

AValiação pelo Método Superficial das Patologias do Pavimento Flexível: Estudo de caso em via pública de Lambari – MG, para proporcionar soluções de recuperação funcional

Raphael Rodrigues Mendes¹

Láisa Cristina Carvalho

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise das patologias presentes na superfície do pavimento flexível da Rua José Horton de Moraes, no bairro Cerâmica da cidade de Lambari. Tal abordagem se faz necessária devido a quantidade de patologias e recorrência em que estas vem sendo apresentadas. A via em estudo é de grande importância para o desenvolvimento da cidade de Lambari - MG, dando acesso aos principais pontos da cidade como o Parque das Águas, escolas, comércios, e a rodovia que acessa outras cidades, servindo de rota de alguns caminhões. Através do Método de VSA (Valor de Serventia Atual), no qual atribui uma nota de 0 a 5 ao pavimento, foram designados valores variáveis aos dois trechos e posteriormente calculada a média total da Rua. Por meio de tabelas, fotografias traçaram-se a situação real do trecho, no qual se mostrou a necessidade de intervenções em nível de restauração, ou seja, somente da capa asfáltica, e desta maneira elaborado concepção necessárias e adequada para as melhorias do trecho.

Palavras-chave: Patologia. Pavimento Flexível. Valor de Serventia Atual.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho analisa as principais patologias na superfície dos trechos em estudo na Rua José Horton de Moraes, na cidade de Lambari – MG, localizada em uma região de área residencial que liga o centro há outros bairros do município e também é rota de desvio entre a rodovia MG-456 e BR460. Avaliar tecnicamente, como encontra-se a Rua José Horton de Moraes quanto ao seu aspecto funcional? Quais as suas atuais condições de trafegabilidade e segurança?

¹ Aluno do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas. E-mail: raphael_rm25@hotmail.com

Esse estudo de acordo com as condições insatisfatória do pavimento, causados pelas patologias, se justifica através da avaliação pelo método superficial do pavimento flexível em contribuição para os usuários da via, que no momento não conseguem trafegar com eficiência, conforto e principalmente segurança, à vantagem de propor melhorias para a via.

Essas condições insatisfatórias se dão pela presença de patologias no pavimento flexível, que precisa passar por manutenção e ou reforço das camadas de sua estrutura para que mantenha sua função de proporcionar um tráfego de qualidade.

Todo o projeto será desenvolvido com embasamento em pesquisas bibliográficas, e uma pesquisa de campo em síntese, a DNIT 005/2003 – TER – Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia e DNIT/2006 – Manual da pavimentação e estudo de tráfego, e DNER – 1996. Onde A pesquisa de campo localiza-se no município de Lambari – MG, na Rua José Horton de Morais.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Pavimento

A pavimentação é uma estrutura composta por camadas construídas sobre terraplenagem, Tem finalidade de resistir aos esforços imposto pelo tráfego de veículos e redistribuir ao solos e fundação. Apresenta como principal função garantir que o tráfego pela via proporcione aos usuários eficiência, segurança e conforto. Essas condições garantem a qualidade de rolamento, o que possibilita uma redução nos custos operacionais e de manutenção das vias e dos veículos (BERNUCCI et al. 2008).

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), os pavimentos são dispostos em três categorias: rígidos, semirrígidos e flexíveis.

- **Flexível:** pavimento flexível de acordo com DNIT (2006), são estruturas na qual todas as camadas do pavimento sofrem deformação elástica considerável, sob o carregamento aplicado. Desta maneira as tensões se distribuem de forma equivalente entre as camadas. Exemplo comum são os pavimentos compostos por um revestimento asfáltico sobreposto sob camada granular de brita.

