

IDENTIFICAÇÃO DE DANOS EM UMA ESTRUTURA DE PAVIMENTO FLEXÍVEL ENTRE OS KMS 833 +500 AO KM 833+000 PISTA NORTE DA RODOVIA FERNÃO DIAS BR-381

Jonas Augusto Brigagão Neto¹
Orientador: Prof^ª Esp. Geisla Aparecida Maia Gomes²

RESUMO

O objetivo desse estudo foi a investigação dos tipos de danos causados ao pavimento flexível. O bom planejamento sobre a pavimentação flexível entre os Kms 833 +500 ao Km 833+000 no sentido da Pista Norte da Rodovia Fernão Dias BR – 381 nos quais permitiram o desenvolvimento da pesquisa na busca de soluções que pudessem ser implementadas com os instrumentos já percorridos nos métodos. Neste estudo de caso, foi proposta uma breve descrição dos tipos de danos causados no pavimento flexível, suas respectivas causas e, após identificado o problema recorrente no pavimento, foi proposta uma Recuperação do Pavimento em todo trecho que corresponde aos KMs 833+500 e o 833+000 da pista norte da Rodovia Fernão Dias. Avaliando todo o cenário, utilizou-se a estratégia de manter a manutenção do trecho supramencionado até chegar a uma conclusão do que poderia ser feito para sanar os danos ao pavimento neste local. A solução para a recuperação do pavimento entre os Kms 833+500 e o Km 833+000 Pista Norte onde encontrava-se com trincas, buracos e bombeamento de finos, foi a reconstrução do pavimento, desde a sua base até a faixa de rolamento. O processo de reconstrução é moroso, porém inevitável neste trecho.

Palavras-chave: Recuperação de Rodovia. Recuperação de Pavimento. Pavimentação.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e abordagem deste estudo têm como menção buscar conhecimentos importantes sobre a estrutura de pavimento em todos os aspectos. Desde o planejamento, organização, recursos materiais e humanos na busca de soluções que possam causar impactos entre os Kms 833 +500 ao Km 833+000 no sentido da Pista Norte da Rodovia Fernão Dias BR – 381. Sendo uma das rodovias mais importantes do país que permitem inúmeros veículos tanto de porte grande como pequeno transitar para todos os outros estados.

Nesse sentido, os conhecimentos sobre os tipos de recursos usados na estrutura de pavimentação flexível entre os Kms 833 +500 ao Km 833+000 no sentido da Pista Norte da Rodovia Fernão Dias BR – 381 tem a necessidade de investigar tipos de recursos materiais, o tempo de planejamento e organização do investimento necessário, a busca de soluções para este cenário, quais os impactos e suas dificuldades que possam minimizar tal problemática que será estudada. O objetivo deste estudo é fazer a identificação dos tipos de danos causados no pavimento flexível e seus respectivos motivos.

O estudo foi realizado por meio de revisão bibliográfica para encontrar a fundamentação teórica, seus conceitos e ideias principais, e um estudo de caso com contexto por meio de fotos, registros, gráficos e tabelas que possam compor as ideias teóricas e práticas.

O trecho que abrange os KMs 833+500 e 833+000 da pista norte da rodovia Fernão Dias BR-381 apresentou várias patologias como trincas na superfície, trincas na base e bombeamento de finos.

Como viabilidade do estudo na busca de conhecimentos, concepções e ideias, a solução seria fazer a identificação rápida e precisa do tipo de dano causado ao pavimento flexível e para recuperá-lo.

Com esse desenvolvimento, um inspetor de pavimento novato na área de fiscalização das obras, pode fazer a captação lógica dos tipos de patologias que ocorre na pavimentação e resolvê-lo com recursos e materiais que possam minimizar os seus impactos como achar uma melhor solução para recuperá-lo com mais confiabilidade e segurança.

O embasamento do estudo foi discorrido sobre a pavimentação apontando que a manutenção é um dos instrumentos que podem minimizar as questões referenciadas no marco conceitual do estudo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Considerações sobre a pavimentação

Entende-se que com a expansão, as estradas e rodovias, devido ao elevado índice de crescimento na produtividade, foram ampliando os transportes de cargas como o modelo rodoviário que passa por grandes mudanças, pois é um recurso que exige um planejamento para os carregamentos de produtos que serão transportados de um lugar para outro (SALGADO, 2015).

No entanto, as empresas em suas tendências de competitividade, utilizam diretamente as tecnologias com sistemas mais avançados para fazer todo o processo de transporte e todas elas usam um sistema logístico para planejar e organizar este tipo de prestação de serviço em determinadas rodovias do país.

