

FACULDADE FINOM DE PATOS DE MINAS

CURSO ENGENHARIA CIVIL

ANTÔNIO HENRIQUE MOTA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE PATOLÓGICA DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NA
RODOVIA MG 410**

PATOS DE MINAS-MG

2017

ANTÔNIO HENRIQUE MOTA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE PATOLÓGICA DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NA
RODOVIA MG 410**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na
Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II
como requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Faculdade do
Noroeste de Minas, FINOM.

Orientador: Esp. Vinicius Vieira Sousa

PATOS DE MINAS-MG

2017

ANTÔNIO HENRIQUE MOTA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE PATOLÓGICA DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NA
RODOVIA MG 410**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na
Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II
como requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Faculdade do
Noroeste de Minas, FINOM.

Orientador: Esp. Vinicius Vieira Sousa

Banca Examinadora:

Patos de Minas - MG, ____ de _____ de 2017

Prof.. Esp. Vinicius Vieira Sousa

Prof. Msc.

Prof.Msc.

EPÍGRAFE

“De Tudo Ficam Três Coisas: A certeza de estarmos sempre começando... De que é preciso continuar... E de que podemos ser Interrompidos antes de terminarmos... Portanto Devemos... Fazer da interrupção um caminho novo... Da queda um passo de dança... Do medo uma escada... Do sonho uma ponte... Da procura um encontro... E assim terá valido a pena existir”
(Fernando Sabino)

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

TABELA 1 – COMPACTAÇÃO.....	24
TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS DO PROJETO EM PLANTA.....	54
TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS DO PROJETO EM PERFIL.....	54
TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS.....	55
Quadro 1 - Conceitos do IGG.....	33
Figura 1 - Camadas do pavimento flexível.....	28
Figura 2 - Ficha de avaliação da serventia.....	32
Figura 3 - Demarcação das estações para inventário de defeitos.....	33
Figura 4 - Faixas de variação do IRI.....	34
Figura 5 - Trecho analisado.....	38
Figura 6 - Trinca isolada longitudinal.....	39
Figura 7 - Trinca couro de jacaré.....	40
Figura 8 - Trinca couro de jacaré com erosão.....	41
Figura 09 - Trincas de bloco.....	42
Figura 10 - Painelas ou buracos.....	46
Figura 11 - Localização da cidade de João Pinheiro/MG.....	50
Figura 12 – Localização da MG-410.....	51
Figura 13 – MG-410 (Km 10).....	52
Figura 14 – MG-410.....	57
Figura 15 – MG-410.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAP - CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO

CAUQ - CONCRETO ASFÁLTICO USINADA A QUENTE

CBU - BETUMINOSO USINADO A QUENTE

CBUQ - CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM

DNIT - O DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

MG – MINAS GERAIS

PMF - PRÉ MISTURADO A FRIO

RR – RUPTURA RÁPIDA

C - CENTÍMETROS

RESUMO

Esta pesquisa apresentou como tema a análise patológica da pavimentação asfáltica na rodovia MG 410, que liga a BR-040 à MGC/354 para Presidente Olegário, apesar de ter muito tempo de execução das patologias. Por isso, os objetivos desse trabalho giram foram embasados em identificar manifestações patológicas na pavimentação asfáltica da BR-040 à MGC/354, em 2017; identificar os tipos de manifestações patológicas existentes na pavimentação da Rodovia MG 410; apresentar as causas dos problemas que ocorrem na Rodovia; identificar os prejuízos causados aos veículos e caminhões pesados que trafegam pela via a trabalho e a passeio; apresentar propostas de melhoria e utilização de materiais de boa qualidade a fim de evitar transtornos para as pessoas, veículos e caminhões que necessitam utilizar a rodovia com segurança. As principais patologias encontradas na pavimentação são, trincas do tipo couro de jacaré, panelas, alguns reparos mal feitos, dentre outras. Compreendeu-se que, a rodovia asfaltada deve ser submetida à averiguação e manutenção para que os motoristas possam transitar com maior segurança e conforto.

Palavras-chave: Patologias. Rodovia. Prejuízos. Cargas pesadas.

ABSTRACT

This research presented as a theme the pathological analysis of asphalt paving on MG 410 highway, which links BR-040 to MGC / 354 to Presidente Olegário, despite having a long time of execution of the pathologies. Therefore, the objectives of this work are based on identifying pathological manifestations in the asphalt pavement of BR-040 to MGC / 354, in 2017; To identify the types of pathological manifestations existing in the pavement of Highway MG 410; Present the causes of the problems that occur on the Highway; Identify the damage caused to vehicles and heavy trucks that travel by road to work and ride; Make proposals for improvement and use of good quality materials in order to avoid inconvenience to people, vehicles and trucks that need to use the highway safely. The main pathologies found in paving are cracked alligator leather, pots, some poorly made repairs, among others. It was understood that, asphalted highway must be submitted to the investigation and maintenance so that the drivers can transit with greater security and comfort.

Keywords: Pathologies. Highway. Losses. Heavy loads.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.2 OBJETIVO DO ESTUDO.....	11
1.2.1 Objetivo Geral.....	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	12
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 ANÁLISE PATOLÓGICA DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA.....	13
2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS RODOVIAS.....	16
2.3 A MANUTENÇÃO DE UMA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA.....	19
2.4 TIPOS DE EQUIPAMENTOS DE COMPACTÇÃO.....	23
2.5 PAVIMENTO.....	23
2.5.1 Pavimentos Rígidos.....	25
2.5.2 Pavimentos Semi-Rígidos.....	25
2.5.3 Pavimentos Flexíveis.....	26
2.6 CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL.....	26
2.6.1 Revestimento.....	27
2.6.2 Base.....	28
2.6.3 Sub-base.....	28
2.6.4 Reforço do Subleito.....	29
2.6.5 Regularização do Subleito.....	29
2.7 AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO.....	29
2.7.1 Valor de Serventia Atual.....	30
2.7.2 Avaliação Objetiva de Superfície DNIT 006/2003-PRO.....	30
2.7.3 Índice de Irregularidade Internacional.....	32
2.8 AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA.....	33
2.9 ANALISE DE UM TRECHO.....	34
2.10 PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	35
2.10.1 Fissuras.....	35
2.10.2 Trincamentos.....	36
2.10.2.1 Trincas Isoladas.....	37
2.10.2.2 Trincas Interligadas.....	37
2.10.2.3 Trincas por Reflexão.....	40
2.10.3 Afundamentos em Trilha de Roda.....	41

2.10.4 Ondulação ou Corrugação.....	42
2.10.5 Escorregamento do Revestimento.....	42
2.10.6 Exsudação.....	43
2.10.7 Desgaste.....	43
2.10.8 Painelas ou Buracos.....	43
2.10.9 Remendos.....	45
2.11 SISPAV.....	45
2.12 TERMINOLOGIA E TIPOS DE DEFEITOS.....	45
3 METODOLOGIA.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

A Pavimentação Asfáltica é uma forma de proporcionar um tráfego, tanto de pessoas como veículos, com maior comodidade e mais segurança. Por isso a construção de uma rodovia requer alguns cuidados importantes como: uma boa planificação do terreno, a utilização de materiais de boa qualidade e na quantidade correta, evitando que a via estrague com facilidade, o que pode ocasionar danos desagradáveis aos que dela fazem uso.

Conforme Croney, (1977), o objetivo principal da pavimentação é garantir a trafegabilidade em qualquer época do ano e condições climáticas, e proporcionar aos usuários conforto ao rolamento e segurança. Uma vez que o solo natural não é suficientemente resistente para suportar a repetição de cargas de roda sem sofrer deformações significativas, torna-se necessária a construção de uma estrutura, denominada pavimento, que é construída sobre o subleito para suportar as cargas dos veículos de forma a distribuir as solicitações às suas diversas camadas e ao subleito), limitando as tensões e as deformações de forma a garantir um desempenho adequado da via, por um longo período de tempo.

Justificou-se a escolha do tema como objeto de estudo: “Análise Patológica da Pavimentação Asfáltica da Rodovia MG 410”, rodovia que interliga a BR/040 à rodovia MGC/354 para Presidente Olegário, haja vista que apresenta várias manifestações patológicas ao longo de seu percurso, por ser uma via de muito tráfego tanto de veículos como de caminhões e carretas pesadas, demonstrando que a via não mais atende com comodidade os usuários.

1.2 OBJETIVO DO ESTUDO

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar manifestações patológicas na pavimentação asfáltica da MG 410, rodovia que liga a BR/040 à rodovia MGC/354 para Presidente Olegário.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar os tipos de manifestações patológicas existentes na pavimentação da Rodovia MG 410;
- Apresentar as causas dos problemas que ocorrem na rodovia;
- Identificar os prejuízos causados aos veículos e caminhões pesados que trafegam pela via a trabalho e a passeio;
- Apresentar propostas de melhoria e utilização de materiais de boa qualidade a fim de evitar transtornos para as pessoas, veículos e caminhões que necessitam utilizar a rodovia com segurança.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 ANÁLISE PATOLÓGICA DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

A pavimentação asfáltica trata-se de um trabalho realizado na superfície do solo que liga cidades, estados, Distrito Federal e até os municípios que tem a função de facilitar o tráfego das pessoas, animais e/ou produtos leves e pesados. Por ser muito utilizada diariamente, necessita ser resultado de trabalho de um projeto bem elaborado e com materiais de boa qualidade. (SILVA, 2006)

De acordo com Sampaio (2005), o pavimento é uma estrutura formada por várias camadas, como: revestimento, base, sub-base, subleito e reforço do subleito, e apresenta a função de suportar o tráfego com maior segurança e economia para o transporte de pessoas e mercadorias.

Porém, o fluxo de caminhões, que transportam cargas pesadas em todas as rodovias aumenta a cada dia, provocando várias patologias na superfície das mesmas e isso pode acarretar prejuízos para as empresas, pois os desgastes nos caminhões surgem, atrasando a viagem e gastando com peças e com os serviços de mecânica. (SAMPAIO, 2005)

A realização da distribuição de carga através do modo rodoviário é feita ainda em boa parte no Brasil, durante o dia, congestionando as principais artérias das grandes cidades, aumentando os níveis de poluição, resultando em um desempenho medíocre e aumentando assim o desgaste das frotas. Ao contrário de países desenvolvidos, na qual a distribuição física é realizada durante a noite, melhorando a produtividade, diminuindo o custo com a manutenção e desafogando o fluxo durante o dia (RODRIGUES, 2005).

Compreende-se que se os caminhões trafegassem mais durante a noite teria menor desgastes nas pavimentações, pois neste momento há menos perigo de afundamento do asfalto e conseqüentemente evitando o surgimento de defeitos na via. Com o fito de se obter uma melhor performance de uma pavimentação de asfalto, obtendo as características precisas de superior longevidade e igual segurança e conforto para aqueles que a usam, é preciso que algumas categorias sejam atendidas: como a constituição química e mecânica, bem como a composição física do terreno. (SOUZA, 1998)

Ao desenvolver um pavimento é importante seja feita uma observação cuidadosa dos materiais a serem utilizados nas camadas de revestimento, pois os mesmos possuem um alto custo, por isso é importante que seja realizado uma análise do custo/ benefício/durabilidade, para que não apareçam patologias prejudiciais ao trânsito. O desempenho adequado do conjunto de camadas e do subleito relaciona-se à capacidade de suporte e à durabilidade compatível com o padrão da obra e o tipo de tráfego, bem como o conforto ao rolamento e a segurança dos usuários. O desafio de projetar um pavimento reside no fato, portanto, de conceber uma obra de engenharia que cumpra as demandas estruturais e funcionais. Aliado a esses dois objetivos, o pavimento deve ainda ser projetado da forma mais econômica possível, atendendo as restrições orçamentárias. (ANDRADE, 2005)

Os usuários das rodovias dependem do estado da superfície do pavimento pois as irregularidades que ocorrem nas vias são percebidas rapidamente, uma vez que afetam seu conforto no decorrer da viagem. Quando o conforto das pessoas que trafegam em uma rodovia é prejudicado, o veículo também sofre mais intensamente as consequências desses defeitos. Isso acarretam muitos custos e gastos com peças de manutenção dos veículos, bem como o consumo de combustível e desgastes dos pneus, com o tempo de viagem. (BALBO, 2007)

Assim sendo, é importante que nas vias pavimentadas sejam feitas manutenções diárias para evitar gastos e prejuízos aos usuários devido as irregularidades encontradas no rolamento.

Conforme Balbo (2007), no final da década de 50, um acontecimento importantíssimo ocorreu no país, foi a elaboração da comissão técnica especial no âmbito do (DNER), Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, que tinha como finalidade demonstrar as maneiras e procedimentos adequados para executar as pavimentações de maneira precisa e correta.