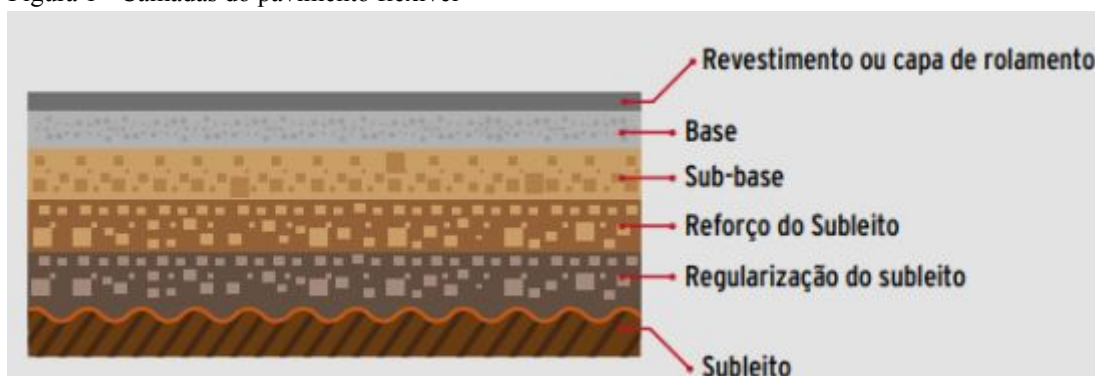
- **Semi-Rígido:** pavimento semi-rígido de acordo com DNIT (2006), são estruturas simplificada em termos de execução, pois se caracteriza apenas por uma base cimentada e revestida por uma camada asfáltica.
- **Rígido:** pavimento rígido de acordo com DNIT (2006), são estrutura no qual possui uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores, no qual a própria camada de revestimento é responsável por absorver as tensões originárias pelo carregamento aplicado, ou seja, pelo seu uso. Exemplos deste tipo de estrutura são os pavimentos compostos por lajes de concreto.

2.2 Pavimento Flexível

Em um pavimento flexível, “o dimensionamento é comandado pelas resistências dos subleitos”. (MARQUES, 2006, P.10)

Segundo Gonçalves (1999), o pavimento flexível é constituído das seguintes camadas: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, camadas granulares de base e subbase são componentes essenciais para o seu desempenho (Figura 01). De acordo com Brochado (2014), os pavimentos flexíveis são aqueles revestidos com materiais betuminosos ou asfálticos.

Figura 1 - Camadas do pavimento flexível



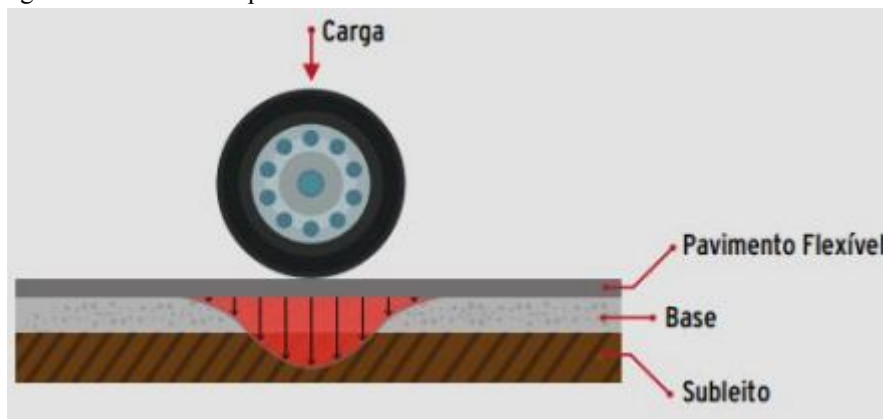
Fonte: CNT (2017)

Ainda de acordo com CNT (2017):

Os pavimentos flexíveis levam essa designação por serem compostos por várias camadas, sendo que todas sofrem deformação elástica significativa. Assim, a carga decorrente do tráfego se distribui de forma aproximadamente equivalente entre elas, o que permite observar um campo de tensões muito concentrado nas proximidades do ponto de aplicação da carga, conforme ilustrado na Figura 02. Isso exige que as camadas do pavimento sejam mais espessas a fim de proteger o subleito do pavimento. (CNT, 2017, p. 25).

A figura 2 a que se refere o CNT está disponível abaixo:

Figura 2 - Camadas do pavimento flexível



Fonte: CNT (2017)

2.3 Patologias do Pavimento Flexível

O estado de superfície do pavimento é o mais importante, pois “os defeitos de superfície são os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos flexíveis que podem ser identificados a olho nu.” (BERNUCCI, 2008, P.413).

Considerando a função principal da pavimentação de garantir a trafegabilidade e proporcionar aos usuários conforto ao rolamento e segurança, o estado da superfície do pavimento torna-se muito importante, pois as patologias presentes nessa superfície são percebidas, visto que afetam seu conforto. (Bernucci, 2008).

