



45ª RAPv / 19º ENACOR

5ª ExpoPavimentação
1º Fórum Rodoviário, de Trânsito e de Mobilidade
20 a 23 de Setembro de 2016 - Brasília - DF

ABROR - AAPV - DERDF

**45ª RAPv – REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO
E
19º ENACOR – ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA**

Brasília, DF – 20 a 23 de Setembro de 2016.

**PATOLOGIAS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM CORREDORES DE ÔNIBUS - TRECHO
DA AVENIDA JOÃO PESSOA, FORTALEZA-CE**

*Leila Maria Coelho de Carvalho¹; Fernando Feitosa Monteiro²; David Fernandes Monte Costa³;
Francisco Heber Lacerda de Oliveira⁴; Marcos Fábio Porto de Aguiar⁵*

RESUMO

Neste trabalho realiza-se um estudo sobre os pavimentos flexíveis, os quais são revestidos com materiais betuminosos ou asfálticos. Esses pavimentos apresentam patologias quando o dimensionamento da pista de rolamento originalmente idealizada para tráfego misto, e posteriormente utilizado para uso exclusivo de ônibus. Essa sobrecarga no pavimento devido ação recorrente de cargas do tráfego, tráfego lento e veículos muito pesados, associados a altas temperaturas e condições climáticas, ocasionam defeitos no pavimento. O estudo de caso analisa um trecho da Avenida João Pessoa, entre a Avenida da Universidade e Rua Desembargador Praxedes no Bairro Damas em Fortaleza, Ceará. A temperatura tem grande influência sobre as características do ligante asfáltico, fator presente devido às condições climáticas na cidade de Fortaleza, sendo assim o trabalho propõe como umas das soluções, a remoção do revestimento ou até mesmo do pavimento previamente implementado, este para o caso de reconstrução, e executado um novo revestimento com misturas que apresentem maior resistência como SMA ou mistura com cal hidratada.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento Flexível, Patologia de Pavimentos, Restauração de Pavimento.

ABSTRACT

This paper presents a study on flexible pavements, which are coated with bituminous or asphaltic materials. Those pavements present pathologies when road design was originally idealized for mixed traffic, and posteriorly used for exclusive bus use. This overload on the pavement due traffic loads, slow traffic, and heavy vehicles and associated high temperatures and weather conditions, cause a number of defects on the surface. The case study examines a section of João Pessoa Avenue between Avenida da Universidade and Judge Praxedes street in Damas neighborhood, in Fortaleza, Ceará. The temperature has great influence on the characteristics of the asphalt binder, this factor occurs due to weather conditions in the city of Fortaleza. Thus, proposing coating removal as one of the solutions, or even pavement reconstruction, performing an application of new coating mixtures that have stronger resistance as SMA or mixture with hydrated lime.

KEY WORDS: Flexible Floor, Surface defects, Floor Reconstruction

¹ Engenheira Civil – CBC - Construtora Batista Cavalcante Ltda. E-mail: leila.mariacarvalho@hotmail.com

² Aluno de Mestrado em Geotecnia - Universidade Federal do Ceará - UFC. E-mail: engffmonteiro@gmail.com

³ Engenheiro Civil - Makro Engenharia. E-mail: david.fmcosta@gmail.com

⁴ Professor Auxiliar - Universidade de Fortaleza. E-mail: heberoliveira@unifor.br

⁵ Professor Efetivo - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - IFCE. E-mail: marcosfpa@hotmail.br



45ª RAPv / 19º ENACOR

5ª ExpoPavimentação
1º Fórum Rodoviário, de Trânsito e de Mobilidade
20 a 23 de Setembro de 2016 - Brasília - DF

ABROR - ABRV - DERDF

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pavimentação visa o avanço operacional do tráfego, já que é produzida uma superfície de formato regular, aderente e menos ruidosa. As condições de rolamento estão associadas diretamente ao custo operacional ligadas a qualidade do rolamento. A regularidade também proporciona um deslocamento em maiores velocidades, o que representa economia em tempos de viagem.