Essa confirmação nos remete a busca de conhecimentos sobre a temática, como importante no desenvolvimento deste estudo. Um estudo realizado por Silva (2018) sobre a história da pavimentação detalha que no Brasil é grande a perspectiva empregada nas estradas.

Silva (2018) explica que a primeira pavimentação tem como referencial São Paulo no ano de 1925, a cidade de Cubatão sendo constituída por uma pavimentação de mais ou menos 8km e depois passou por um processo estrutural que permitiu mudanças tanto nos recursos materiais como na própria manutenção da pavimentação.

Nesse sentido, historicamente a contribuição da pavimentação para a sociedade, os meios de transporte se propõem a grandes desenvolvimentos assinalados por um contexto histórico desde a mais tenra idade ao atual cenário moderno.

Pavimento conforme definição do DNIT (1994) é: “Estrutura construída após a terraplenagem, destinada a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos dos veículos, a melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança e a resistir aos esforços horizontais tornando mais durável a superfície e rolamento”.

Uma definição mais ampla seria: pavimento é uma estrutura constituída de diversas camadas de diversos materiais num espaço semi-infinito construída para resistir às solicitações das cargas repetidas e itinerantes e ações do ambiente no horizonte temporal de projeto. Estrutura: arcabouço destinado a resistir, em função de seu esqueleto, a esforços externos e internos.

De acordo com Brasil (2006) a pavimentação é um dos processos mais importantes na tráfegação das rodovias brasileiras que mantém a cautela sobre suas estruturas apresentando diversas condições nas estradas podendo estas se relacionar a vários problemas que causam impactos como rachaduras, afundamentos, restrições e atritos, buracos e outros que exigem uma empresa especializada para realizar toda a sua manutenção.

Considerando a reflexão acima, subentende-se que as pavimentações nas estradas foram sendo modificadas conforme o desenvolvimento ao longo dos anos permitindo assim que as tecnologias contribuíssem diretamente neste cenário de forma mais precisa melhorando o desempenho nos dados catalogados sobre determinadas condições administradas na manutenção minimizando riscos, possíveis falhas, tipos de pavimentações a serem utilizadas,

recursos materiais e humanos e custos e tipos de defeitos e irregularidade na superfície.

Em considerações da literatura, o apontamento sobre a pavimentação nos remete a buscar conhecimentos da história desse contexto por meio de investigações e concepções sobre a estrutura da pavimentação, e como as estradas estão em processo de manutenção, pois este fator gera custos ao governo estadual e federal para manter rodovias bem equipadas sem causar impactos e agravos como acidentes e/ou possíveis problemas nas estruturas como rachaduras, falhas, buracos e outros (MOURA, 2014).

Ainda sob a atenção dos estudos de Moura (2014) a pavimentação é muito antiga e muitos tipos de materiais eram usados pelas civilizações antigas “a história também é construída em camadas e, frequentemente, as estradas formam um caminho para examinar o passado, daí serem uma das primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas (MOURA, 2014, p.01).

No entanto, a pavimentação segundo alguns achados da literatura apontam que a necessidade da pavimentação é muito antiga, e tem referencial interligado à própria história da humanidade. Nesse sentido, muitas estradas das antigas civilizações tinham seu marco interligado à produtividade, a tipos de comercialização de um lugar a outro, nas quais usam-se essas estradas para fazer todo o processo administrativo de recursos com seus veículos.

Na visão de Moura (2014, p.01) “Percorrer a história da pavimentação nos remete à própria história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento.”

Na definição de Moura (2014, p.04):

O revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança).