Ainda de acordo com Bernucci et al. (2008), afirma que os defeitos de superfície podem surgir de maneira precoce, quando há erros ou inadequações no projeto ou processo executivo, ou a médio e longo prazo, devido a ações intempéries e dos esforços de tráfego. Esses defeitos são classificados e codificados de acordo com a norma do DNIT 005/2003 – TER.

Deformação permanente é uma patologia a qual apresenta depressões em superfície, de acordo com DNIT 005/2003 – TER, podem ser definidos como afundamentos, deformações plásticas ou deformações aparentes, podendo ser Plástico ou Consolidação. Essas deformações são causadas pela reincidência de cargas pelas rodas e pelo fluxo de veículos.

Ainda de acordo com DNIT 005/2003 – TER, devido às deformações elásticas de uma ou mais camadas do Pavimento e/ou Subleito, são causados os afundamentos Plásticos, que apresentam elevações ao longo dos lados do afundamento. Dá-se o nome de Afundamento

Plástico Local (A.L.P.), quando sua extensão for até 6 metros e Afundamento Plástico da Trilha (A.T.P.), quando sua extensão for menor de 6 metros.

Desgaste é uma patologia denominado como polimento, o desgaste superficial é uma junção do tráfego com o intemperismo, comprometendo assim o segurança na derrapagem. Em seu estado avançado, o desgaste superficial causa o arranchamento progressivo dos agregados e é caracterizado segundo o DNER-TER 01/78, pela aspereza superficial. O motivo destes é a oxidação e a volatilização do asfalto, esse arranchamento ocorre em idade avançada do pavimento. Se essas perdas de agregados ocorrerem logo após a cobertura, o problema pode estar relacionado ao superaquecimento do asfalto na usina de fabricação, ou também a falta de ligante na mistura asfáltica.

Panela ou buraco é cavidade que se forma no revestimento segundo o manual DNIT 005/2003 – TER, as painelas podem atingir a base e é através das trincas, desgastes ou afundamento que de evoluir os chamados popularmente “buracos”. A água chega a amolecer ou desagregar o pavimento, aumentando assim, os afundamentos em trilhas de roda.

A fenda que é uma patologia denominada quaisquer discontinuidades na superfície do pavimento de acordo com DNIT 005/2003 – TER, são divididas em alguns tipos de Trincas: Nas trincas causadas pela repetição de passagem de veículos de cargas: Isoladas (Trincas transversais e longitudinais) ou Interligadas (Couro de Jacaré).

- Trincas Couro de Jacaré: segundo o DNIT 005/2008-TER, é um ponto avançado da fadiga. Estão relacionadas à repetição das cargas de tráfego concentrada nas trilhas de rodas, elas podem aparecer até mesmo em lugares de pouco fluxo de tráfego. Quando não corrigidas, reparadas, essas trincas podem chegar a ter erosões em sua borda, o que levarão a ser chamadas de Trincas de Jacaré com Erosão (T.J.E.). Há também, trincas que não são causadas pela fadiga, estas recebem o nome de Isoladas ou Blocos.
- Trincas Retração: segundo o DNIT (2003a, p. 2), é um tipo de “trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado”
- Trincas Longitudinais: caracteriza-se pela direção predominantemente paralela ao eixo da via. Se sua extensão for de até 100 cm, é denominada trinca longitudinal curta (TLC), e quando a extensão for superior a 100 cm, denomina-se trinca longitudinal longa (TLL). (CNT, 2017; DNIT, 2003a).

- Trincas Transversais: conforme apresentado pela CNT (2017), a trinca transversal apresenta-se em direção perpendicular ao eixo da via, e é classificada pelo DNIT (2003a) de acordo com sua extensão. Se a extensão for de até 100 cm, é denominada trinca transversal curta (TTC), e nos casos em que a extensão for superior a 100 cm, denomina-se trinca transversal longa (TTL)

2.4 Formas de Intervenções

Há três grupos de intervenção no pavimento em geral: a conservação (corretiva, preventiva, periódica e de emergência), a restauração e a reconstrução (melhoramento, de acordo com manual de reconstrução - DNIT-2006).