As pavimentações deveriam seguir as normas do DNER, para que a parte asfaltada tivesse maior durabilidade e desse, melhores condições de transportes aos seus usuários, bem como segurança. Deveriam também, trazer melhorias para os pavimentos vicinais, que acrescentava a necessidade da desobstrução e aprimoramento das estradas. (ANDRADE, 2005)

É do conhecimento de todos que a quantidade de veículos e transportes de cargas e de pessoas nas áreas pavimentadas aumenta a cada dia mais e isso exige que seja sempre realizada uma análise patológica da pavimentação asfáltica, para

que sejam feitas as melhorias necessárias no sentido de que se tenha uma rodovia amplificada e de qualidade para seus usuários. (BALBO, 2007)

De acordo com Balbo (2007), melhorar as condições de tráfego das pessoas e veículos, proporcionando mais comodidade, mais conforto, é a sua conceituação de pavimentar. O tráfego em uma via mais plana, e que possui uma planificação de qualidade, tende a ser mais seguro, mesmo em tempos chuvosos, quando as pistas podem acumular água, fazendo poças, panelas e ficando escorregadilhas.

A existência de estradas, rodovias, aeroportos, é um grande marco em toda a história, pois auxilia na recepção de cargas de veículos que trafegam por ela. A pavimentação asfáltica é o sistema responsável por receber as cargas de veículos que trafegam nas vias, diversos caminhões e caminhonetes com cargas elevadíssimas passam pelas vias de acesso com frequência, mas também deve ser capaz de suportar elevadas cargas, e ainda ser responsável por trazer uma estabilidade e segurança aos mesmos que trafegam pelas vias. (GODOY, 1991)

Porém, nem sempre as vias se encontram em perfeitas condições, e durante uma viagem é comum encontrar diversos defeitos nas vias, sendo muitas rachaduras, ondulações, pistas com diversos buracos. Portanto é de suma importância que o Engenheiro civil tenha habilitação e competência para tomar os cuidados necessários ao executar pavimentações asfálticas. O mesmo deve ter consciência de sua responsabilidade afim de permitir que os veículos trafeguem com segurança, e que a via possua uma durabilidade desejada. (SAMPAIO, 2005)

Pois, as manifestações patológicas reduzem o tempo de vida útil de um projeto de pavimentação, sendo necessário ter cuidados para evitar que patologias apareçam muito rápido em pavimentações asfálticas.

Observa-se que várias ocorrências patológicas se ocasionam por muitas razões no âmago dos procedimentos de construções do ramo Civil. Determinadas ocorrências se dão em razão de defeitos de recursos materiais, visto que alguns podem não conter a resistência necessária para certa categoria a que se destina; no caso de defeitos na construção, visto que, ainda existem quantidade reduzida de engenheiros civis com qualificação suficiente, para promoverem execuções nestes setores, falhas nas especificidades dos projetos, observado que o engenheiro põe em risco toda pavimentação caso falhe nas características e especificidades do projeto. (SILVA, 2006)

Para executar uma pavimentação asfáltica que atenda às necessidades de um projeto, é importante que os profissionais envolvidos, tenham conhecimento sobre patologias, e tomem precauções para amenizar esse risco, pois, quanto mais atividades forem executadas evitando manifestações patológicas, mais longa será a sua vida útil de projeto (GUILHERME, 2013).

Todas as pessoas envolvidas no projeto de pavimentação devem estar atentas na execução dos trabalhos para que a via não venha futuramente sofrer algum dano, que são as manifestações patológicas que são designadas como: a deflexão na superfície, fendas; trinca isolada transversal, e/ou interligada, couro de jacaré; bloco; afundamento: plástico, de consolidações ou conrrugações transversais na superfície do pavimento; deslocamento de revestimento; escorregamento; exsudação, desgaste, panela ou buraco. (CRONEY, 2006)

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS RODOVIAS

As manifestações patológicas são visíveis, quando os trabalhadores não têm a prática necessária para lidar com os materiais e nem capacitação especializada para a execução dos projetos, o que se torna impossível o asfalto ter uma boa qualidade, surgindo principalmente, várias panelas, rachaduras e até afundamento em partes onde o solo é menos denso e/ou desnivelado. (FONTES, 2009)

Ainda na década de 50, por volta de 1958, foi inventado o IPR (Instituto de Pesquisas Rodoviárias), na área do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) trabalhando em conjunto com o DNER e em 1959 foi elaborada a Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv). (BERNUCCI, 2006)

Conforme a autora diz que:

Em 1998 o consumo de asfalto no Brasil era de 2 milhões de toneladas por ano, já nos Estado Unidos esse consumo era de 27 milhões. Sabendo que os dois países têm área semelhantes, 8,5 e 9,8 milhões respectivamente, fica clara a condição precária de desenvolvimento do Brasil nessa área. (GUILHERME, 2013, p.20)

Isso é um dos grandes motivos pelos quais as estradas brasileiras demonstram nessa estatística em relação a outros países, a falta de investimento na construção de novas vias ou até mesmo na manutenção nas vias existentes. Além disso, não são bem feitos e acabam surgindo novas e mais complexas patologias, fazendo que em

alguns trechos, o trânsito se torne inviável devido à falta de segurança e os desgastes dos automóveis e caminhões pesados que necessitam estar sempre transitando pelo mesmo. (RODRIGUES, 2005)

Observa-se que as manifestações patológicas geralmente são encontradas na parte externa das estruturas, desta forma, se torna fácil descobrir e chegar a conclusão da causa que levou a estrutura a sofrer esse tipo de dano. Muitos erros em projetos, podem ocasionar tais manifestações a curto prazo, e que requer manutenção imediata. (FONTES, 2009)

Conforme o entendimento de Ripper e Souza (1998), as ditas ocorrências patológicas se sucedem em decorrência da ausência de corretas estruturas e manutenções da pavimentação asfáltica. Visto que, como é sabido, certas empresas muitas das vezes não promovem sua manutenção, e com o tempo, o surgimento de adversidades aparece, por causa da constância de passagem de veículos na via asfaltada, de modo destacado aqueles com elevadas cargas. Sendo assim, é preciso que se realize reparações na própria estrutura superficial da pavimentação, bem como no interior do solo, para que eventuais falhas sejam sanadas. No entanto podem existir situações singulares casos, nos quais é preciso que se retire todo o asfalto contido na superfície, visto que novas reparações já não são mais possíveis, e nestes casos é preciso refazer todo conjunto com falhas, ocasionando mais gastos do que uma simples manutenção exigiria.

De acordo com a Norma DNIT – (2003), em seu Temo (TER)005, as principais patologias que surgem em uma pavimentação asfáltica são:

A fenda que é qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob as formas de fissura ou de trinca. A fissura é classificada como a fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 m. A mesma é facilmente visível a vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada. A Trinca isolada pode ser transversal, sendo esta uma trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca transversal longa. A trinca longitudinal, a trinca de retratação, a interligada, a tipo “Couro de Jacaré”, as do tipo bloco, são também uma patologia asfáltica.

Essas trincas se devem as condições climáticas muito altas, aos materiais utilizados na base rígida, que fica abaixo do revestimento asfáltico trincado e também ao grande tráfego de veículos pesados. Elas iniciam e se não forem reparadas com maior rapidez vão se alastrando e danificando a superfície asfáltica.

Por tudo isso e também por causa das panelas e ondulações que surgem, se faz necessário uma análise da pavimentação constantemente, evitando assim maiores desgastes no rolamento asfáltico.

Para que não apareça patologias ao longo da pavimentação asfáltica e que a mesma tenha maior durabilidade é importante que seja feita uma manutenção ou resolução adequada e para isso é necessário que o engenheiro tenha em mãos um diagnóstico das patologias existente no pavimento, para que o mesmo faça um projeto que atenda às necessidades da rodovia. E a regra básica da manutenção é primeiramente a descoberta da causa do defeito, para que se possa corrigir desde a sua origem, evitando assim danos futuros.

De acordo com Rodrigues (2005), as chamadas vias de rodagem são essenciais para que a realização dos transportes ocorra, em razão disso é fundamental que a pavimentação de asfalto não contenha defeitos e falhas que afete negativamente o trânsito de caminhões e veículos conforme viajarem.

As patologias asfálticas acarretam grande custo na atividade logística, como frete, manutenção de equipamentos, multas sobre atrasos, portanto é necessário que haja um excelente planejamento e também manutenção diária de toda sua infraestrutura, para que resulte em execução proveitosa e efetiva para diversas partes interessadas na realização das atividades de transporte de um país.

A manutenção de um pavimento asfáltico não deve ser realizada tão somente como correção funcional ou estrutural e próxima ao limite de aceitabilidade. É aconselhável um plano estratégico de intervenções periódicas, envolvendo também manutenção preventiva, de modo a garantir um retardamento do decréscimo das condições de superfície. Essas técnicas envolvem às vezes uma simples selagem de trincas ou execução de camadas asfálticas delgadas. Serviços periódicos de conservação devem ser sempre realizados envolvendo técnicas reparadoras em locais específicos, como limpeza e preservação do sistema de drenagem, dos acostamentos e das áreas lindeiras à estrada. (BERNUCCI... [et al.], 2006, p.407)

Portanto, é necessário que os responsáveis pela rodovia estejam bem conservados, pois é intenso o trânsito sobre a mesma e isso pode causar deformidade

no percurso do rolamento. A preservação das rodovias evita trincas, buracos, dentre outras patologias que além de deixar o trânsito lento e perigoso, acomete vários estragos na frota que transita normalmente. Para que não apareça patologias asfáltica a curto prazo, se faz necessário que o engenheiro da obra tenha conhecimento do terreno e assim saiba utilizar os materiais de boa qualidade e na medida correta. Os trabalhadores devem ser instruídos pelo engenheiro responsável na utilização desses materiais e assim a rodovia terá maior durabilidade proporcionando aos usuários comodidade e segurança. (FONTES, 2009)

2.3 A MANUTENÇÃO DE UMA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Manutenção significa preservação, conservação e para a realização de preservação de um pavimento asfáltico se faz necessário um diagnóstico que possui regra básica para ser feito, através deste pode-se determinar a causa do surgimento dos defeitos. Conforme Silva (2008, p.43):

A manutenção de pavimento é um trabalho rotineiro efetuado com o fito de manter o pavimento tanto quanto possível próximo de sua condição original, quando da construção, sob condições normais de tráfego e temperatura. As tensões causadas em um pavimento podem ser causadas por: variações de temperatura; variação de umidade relativa; pequenos movimentos nas camadas subjacentes ou adjacentes e o tráfego.

A preservação asfáltica deve ser feita sempre que necessário, assim que tiver o diagnóstico é importante que se faça a manutenção para que o tráfego possa fluir normalmente em uma rodovia que esteja conservada quase que nova. A pavimentação asfáltica pode estragar devido as temperaturas que variam muito podendo amolecer a massa asfáltica, as chuvas, a retenção de umidade do ar, algum problema nas camadas abaixo do solo e também o tráfego de caminhões pesados. (RODRIGUES, 2005)

A conservação da parte superficial do asfalto pode ser realizada com a mesma mistura utilizada anteriormente, se o asfalto foi construído com revestimento de asfalto e agregados devem ser utilizados esses mesmos materiais para o conserto, porém deve ser aplicado a quente, menos viscoso e o tráfego do local só poderá ser liberado

depois que for comprovado que o asfalto esteja bem seco para que o trabalho fique bem garantido. (BALBO, 2007)

O autor Balbo (2007, p.188), explica que os materiais asfálticos aplicáveis na execução dos tratamentos são asfaltos diluídos em emulsões asfálticas que deve ser aplicado a quente, sendo utilizado os tipos mais viscosos a fim de que se consiga uma boa penetração do material asfáltico na camada de agregados.

Os asfaltos diluídos em cura rápida podem ser utilizados desde que a camada de tratamento não esteja sendo executada sobre o revestimento asfáltico existente. Quando se opta por utilizar tal tipo de material, o tráfego sobre a superfície não poderá ser liberado antes da completa secagem do asfalto diluído para que esteja garantida a boa fixação dos agregados. (BALBO, 2007, p. 188)

É importante ressaltar que a utilização dessa forma de manutenção asfáltica é mais usada na reparação superficial e são chamadas ruptura rápida, medindo de um a dois centímetros, pois a mesma pode ser aquecida de forma que tenha um bom espalhamento do material por toda a via que necessita desse cuidado. (SILVA, 2006)

A execução da manutenção do asfalto é deveras relevante e precisa ser composta de elevada impermeabilidade para que consiga resistir e suportar o peso de veículos de grande porte, a água da chuva e o tráfego de outros veículos menores. Conseguindo conservar a superfície de passagem, os condutores que por ali passam podem estar seguros da confiabilidade da estrada e de seu conforto por um maior prazo. (RODRIGUES, 2005)

Geralmente ao realizar o trabalho de revestimento que varia de 2 a 5cm, utiliza-se uma camada com os melhores materiais possíveis, apesar de ter um preço mais elevado se torna mais econômico devido a sua durabilidade.