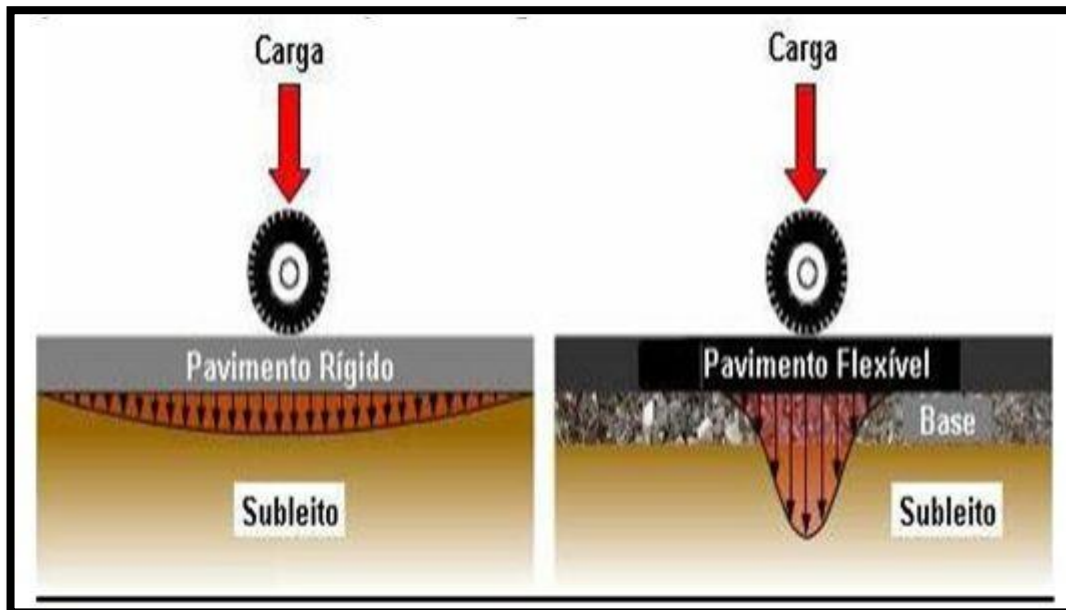
Deste modo, a importância da pavimentação no cenário atual passou por grandes transformações nos quais as tendências e com a contribuição das tecnologias tem demonstrado melhorias contínuas pela menção do trabalho exercido por empresas que trabalham com a segurança das estradas na sua manutenção. Sob as leituras interpretativas encontrou-se na literatura fundamentos sobre os tipos de pavimentos como:

Os pavimentos são divididos em: rígidos, semirrígidos e flexíveis. Os pavimentos rígidos por sua vez se dividem em 6 classes: pavimento de concreto simples, pavimento tipo whitetopping, pavimento estruturalmente armado, pavimento de concreto rolado, pavimento com peças pré-moldadas, pavimento sobre laje em tabuleiros de obras de arte especiais (SILVA, 2018, 01).

Além disso, os custos com a pavimentação das rodovias brasileiras têm com percursos metodológicos pela engenharia a viabilidade do estudo, as necessidades, riscos, materiais, tipos de estruturas que serão utilizadas, aplicação e manutenção nos quais se fundamentam por sistemas de camadas que no caso a asfáltica é mais comum.

Moura (2014, p.06) mostra na imagem abaixo a distribuição de cargas:

Figura 1 - Distribuição de cargas nos pavimentos rígido e flexível



Fonte: Moura (2014, p.06)

2.2 Os recursos materiais

Segundo estudos executado com base de Brita Graduada Simples (BGS) percorrido por Bernucci (2008) se recomenda avaliar o desempenho de segmentos asfálticos sequenciais de um trecho experimental. O material é analisado por meio das Normas DNER sobre a qualidade do material que é enviada ao laboratório antes de realizar todo o trabalho e planejamento, visto que as empresas fazem uma licitação para trabalhar no cenário e comprovam aos órgãos governamentais o esboço de todos recursos e gastos necessários.

Contudo, o material é a base como: - regularização do subleito; - sub-base de brita graduada tratada com cimento (espessura de 18 cm) - imprimação de sub-base - base de brita graduada (espessura de 12 cm) - imprimação da base - pintura de ligação - binder (espessura de 7 cm) - pintura de ligação - capa - concreto betuminoso usinado a quente (espessura de 6 cm) (ANDRADE, 2017, p.26).

Deste modo, para se averiguar as espessuras é preciso solicitar a documentação ao

DER/MG ou as-built da Fernão Dias. Esse documento é de suma importância na consideração legal de tudo que está sendo realizado no ambiente, nos quais se explicou que toda a documentação é apenas para uso acadêmico de uma pesquisa monográfica sem afetar ou conduzir qualquer impacto que pudesse mencionar nomes, pessoas ou documentos.

Esses pavimentos explicados por Moura (2014) apontam que seu uso tende a ser implantado conforme as estruturas de pavimentação como explicitam na figura 1, acima referenciado. Portanto, considerando as ideias e concepções da literatura encontradas neste estudo, denota-se a importância da pavimentação das estradas nos quais seu contexto histórico foi sendo referenciado e abordado por uma gama de suporte técnico, normativo e normas das agências regulamentadoras de transportes do país.

Os danos ao pavimento, em sua grande maioria, aparecem por problemas de cargas elevadas dos veículos, fadiga do pavimento e por intemperismo. Os danos mais comuns são: trincas, buracos, depressões, trilhas de roda, exsudação, escorregamento e bombeamento de finos.