De acordo com o manual do DNIT (2005), a intervenção do tipo conservação dos pavimentos, “pode ser definida como sendo um conjunto de serviços destinados à preservação do pavimento nas condições em que ele foi originalmente construído ou no estado em que foi posteriormente restaurado.” Existem três modalidades de conservação: rotineira, preventiva periódica e de emergência.

Ainda segundo o manual Dnit (2006b), outro tipo de intervenção é a restauração que são um conjunto de medidas que visam restabelecer todas as características técnicas originais de projeto, ou seja, promover um ciclo de vida maior. A restauração é um conjunto de medidas estruturais, visando a necessidade de um futura alteração do tráfego, com intuito de prolongar a vida útil do pavimento. O propósito desta intervenção é dotar o pavimento existente de um novo aporte estrutural.(DNIT, 2005).

A reconstrução por outro lado de acordo com a Norma Dnit (2006b), é caracterizada com um conjunto de intervenções que oferecem a via novas propriedades ou até mesmo modificar as existentes. No entanto segundo Gonçalves 2007, a reconstrução é a retirada total do material existente de uma via. É recomendado quanto os gastos de uma reconstrução, são ultrapassado pelo custo da restauração.

2.5 Avaliação Funcional do Pavimento

Uma das formas de avaliação do desempenho funcional do pavimento é pelo método Valor de Serventia Atual (VSA) que é regulamentado pela norma DNIT 009/2003-PRO. Esta

norma define as diretrizes a serem seguidas para a avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos.

2.5.1 Valor de Serventia Atual (VSA)

De acordo com a norma DNIT 009/2003-PRO, o Valor de serventia atual é a determinação de sua capacidade de oferecer, na opinião subjetiva do usuário, rolamento suave e confortável em quaisquer condições do tráfego, para que possa ser emitido um diagnóstico das condições do pavimento e de que modo interfere no tráfego de veículos.

O Valor da Serventia Atual de cada trecho é atribuído por cada integrante do grupo por meio da ficha de avaliação padronizada, conforme modelo constante no ANEXO A. Essa ficha classifica a condição do pavimento de acordo com o valor do VSA atribuído, conforme detalhado na Quadro 01.

Quadro 1 - Condição do pavimento de acordo com VSA

| Conceito | VSA |
|-----------------|------------|
| Ótimo | 4-5 |
| Bom | 3-4 |
| Regular | 2-3 |
| Ruim | 1-2 |
| Péssimo | 0-1 |

Fonte: Adaptado de DNIT (2003b)

A norma DNIT 009/2003-PRO, define que depois de obtidos os valores individuais de Serventia Atual deve ser calculada a média do grupo, e se possível deve ser comparada à média de outro grupo. O resultado do grupo menor somente será considerado se as médias diferem no máximo em até 0,30. Ainda assim, este grupo menor deve repetir os procedimentos para a verificação dos resultados, obtendo diferença menor que 0,30.

Ainda de acordo com DNIT (2003b), os resultados para cada trecho de pavimento avaliado são obtidos pela Equação 1.

$$VSA = \frac{\sum X}{n} \quad (1)$$

Onde:

VSA - Valor de Serventia Atual;

X - Valores de Serventia Atual individuais atribuídos por cada membro do grupo;
n - número de membros do grupo de avaliação.

2.6 Dimensionamento de Pavimento

Para defender a importância do dimensionamento de um pavimento, Bernucci et al. (2008, p. 403) cita que:

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 às restrições orçamentárias.

Segundo DNER (1981), para dimensionamento das camadas do pavimento, é necessário conhecer o volume médio de tráfego na via para determinar as especificações do projeto, como Número N, Índice de Suporte Califórnia e o Coeficiente Equivalência Estrutural.

2.6.1 Volume Médio Diário (VMD)

O Volume Médio Diário (VMD) é o “número médio de veículos que percorre uma seção ou trecho de uma rodovia, por dia, durante um certo período de tempo.” (DNIT, 2006c, p. 24).

Esse volume de fluxo de acordo com DNIT (2006c), que melhor representa a utilização ou serviço prestado pela via, usado para indicar a necessidade de novas vias ou melhoria das vias existentes, estima benefícios esperados de uma obra viária.

Esse dado pode ser obtido a partir de séries históricas de tráfego da via, contudo, quando a via em questão não possui esses dados é necessário que sejam determinados por meio da realização de contagens volumétricas.

