PEREIRA, R.S.; SANTANNA, G.L.; LIMA, D.C.; PIRES, J.M.M. **Classificação tecnológica de solos e resíduos industriais com e sem tratamento térmico, para fins rodoviários**. Sociedade de Investigações Florestais; v. 27; n. 5; p. 657 – 668; Viçosa; MG; 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n5/a08v27n5.pdf>. Acesso em 26 de out. de 2014.

MAIA, I.M.C. **Caracterização de patologias em pavimentos rodoviários**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; Portugal; 2009. Disponível em: <http://repositório-aberto.up.pt/bitstream/10216/68091/1/000154859.pdf>. Acesso em 26 de out. de 2014.

MARQUES, G.L.O. **Pavimentação – TRN 032 – Versão: 06.2**; UFJF; Juiz de Fora; MG; 2010. Disponível em: <http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2012/03/Novalis-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>. Acesso em 27 de out. de 2014.

PACHECO, H.M. **Avaliação de patologias em pavimentos rodoviários e suas soluções corretivas**. Anápolis; GO; 2011. Disponível em:

http://www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos/monografias/TCC_II.pdf. Acesso em 26 de out. de 2014.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. 2ª ed.; Rio de Janeiro; RJ; 2002

SANTOS, D.A.P. **Avaliação da superfície de pavimentos flexíveis através do levantamento visual contínuo** – Procedimento DNIT 008/2003: pro estudo de caso da BR-324 no trecho entre Amélia Rodrigues e Feira de Santana – BA. Feira de Santana; 2008. Disponível em:

<http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/DJAVAN%20ARAG%C3%83O%20PEREIRA%20DOS%20SANTOS.pdf>. Acesso em 26 de out. de 2014.

SANTOS, M.J.L. **Dimensionamento de camadas de reforço de pavimentos rodoviários flexíveis**. Universidade de Aveiro; 2009. Disponível em:

<https://ria.ua.pt/bitstream/10773/2404/1/2010000342.pdf>. Acesso em 26 de out. de 2014.

SOUZA, J.M. **Patologias em pavimentos flexíveis**. São Paulo; 2004. Disponível

em: <http://engenharia.anhembis.br/tcc-04/civil-26.pdf>. Acesso em: 26 de out. de 2014.

VIERTTEL, R. **Conservação de pavimento asfáltico no sistema viário urbano**.

Joinville; 2005. Disponível em: <http://www.pergamum.udesc.br/dados-bu/000000/000000000001/00000192.pdf>. Acesso em 25 de out. de 2014.