O revestimento, sendo a camada mais nobre do pavimento, deve ter uma execução bem detalhada, pois existem alguns esforços que atuam diretamente sobre esta camada, sendo eles: pressão de impacto, esforços tangenciais, longitudinais (rolamento e frenagem), transversais (curvas) e de sucção (SENÇO, vol.2, 2001).

A superfície do rolamento é a camada superior que serve como proteção para as outras camadas que estão abaixo da parte que precisa de manutenção que é causada pelo tráfego que pressiona as camadas inferiores, sendo então necessário melhorar a comodidade e a segurança da via para também evitar maiores danos no

rolamento, nos veículos e também proteger a própria rodovia para que o estrago não se alastre mais, colaborando para maior durabilidade da mesma. (SENÇO, vol.2, 2001).

Observa-se que o positivo resultado de revestimentos e de tratamentos na superfície do asfalto requer que sejam utilizadas maneiras corretas em momentos diversos: efetuação das camadas de asfalto na via, utilização de procedimentos corretos na produção, eficiente projeto da estrutura, manejo de materiais e uso de quantidades que atendam os condicionantes de emprego do revestimento. O atual capítulo lida a respeito da produção de combinação em veículos e usinas, na condução e utilização nas vias da combinação de materiais asfálticos, observando os métodos de acabamento e densificação, bem como métodos de controle da execução. (BERNUCCI, 2008, p. 373)

Conforme a autora, o trabalho de conservação do rolamento asfáltico deve ser feito corretamente para que o revestimento tenha garantia e maior durabilidade e para isso, se faz importante que o engenheiro encarregado da realização do trabalho examine bem o local para a partir daí, confeccionar um projeto estrutural bem detalhado, escolha materiais de qualidade e utilize as técnicas adequadas a cada parte do pavimento. Assim, o trabalho será garantido e a rodovia terá maiores e melhores condições para o trânsito dos caminhões de carga pesada e os automóveis que fazem uso da mesma. (SILVA, 2006)

Os revestimentos asfálticos podem ser rígidos ou flexíveis, sendo que cada um tem suas características próprias de durabilidade e também de uso. Em se tratando do revestimento rígido são usados porque tem maior tempo de duração, sendo que é uma mistura de concreto de cimento. Porém, os revestimentos flexíveis que também são chamados não rígidos existem de várias formas, o mais utilizado é o concreto Betuminoso Usinado a quente (CBUQ) e Pré misturado a frio (PMF). A escolha do revestimento deve ser prática, técnica e sobretudo econômica. (BERNUCCI, 2008)

Ao escolher os revestimentos, alguns fatores são levados em consideração pelo engenheiro e o principal é o custo do produto, pois é importante que o material tenha um baixo custo, é bom que se faça economia, mas também deve examinar a qualidade como as características como cor, aparência em geral, pó, facilidade de limpeza e principalmente que tenha a segurança necessária para que os transeuntes tenham segurança. (BALDO, 2007)

Ainda conforme Bernucci (2008), a obtenção de uma mistura asfáltica envolve a associação de agregado com ligante asfáltico em proporções predeterminadas no projeto de dosagem para produzir uma massa homogênea de acordo com especificações e critérios adotados. Antes da mistura com o ligante asfáltico, o agregado deve ser composto na graduação especificada por meio de mistura de diferentes frações granulométricas.

Se o ligante a ser misturado é um cimento asfáltico de petróleo, o agregado deve ser aquecido previamente para remoção de umidade e sua temperatura elevada para que seja possível o seu envolvimento pelo ligante asfáltico. Esses procedimentos são realizados em instalações apropriadas conhecidas como usinas de asfalto, simplificação da designação, visto que se trata de usinas para a produção de misturas asfálticas a quente. Caso o ligante utilizado seja emulsão asfáltica, as usinas são para misturas a frio. (SILVA, 2006)

De acordo com Balbo (2007, p.168), o concreto asfáltico Usinada a Quente, designado CAUQ ou simplesmente CA, também costumeiramente designado Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), pode ser considerado a mais comum e tradicional mistura asfáltica a quente empregada no País, seja pelos materiais empregados em sua fabricação, seja também pelos processos de controle exigidos para sua execução, em usina e em pista.

Portanto o CAUQ é um material utilizado para revestimento de pavimentos, após fazer com ele uma mistura homogênea de outros materiais como minerais que podem ser feitos através da mistura de agregados minerais naturais ou artificiais, britados, o pó de pedra calcário finos e cimento asfáltico de petróleo (CAP), sendo utilizado quente no pavimento para obter uma boa concentração da mistura, que após a compactação o pavimento asfáltico não terá nenhuma patologia por muito mais tempo. (FONTES, 2009)

2.4 TIPOS DE EQUIPAMENTOS DE COMPACTAÇÃO

A tabela abaixo mostra toda a classificação da compactação

TABELA 1 – COMPACTAÇÃO

CLASSIFICAÇÃO DOS ROLOS COMPACTADORES	TIPO	ESFORÇO DE COMPACTAÇÃO	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS		
			FORMA DE COMPACTAÇÃO	EMPREGADOS EM SOLOS	ESPESSURAS ACABADAS
METÁLICOS	LISO	PRESSÃO VIBRAÇÃO	FORMA DE COMPACTAÇÃO	EMPREGADOS EM SOLOS	ESPESSURAS ACABADAS
	DE GRADE OU GRELHA	PRESSÃO	DA SUPERFÍCIE PARA O FUNDO	AREIA, ARENOSAS, GRANULARES	400mm
	PÉ DE CARNEIRO	AMASSAMENTO	DA SUPERFÍCIE PARA O FUNDO,	FRAGMENTOS GROSSOS DE DESMONTE DE ROCHAS	200mm
PNEUMÁTICOS	LISOS OU RANHURAS	PRESSÃO (REGULÁVEL)	DO FUNDO PARA A SUPERFÍCIE; GRANDE NÚMERO DE PASSADAS	ARGILA E ARGILOSOS	400mm
COMBINADOS	PNEUMÁTICO	PRESSÃO, VIBRAÇÃO	COM QUATRO RODAS DIANTEIRA E CINCO TRASEIRA, POSSUI PRESSÃO VARIÁVEL E LASTRO	QUASE TODOS OS TIPOS, EXCETO ARIA E AGREGADO UNIFORME	150 mm (rolos leves) 350mm (rolos pesados)
	LISO METÁLICO	VIBRAÇÃO /PRESSÃO	DA SUPERFÍCIE PARA O FUNDO	QUASE TODOS OS TIPOS	200 mm
	PNEUMÁTICO, PÉ DE CARNEIRO	PRESSÃO AMASSAMENTO	DO FUNDO PARA A SUPERFÍCIE	ARGILA, ARGILOSOS	200 mm

Fonte: Universidade regional do noroeste do estado do Rio Grande do Sul, 2013.

2.5 PAVIMENTO

Nota-se que uma linha de pavimentação se constitui por diversas camadas, situação em que cada uma delas possui uma atribuição no conjunto de sua estrutura, para que os impactos ocasionados pelo tráfego sejam amortecidos. O composto estrutural desta pavimentação, busca atribuir mais segurança e conforto em seu trajeto. (CRONEY, 2006)

O termo pavimento significa segundo Bernucci et al. (2008, p. 9):

[...] uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinado tecnicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos, às condições do clima e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança [...].

De uma forma geral os pavimentos são classificados como rígidos, semirígidos e flexíveis. Fatores estes que se traduzem na citação de Balbo (1997):

A diferença evidentemente notável, pois facilmente mensurável, entre o pavimento rígido e o pavimento flexível é que este último apresenta um maior e mais expressivo deslocamento vertical elástico (ou deflexão, conforme emprega-se no mundo rodoviário), quando solicitados por cargas idênticas.

De acordo com a NBR 7207 (1982, p.2), o pavimento é uma estrutura construída após a terraplenagem e destinada economicamente e simultaneamente em seu conjunto a: resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança; e resistir aos esforços horizontais que nele atuam tornando mais durável a superfície de rolamento.

A constituição do pavimento é formada de diversas camadas com espessura constante de modo transversal ao eixo da pista. A composição estrutural da pavimentação se submete a deformidades e tensionamentos que surgem devido as condições ambientais e ao constante tráfego. As proporções estruturais da pavimentação devem ser semelhantes ao campo de resistência de cada material utilizado nas camadas asfálticas singularmente bem como na fundação do terreno. (SILVA, 2006)

Segundo o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias do DNIT (2010 a), para possuir um grau de segurança adequado, o pavimento deve atender aos seguintes atributos:

- suportar os efeitos do mau tempo;
- permitir deslocamento suave;
- não causar desgaste excessivo dos pneus e alto nível de ruídos;
- ter estrutura forte;
- resistir ao desgaste;

- permitir o escoamento das águas (drenagem adequada);
- ter boa resistência a derrapagens;

Com base nesses aspectos, o desafio de projetar um pavimento reside no fato de conceber uma obra de engenharia que cumpra todas as demandas estruturais e funcionais. Aliado a esses dois objetivos, o pavimento deve ainda ser projetado com a máxima qualidade e mínimo custo. De uma maneira geral, o pavimento rodoviário pode ser classificado segundo seu tipo de revestimento: rígido, quando revestido em Concreto de Cimento Portland, e flexível quando revestido com concreto asfáltico. Existe ainda uma estrutura que pode ser denominada semi-rígida que é o revestimento de camada asfáltica e base estabilizada quimicamente (cal, cimento). (BALDO, 2007)

Entende-se que as pavimentações feitas de concreto-cimento são aquelas que são feitas revestidas de uma camada de concreto e cimento Portland assim conhecido. Em tais pavimentações a espessura é colocada com uma atribuição resistente à flexão das camadas feitas de concreto e das camadas próximas. De acordo com Balbo (2007, p.36) “Observando uma nomenclatura eficaz, de um modo mais completo, a pavimentação contém as camadas: reforço do subleito compondo sua fundação, o revestimento, a sub-base e a base.

2.5.1 Pavimentos Rígidos

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006, p. 95) os pavimentos rígidos são aqueles que o revestimento é muito mais rígido comparando às camadas inferiores, tendo a quase total absorção de todas as tensões causadas pelo carregamento aplicado. Usualmente é construído em lajes de concreto de cimento Portland. Para Balbo (1997) considera-se um pavimento rígido aquele que se constitui com uma camada superficial em concreto de cimento Portland.

2.5.2 Pavimentos Semi-Rígidos

A chamada pavimentação semi-rígida de acordo com o DNIT (2006, p. 95) em sua legislação, se definem com uma base edificada por certo aglutinante de composição cimentadora e uma camada de solo cimento que se reveste de uma camada de asfalto. De acordo com o DER/SP a pavimentação semi-rígida é constituída por uma cada de revestimento de asfalto e de uma sub-base ou ase em

componentes estabilizados somando-se o cimento Portland. Tais pavimentações são conhecidas como tipo direto, ao passo que a camada de asfalto é estruturada por cima de uma camada de base cimentícia e de categoria indireta ou invertida, ao passo que a camada de revestimento é estruturada sobre outra camada de base granulada ou sub-base de cimento.

2.5.3 Pavimentos Flexíveis

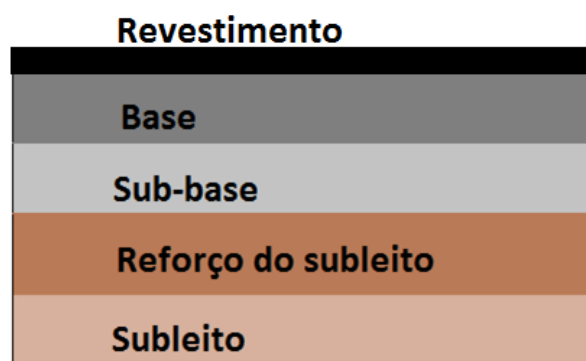
A pavimentação flexível de acordo com a regulação do DNIT 031/2006 ES, é aquela em que todas as camadas que a compõem passam por certo grau de deformidade na elasticidade sob o carregamento em execução, no entanto, tal carregamento é dividido em partes que se equivalem entre suas camadas dispostas. Como no caso da pavimentação que se constitui por uma base de brita em graduação ou macadame revestida por outra betuminosa.