2.6.1.1 Contagem Volumétrica

De acordo com o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006c), “as contagens volumétricas conforme o ANEXO B, que visam determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos selecionados do

sistema viário, numa determinada unidade de tempo”. Ainda segundo o DNIT (2006c), essas informações são usadas principalmente para subsidiar a análise de capacidade da via, avaliar as causas de congestionamento e de elevados índices de acidentes e para dimensionar as camadas do pavimento. Essas contagens podem ser realizadas nos trechos entre interseções e nas interseções dependendo do fluxo que se deseja identificar.

O DNIT (2006c) define ainda que as contagens volumétricas, podem ser:

- Contagens manuais
- Contagens automáticas
- Videoteipe
- Método do observador móvel

2.6.2 Número ‘N’ – Fator de Dimensionamento do Pavimento Flexível

Segundo o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), o principal fator que influi no dimensionamento adequado dos pavimentos flexíveis é o tráfego que uma via irá suportar em determinado tempo de uso com segurança e conforto adequado. Quando os veículos passam pela via, há um processo de carregamento e descarregamento de cargas das rodas em um ponto fixo da superfície, ao longo de um período. O dano que é causado por estes carregamentos é significativo quando considerado o efeito acumulativos dos veículos que passam pela via, o que determina a resistência de vida à fadiga dos pavimentos. Este mesmo Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), determina que Número “N” é um método, dentro outros, que pode ser utilizado como maneira de dimensionamento da espessura do revestimento asfáltico como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Espessura requerida de acordo com o do número “N”

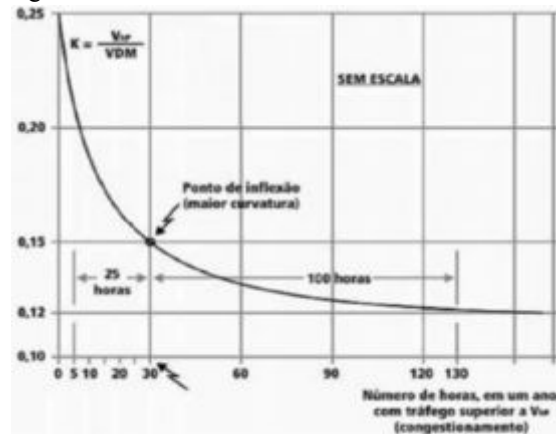
| N | Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso |
|-------------------------------|---|
| $N \leq 10^6$ | Tratamentos superficiais betuminosos |
| $10^6 < N \leq 5 \times 10^6$ | Revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura |
| $5 \times 10^6 < N \leq 10^7$ | Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura |
| $10^7 < N \leq 5 \times 10^7$ | Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura |
| $N > 5 \times 10^7$ | Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura |

Fonte: Manual de Pavimentação – DNIT (2006a)

2.6.3 Método Tradicional da “Curva da Enésima Hora”

Para o cálculo do VMD (Volume Médio Diário) foi utilizado o Método Tradicional da “Curva da Enésima Hora”, que relaciona Volume Horário de Projeto e VMD, obtendo-se um fator K, visto na Equação 2. esse é o valor do eixo das ordenadas correspondente ao ponto de inflexão da curva (como mostra a Figura 03) correspondente a 30 horas de congestionamento em um ano. Tal valor já foi comprovado em exercícios realizados em sala de aula sendo o mais rentável para o Estudo de Tráfego. O volume da trigésima hora é geralmente um critério de uso razoável da capacidade necessária para a rodovia, o qual é muito praticado nos projetos rodoviários (AASHTO, 2001).

Figura 03: Curva da Enésima Hora



Fonte: DNIT 009/2003 – PRO

$$K = \frac{VHP}{VMD} \circ VMD = \frac{VHP}{K} \quad (02)$$

2.6.4 Taxa de Crescimento

A taxa do VMDA é definida pela seguinte Equação 03.

$$TX(\%) = \frac{VMDf - VMDi}{VMDi} \times 100 \quad (03)$$

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006)

Onde:

TX = Taxa de crescimento anual.

$VMDAf$ = Volume Médio Diário do último ano da série histórica;

$VMDAi$ = Volume Médio Diário Anual do início da série histórica;

n = Número de anos da série histórica.