Após a identificação visual do problema que ocorre frequentemente no trecho estudado, faz-se a utilização de alguns equipamentos que são de suma importância para a identificação precisa de uma patologia como a reconstrução. Para se definir que o pavimento necessita de reconstrução são, mais frequentemente utilizados, dois equipamentos denominados Viga Benkelman e o *Falling Weight Deflectometer*(FWD).

O FWD é um equipamento que faz a leitura da deflexão do pavimento na camada de CBUQ existente através de impacto, portanto, não é necessário realizar a fresagem do pavimento. A leitura é feita pela queda de um peso suspenso que é solto sobre as molas e estas transmitem o impacto a uma placa apoiada diretamente no pavimento. Este equipamento é totalmente automatizado e é transportado por uma carretinha. Os sensores, que ficam no equipamento na carretinha, são conectados ao computador que fica na cabine do veículo, denominado defletômetro, onde o sistema identifica e armazena os dados coletados.

A Viga Benkelman é um equipamento simples que consiste de uma haste com ponta de prova, articulada a outra haste onde está o extensômetro e o vibrador. Para este ensaio utiliza-se também um caminhão de eixo simples e roda dupla, pneus radiais com 80 lbs de pressão, carregado com 8,2t, normalmente de brita. O ensaio consiste em acomodar a haste de

ponta de prova entre os pneus traseiros de um dos lados exatamente sob o eixo. Faz-se a leitura inicial (L_i) do extensômetro, solicita ao motorista do veículo que se afaste devagar por até 20m de distância ou até quando o extensômetro não tenha mais variação da leitura. Após, realiza-se a leitura final (L_f) do extensômetro. A deflexão é calculada pela expressão $d\theta = (L_i - L_f).K$, onde K é uma constante calculada pela relação entre a haste de ponta de prova e a haste do extensômetro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo sobre a pavimentação e seus recursos foi realizado entre os Kms 833+500 e o Km 833+000 Pista Norte da Rodovia Fernão Dias BR-381.

A metodologia proposta neste estudo foi centralizada a princípio na revisão bibliográfica com o método qualitativo que teve como relevante a investigação e concepção sobre a temática nos quais os desafios são muitos.

Ao pensar na temática notou-se principalmente a importância ainda de realizar um estudo de caso sobre a temática através desse tipo de pesquisa nos quais poderá trazer melhores resultados e discussão do tema.

Para identificarmos uma patologia no pavimento, a metodologia utilizada num primeiro momento é o visual. Posteriormente utilizaremos os equipamentos como a Viga Benkelman e o FWD (*Falling Weight Deflectometer*).

A identificação do tipo de dano que ocorre frequentemente no pavimento entre o Km 833+500 e o Km 833+000 Pista Norte da Rodovia Fernão Dias, define o tipo de recuperação a ser feita e a execução da recuperação deste pavimento.

Elegibilidade: foi incluído o trecho do Km 833+500 e o Km 833+000 Pista Norte da Rodovia Fernão Dias BR-381, onde se analisou a estrutura do pavimento. E para os critérios de exclusão todo o restante do trecho da Rodovia Fernão Dias.

Para coleta de dados, foram feitas leituras de algumas literaturas supra citadas, pesquisas no CDT(Centro de Desenvolvimento Tecnológico) do grupo ARTERIS e várias visitas técnicas ao local estudado. Também foram feitas visitas técnicas a outras frentes de

serviços onde já estavam sendo executados os reparos necessários para recuperação do pavimento.

Os procedimentos de coletas de dados foram de acordo com que as leituras das literaturas eram realizadas. Foram feitas anotações das partes mais importantes e interessantes. Nas visitas técnicas, num primeiro momento, a coleta de dados foi realizada através de identificação visual do dano causado ao pavimento. Posteriormente foi realizado um questionamento ao engenheiro responsável pela manutenção do trecho em estudo.

Os dados foram inseridos, eletronicamente, no banco de dados, após sua elaboração e conferência.

4. RESULTADOS

Os resultados encontrados foram observados e fotografados de acordo com o problema encontrado na pavimentação entre os Kms 833+500 e o Km 833+000 Pista Norte da Rodovia Fernão Dias BR-381, nos quais foram documentados em período da assistência e manutenção da rodovia conforme delineados nas fotos.

Foram considerados neste estudo, primeiramente, a observação no local sobre a pavimentação como estava, depois os tipos de recursos materiais usados e todo o planejamento e organização. Foram apontados alguns tipos de problemas encontrados mais asseverados e que precisam de estudos sobre a sua viabilidade, e por fim a solução encontrada sobre as principais causas como as patologias.