De acordo com o DER/SP (2006) a pavimentação flexível é constituída por certo revestimento de asfalto em camadas com uma base granular ou disposta sob uma camada de base com solo em granulação métrica. A atividade do movimento dos veículos se absorvem pelas camadas estruturantes do pavimento flexível que o compõem.

2.6 CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

As camadas de um pavimento flexível são: subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento.

Figura 1 - Camadas do pavimento flexível



Fonte: Universidade regional do noroeste do estado do Rio Grande do Sul, 2013.

2.6.1 Revestimento

A camada superficial executada no pavimento é o revestimento, onde serão aplicadas todas as tensões derivadas do tráfego. O revestimento pode ser executado com concreto asfáltico, constituído de ligante betuminoso e agregados. (CRONEY, 2006)

A camada de revestimento do pavimento conforme Senço (2001) pode ser definida como sendo a camada designada a resistir ao desgaste imposto pela ação do tráfego. Ainda o autor cita que revestimento “é a camada mais nobre do pavimento, devendo a sua execução ser procedida de detalhados ensaios de dosagem e acompanhada por rigorosos ensaios de controle”.

Os autores Pinto e Preussler (2002) determinam que a camada de revestimento precisa ser esboçado para que se suporte a atividade abrasiva dos veículos que por ela passam; reduzindo a absorção de líquidos; promovendo a resistência da superfície a passagem de veículo e um rolamento mais suavizado e igual.

Em nosso país se utilizam muitas categorias de revestimentos, visto que o mais utilizado é o CAUQ, que se constitui por elementos de diversos tamanhos e combinado com uma liga betuminosa. Pode-se fabricar esse concreto em usinas móveis ou fixas, onde seus componentes são expostos alta temperatura, tendo em vista a composição visco-plástica do cimento asfáltico feito do petróleo. Define-se o revestimento asfáltico como uma mescla de compostos minerais de inúmeras proporções, podendo se diversificar em relação a sua fonte como ligas asfálticas. (SENÇO, 2001)

O revestimento asfáltico na composição de pavimentos flexíveis é uma das soluções mais tradicionais e utilizadas na construção e recuperação de vias urbanas, vicinais e de rodovias. Segundo dados da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (Abeda), mais de 90% das estradas pavimentadas nacionais são de revestimento asfáltico. (NAKAMURA, 2012).

De acordo com Abeda (2001, p.43), o revestimento de vias tem sido realizado desde a segunda metade do século passado, principalmente do tipo asfáltico, que hoje é uma modalidade de estrutura amplamente empregada no planeta.

2.6.2 Base

A base é uma camada com função de aliviar os esforços e distribuí-los às demais camadas inferiores. Existem vários tipos de materiais utilizados na camada de base e sua escolha depende principalmente dos tipos existentes na região onde ela será executada. Senço (2001) cita os materiais mais utilizados:

Brita Graduada Simples (BGS) – ela pode ser definida como uma base originada da combinação entre agregados antecipadamente dosados, contendo finos para enchimento e água, onde se resulta em uma excelente resistência e distribuição das cargas após sua devida compactação;

Solo estabilizado granulo metricamente – essa base consiste na mistura de solos naturais ou artificiais com rocha alterada, que após adicionado água e compactado oferece boa condição de estabilidade; (SENÇO, 2001)

Solo-cal – o uso da cal na estabilização dos solos tende consentir uma melhoria da qualidade do solo e a estabilidade aumentando a capacidade de suporte. Esse tipo de base atualmente é pouco utilizado; (SENÇO, 2001)

Base de solo-asfalto – é uma mistura de solo com asfaltos diluídos a uma devida temperatura de aplicação e em dosagens adequadas. Essa camada sendo bem compactada e protegida pela camada de revestimento gera boa estabilidade e durabilidade ao pavimento; (SENÇO, 2001)

Macadame hidráulico ou seco – é definido pela compressão do agregado graúdo e o enchimento de seus vazios com materiais finos uniformemente distribuídos com o auxílio da água (no caso do hidráulico) ou não. Esse método como base ou sub-base gera boa estabilidade ao pavimento. (SENÇO, 2001)

2.6.3 Sub-base

Pode se dizer que, de acordo com o DNER (1997) “a sub-base é a camada granular de pavimentação estruturada sobre o reforço do subleito ou sobre o próprio reforço, de modo regular e compacto.

Entende-se que a sub-base é estruturada embaixo da sua base possuindo no entanto, utilidade idêntica, tendo uma edificação de compostos para base inferiores, visto receber uma tensão menor. É necessário que esteja estabilizada para possuir

uma capacidade mínima de suporte. Utilizam-se nesta camada idênticos recursos daqueles manejados para a camada de base. (SILVA, 2006)

2.6.4 Reforço do Subleito

A norma DNIT ES 138/2010 define reforço do subleito como a “camada estabilizada granulo metricamente, executada sobre o subleito devidamente compactado e regularizado, essa camada não é obrigatória, utilizada quando se torna necessário reduzir espessuras elevadas da sub-base, originadas pela baixa capacidade de suporte do subleito”.

Os materiais empregados nesta camada podem ser solos, misturas de solos ou materiais rochosos com características físicas melhores que os materiais empregados do subleito.

2.6.5 Regularização do Subleito

Segundo DNER ES 299/97 regularizações do subleito é a “Operação destinada a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, obedecendo às larguras e cotas constantes das notas de serviço de terraplenagem do projeto, compreendendo cortes ou aterros até 20 cm de espessura”.

O material empregado nessa camada é preferencialmente o próprio material do leito do terreno onde será aplicada a rodovia.

2.7 AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO

Tem-se por avaliação funcional como a colocação da capacidade de uma pavimentação em proporcionar conforto de rolamento aquele que utiliza a linha pavimentada. Por meio de tal avaliação é possível se estimar o estado em que se encontra a camada superficial e como sua estrutura atual, atua no rolamento dos veículos, ajudando na localização de eventuais problemáticas, e indicando o grau de deterioração possível. (SENÇO, 2001)

A avaliação conceitua a utilização do pavimento que de acordo com a legislação do DNIT 009/2003-PRO é a “eficiência de um percurso em particular de

pavimentação em oferecer, sob o ponto de vista daquele que a utiliza, um rolamento confortável e suave, não importando as condições da viagem.”.

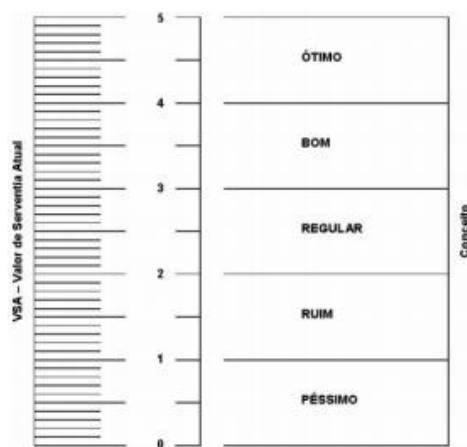
2.7.1 Valor de Serventia Atual

Segundo a norma DNIT 009/2003-PRO o Valor de Serventia Atual é a medida individual das condições de superfície de um pavimento, realizada por uma equipe de avaliadores que cursam pelo trecho sob análise, registrando suas opiniões sobre a capacidade em que o pavimento tem de atender às exigências do tráfego que sobre ele atua, no período da avaliação, quanto à suavidade e ao conforto.

A utilização deste parâmetro como medida de condição do pavimento remonta aos experimentos da AASHO, atual AASHTO, planejado nos anos 50 onde seu grande objetivo como índice de qualidade é refletir a opinião dos usuários quanto ao estado de um pavimento (BALBO, 1997).

É atribuída uma nota de zero a cinco pelos avaliadores onde o valor máximo cinco representa um pavimento em ótimo estado e a nota mínima zero representa um pavimento em péssimo estado.

Figura 2 - Ficha de avaliação da serventia



Fonte: DNIT 009-PRO, 2003.

2.7.2 Avaliação Objetiva de Superfície DNIT 006/2003-PRO

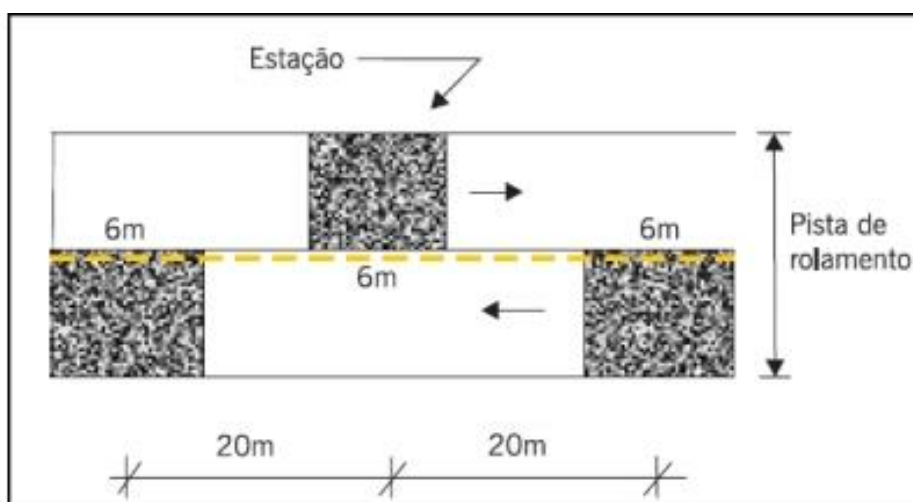
Esse método de avaliação funcional visa classificar o estado de conservação do pavimento. Ele estabelece um método de levantamento sistemático de patologias e atribuição do Índice de Gravidade Global (IGG).

Observa-se que o IGG é fixado por meio de uma identificação de defeitos em estações com área e distâncias já prefixados entre elas pelo DNIT. Tais estações são trocadas em uma pista simples passadas de 20 em 20 metros, ou nas conhecidas pistas duplas onde as demarcações precisam aparecer a cada 20 metros na faixa que esta sendo mais utilizada pelos veículos. Sendo assim a superfície posta em avaliação deverá corresponder a 3 metros antes e a 3 metros posteriores das estacas que demarcaram, e um total de 6 metros de comprimento e largura idêntica a faixa de arrolamento em cada estação.

As ocorrências de afundamentos de trilhas de rodas, necessitaram de um mensuramento nos bordos internos e externos da dita faixa sob o manejo de uma treliça com apontamentos em planilha adequada.

Conforme o estudioso Bernucci et al. (2008) as falhas e eventuais defeitos podem ser divididos em oito linhas: remendos, desgastes, exsudação, panelas e corrugação, afundamentos, trincas com erosão, trincas sem erosão e fissuras.

Figura 3 - Demarcação das estações para inventário de defeitos



Fonte: Bernucci et al., 2008.

Após efetuado o preenchimento dos defeitos na planilha é realizado o cálculo do IGG, onde os parâmetros são definidos pela norma DNIT 006/2003-PRO que resultam em valores que conceituam o pavimento.

Quadro 1 - Conceitos do IGG

Norma DNIT 06/2003	
Conceito	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Fonte: Adaptado de Bernucci et al., 2008.

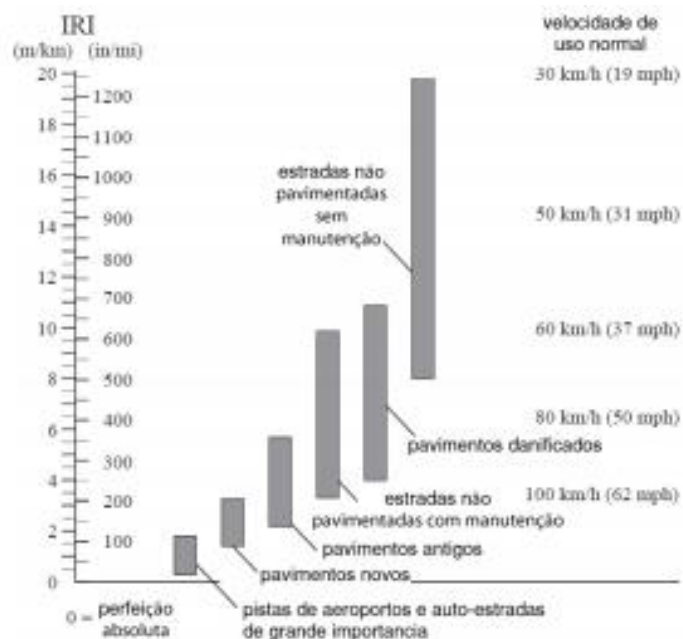
2.7.3 Índice de Irregularidade Internacional

Na busca de uma medida que fosse relevante, estável no tempo e facilmente compreendida, a AASHTO desenvolveu uma escala de medida de irregularidade chamada IRI, na qual trata-se de uma medida padrão relacionada ao somatório dos deslocamentos ocorridos na suspensão de um veículo, sendo expresso nas unidades m/km ou mm/m.