2.6.5 Volume Médio Anual (VMDA)

Segundo o Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), a avaliação dos volumes de tráfego deve levar em consideração as séries históricas existentes de contagens volumétricas que foram coletadas ao longo dos últimos anos. Este estudo é importante para levar em consideração, e definir, a taxa de crescimento anual dos veículos, para que se faça uma projeção futura de atendimento do projeto.

Conforme estabelece o Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) estes dados podem ser coletados no órgão responsável pela jurisdição da rodovia, podendo ser o próprio Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT) ou o Departamento de Estradas de Rodagem (DER) do determinado estado.

É estabelecido por este Manual do DNIT que o VMDA deve projetar um tráfego futuro, de no mínimo dez anos, levando em consideração a taxa de crescimento de veículos da via, com base no estudo da série história e definido pela Equação 04 abaixo.

$$VMDAf = VMDAi \times (1 + i)^n \quad (04)$$

Onde:

$VMDAf$ = Volume Médio Diário na via (futuro);

$VMDAi$ = Volume Médio Diário Anual na via (atual);

n = Número de anos do Período do Projeto;

i = Taxa de crescimento anual.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Classificação da Pesquisa

Este trabalho apresenta uma análise das patologias presentes na superfície do pavimento flexível da Rua José Horton de Moraes, Minas Gerais. Tal abordagem se faz necessária devido à quantidade de patologias e recorrência em que estas vêm sendo

3.3. Etapas da Pesquisa

Para a definição das soluções corretas de recuperação do pavimento em estudo, esta pesquisa compreende a realização de três etapas fundamentais:

- **1ª Etapa:** A primeira etapa desta pesquisa, foi caracterizar o nível de serventia do pavimento do trecho, com base na metodologia do Valor de Serventia Atual (VSA). Esta análise pode determinar o tipo de intervenção necessária para a reabilitação do pavimento.
- **2ª Etapa:** Nesse estágio do trabalho foi demonstrado o tráfego futuro para a projeção correta de veículos que irão passar pelo trecho no horizonte do projeto. Este fator permite que o pavimento seja dimensionado de maneira eficiente, para que a solução funcional adotada tenha garantia de eficiência, em níveis correto de uso, do pavimento existente.
- **3ª Etapa:** Após o estudo da contagem volumétrica de veículos, foram definidas as alternativas de soluções para recuperação do pavimento existente a partir das ocorrências de defeitos deparados pelo método VSA.

4 RESULTADOS

4.1 Apresentação das análises

O estudo de caso é apresentado em forma de tabelas, relatório fotográfico e gráfico, definindo os valores de VSA, identificando assim as patologias encontradas no trecho. O segmento em análise foi dividido em trechos de 200 e 235 metros, sendo uma extensão total de 435 m.

Em cada segmento foram realizadas fotografias, registro das patologias encontradas e anotado valor de VSA (Valor de Serventia Atual) tomado pelo avaliador. conforme demonstra nos Apêndice A e B. Para que o Valor de Serventia pudesse ter estimativa mais aproximada e criteriosa, como solicita a Norma DNIT 009/2003-PRO, foram realizadas diversas caminhadas sobre o pavimento.

Tendo em consideração a importância do método de análise subjetiva e visual, através do VSA, ficou evidente que o trecho se encontra em situação desconfortável de rolamento.

No que diz respeito às deformações permanentes, ou seja, deformações que integram mais camadas do pavimento predomina o conceito “Péssimo”, pois o VSA da rodovia foi 0,86, conforme a Quadro 03, ou seja, necessitando de uma intervenção do tipo reconstrução, não sendo necessária reconstrução das camadas inferiores, somente a reconstrução do revestimento.

Quadro 03 - VSA da Rua José Horton de Moraes

| Trecho | VSA |
|------------------|-------------|
| 1-2 | 1,11 |
| 2-3 | 0,61 |
| Média VSA | 0,86 |

Fonte: O autor.

4.2 Solução de Recuperação

4.2.1 Estudo de Tráfego

O estudo de tráfego para o trecho em estudo foi feito na Rua José Horton de Moraes, no perímetro urbano da cidade de Lambari.