A estrutura dos pavimentos tem como objetivo necessário o suporte de esforços provenientes de cargas e de ações climáticas. Logo, obrigatoriamente deve ser levado em consideração no dimensionamento de um pavimento estudos de tráfego e condições ambientais, tendo atenção as questões econômicas e disponibilidade de materiais. O intenso crescimento das grandes cidades ocasiona também um grande aumento do número de veículos nas ruas e avenidas. Visto o crescente aumento de veículos, a implementação de corredores de ônibus decorre para que seja proporcionada uma maior mobilidade ao trânsito.

No caso de Fortaleza, uma quantidade significativa dos corredores de ônibus são limitados através de demarcações na pista, onde o dimensionamento prévio desse pavimento foi projetado para tráfego misto e não para uso exclusivo de ônibus. Os corredores de ônibus em Fortaleza são compostos por pavimentos flexíveis com revestimento asfáltico e, por não serem em vias segregadas, comporta o fluxo intenso de ônibus e dos demais veículos. Desta forma, o escoamento excessivo de ônibus termina possibilitando o desenvolvimento de uma carga destrutiva no pavimento, originada tanto no peso dos veículos, quanto pelo volume de viagens, além das operações de aceleração e frenagem a que estão submetidos, associada às altas temperaturas, chuvas, ventos, entre outras condições climáticas e intempéries, que também são fatores fundamentais para a deterioração dos pavimentos urbanos.

PAVIMENTO FLEXÍVEL

Segundo Senço (1997), pavimentos flexíveis são aqueles em que as deformações, até certo limite, não levam ao rompimento. São dimensionados geralmente à compressão e a tração na flexão, provocada pelo aparecimento das bacias de deformação sob as rodas dos veículos, que levam a estrutura a deformações permanentes, e ao rompimento por fadiga.

Patologias em Pavimentos Flexíveis

As patologias em pavimentos flexíveis podem ser classificadas como defeitos funcionais e estruturais. O defeito funcional é aquele que compromete as boas condições de rolamento da via, ou seja, o conforto do usuário e a segurança quanto à derrapagem. O defeito estrutural é aquele que compromete a capacidade do pavimento de suportar as cargas oriundas do tráfego, ou seja, a estrutura do pavimento. Domingues (1993) enfatiza que os pavimentos com defeitos estruturais apresentarão, também, defeitos funcionais, enquanto que os pavimentos funcionalmente defeituosos podem estar estruturalmente corretos.

Nos pavimentos flexíveis, o revestimento é composto de uma combinação entre agregado mineral e ligante asfáltico, formando a mistura asfáltica. O funcionamento dessa camada decorre das



45ª RAPv / 19º ENACOR

5ª ExpoPavimentação
1º Fórum Rodoviário, de Trânsito e de Mobilidade
20 a 23 de Setembro de 2016 - Brasília - DF

ABROR - ABRV - DERDF

propriedades de seus materiais individualmente e, também, da relação entre agregado e ligante. Quando submetidos a diferentes temperaturas, o ligante asfáltico apresenta comportamento bem variado, seus principais defeitos são as trincas por fadigas do revestimento e o acúmulo plástico das deformações permanentes nas trilhas de roda.

As trincas por fadiga estão ligadas às cargas repetidas de tráfego e pela rigidez do ligante asfáltico, que não suporta as solicitações do tráfego pesado sem trincar. Já a deformação permanente nas trilhas de roda, ocorre devido à densificação dos materiais ou ruptura por cisalhamento, que depende principalmente da estrutura de agregados e também das características de rigidez do ligante asfáltico.