Segundo Gillespie (1992) o IRI é uma escala para a irregularidade baseada na resposta de um veículo genérico motorizado. Seu valor é obtido a uma medida precisa e compatível do perfil da rodovia, processando os dados com um algoritmo que simula a maneira que um veículo de referência responderia aos dados de irregularidade e acumulando o movimento da suspensão.

Esse método é aceito como a medida de irregularidade para o controle de obras e sistemas de gerenciamento entre outros objetivos. São representadas diversas faixas de variação do IRI dependendo do caso e situação.

Figura 4 - Faixas de variação do IRI



Fonte: Sayers e Karamihas, 1998.

2.8 AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA

Segundo o Manual de Conservação Rodoviário DNIT (2005) a principal propriedade do pavimento quando se trata de segurança é a sua capacidade de gerar a adequada aderência e atrito a sua superfície e os pneus do veículo.

A irregularidade da textura do pavimento afeta na estabilidade direcional, aderência e dinâmica do veículo ao trafegar na pista, principalmente em dias chuvosos. As características de aderência superficial de um pavimento são definidas em duas escalas de textura: microtextura e macrotextura.

De acordo com Bernucci et al. (2008) na microtextura são avaliadas as superfícies no que se refere a aderência, dependente da superfície e aspereza dos agregados e a macrotextura dependente da rugosidade formada pelo conjunto dos agregados com mastic. A macrotextura dá uma indicação de rugosidade geométrica média do revestimento podendo estimar sua capacidade de drenagem da água em sua superfície.

O processo avaliativo da microestrutura tem o condão de se realizar por equipamento estruturado com o pêndulo britânico (ASTM E 303), situação e que este equipamento contém um braço pendular, em que sua extremidade possui um pé com cobertura emborrachada e umedecida, no caso de atrito com a superfície

pavimentada. Em tal procedimento se determina o VRD, em que as resultantes inferiores a 25 são reputadas como de linha perigosa e maiores de 75 de maior rugosidade.

É possível se determinar a macrotextura através de um esboço de altura média de mancha de areia (ASTM E 965), em que se utiliza para o ensaio de areia uniforme que passa na peneira nº 60 e retina na peneira nº 80, com um volume conhecido de 25.000 mm³. Por sua vez é preciso que se espalhe a areia sobre uma superfície pavimentada com a ajuda de um bastão, fazendo movimentos circulares por cima da areia, ate que seja formado um círculo. Posteriormente mede-se o diâmetro do círculo em três direções diversas executando a média aritmética entre as mesmas.

A altura de mancha define qual a classe da macrotextura que pode ser calculada pela equação (1):

$$HS = \frac{4V}{D^2\pi} \quad (1)$$

Onde:

HS = altura média de mancha de areia em mm;

V = volume constante de areia de 25.000 mm³;

D = diâmetro médio do círculo de areia em mm.

A classificação da macrotextura pode ser dada como muito fina ou muito fechada para valores de $HS \leq 0,20$ mm e até muito grosseira ou muito aberta para valores de $HS > 1,20$ mm. Alguns resultados em relação a Macrotextura são aplicandos, como por exemplo, um valor da altura da mancha de areia igual a 0,2mm refere-se a velocidades menor que 80km/h e alturas na ordem de 0,4 a 0,8mm é indicado para velocidades da ordem de 80 a 120km/h, valores estes segundo Pasquet (1968).

2.9 ANALISE DE UM TRECHO

A cada tipo de defeito são associadas algumas causas prováveis para seu aparecimento na superfície. O importante a ser ressaltado é que o diagnóstico da

situação geral, envolvendo a compreensão das causas dos defeitos é a etapa mais importante do levantamento da condição funcional para fins de projeto de restauração ou de gerência de manutenção. (SENÇO, 2001)

De acordo com Brandi (2001), do ponto de vista de sua natureza, esta pesquisa é classificada como aplicada, ou seja, geradora de conhecimentos que auxilia na solução de problemas específicos de forma prática e simples. Quanto à abordagem do problema, este estudo mescla a pesquisa quantitativa com a qualitativa, pois se busca quantificar alguns dados através dos números e tenta-se verificar o grau de qualidade implantado nos prédios de grande porte.

Se demonstra nas figuras a seguir no capítulo IV, certos defeitos, e também exemplos não lembrados pela norma brasileira, mas que sua ilustração irá ajudar na resolução de eventuais dificuldades futuras. No percurso entre os municípios de João Pinheiro a Patos, trecho em que a quantidade de ônibus e veículos menores é muito elevada, devendo-se mencionar ainda a linha que se fazem os alunos de João Pinheiro para chegarem na FINOM da cidade de Patos de Minas-MG.

2.10 PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Os pavimentos flexíveis submetidos ao tráfego e intempéries estarão sujeitos à fadiga e deformações, gerando várias patologias em sua estrutura que poderão aparecer precocemente ou a médio ou longo prazo e serão definidas e explicadas neste capítulo, citando suas principais causas. (FONTES, 2009)

Conforme Bernucci et al. (2008) “para a classificação dos defeitos, utiliza-se a norma DNIT 005/2003-TER: defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia”. Ainda o autor cita a catalogação dos defeitos:

Os tipos de defeitos catalogados pela norma brasileira e que são considerados para cálculo de indicador de qualidade da superfície do pavimento (IGG – Índice de Gravidade Global) são: fendas (F); afundamentos (A); corrugação e ondulações transversais (O); exsudação (EX); desgaste ou desagregação (D); panela ou buraco (P); e remendos (R).

2.10.1 Fissuras

As chamadas trincas e fissuras se definem em um conjunto genérico de patologias conhecidas como fendas. De acordo com o autor Balbo (1997) “ a fissura

é uma fenda tangível a olho na, desde uma distância menor que 1,5 metros; já a definida como trinca, é uma fenda maior que a própria fissura.”

De acordo com Bernucci et al. (2008) “ Define-se as fendas como uma das falhas mais significativas da pavimentação asfáltica e se subdividem de acordo com a gravidade e seu tipo.”.

Nos termos da legislação do DNIT 005/2003-TER “ Conceituam-se as fissuras como fendas ainda no seu início, que por hora não promovem maiores problemas ao revestimento ou a função.”. Abaixo está a figura 5 que mostra partes do trecho analisado.

Figura 5 - Trecho analisado



Fonte: Autoria própria, 2017.

2.10.2 Trincamentos

As trincas são classificadas como longitudinais (paralelas ao eixo da rodovia) ou transversais (perpendiculares ao eixo da rodovia), sendo que quando tiverem extensão menor que 1,0 m são consideradas curtas (TLC e TTC) e maiores que 1,0 m são consideradas longas (TLL e TTL). O trincamento dos pavimentos pode ser

devido a um grande número de motivos. Aqui serão feitas apenas algumas observações com respeito as causas e desenvolvimento das trincas.

2.10.2.1 *Trincas Isoladas*

Conforme Bernucci et al. (2008) as trincas isoladas podem ser transversais curtas ou longas, longitudinais curtas ou longas, ou por retração.

Segundo Balbo (1997) trincas isoladas são fendas que podem ser reconhecidas a olho nu, dispostas em direção aproximadamente paralela ao sentido do tráfego ou transversal ao mesmo.

As possíveis causas para esse defeito podem ser através da execução de juntas entre etapas do pavimento construídas em momentos diferentes, causada pelo escorregamento do revestimento, ruptura de camadas inferiores, retração do subleito coesivo por secagem, entre outros. Trinca isolada longitudinal mostra a figura 6 abaixo.

Figura 6 - Trinca isolada longitudinal



Fonte: Autoria propria, 2017.

2.10.2.2 *Trincas Interligadas*

a) Trinca “couro de jacaré”

Essa patologia pode ser identificada quando houverem trincas interligadas sem direções preferenciais gerando uma similaridade com o couro de jacaré.

Balbo (1997) define trinca couro de jacaré como um defeito com forma de pele de jacaré conjuntada de trincas não paralelas e formando um conjunto intimamente ligado de círculos ou mapas. As bordas dessas trincas devem estar íntegras, sem desagregação e perda de material, manifestando-se geralmente em trilhos de rodas podendo expandir-se em toda a área de rolamento.

Bernucci et al. (2008) citam que as principais causas da trinca couro de jacaré podem ocorrer pela ação repetitiva de cargas do tráfego, ação climática, envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade, execução de compactação mal feita, deficiência no teor de ligante asfáltico, subdimensionamento, alta rigidez do revestimento em estrutura com elevada deflexão, reflexão das trincas de mesma natureza, recalques, entre outros. A figura 7 abaixo mostra a trinca de jacaré.

Figura 7 - Trinca couro de jacaré



Fonte: Autoria própria, 2017.

b) Trinca “couro de jacaré com erosão”

Segundo Balbo (1997) trinca couro de jacaré com erosão é um estágio mais avançado do defeito, quando podem ser visíveis as desagregações em suas bordas,

proporcionando aberturas cada vez maiores para as fendas, apresentando comumente material solto em suas aberturas.

Bernucci et al. (2008) relatam as possíveis causas na qual podem ocorrer essas patologias: envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade pelo tempo em que esteja exposto, excesso de temperatura na fabricação, baixo grau de compactação e recalques diferenciais. Abaixo a figura 8 mostra a trinca couro de jacaré com erosão.

Figura 8 - Trinca couro de jacaré com erosão



Fonte: Autoria propria, 2017.

c) Trincas de bloco

Segundo a norma DNIT 005/2003-TER trincas de bloco são o “conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela formação de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas”.

Balbo (1997) define trincas de bloco como sendo um defeito com o aspecto predominante de forma de placas que apresentam paralelismo entre seus lados, criando fissuras maiores que as do couro de jacaré. Essas trincas possuem “tendência que as extremidades sejam lineares, bem definidas e paralelas às direções

longitudinal e transversal”. O autor cita que as principais causas para essa patologia podem ser o tratamento da base com ligantes hidráulicos, retrações causadas pelo efeito térmico e hidráulico, a propagação das trincas da base ao revestimento, secagem do subleito ou base argilosa (coesiva). A figura 9 fala sobre trincas de bloco.

Figura 09 - Trincas de bloco



Fonte: Autoria própria, 2017.

2.10.2.3 Trincas por Reflexão

Sabe-se que as chamadas trincas por reflexão se dão n caso de aparecerem trincamentos em camadas inferiores ao da pavimentação, atingindo até as linhas superiores e seu revestimento. Podendo ocasionar qualquer tipo de trincamento, seja irregular, interligado ou longitudinal.

Pode ocorrer inclusive, que tais trincamentos, surjam em camadas que já foram reforçadas por outros trincamentos existentes, no qual se buscou elevar as capacidades de funcionamento e estrutura da pavimentação, o que no entanto, abre a possibilidade do surgimento de trincas. De acordo com o Segundo o Manual de Conservação Rodoviário do DNIT (2005) as resultantes desta propagação de trincas são semelhantes a sensibilização estrutural do pavimento, tendo em vista a elevação

da umidade, fazendo com que apareçam panelas, deformações plásticas e falhas diversas.

2.10.3 Afundamentos em Trilha de Roda

Balbo (1997) define afundamento em trilha de roda como “uma superfície com depressões nas posições das trilhas de rodas, acompanhadas de deslocamentos laterais do revestimento asfáltico, podendo atingir profundidades significativas”.

Conforme a norma DNIT 005/2003-TER afundamento é a “deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação”.

Segundo o Manual de Conservação do DNIT (2005) define-se afundamento por consolidação e plástico como:

a) Afundamento por consolidação

É uma depressão do revestimento que se forma na região onde se dá a passagem das cargas, ou seja, nas trilhas de rodas. Em seu princípio esta falha é apenas percebível após a ocorrência de chuva, pois os sulcos ficam preenchidos por água, sendo toleráveis até o afundamento formar uma flecha significativa nas trilhas de rodas, podendo por em risco a segurança dos usuários.

b) Afundamento plástico

Esse afundamento é caracterizado por um solevamento lateral junto à região da depressão formada na trilha de roda, tendo como causa a ruptura das camadas do pavimento devido à solicitação do tráfego.

De acordo com Bernucci et al. (2008) as prováveis causas para essa patologia: falha na dosagem de mistura asfáltica; excesso de ligante asfáltico; escolha equivocada do tipo de revestimento asfáltico para as cargas solicitantes. Ainda, têm-se como principais causas a essa patologia a insuficiência de compactação de uma ou mais camadas durante a execução do pavimento e enfraquecimento das camadas devido à infiltração de água.