4.1 Pavimentação entre os Kms 833+500 e o Km 833+000 Pista Norte da Rodovia Fernão Dias BR-381

Obedecendo a logística, planejamento e organização dos recursos materiais todo processo de pavimentação tem sua viabilidade de estudo compostas por documentos que catalogam o antes e depois.

Assim primeiramente foram observados os problemas causados como as patologias na rodovia que advém de buracos, rachaduras, trincas de várias espessuras e larguras, podendo estes causar acidentes graves, em outros casos essas patologias quando decorrentes de chuvas são perigosas elevando o índice de riscos provocados com mais efetividade.

4.2 Análise das camadas do pavimento em estudo

Uma importante causa de deterioração do pavimento é o processo de bombeamento. Isso ocorre devido a infiltração de água de chuva pelas trincas e buracos até o sub-leito. Com o tráfego, as placas e os blocos trincados, tendem a movimentar. Desta movimentação surge o efeito de bombeamento que são a elevação dos finos(material de granulometria mínima) que sobem até a superfície do pavimento.

Figura 2 e 3 – Bombeamento de Finos



Fonte: O autor (2019)

Figura 4 – Bombeamento de Finos



Fonte: O autor (2019)

Notam-se em ambas as figuras que o bombeamento de finos é uma das patologias que

nos mostra um problema grave de execução da obra, ou devido às solicitações das cargas repetidas no horizonte temporal da vida útil do pavimento.

Tal condição foi despontada com o ensaio FWD que é um equipamento para se conhecer a bacia de deflexão, de pavimentos rígidos e flexíveis que vai simular o impacto de uma roda em movimento utilizando a aplicação de uma dinâmica de cargas.

Figura 5 e 6 – FWD(Falling Weight Deflectometer)



Fonte: O autor (2019)

E por fim, a pavimentação entre os Kms 833+500 e o Km 833+000 Pista Norte da Rodovia Fernão Dias BR-381, nos quais Benucci, (2008, p.403) diz que:

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 às restrições orçamentárias. Do ponto de vista do usuário, o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois os defeitos ou irregularidades nessa superfície são percebidos uma vez que afetam seu conforto.

Contudo, na pavimentação se encontraram problemas observados como trincas. Essas patologias são comuns em rodovias, uma vez que tais fatores ocorrem por conta do elevado índice de tráfego com peso e outros fatores relacionados ao clima podem deteriorar a pavimentação como calor, chuvas e peso (ANDRADE, et al, 2017).

Figura 7 e 8 - Fresagem Funcional de 5cm - Base Trincada



Fonte: O autor (2019)

Após realizado o ensaio FWD, verificou-se que a sub base do trecho estudado está comprometida. Podendo ser realizado então duas Fresagens Funcionais de 5cm cada, como podemos observar nas figuras 7 e 8 ou realizar diretamente uma Fresagem Estrutural de 10cm como observa-se nas figuras 9, 10 e 11. Com o resultado do FWD em mãos, foi solicitado diretamente uma Fresagem Estrutural de 10cm, onde podemos observar e comprovar pelas figuras 9, 10 e 11, que a base estava com trincas e bombeamento de finos.

Essas trincas ocorrem devido a vários fatores entre eles apresentados na literatura, podem ser referenciados por causa da irregularidade longitudinal, afundamentos em trilha de roda e características de superfície (ANDRADE, et al, 2017).

Os defeitos de superfície podem aparecer em curto prazo por diversos motivos, seja devido a erros ou inadequações de projeto ou a médio ou longo prazo, devido à utilização cotidiana pelo tráfego e efeitos das intempéries. Entre os erros ou inadequações mais comuns que levam à redução da vida útil de projeto, destacam-se os seguintes fatores: erros de projeto; erros ou inadequações na seleção, na dosagem ou na produção de materiais; erros ou inadequações construtivas; erros ou inadequações nas alternativas de conservação e manutenção. Estes erros podem agir separados ou em conjunto (SAMUEL, 2018, p.39).

A apresentação das imagens configuram os problemas encontrados na pavimentação da Rodovia requerendo novas pavimentações e uma das causas possíveis é a não verificação correta dos recursos materiais usados causando patologias como trilha de roda, buracos, trincas e exsudação.

Conforme as figuras 9, 10 e 11 denota-se que a pavimentação sobre a importância do FWD identificou a patologia entre os Kms 833+500 e o Km 833+000 Pista Norte da Rodovia

Fernão Dias BR-381.