Fernandes et al (1999) dividem em dois grupos as causas de deterioração dos pavimentos: solicitações do tráfego: associadas, principalmente, à carga por eixo, ao tipo de eixo (simples, tandem duplo e tandem triplo), ao tipo de rodagem (simples, duplo e extralargo), à pressão de enchimento dos pneus e ao tipo de suspensão (feixe de molas e pneumático); solicitações climáticas: principalmente variações de temperatura e de teor de umidade. Deste modo as patologias nestes pavimentos podem subdividir-se nos grupos: fendas ou trincas; afundamentos; escorregamento (movimento de materiais); exsudação; corrugação; ondulação; desgaste ou desagregação; panela ou buraco; remendo.

AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

A avaliação estrutural consiste na análise das medidas de deslocamentos verticais recuperáveis da superfície do pavimento quando submetido a determinado carregamento. Segundo Bernucci et al (2008), está associada ao conceito de capacidade de carga, que pode ser vinculado diretamente ao projeto do pavimento e ao seu dimensionamento.

Os defeitos estruturais dos pavimentos flexíveis são resultados básicos da repetição das cargas e vinculam-se às deformações elásticas ou recuperáveis e plásticas ou permanentes. As deformações elásticas são deslocamentos verticais nomeados como “deflexão” do pavimento, são responsáveis pelo surgimento da maioria dos trincamentos ao longo da vida do pavimento, e que podem levar à fadiga do revestimento. As deformações plásticas são acumulativas durante os anos de vida de um pavimento e resultam em defeitos do tipo afundamento localizado ou nas trilhas de roda, medidos por meio de treliça metálica. (BERNUCCI et al, 2008).

Métodos de Avaliação Estrutural

A avaliação de um pavimento pode ser feita por métodos: destrutivos, semidestruativos ou não-destrutivos. Pelo método destrutivo, pode-se avaliar a condição estrutural de cada camada que compõe o pavimento por abertura de trincheiras ou poços de sondagem, permitindo recolher amostras de cada material até o subleito e realizar ensaios de capacidade de carga in situ. (BERNUCCI et al, 2008).

Também são chamados de destrutivos porque invalidam, para futuros testes, as áreas do pavimento onde foram feitas as remoções. Bernucci et al (2008) descrevem o método semidestruativo como aquele que se vale de aberturas menores de janelas no pavimento que permitam utilizar um instrumento



45ª RAPv / 19º ENACOR

5ª ExpoPavimentação
1º Fórum Rodoviário, de Trânsito e de Mobilidade
20 a 23 de Setembro de 2016 - Brasília - DF

ABROR - ABRV - DERDF

portátil de pequenas dimensões para avaliar a capacidade de carga de um pavimento, tal como o uso de cones dinâmicos de penetração.

A avaliação mais adequada para ser feita em grandes extensões de pistas e com possibilidade de inúmeras repetições no mesmo ponto, de forma a acompanhar a variação da capacidade de carga com o tempo, é a que lança mão de medidas não-destrutivas, representadas por medidas de deflexão. A cada passagem de roda o pavimento sofre um deslocamento total que tem duas componentes. (BERNUCCI et al, 2008).

AVALIAÇÃO FUNCIONAL

A avaliação funcional de um pavimento relaciona-se à apreciação da superfície dos pavimentos e como este estado influencia no conforto ao rolamento (BERNUCCI et al, 2008). Seus métodos de avaliação são dados através de: serventia, irregularidade funcional, defeitos de superfície, avaliação objetiva de superfície pela determinação do IGG (Índice de Gravidade Global), avaliação de aderência em pistas molhadas e avaliação de ruído feito pelo tráfego.

O primeiro método estabelecido de forma sistemática para a avaliação funcional foi o da serventia, consiste em uma atribuição numérica compreendida em uma escala de 0 a 5, dada pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um determinado trecho, em um dado momento da vida do pavimento. Esta escala compreende cinco níveis de serventia, conforme expresso na Tabela 1 sendo também adotada no país pelo DNIT (2003).