2.10.4 Ondulação ou Corrugação

De acordo com o estudioso Bernucci et al. (2008) o aparecimento da corrugação, é uma deformidade transversal ao eixo da pavimentação, com possíveis depressões em seu entremeio, que podem ter um comprimento de onda entre duas cristas de poucos ou dezenas de centímetros. Os pesquisadores ainda conceituam as ondulações como sendo inclusive deformações novas ao eixo da pista, no entanto estas ocorrem devido a consolidação diferencial do subleito.

No entendimento de Balbo (1997) as chamadas corrugações, se mostram como diminutas ondulações longitudinais na faixa de rolamento com tamanhos diversos, fazendo surgir vibrações para o usuário que passa pela pavimentação. Tal falha ocasionalmente parece em trechos de velocidade reduzida da faixa e trechos de paradas. O pesquisador menciona que as eventuais causas da corrugação sejam a má estruturação da imprimação (elevada ou reduzida) do revestimento sobre a camada inferior; viscosidade imperfeita do cimento asfáltico para a aquela pavimentação ou má estruturação da compactação do revestimento do asfalto.

2.10.5 Escorregamento do Revestimento

De acordo com a legislação do DNIT 005/2003-TER o escorregamento é o “deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, fazendo surgir fendas em forma de meia-lua em sua extensão”.

Nas palavras de Balbo (1997) o escorregamento do revestimento é normalmente aparece e faixas solicitantes por veículos comerciais, situações estas que podem provocar trincas e afundamentos. É relatado também que em certos casos para que surja tal problema é preciso que seja feita inadequada imprimação do revestimento sobre a camada inferior, provocando deslocamentos transversais da composição do asfalto normalmente em locais de curva, excesso de ligante de asfalto na composição, erro na produção do concreto ou utilização de misturas ricas em betume ou umidade.

2.10.6 Exsudação

Segunda a norma DNIT 005/2003-TER exsudação é o excesso de ligante betuminoso do revestimento na superfície do pavimento, ocasionado pela migração do ligante através do revestimento.

E definido por Balbo (1997) que a exsudação é o surgimento de manchas isoladas ou mesmo em elevada extensão, que pode ser vista facilmente observado o CAP em sua camada superficial, com identificação facilitada por ser de modo fácil marcada por pneus em dias com temperatura mais elevada. O pesquisador ainda menciona que a exsudação pode estar relacionada a escorregamentos da composição do asfalto. Esse defeito é incentivado pela segregação do composto, sua elevada compactação, ou superior número de ligantes na mistura, viscosidade insuficiente que foi aplicado em áreas de clima quente e baixa adesividade do ligante do asfalto.

2.10.7 Desgaste

Segundo a norma do DNIT 005/2003-TER o desgaste é a perda do agregado miúdo do revestimento e se caracteriza por possuir uma superfície áspera provocada pelos esforços tangenciais do tráfego.

De acordo com Pinto e Preussler (2002) tem-se como desgaste “o efeito do arrancamento progressivo do agregado do revestimento, caracterizado por aspereza superficial”.

Bernucci et al. (2008) citam que as prováveis causas para que possa ocorrer o desgaste nos pavimentos são as falhas de adesividade ligante-agregado, presença de água aprisionada sobre repressão em vazios da camada de ligante, gerando deslocamento de ligante, problemas no teor do ligante, falhas de bico em tratamentos superficiais, problemas na execução ou de projeto.

2.10.8 Painéis ou Buracos

Painéis ou buracos são depressões causadas pela perda de material de superfície. Esse defeito propaga-se rapidamente se não forem realizadas as

correções adequadas com frequência, causando sérios danos aos veículos, aumentando o tempo de viagem e o consumo de combustíveis.

Esta patologia pode ocorrer em diversas possibilidades, no geral elas surgem de uma fase evolutiva de outras patologias que não foram tratadas devidamente em época adequada.

Conforme o U.S Department of Transportation considera-se panela cavidades com dimensão mínima de 150mm e são classificadas por sua profundidade em três níveis de severidade, que são: baixa com profundidade menor que 25mm, moderada para as que ficam entre 25 a 50mm de profundidade e alta para profundidade maior que 50mm.

De acordo com a legislação do DNIT 005/2003-TER tal defeito pode ser ocasionado por diversos fatores, tais como a ausência de aderência entre as camadas superpostas, provocando o deslocamento das camadas, fazendo surgir cavidades no revestimento, com o perigo de chegarem até as bases da pavimentação, desagregando as camadas.

É relatado por Balbo (1997) que buracos ou panelas são as cavidades que surgem superficialmente a pavimentação, sendo caracterizadas pela erosão dos materiais, atingindo camadas, base e por fim o subleito da edificação, com dimensões que variam, não se confundindo com o conhecido solapamento. Diz o pesquisador ainda que podem ser percussores deste defeito, a desagregação de revestimento trincado, aumento de afundamentos e deslocamento do revestimento ou da base sobre antigas estruturas. A figura 10 mostra as panelas ou buracos.

Figura 10 - Panelas ou buracos





Fonte: Autoria propria, 2017.

2.10.9 Remendos

Conforme Bernucci et al. (2008) remendos são preenchimentos de panelas ou depressões com massa asfáltica, que além de ser uma forma de restauração, é considerado um defeito, pois pode provocar danos ao conforto do rolamento.

A norma do DNIT 005/2003-TER classifica remendos profundos e remendos superficiais. Os remendos profundos sendo aqueles em que é retirada a camada do revestimento e eventualmente uma ou mais camadas do pavimento, geralmente são retangulares. Já os remendos superficiais são apenas uma correção em área localizada na superfície do revestimento pela aplicação de um material betuminoso.

Segundo Balbo (1997) os remendos são pequenas áreas reparadas, apresentando características físicas diferentes à superfície asfáltica original, podendo ter forma de quadrilátero bem definido ou irregular. O autor descreve que os remendos evidenciam intervenções corretivas no pavimento, por motivos de que existam afundamentos, escorregamentos, trincas interligadas, buracos, etc.

2.11 SISPAV

Segundo Franco (2007) o Software SisPav tem como objetivo de auxiliar na análise e dimensionamento de pavimentos conforme a conceituação ao estado da arte da mecânica dos pavimentos, tendo um interface fácil de utilização e entrada de dados simplificada e com valores sugeridos para fins de anteprojeto.

Para executar uma análise é necessário entrar com as propriedades das camadas que envolve o pavimento, condições do clima da região e o tráfego por configuração de eixo na qual o pavimento será solicitado, podendo também, visualizar ou alterar os modelos matemáticos na qual são calculados as deformações permanentes e a vida de fadiga do pavimento. Os resultados são emitidos através de gráficos e tabelas podendo serem exportadas para planilhas do Microsoft Excel ou Word.

Segundo Ribas (2010) o propósito da criação deste programa é contribuir para o dimensionamento mecânico-empírico de estruturas de pavimentos asfálticos e ainda foi elaborado um conjunto de programas anexados ao Sispav para a análise da vida útil do projeto, o de Análise Elástica de Múltiplas Camadas (AEMC), o de Análise por Elementos Finitos Tridimensional (EFin3D) e um método de retroanálise do pavimento.

2.12 TERMINOLOGIA E TIPOS DE DEFEITOS

Para a classificação dos defeitos, utiliza-se a norma DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia.

Os tipos de defeitos catalogados pela norma brasileira e que são considerados para cálculo de indicador de qualidade da superfície do pavimento (IGG – índice de Gravidade Global) são: fendas (F); afundamentos (A); corrugação e ondulações transversais (O); exsudação (EX); desgaste ou desagregação (D); panela ou buraco (P); e remendos (R).

As fendas são aberturas na superfície asfáltica e podem ser classificadas como fissuras, quando a abertura é perceptível a olho nu apenas à distância inferior a 1,5m, ou como trincas, quando a abertura é superior à da fissura. As fendas representam um dos defeitos mais significativos dos pavimentos asfálticos e são subdivididas dependendo da tipologia e da gravidade.

A gravidade é caracterizada por classe 1 (fendas com abertura não superior a 1mm), classe 2 (fendas com abertura superior a 1mm), e classe 3 (fendas com abertura superior a 1mm e desagregação ou erosão junto às bordas).

Quanto à tipologia, as trincas isoladas podem ser: transversais curtas (TTC) ou transversais longas (TTL), longitudinais curtas (TLC) ou longitudinais longas (TLL), ou ainda de retração (TRR). As trincas interligadas são subdivididas em: trincas de bloco

(TB) quando tendem a uma regularidade geométrica, ou ainda (TBE) quando as trincas de bloco apresentam complementarmente erosão junto às suas bordas; ou trincas tipo couro de jacaré (J) quando não seguem um padrão de reflexão geométrico de trincas como as de bloco e são comumente derivadas da fadiga do revestimento asfáltico, ou ainda (JE) quando as trincas tipo couro de jacaré apresentam complementarmente erosão junto às suas bordas.

Outro defeito importante são os afundamentos derivados de deformações permanentes seja do revestimento asfáltico ou de suas camadas subjacentes, incluindo o subleito.

Os denominados afundamentos se classificam como: por consolidação, quando o afundamento não ultrapassa 6m, ou longitudinal nas trilhas de roda na hipótese em que exceder 6m de extensão; ou mesmos afundamentos plásticos, nas situações em que se decorrem da fluência do revestimento do asfalto, sendo longitudinal nas trilhas de roda ou localizados. De modo amplo neste derradeiro afundamento existe determinada compensação volumétrica, com levantamento do composto asfáltico com as bordas da depressão.

As conhecidas corrugações, são ocorrências deformizadas transversalmente ao eixo da via, normalmente compensatórias, com depressões que se alternam de elevações, com comprimento de onda entre duas cristas de dezenas ou de alguns centímetros. As chamadas ondulações são reputadas inclusive como deformidades transversais ao eixo da pista, normalmente em razão de consolidação diferencial do subleito, diversificadas da corrugação tendo em vista o comprimento de onda entre duas cristas da ordem de metragem. Estas se categorizam pela letra (O) na norma brasileira, ainda que decorram de fenômenos diversos.

Caracteriza-se a exsudação (EX) pelo aparecimento de ligante em afluência em sua face exterior, como marcas escurecidas, deflagradas normalmente por seu excesso no material asfáltico.

Por sua vez o desgaste (D) ou mesmo desagregação, se dá com o desligamento de materiais prendidos na superfície ou mesmo pela ausência do mástique.

E a panela (P) ou mesmo buraco é uma depressão no revestimento do asfalto, atingindo ou não camadas subjacentes. Já o escorregamento decorre de fluência do revestimento do asfalto.

Entende-se que o remendo (R) é uma categoria de falha que se relaciona ao conservamento da superfície que se caracteriza pelo preenchimento de painéis ou outras cavidades com massa de asfalto.

Outras falhas, ainda que não acarretem maiores danos nos dados do IGG, são relevantes no quesito de restauração: empolamento ou elevações por expansão, marcas de pneus, desnível, falha no bico espargidor, trincas diferentes nas bordas do acostamento, escorregamento do revestimento do asfalto, polimento de agregados, e outros.

3 METODOLOGIA

Conforme o estudioso Brandi (2001), conforme a visão de sua estrutura, a presente pesquisa é necessariamente classificada como aplicada, quer dizer, gera saberes que ajudam no solucionamento de problemáticas singulares, de modo simples e prático. Conforme um questionamento acerca do problema, o atual estudo assimila uma pesquisa qualitativa com a quantitativa, buscando fazer a qualificação de certos dados por meio dos números, e busca-se averiguar o nível de qualidade utilizado em prédios de pequeno porte.

A figura ilustra a sua localização:

Figura 11 - Localização da cidade de João Pinheiro/MG



Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Jo%C3%A3o_Pinheiro

Segundo o IBGE o município possui área territorial de 10.721,471 km², em divisão territorial datada de 1-07-1983, o município é constituição de 7 distritos: João Pinheiro, Caatinga, Cana Brava, Luizlândia, Olhos d' água do Oeste, Santa Luzia da Serra e Veredas. Assim permanecendo em divisão territorial datada de 2007, e a população estimada para 2014 é de 47.870 habitantes.