Figuras 9 e 10 - Fresagem Estrutural de 10cm - Base Trincada e com Bombeamento de Finos



Fonte: O autor (2019)

Figura 11 - Fresagem Estrutural de 10cm - Base Trincada e com Bombeamento de Finos



Fonte: O autor (2019)

Ainda na análise para determinar se o pavimento está comprometido, forano nos casos de bombeamento de finos onde o problema é visual, utiliza-se outro importante processos de investigação para descobrir sua deflexão. O ensaio com Viga Benkelman.

Segundo Borges (2001, p.17) discorre que:

Este é, provavelmente, o teste de campo para avaliação de deflexões de pavimentos sob condições de carregamento, mais familiar aos engenheiros e aos projetistas de pavimentação pelo seu uso muito difundido e longo tempo de uso. O equipamento é versátil e simples de operar. A necessidade de agilizar e reduzir os custos das avaliações de pavimentos através de provas de carga levou à substituição do moroso ensaio de placa por um procedimento simples e mais ágil, cujo carregamento é feito

com os próprios pneus de um caminhão carregado, ao invés da placa circular.

Figura 12 e 13 – Ensaio de Viga de Benkelman



Fonte: O autor (2019)

Diante disso, compreende-se e analisa-se que possíveis problemas diagnosticados com a pavimentação entre os Kms 833+500 e o Km 833+000 PN apresentaram muitas falhas, sendo necessário realizar um período de análise do projeto de pavimentação com o tráfego real para a manutenção.

Deste modo, percebeu-se que as bacias de deslocamentos foram medidas por meio de identificadores estruturais e usadas para realização de retro análises com o desígnio de pesquisar a modificação destes números e dos valores absolutos das camadas, a depender do volume de tráfego congestionado e condições climáticas.

Estes dados foram também usados para incluir as composições com as falhas de nível, mais à frente de manter um padrão computacional em informações finitos que delinea o desempenho mecânico dessas composições.

A solução encontrada para recuperar o pavimento entre os Kms 833+500 e o Km 833+000 Pista Norte que estava com trincas, buracos e bombeamento de finos, foi a reconstrução, desde a sua base até a faixa de rolamento. O processo de reconstrução é moroso, porém inevitável neste trecho, uma vez que o pavimento estudado foi construído a mais de 10 anos e cumpriu seu objetivo até então.

Para a execução do método de reconstrução é realizado um projeto para saber quais materiais utilizar, qual a espessura de cada camada e quanto deve-se escavar para tratar o sub-

leito e leito, fazendo com que a deflexão diminua a medida em que se acrescenta uma nova camada de macadame. Em cada camada de macadame é colocado uma camada de BGS para realizar o travamento do macadame minimizando a sua movimentação.

4.3 Reconstrução do Pavimento

É de suma importância discorrer que “As camadas de sub-base e base têm a função permanente de resistir e distribuir os esforços que atuam na direção vertical, solicitados pelo tráfego existente onde se constituirá o revestimento.” (SAMPAIO, 2014, p.35).

Em outras considerações o uso dessas camadas, tornam possível a resistência e a distribuição dos esforços sob a direção vertical, uma vez que são importantes e solicitados na tráfegação para todo o processo de revestimento necessário na pavimentação, conforme encontrados as falhas da pavimentação entre Kms 833+500 e o Km 833+000 Pista Norte da Rodovia Fernão Dias BR-381.

Na figura 14, a aplicação de macadame atende às diretrizes propostas da pavimentação local como discorrido abaixo:

Figura 14 – Aplicação de Macadame



Fonte: O autor (2019)

Deste modo, a aplicação do macadame na imagem mostra o preparo encobrendo as patologias que foram denotadas durante o estudo e tendem a reforçar a base e sub-base já

esboçadas na pesquisa.

E conforme as observações no local realizadas através da figura 15, entende-se que a espessura de 18 cm continua sendo a base principal para a pavimentação determinada neste estudo.

Figura 15 - Aplicação de BGS



Fonte: O autor (2019)

Aplicação de BGS: BGS é aplicado em cima de cada camada de macadame seco fazendo o seu travamento para diminuir a sua movimentação, ou seja, diminui a sua deflexão.

Segundo Andrade (2017) a BGS é utilizada como a primeira camada que tem uma capacidade drenante e como base a BGTC como sub-base permitindo o posicionamento correto e favorece assim que estejam bem posicionados nas camadas superiores.

Bernucci et al (2006) salientam que a BGTC é usada em pavimentação de grandes tráficos o que permite salientar que seu uso na rodovia Fernão Dias atende todas as solicitações desde o final da década de 1970, consideradas até os dias atuais como base de pavimentos com revestimentos betuminosos de suma importância.