Tabela 1. Níveis de Serventia

Padrão de conforto ao rolamento	Avaliação (faixas de notas)
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

A irregularidade longitudinal é o somatório dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico que afeta a dinâmica do veículo, a qualidade ao rolamento, o efeito dinâmico das cargas e a drenagem superficial da via. Pode ser medido de forma estatística, expresso em m/km, pelo método designado de IRI (Índice de Irregularidade Internacional), que quantifica os desvios da superfície do pavimento em relação à do projeto. Os defeitos de superfície são os danos na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo uma terminologia normatizada (DNIT, 2003). O levantamento dos defeitos de superfície tem por objetivo final avaliar o estado de conservação dos pavimentos asfálticos e embasa o



45ª RAPv / 19º ENACOR

5ª ExpoPavimentação
1º Fórum Rodoviário, de Trânsito e de Mobilidade
20 a 23 de Setembro de 2016 - Brasília - DF

ABROR - AAPV - DERDF

Na Avenida João Pessoa o pavimento utilizado é o flexível com revestimento em CBUQ. Foi percorrido um trecho previamente selecionado de aproximadamente 1,7 quilômetros. Para apresentação da área analisada, indica-se a localização do corredor, os problemas encontrados, apresentação de fotografias e as possíveis causas destes problemas. A seguir serão apresentadas algumas propostas alternativas para a solução dos problemas apresentados.

A Figura 2a e Figura 2b mostram o subtrecho da Avenida João Pessoa, entre as ruas Padre Cícero e Major Weyne, onde se observa a formação de afundamento plástico com escorregamento, consolidação de trilha de roda e ondulação. As causas que podem gerar este tipo de patologia são: ação repetitiva de cargas do tráfego de veículos muito pesados, tráfego lento e altas temperaturas.



(a)



(b)

Figura 2. (a) – Afundamento plástico com trilha de roda e escorregamento; (b) - Ondulação

As patologias observadas são causadas pela alta temperatura no interior do pavimento, que deve ter ultrapassado a do ponto de amolecimento do CAP, fazendo com que o ligante se comporte como líquido, resultando numa baixa viscosidade e causando deformações permanentes no revestimento. Em consequência disso, observa-se o escorregamento de massa asfáltica para os cantos dos corredores. Esse tipo de diagnóstico mostra a inadequação do ligante asfáltico utilizado na mistura convencional. No segundo subtrecho da Avenida João Pessoa, entre as ruas Major Weyne e Ana Néri (Figuras 3a,3b,3c) em uma extensão de 240m, observam-se trincas longitudinais e transversais, afundamento em torno de tampa de esgoto com formação de trincas e painelas. As causas que podem gerar este tipo de patologia respectivamente são: falhas executivas, recalques diferenciais, no caso como se trata de um corredor de ônibus, podem aparecer junto à trilha de roda, por envelhecimento do ligante asfáltico e ruptura por cisalhamento localizado, devido às trincas já existentes, com a ação do tráfego de veículos pesados houve remoção do revestimento.

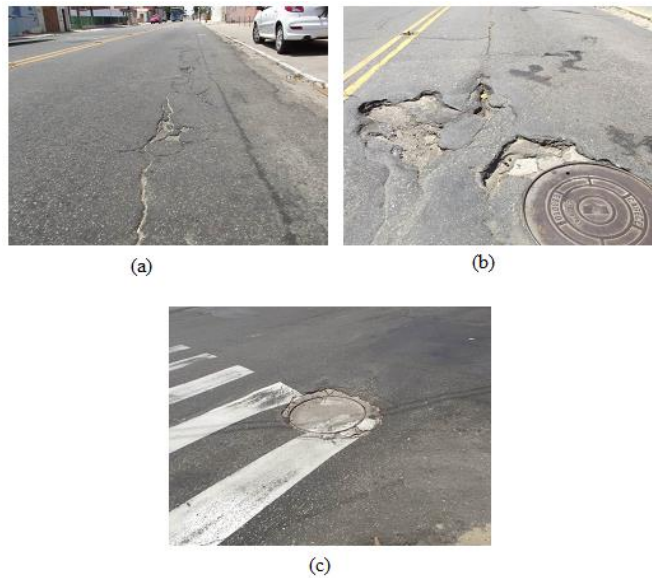


Figura 3. (a) – Trilha longitudinal com formação de panela ; (b)- Afundamento com formação de panela; (c)- Afundamento em torno de tampa de esgoto