O ponto pesquisado e na saída da BR 040 para a MG410, sentido as cidades do triângulo mineiro. O crescimento e desenvolvimento do município está indo rápido, portanto consequentemente o da construção civil o acompanhamento, sendo assim

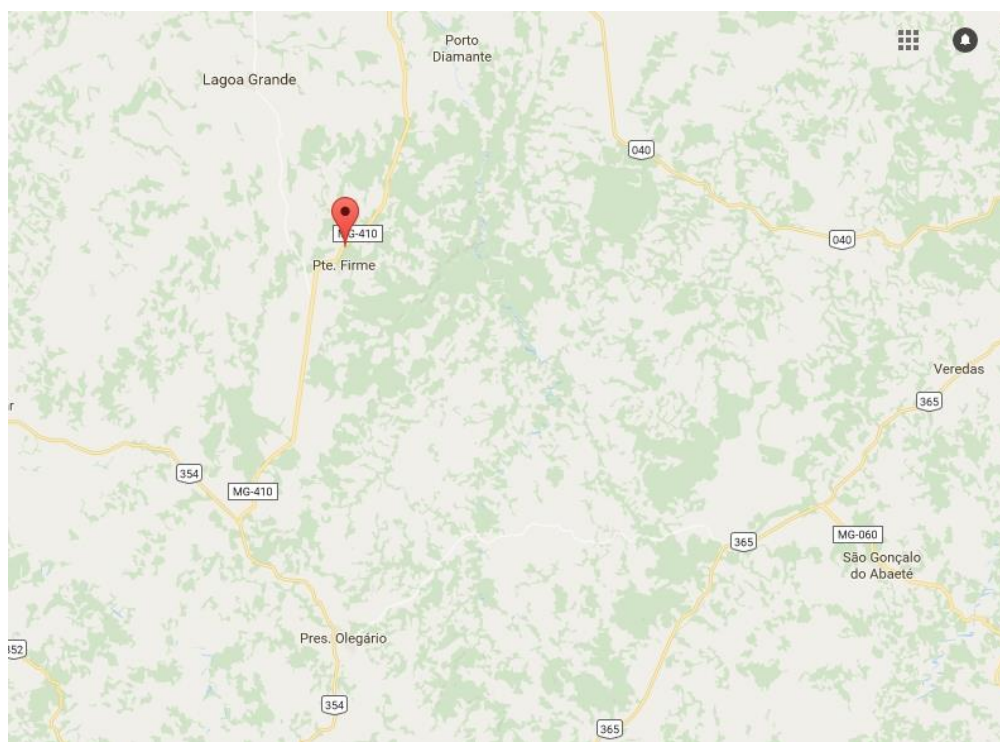
vale ressaltar que se a cidade está em evolução o número de obras crescerá proporcionalmente, portanto, o foco principal da rodovia que será analisada.

Atualmente, devido ao crescente estudo sobre a sustentabilidade na construção civil, em razão do elevado uso de recursos naturais nesta área, tornam-se cada vez mais necessárias pesquisas sobre a utilização dos resíduos gerados e, assim, uma possível otimização destes meios, proporcionando a sustentabilidade dentro da construção civil. Em outras palavras, a recuperação de resíduos pela indústria da construção civil está se firmando como uma prática importante para a sustentabilidade, seja atenuando o impacto ambiental gerado pelo setor ou reduzindo os custos (Ângulo et al, 2010).

O estudo de caso foi realizado na BR MG-410 do quilometro inicial até quilometro 30, essa rodovia tem grande importância, ali tem um movimento muito grande de veículos que vem da BR040 com destino a cidades do Triângulo Mineiro.

A MG-410 é uma rodovia brasileira do estado de Minas Gerais. Por sua característica, é considerada uma rodovia de ligação. A rodovia é pavimentada, tem 78,8 km de extensão e liga a BR-040, em João Pinheiro, à MGC-354 em Presidente Olegário.

Figura 12 – Localização da MG-410



Fonte: Imagem obtida pelo google mapas

Para avaliar o desempenho e o risco de possíveis defeitos no pavimento como afundamentos e trincamentos por fadiga, é necessário tomar conhecimento da magnitude das cargas na qual o pavimento está sendo solicitado. O trecho em questão ser solicitado pelo tráfego da BR, foi realizada um avaliação de sua textura por meio do mecanismo mancha de areia, localizando-se as especificidades de sua macrotextura na composição do asfalto. Em tal comparação identificou-se que a evolução da aderência no revestimento asfáltico, é essencial para assegurar a passagem dos veículos de modo mais primordial nos dias de chuva.

Figura 13 – MG-410 (Km 10)



Fonte: Autoria propria

A avaliação do pavimento em relação ao desempenho funcional deu-se através do método da Avaliação Objetiva de Superfície, segundo o procedimento do DNIT 006/2003-PRO, de acordo com a Figura 13 o método que classifica quase todas as patologias que possam ocorrer num pavimento, inclusive o ATR. Essa análise seguiu a norma DNIT 006/2003-PRO, porém com uma alteração referente à distribuição das estações no decorrer do segmento em estudo, demarcando essas em 20 em 20 m nos dois sentidos por ser um trecho curto e melhorando a precisão dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Verifica-se que O projeto de Engenharia Rodoviária de execução da rodovia MG – 410 foi edificado no ano de 1988 trecho: João Pinheiro – entrada. Lagamar Foi iniciado pelo mapeamento da questão, os elementos e métodos de operação, síntese de quantidades, projeto geométrico e convenções. Depois da realização de estudo do trecho pavimentado, foram assimiladas as características projetadas em forma de planta para melhor se compreender.

TABELA 2-CARACTERÍSTICAS DO PROJETO EM PLANTA

CARACTERÍSTICAS	VALORES
EXTENSÃO TOTAL	78.452,90 m
EXTENSÃO EM CURVA	16.625,39 m
EXTENSÃO EM TANGENTE	661.827,51 m
Nº DE CURVAS HORIZONTAIS	52
Nº DE CURVAS POR Km	0,663 m
RAIO MÍNIMO DE CURVA HORIZONTAL	245,58
RAIO MODAL	1.011,10 m

FONTE: Projeto de execução – rodovia 410-João Pinheiro- 1988

TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS DO PROJETO EM PERFIL

CARACTERÍSTICAS	VALORES
DECLIVIDADE LONGITUDINAL MÍNIMA	0,024%
DECLIVIDADE LONGITUDINAL MÁXIMA	9,98%
EXTENSÃO EM TANGENTE	53.575,80 m
EXTENSÃO EM CURVAS CÔNCAVAS	9.377,10 m
EXTENSÃO EM CURVAS CONVEXAS	15.500,00 m

FONTE: Projeto de execução – rodovia 410-João Pinheiro- 1988

TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS

CARACTERÍSTICAS	VALORES
CLASSIFICAÇÃO PELAS NORMAS EM VIGOR	ESTADUAL
REGIÃO	PLANA A ONDULADA
VELOCIDADE DIRETRIZ	80km/h
DISTÂNCIA MÍNIMA DE VISIBILIDADE DE PARADA	110 m
DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE ULTRAPASSAGEM	560 m

FONTE: Projeto de execução – rodovia 410-João Pinheiro- 1988

A tabela 1 acima demonstra, de acordo com o Projeto de Engenharia Rodoviária de julho de 1988 as características do projeto em planta de todo o espaço onde foi construída a MG – 410, sendo que a extensão total da área construída é de 78.452,90 m, nesta área possui 16.625,39 m em curvas, a extensão da tangente é de 61.827,50 m, sendo que possui 52 curvas horizontais e a cada km possui 0,663 curvas, o raio mínimo de curva horizontal e de 245,58 m e o raio modal que possui 1.011,10 m.

A tabela 2, demonstra o projeto em perfil, sendo que as características em declive longitude mínima é de 0.024%, o declive longitudinal máxima é 9,98%, a extensão em tangente é de 53.575,80 m, a extensão em curvas côncavas soma 9.377,10 m e extensão em curvas convexas são de 15.500,00 m.

Na tabela 3 destacam-se as características operacionais quanto a classificação pelas normas estaduais em vigor, a região é plana e ondulada, a velocidade diretriz é de 80 km/hs, distância mínima de visibilidade de parada é de 110m, e a distância de visibilidade de ultrapassagem é de 560 m.

Como está exposto no projeto em anexo, o início do trabalho da rodovia foi feito um serviço de terraplanagem, iniciando como o desmatamento, deslocamento e limpeza em 813.800 m² em seguida deu-se início a escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria sendo colocados na quantidade exigida pelo projeto por m². Em seguida foi feita o serviço de drenagem e pavimentação com todos os procedimentos de forma correta conforme o projeto.

No entendimento de Balbo (2007, p.65), a pesquisa do solo com fins de pavimentação é basilar para que seja feita uma correta análise dos projetos e materiais. Sabe-se que não é possível se edificar o pavimento sem uma fundação,

sem que possua seu subleito. Observou-se inclusive que é possível o manejo de solos em bases, reforços de pavimentos e sub-bases, tendo em vista que a verificação da pavimentação não necessita de um estudo aprofundado dos solos relacionados a obra.

Sendo assim é necessário que o solo seja estudado para se utilizar os recursos adequados para cada solo, com o fito de que a pavimentação seja bem feita e tenha maior durabilidade. Depois com o decorrer dos anos, o solo passa por mutações, com a ação de ventos e chuvas, desse modo, ao passo que o solo é analisado é preciso que se elabore um projeto e promova sua execução antes que algo ocorra em seus subsolo ou superfície.

Também ao promover-se o estudo dos tipos de solo em que se edificará a rodovia, o profissional deverá se atentar para a sua estrutura que pode ser modificada no decorrer dos quilômetros. Desse modos se tornará patente o quantum de materiais que precisa ser manejado em cada área da obra.

Deve-se estar atento aos comentários sobre as classificações tradicionais frente às características dos solos tropicais, considerando que, na maioria das vezes, seu emprego conduz à subutilização do material do ponto de vista de suas potencialidades, como material para reforços. Bases e sub-bases de pavimentos, devendo o engenheiro, sempre que possível, tomar partido de suas características favoráveis, empregando os critérios de análise desenvolvidos no Brasil. Uma classificação ideal de solo seria aquela que busca relacionar o potencial de um solo quanto a uma dada aplicação em camada de pavimento, o que depende não somente de testes de suas propriedades físicas, mas também de suas correlações com o comportamento observado em obras quando empregado. (BALBO, 2007, p.72)

Considera-se que a atenção às formas tradicionais dos solos tropicais para que sejam utilizados os materiais de acordo com a potencialidade do material que devem se casar muito bem para que o trabalho de rolamento tenha maior tempo de duração dando maior segurança e qualidade de viagem aos motoristas que por ele transitar.

Pelo acompanhamento das patologias ocorridas durante as intensas solicitações de cargas sobre o pavimento do caso estudado, como nos afundamentos nas trilhas de rodas e vida de fadiga. Através desses resultados, tanto para o acúmulo de deformações permanentes e trincamentos por fadiga. A figura 14 abaixo mostra a situação da MG 410.

Figura 14 – MG-410



Fonte: Autoria propria

De acordo com Bertollo (2000) o asfalto tem uma vida útil determinada. Uma estrada não é construída para durar 50 anos. A figura (14) mostra que a estrada é feita para durar cerca de 10 anos, porque existe o processo natural de envelhecimento do ligante asfáltico, que é um produto perecível. Mas quando se funde a borracha com o asfalto, sua vida útil passa a ser de 25 a 30 anos. Figura 15 mostra a MG 410.

Figura 15 – MG-410



Fonte: Autoria propria

Para uma melhor aderência entre a rodovia fresada e a nova capa de recapeamento é necessária a aplicação de um ligante a base de petróleo, chamado de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), onde possui uma cor negra ou marrom muito escuro, sendo muito viscosos e agindo como ligantes, possuindo uma boa aderência

aos agregados, também pode servir como impermeabilizante podendo ser usado em diversas formas na engenharia civil (BALBO, 2007).

De acordo com Silva (2008, p. 43), na situação do pavimento flexível, existem duas formas de manutenção: a corretiva e a preventiva. Para a situação da preventiva é possível se tomar mão da selagem de trinca, a drenagem, com camadas de selamento que promoverá um micro-revestimento a frio, conhecido comumente de lama asfáltica, tratamentos na superfície, selagem com emulsão ou areia.

O pesquisador menciona como exemplo de manutenção corretiva o remendo, as tratamentos na superfície e “overlay” com uma espessura que não ultrapasse 2,5cm. Com o fito de tampar as trincas é promovida por meio de selagem que só ajudará no defeito se for efetuada de modo precedente uma drenagem da água que se localiza na sub-base e na base da camada do asfalto.