Sobre a última camada de BGS, aplica-se a camada de ligação CAP, Cimento Asfáltico de Petróleo, ou binder. Esta camada fará a ligação entre o CAP e o CBUQ, Concreto Betuminoso Usinado a Quente que é o revestimento da camada de rolamento.

4.4 Prazos de Execução e Custo da obra

Para total recomposição de toda a extensão reconstruída, foram necessários 23 dias. O

tempo poderia ter sido menor se não fossem as condições climáticas desfavoráveis, pois com a pista molhada, para a segurança de todos os colaboradores e usuários da via, os trabalhos são interrompidos até a secagem total do pavimento.

No último dia, ou seja, no 23º dia, a sinalização horizontal de pintura mecânica e as tachas refletivas monodirecionais são implantadas para liberação ao tráfego. O valor para pintura mecânica é de R\$16,34 o m² e para tacha refletiva monodirecional é de R\$14,47 a unidade.

Para realizarmos os cálculos da pintura mecânica temos o seguinte: a faixa central é seccionada (4m x 8m, ou seja, 33% de segmento pintado) e possui 0,15m de largura. Os bordos esquerdo e direito são contínuos e possuem 0,20m de largura. Portanto: $(500m \times 0,33 \times 0,15m) + (500m \times 2 \times 0,20m) = 224,75m^2$.

As tachas refletivas monodirecionais são implantadas a cada 12 m, tanto no eixo quanto nos bordos esquerdo e direito, portanto temos: $(500m / 12m \times 3) = 125 \text{ und}$.

Os valores para a execução da reconstrução do segmento é de R\$492,34 o m² e a extensão executada foi de 3.500m².

Por conseguinte, de acordo com a tabela 01 de resumo dos valores gastos, obtemos um valor total da obra em questão.

Tabela 01 – Quadro Resumo de Valores

QUADRO RESUMO DE VALORES					
VALOR TOTAL DA OBRA					
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
1	Reconstrução do pavimento, Macadame, BGS e CBUQ	3.500,00	m ²	R\$ 492,34	R\$1.723.190,00
2	Sinalização Horizontal - Pintura	224,75	m ²	R\$ 16,34	R\$3.672,42
3	Sinalização horizontal - Tachas	125,00	und	R\$ 14,47	R\$1.808,75
VALOR TOTAL:					R\$ 1.728.671,17

Fonte: O autor (2019)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos estudos centralizados no estudo de caso, entendeu-se principalmente que a pavimentação e sua recuperação se desenvolvem a partir do planejamento e viabilidade de estudos, custos, recursos humanos e materiais, bem como resultados encontrados no cenário como patologias que são desde trincas no asfalto, buracos, rachaduras tanto superficial como

interno requerendo assim a licitação para a realização da obra.

O que se encontrou de importante neste âmbito foi primeiramente o desenvolvimento dos recursos que passam por todo um processo no laboratório da empresa em relação à qualidade e produtividade.

Após a liberação dentro da empresa é realizado primeiramente todo um diagnóstico no ambiente, em que possibilitam quais os materiais que podem ser utilizados, o tempo, custo e principalmente manutenção e segurança na recuperação da pavimentação.

Os materiais mais utilizados para a sua reconstrução são inicialmente dois equipamentos denominados *Viga Benkelman* e o *Falling Weight Deflectometer* (FWD) que permitem o desenvolvimento e uso para a pavimentação de forma segura impedindo que aconteçam impactos na hora da realização dessa manutenção.

Na pavimentação do estudo de caso, foi proposto não apenas a sua recuperação e os materiais, mas os valores custeados pela empresa que permitiram a manutenção do cenário e para isso utilizou-se toda estratégia permitindo como instrumentos, todo o tipo de sinalização, instrumentos que pudessem ter visibilidade do local para os motoristas, faixas, bandeiras, cones, na recuperação da pavimentação.

Outro ponto chave está relacionado em se averiguar as espessuras é preciso solicitar a documentação ao DER/MG ou as-built da Fernão Dias. Esse documento é de suma importância na consideração legal de tudo que está sendo realizado no ambiente, nos quais se explicou que toda a documentação é apenas para uso acadêmico de uma pesquisa monográfica sem afetar ou conduzir qualquer impacto que pudesse mencionar nomes, pessoas ou documentos.

Durante o estudo, foi de suma importância buscar e compreender que os custos para fazer toda a recuperação da pavimentação foi realizados com a viabilidade do caso em que os engenheiros fizeram o mapeamento de entre os Kms 833 +500 ao Km 833+000 no sentido da Pista Norte da Rodovia Fernão Dias BR – 381 nos quais buscou-se recuperar principalmente a pavimentação flexível.