No próximo subtrecho verifica-se, entre as ruas Delmiro de Farias e Professor Costa Mendes (Figuras 4a,4b,4c,4d), afundamento plástico com escorregamento de massa asfáltica, trinca longitudinal longa, formação de painelas e ondulações. Nota-se que a temperatura no interior do pavimento deve ter ultrapassado a do ponto de amolecimento do CAP.

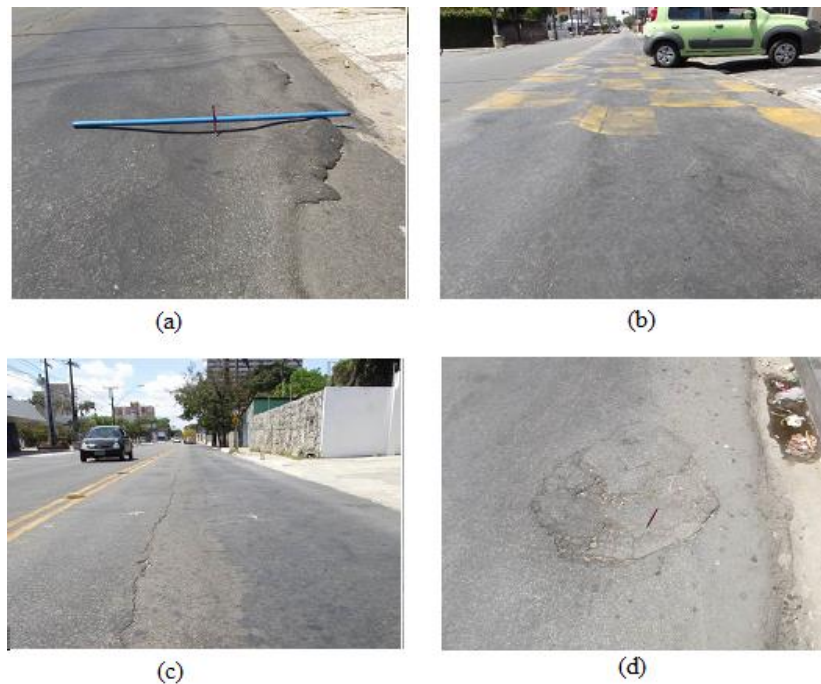


Figura 4. (a) – Afundamento com escorregamento de massa; (b) - Ondulação; (c) - Trinca Longitudinal Longa ; (d) – Painela em formação



45ª RAPv / 19º ENACOR

5ª ExpoPavimentação
1º Fórum Rodoviário, de Trânsito e de Mobilidade
20 a 23 de Setembro de 2016 - Brasília - DF

ABROR - AAPV - DERDF

Na Figura 5, observa-se o início da formação de panelas (P). Sua formação ocorre geralmente no local onde havia trincas interligadas e com a ação do tráfego e intempéries as trincas foram dando origem à formação de panelas. Podem ocorrer também por falha construtiva ou deficiência na compactação. As trincas longitudinais longas (TLL) encontradas na avenida podem ocorrer por falhas executivas, recalques diferenciais. Também podem aparecer junto à trilha de roda ou como falha de juntas longitudinais de diferentes frentes de compactação e envelhecimento do ligante asfáltico. Muitos materiais, quando são sucessivamente solicitados em níveis de tensão menores do que as tensões de ruptura, desenvolvem modificações em sua estrutura interna original, gerando um processo de microfissuração que acarreta em desenvolvimento de fraturas ocasionando o rompimento do material. Isto caracteriza a ruptura por fadiga (BALBO, 1997).