A estratégia de recuperação para Pavimentos com Revestimento de concreto consiste, simplificada em: colmatação das fissuras de Retração plástica (>0,6mm) com o emprego de Resina Epoxídica com viscosidade inferior a 100 cps (P.E.R.-001); Trincas Longitudinais, antes de qualquer reparo se faz necessário verificar se a Profundidade de corte atende ao especificado. Caso positivo e desde que a trinca esteja a no máximo 20 cm da junta longitudinal, abertura da trinca inferior a 0,6 mm e o pavimento tenha idade superior a 10 anos, pode-se cortar a trinca e selar, com emprego de mastique à base de Poliuretano ou Silicone ou “cross-Stitch” (costura de fissura. Seguir P.E.R.- 004). Em caso contrário a placa deverá ser quebrada e refeita seguindo o Projeto (não esquecer de fazer o corte longitudinal até a profundidade indicado em Projeto. (SILVA, 2008, p. 47)

É necessário que todas essas recomendações sejam atendidas porque só assim o trabalho será garantido e poderá ter maior tempo de durabilidade, os consertos das trincas devem seguir o projeto, com as medidas corretas de consertar a rodovia. O autor também aconselha sobre as trincas devido ao recalque das camadas sob a placa de concreto, que devem ser todas quebradas e removidas de acordo com o projeto verificando a compactação do solo, pois em caso de solos argilosos deve ser refeito o rolamento desde a base, para que o trabalho seja garantido como e visto na figura (15).

Como se faz necessário uma manutenção diária nas rodovias, porque os solos são compostos de materiais que se decompõem devido à ação dos ventos e também da gravidade. Os solos são classificados em: solo residual, transportado, orgânicos, saprolítico e cada um precisa de materiais específicos.

É possível se verificar que os solos possuem sua formação remota ou imediata no processo de decomposição rochoso. O chamado solo residual caso seja resultado de uma decomposição rochosa que esteve permanente naquele local; diz-se que o solo foi transportado, caso tenha ocorrido a decomposição em lugar distante, e teve seu deslocamento provocado por enxurrada, formando em diversas ocorrências em lugares próximos, aluviões, terraços, leitos de rios, que podem ser deltaicos, estuários ou fluviais. Sendo possível ainda a ocorrência de solos formados por transposição de solos misturados com outros recursos orgânicos decompostos e materiais. (BALBO, 2007, p. 65-66)

É importante que o solo seja bem examinado para que possam ser utilizados os materiais que tenham maior durabilidade, pois se o solo for reconhecido como residual, pode ser um solo fraco e precisar de maior atenção na escolha do material correto. Apesar que qualquer material utilizado, com o passar do tempo apresenta alguma danificação, porém o solo também pode contribuir para que isso aconteça. Por isso se faz importante o estudo da qualidade do solo para se fazer um trabalho durável.

Dano, deterioração, degradação são nomes possíveis para descrever o processo de perda de qualidade estrutural ou funcional dos pavimentos. Assim, quando se emprega a expressão mecanismo de ruptura, está poderia ser também substituída por mecanismo de danificação ou, ainda, por modo de ruptura. Não existe consenso quanto a esse aspecto nos textos de diversos pesquisadores na área de pavimentação. (BALBO, 2007, p. 257)

É preciso que seja priorizado a patologia de acordo com o solo, com materiais de qualidade, pois esses danos ocorrem mais rapidamente devido ao material escolhido e também a degradação da estrutura do pavimento. É também de suma importância que seja observado o tipo de recuperação que precisa ser feita. No caso de em um pavimento rígido com as mais variadas trincas é importante que faça a verificação da largura e a profundidade das trincas para fazer um remendo com camadas de selamentos fazendo também com muito cuidado em relação ao efeito de resfriamento da mistura asfáltica a quente.

Porém, a mistura quando colocada no rolamento frio, a compactação demora um pouco mais a sua secagem, por isso deve sinalizar bem a pista para que o trânsito seja desviado enquanto ocorre a secagem da mistura de asfalto e pode ser utilizado novamente sem nenhum prejuízo.

Ao fazer a mistura asfáltica para colocar em trincas é importante que utilizem pneus velhos que além de ser uma forma de reciclagem, colabora –se com a sustentabilidade e esse reaproveitamento proporciona um baixo custo na conservação do rolamento.

Conforme Silva (2007), essa forma de mistura de parte de asfalto com a borracha de pneus é uma tecnologia utilizada há mais ou menos 40 anos. Essa técnica foi desenvolvida nos Estados Unidos, pelo técnico Charles Mac'Dowell, que descobriu após muitos estudos e experiências provar que o pneu reciclado e triturado se torna uma borracha granulada que misturada com o cimento asfáltico de petróleo é um excelente material para todos os tipos de patologia em rodovias.

Ainda conforme Silva (2007) o asfalto utilizado para fazer a mistura asfáltica é o CAP (cimento asfáltico de petróleo), que funciona como ligante, mas o que suporta as cargas dos caminhões pesados é a pedra (brita) utilizada nessa mistura do ligante, que é o CAP misturados as pedras, pois somente o ligante não suporta muito tempo as cargas e por isso surgem as patologias.

O CAP possui uma cor negra e com o tempo fica cinza claro, com o passar do tempo fica muito duro e se quebra, surgindo as panelas, as trincas e outras patologias que precisam ser avaliada e fazer uma recapeação a fim de sanar as deficiências do asfalto.

O manejo do método de reciclagem de pneus é o mais adequado, tendo em vista o superior prazo de duração, boa tecnologia e menor custo. Para sua edificação, no asfalto de borracha, são utilizados em torno de 500 pneus, inclusive, esta pavimentação concede uma diminuição do ruído ocasionado pelo tráfego dos carros e não modifica os resultados para frenagem na ocorrência de chuvas e umidificação da via, sendo assim a edificação da via utilizando pneus é útil e preserva o meio ambiente, realizando de certa forma uma reciclagem desses produtos.

E também a diminuição da erosão no solo é um eficaz material de combustível para se produzir a celulose, o papel, o cimento, o cal, pisos de indústrias, solas de calçados, tapetes para veículos, são somente algumas das inúmeras utilizações dos pneus usados. Não obstante, algumas dessas saídas são apenas momentâneas, para o enorme aglomerado de pneus usados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da presente pesquisa foi possível se identificar certas categorias de exteriorizações patológicas na linha de pavimentação asfáltica da Rodovia MG 410, ainda que seja uma via edificada a breve tempo. Encontraram-se trincas e reparos mal promovidos, panelas e buracos, exsudação e trincas tipo couro de jacaré e início de panelas, desgastes provocados pela atividade de enxurrada e afundamentos.

Os mais relevantes motivos dos defeitos mencionado podem ter sido resultantes do trânsito muito elevado de veículos pesados como ônibus e caminhões de cargas. Tais patologias podem ocasionar atrasos de viagens e diversos tipos de prejuízos sem mencionar a reposição de peças e consertos.

A promoção pavimentícia de uma via rodoviária e de elevada importâncias para seus usuários, visto que promove a garantia de maior segurança e conforto. E também é relevante que o rolamento seja de eficiente aptidão, visto que a via possuidora de patologias pode deflagrar acidentes, desgastes nos veículos que dela dependam para seu lazer o profissão.

Uma das propostas de melhoria da pavimentação é utilização de materiais de boa qualidade a fim de evitar transtornos para as pessoas, veículos e caminhões que necessitam utilizar a rodovia com segurança.

As rodovias precisam sempre estar em manutenção para evitar o surgimento de patologias que prejudicam o tráfego. Portanto, o bom estado da superfície do rolamento é o mais importante para o usuário, pois qualquer patologia apresentada no mesmo afetam o conforto e o veículo que passa a ter defeitos, atrasando a viagem, e com isso o motorista terá maiores custos operacionais com a reposição de peças e manutenção do veículo.

Todos os veículos, os caminhões e ônibus ao trafegarem em rolamento irregulares com depressões, trincas, trilhas, panelas, afundamento das rodas dentre outras podem ter sua carga parada, o que prejudica o trabalho do motorista.

É importante verificar que o clima, as chuvas provocam contribuem para a aceleração das patologias do pavimento asfáltico. Se o pavimento já demonstra alguma trinca deve ser consertada o mais rápido pois, as águas das chuvas entram facilmente pelas trincas e de acordo com o aumento da trinca. E causam muitos estragos nos carros que por ali transitam diariamente.

Conclui-se que, com o passar do tempo o rolamento asfáltico apresenta aos poucos várias patologias que prejudicam o trânsito, estragam os carros, atrasam a viagem, além de até causar prejuízos.

Isso porque algumas das patologias apresentadas na superfície se deve a uma ação de deformação apenas no subleito e aparecem os afundamentos, e outros desgastes. Assim que for avaliar os defeitos da superfície pode ser detectado também fissuras no leito ou subleito do rolamento asfáltico.

É importar que sempre seja feita manutenção na rodovia, para que não aconteça as patologias. Os cuidados das superfícies asfálticas são diariamente, porque quanto maior for o tempo, maior será a quantidade de materiais que vão ser gastos, o tempo de serviço e maior será o prejuízo. Portanto é também importante, antes de começar o trabalho de manutenção observar as camadas abaixo da superfície pois, a patologia pode ser mais profunda e necessita de uma atenção maior, para proporcionar melhor comodidade para as pessoas que fazem uso da rodovia.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, T.; SILVA, A.J.C. **Patologia das Estruturas**. In: ISAIA, Geraldo Cechella. (Ed) concreto: In.: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: Geraldo Cechellaisaia. São Paulo: IBRACON, 2005, V.1, Cap. 32.
- BALBO, J, T. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projetos e restauração. Oficina de texto. São Paulo, 2007, p. 65, 66,
- BERNUCCI LiediBariani. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros...** [et al.]. – Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006, p.373, 407, 415, 452
- BERTOLLO, S.A.M; JÚNIOR, J.K.F; VILLAVERDE, R.B; FILHO, D.M. **Pavimentação asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados**. Revista Limpeza Pública n.54. Associação Brasileira de Limpeza Pública? ABPL,2009. Disponível em: <http://www.apagina.pt/?aba=7&cat=149&doc=11122&mid=2> (Acesso em 09 de janeiro de 2017)
- CRONEY, D. 1977. In: LiediBarianiBernucci... (Et al.). **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros** /– ABEDA, Rio de Janeiro, 2006, p. 403, 438
- DNIT, 2006. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**, 2ª Edição. Ministério dos Transportes – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação IPR 720. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/, acessado em 18 de maio de 2012. EPPS, J. A. Uses of recycled rubber tires in highways. National Cooperative Highway research Program. Synthesis of Highway Practice, Transportation Research Board, Washington, 161p. 1994.
- FONTES, L. P. T. L. **Optimização do Desempenho de Misturas Betuminosas com Betume Modificado com Borracha para Reabilitação de Pavimentos**, Doutorado em Engenharia Civil. Universidade do Minho, 2009.
- GODOY, A. S. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. In: Revista de Administração de Empresas. São Paulo: v.35, n.2, p. 57-63, abril 1995. MACHADO, M. N. M. Entrevista de pesquisa: a interação entrevistador / entrevistado. Tese. Belo Horizonte: 1991, p.58
- GUILHERME, A, T, P. **Dimensionamento de pavimentos flexíveis**: estudo comparativo entre o método do cbr e da resiliência. Disponível em http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/270/TFG%20-%20Eng%20Civil/TFG_ANA.pdf acesso em 02/04/2015. Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA Bacharel em Engenharia Civil, 2003, p. 58

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados.** 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996. 58

RODRIGUES, R. M. **Estudo do trincamento dos pavimentos.** Rio de Janeiro. Tese de Doutorado em Engenharia – COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 208p. 2005.

SAMPAIO, E.A.N. **Análise da viabilidade técnica do uso de borracha de pneus inservíveis como modificadores de asfaltos produzidos por refinarias do Nordeste** – Unifacs, Salvador (2005). Disponível em: <https://patologiaifap.wordpress.com/2014/05/19/patologia-nos-pavimentos-2/>

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de Técnicas de Pavimentação.** vol. 2. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream//1/1901/1/CM_COMAC_2012_2_01.pdf, (Acesso em 3 de abril de 2017)

SER. Parâmetros de Seleção Versão do: 2016/04. **Tipo de Rodovia:** MG-410. Disponível em: http://www.der.mg.gov.br/images/rede_rodoviaria/rodovia_estaduais.pdf (Acesso em 10 de janeiro de 2017)

SILVA, E, A. **Técnicas de recuperação e reforço das estruturas de concreto armado.** Disponível em <http://engenharia.anhembi.br/tcc-06/civil-46.pdf> acesso em 18/04/2015. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil da Universidade Anhembi Morumbi, 2006. http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/, EPPS, J. A. Uses (Acesso em 10 de janeiro de 2017)

SILVA, Paulo Fernando A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos – 2. Ed.- São Paulo: Pini, 2008, p. 23,43, 47,

SILVA, L, K. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará.** Monografia apresentada para bacharel em Engenharia Civil na universidade federal do Ceará, 2007. Disponível em http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/, acessado em 18 de maio de 2012. EPPS, J. A. Uses (Acesso em 10 de janeiro de 2017)

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: PINI, 1998.