Uma vez que o local estava com indícios de riscos aos motoristas, pois entende-se que toda a pavimentação nem sempre passa por manutenção e pode oferecer muitos riscos a todos nas rodovia. E como esta é uma das rodovias mais frequentadas, a manutenção é frequentemente realizada.

Conclui-se que na temática a importância do pavimento como estrutura constituída de diversas camadas de diversos materiais num espaço semi-infinito estabelecida para resistir às solicitações das cargas repetidas e itinerantes e ações do ambiente no horizonte temporal de projeto. Assim mostra-se que a estrutura: arcabouço destinado a resistir, em função de seu esqueleto, a esforços externos e internos permitindo assim que a recuperação tenha resultados positivos, como visto nas imagens e no cenário deste estudo, espera-se que outras importantes investigações que sejam consideradas adequadas reforçando a manutenção constante da pavimentação na rodovia diminuindo os riscos principais.

**IDENTIFICATION OF DAMAGE IN A FLEXIBLE FLOOR STRUCTURE
BETWEEN KMS 833 +500 TO KM 833+000 NORTH LANE OF THE HIGHWAY
FERNÃO DIAS BR-381**

ABSTRACT

The aim of this study was achieved through research of the types of damage caused in the flexible pavement. The planning time on the flexible pavement between Km 833 + 500 to Km 833 + 000 towards the North of Highway Fernão Dias BR - 381 which allowed the development of research in search of solutions that could be implemented with the instruments already discussed in the methods. In this case study, a brief description of the types of damage to the flexible pavement was proposed, its causes and after identified the recurring problem on the paving, one paving recovery was proposed in all section that corresponds to the KMs 833 + 500 and 833 + 000 of the northbound lane of Highway Fernão Dias. Assessing the whole scenario, we used the strategy of keeping the maintenance of the above passage. This maintenance was performed with patch located and occurred every 3 months or so, to come to a conclusion of what could be done to remedy the damage to the pavement at this location. It was concluded that the main solution to the results and final completion of the work was found. Among the 833 Km and Km 500 + 833 + 000 North Slope

where it came to cracks, holes and thin pumping was the reconstruction of the floor, since its base to the tread. The reconstruction process is slow, but inevitable in this stretch, since the studied pavement was constructed over 10 years and served its purpose until then.

Keywords: Highway Recovery. Pavement Recovery. Paving.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Lucas Rodrigues de. **Comparação do comportamento de pavimentos asfálticos com camadas de base granular, tratada com cimento e com estabilizantes asfálticos para tráfego muito pesado**. Dissertação a escola politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017. Disponível em:<<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-13032017-095746/publico/LucasRodriguesdeAndradeCorr17.pdf>>. Acesso em: 04 Out.2019.

BERNUCCI, Liedi L. B.; MOTTA, Laura M. G.; Ceratti, Jorge A. P.; Soares, Jorge B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. ABEDA, Petrobrás, Rio de Janeiro, 2008.

BERNUCCI, Liedi Légi Bariani. **Comparação do comportamento de pavimentos asfálticos com camadas de base granular, tratada com cimento e com estabilizantes asfálticos para tráfego muito pesado**. São Paulo, 2016. Disponível em:<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-13032017-095746/en.php>>. Acesso em: 08 Out.2019.

BRASIL, **Departamento nacional de infraestrutura de transportes**. Manual de pavimentação. 3 ed. Rio de Janeiro, 2006.

MOURA, Edson. **Transportes e obras de terra. Movimento de Terra e Pavimentação**. FATEC – SP, 2014. Disponível em:<http://www.professoredmoura.com.br/download/Apost_Dimens_Pav_2_2014-Parte_A.pdf>. Acesso em: 20 mar.2019.

SALGADO, Hebert Canela. **Meios de transporte e roteiros**. 1ª Edição, Montes Claros Instituto Federal do Norte de Minas Gerais 2015. Disponível em:<<http://ead.ifnmg.edu.br/uploads/documentos/rQE8uPcnzX.pdf>>. Acesso em: 20 Ag.2019.

SAMPAIO, Dimas Tadeu Barbosa. **Problemas recorrentes com a estrutura do pavimento entre os quilômetros 844,000 e 844,500 da rodovia Fernão Dias - causas e soluções**. Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Minas (UNIS). Varginha, 2014.

SILVA, Luzilene Souza. Análise comparativa entre as técnicas construtivas de pavimentação empregadas no sistema Bus Rapid Transit (BRT) - Belém - PA versus Fortaleza – CE. **RCT – Revista de Ciência e Tecnologia**, V.4 n.6 (2018).