No entanto, o município de Lambari não tem uma série histórica de tráfego no local em estudo. No intuito de chegar na capacidade de tráfego na rua , A solução de recuperação do pavimento existente foi definida pelo método AASHTO que similar ao do DNER. Este parâmetro foi fundamental para o estudo da série histórica e obtenção da taxa de crescimento de cada tipo de veículo, permitindo assim a sua projeção futura. Contudo, quando a via em questão não possui esses dados é necessário que sejam determinados por meio da realização de contagens volumétricas.

De acordo com AASHTO (2001), em áreas urbanas um apropriado volume horário foi determinado por um estudo de tráfego durante os períodos de picos diários. Considerou-se

então, o período da tarde como horário de pico para as contagens em função do tipo de viagem trabalho-casa (horário de almoço). Os valores obtidos se encontram na Tabela 01.

Tabela 01: Contagem Volumétrica

| CONTAGEM VOLUMÉTRICA | | | | | | | | |
|----------------------|----------------|----------------|--------------|--------|-----------|-------|---------------|----------------|
| Data | Horário | Veículos Leves | | Ônibus | Caminhões | Motos | Total 15 Min. | Total Por Hora |
| | | Carros | caminhonetas | | | | | |
| 07/out | 12:00 as 12:15 | 51 | 10 | 1 | 3 | 13 | 78 | 188 |
| | 12:15 as 12:30 | 16 | 3 | 0 | 5 | 8 | 32 | |
| | 12:30 as 12:45 | 11 | 1 | 0 | 2 | 6 | 20 | |
| | 12:45 as 13:00 | 29 | 7 | 0 | 4 | 18 | 58 | |
| 08/out | 12:00 as 12:15 | 35 | 2 | 1 | 3 | 10 | 51 | 162 |
| | 12:15 as 12:30 | 15 | 5 | 0 | 6 | 15 | 41 | |
| | 12:30 as 12:45 | 12 | 3 | 0 | 2 | 8 | 25 | |
| | 12:45 as 13:00 | 20 | 6 | 0 | 7 | 12 | 45 | |
| 09/out | 12:00 as 12:15 | 31 | 1 | 1 | 4 | 7 | 44 | 150 |
| | 12:15 as 12:30 | 11 | 4 | 0 | 1 | 9 | 25 | |
| | 12:30 as 12:45 | 18 | 4 | 0 | 6 | 12 | 40 | |
| | 12:45 as 13:00 | 22 | 7 | 0 | 3 | 9 | 41 | |
| 10/out | 12:00 as 12:15 | 39 | 5 | 1 | 5 | 10 | 60 | 161 |
| | 12:15 as 12:30 | 9 | 2 | 0 | 2 | 12 | 25 | |
| | 12:30 as 12:45 | 15 | 3 | 0 | 8 | 11 | 37 | |
| | 12:45 as 13:00 | 25 | 5 | 0 | 2 | 7 | 39 | |
| 11/out | 12:00 as 12:15 | 44 | 7 | 1 | 0 | 14 | 66 | 174 |
| | 12:15 as 12:30 | 23 | 1 | 0 | 2 | 11 | 37 | |
| | 12:30 as 12:45 | 7 | 6 | 0 | 1 | 18 | 32 | |
| | 12:45 as 13:00 | 24 | 6 | 0 | 1 | 8 | 39 | |

Fonte: Contagem Volumétrica

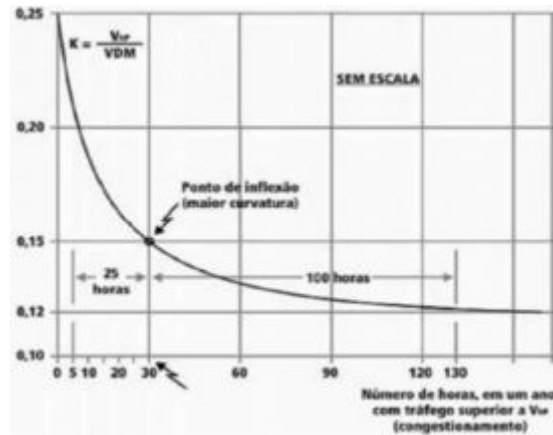
Conforme Manual do DNIT – 2006, para o estudo de tráfego da via se fez necessário, primeiramente, atualizar os valores contados em campo utilizando um fator de equivalência que possibilita a transformação de um tráfego misto em Unidades de Carros de Passeio (UCP). O cálculo será efetuado apenas com os valores máximos obtidos (destacados Tabela 01), pois, é através dele que será apresentado o VMD da via. Os fatores de equivalência são: 1 (carros de passeio e caminhonetas); 1,5 (ônibus); 2 (caminhões) e 0,5 (motocicletas). Após a conversão, obtém-se o volume total de pico contabilizado em campo que foi de 180 UCP/h.