O último subtrecho iniciando na rua Professor Costa Mendes e finalizando na rua Desembargador Praxedes, observa-se que as patologias encontradas são: afundamento plástico com trilha de roda (ATR) e escorregamento de massa. O ATR é um dos principais motivos de degradação originário da passagem de cargas em pavimentos flexíveis. Seu mecanismo fundamental está exatamente envolvido com as deformações de cisalhamento na camada do pavimento. Esses tipos de defeitos são verificados em todo o trecho da área de estudo.



Figura 5. Afundamento com trilha de roda

TRATAMENTOS RECOMENDADOS

Uma das medidas que podem ser adotadas para tratar ou minimizar as patologias nos corredores de ônibus, é a execução de fresagem no pavimento, remoção do pavimento antes da execução de um novo revestimento dando origem a uma superfície aparentemente uniforme, com objetivo de diminuir os desníveis.

Uma nova proposta seria a execução de um novo revestimento, pois conforme evidenciado os defeitos no pavimento, esta pedida solucionaria de forma eficaz os problemas identificados nos corredores. Sendo indicado pavimento rígido nos pontos onde ocorrem frenagens e acelerações mais bruscas, como por exemplo, nas paradas de ônibus e nos semáforos respectivamente.

Para a alternativa de restauração dos pavimentos dos corredores de ônibus, uma opção seria a substituição da camada do revestimento, com mistura asfáltica convencional, por outra com outro tipo



45ª RAPv / 19º ENACOR

5ª ExpoPavimentação
1º Fórum Rodoviário, de Trânsito e de Mobilidade
20 a 23 de Setembro de 2016 - Brasília - DF

ABROR - ABRV - DERDF

de mistura como: o a utilização de cal hidratada e a SMA. Segundo Bernucci et al (2008), as misturas asfálticas densas convencionais em geral resistem pouco à reflexão de trincas e à deformação permanente, o que é retardado na solução de SMA.

As misturas asfálticas com adição de cal hidratada possuem um comportamento semelhante às misturas SMA, pois também apresentam maior resistência quanto às deformações permanentes, evitando assim o afundamento nas trilhas de rodas, diminuindo o trincamento e a oxidação do revestimento. A cal é um dos agentes aprimoradores de adesividade, entre o ligante e o agregado mais eficientes.

CONCLUSÕES

No trecho estudado as patologias mais observadas foram afundamentos nas trilhas de rodas e escorregamentos de massa asfáltica, no entanto também é verificou-se outras deficiências como trincas por fadiga do revestimento e formação de painéis. Ainda percebe-se que o maior número de patologias no pavimento está nas áreas de aceleração e frenagem dos ônibus, como em semáforos e paradas de ônibus. Os principais fatores dessas patologias são às altas temperaturas da cidade de Fortaleza, com uma média de 27°C, e temperatura do pavimento na região Nordeste do país de 65,2°C no máximo, que ultrapassa o ponto de amolecimento do CAP, proporcionando deformações permanentes em trilhas de rodas.

Uma medida recomenda para correção da patologia, decorre da extração do revestimento de origem ou até mesmo o pavimento atual, este para o caso de reconstrução, posteriormente executando um novo revestimento com misturas que apresentem maior resistência como SMA ou mistura com cal hidratada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBO, J. T. **Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção**. São Paulo: Plêiade, 1997.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: ABEDA, 2008.

DNIT, **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia**, Rio de Janeiro – RJ, 2003.

DOMINGUES, F. A. A., **MID – manual para identificação de defeitos de revestimentos asfálticos de pavimentos**. São Paulo, s.n., 1993.

FERNANDES JR., J.L., ODA, S. & ZERBINI, L. F., **Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos**. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 1999.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1997. v.1.