Através das contagens volumétricas realizadas foi encontrado o VHP (Volume Horário de Projeto) do trecho, ou seja, o maior volume de tráfego horário no período de contagem. No trecho em questão, o maior volume de tráfego ocorreu no dia 07 de outubro de 2019, totalizando 188 veículos.

Para o cálculo do VMD (Volume Médio Diário) foi utilizado o Método Tradicional da “Curva da Enésima Hora”, que relaciona Volume Horário de Projeto e VMD, obtendo-se um fator K. Utilizou-se 0,15, pois, esse é o valor do eixo das ordenadas correspondente ao ponto de inflexão da curva (como mostra a Figura 05) correspondente a 30 horas de congestionamento em um ano. Tal valor já foi comprovado em exercícios realizados em sala

de aula sendo o mais rentável para o Estudo de Tráfego. O volume da trigésima hora é geralmente um critério de uso razoável da capacidade necessária para a rodovia, o qual é muito praticado nos projetos rodoviários (AASHTO, 2001).

Figura 05: Curva da Enésima Hora



Fonte: DNIT 009/2003 – PRO

$$VMD = \frac{VHP}{K} \quad \text{e} \quad VMD = \frac{180}{0,15} \quad \text{e} \quad \mathbf{VMD = 1200 \text{ UCP/Dia}} \quad (04)$$

- Carros e Caminhonetes = 71,0%
- Ônibus = 1,0%
- Caminhões = 15,5%
- Motos = 12,5%

Segundo o Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), para obter a taxa de crescimento anual de veículos que trafega pela via é preciso ter como base a série histórica do VMD da rua, como a prefeitura não possuía para disponibilização aderimos por fazer a média de caminhões e ônibus durante um dia e diminuimos 3% ao ano, como sugere o DNIT, 2006, p. 234. Assim a taxa de crescimento foi adquirida a partir da (Equação 05):

Equação 05: Equação para determinação da taxa de crescimento anual

$$TX(\%) = \frac{VMD_f - VMD_i}{(n-1) \cdot VMD_i} \times 100 \rightarrow TX(\%) = \frac{198 - 146}{(10-1) \cdot 146} \times 100 = 3,96\% \text{ ao ano} \quad (05)$$

Fonte: Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006)

De acordo com a taxa de crescimento atual é possível definir o VMD de 2019 de acordo com a (Equação 06).

$$VMD_{af} = VMD_i \times (1 + i)^n \rightarrow VMD_{2019} = 146 \times (1 + 3,96\%)^{10} = 215 \text{ veículos/dia} \quad (06)$$

Definido o VMD atual é possível definir o VMD de Horizonte de Projeto, sua projeção deve ser no mínimo de 10 anos, logo em 2029, conforme o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006) (Equação 07).

Equação 07: VMDA 2029

$$VMD_{af} = VMD_i \times (1 + i)^n \rightarrow VMD_{2029} = 215 \times (1 + 3,96\%)^{10} = 317 \text{ veículos/dia} \quad (07)$$

Fonte: Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006)

Para a determinação do número “n” foi feita uma avaliação partindo-se do VMDA identificando qual situação se encontra o tráfego. De acordo com o documento IP – 02/2004 Classificação das Vias, estabeleceu-se a seguinte diretriz: - Tráfego Pesado - Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou Ônibus em número de 301 a 1000 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de 2 x 10⁷ solicitações do eixo simples padrão (80kN) para o período de projeto de 10 anos a 12 anos.

Em função do número “n” temos a espessura que deverá ser adotada para o revestimento asfáltico.

Quadro 04: Parâmetros da espessura do revestimento em relação ao Número “N”

| N | Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso |
|-------------------------------|---|
| $N \leq 10^6$ | Tratamentos superficiais betuminosos |
| $10^6 < N \leq 5 \times 10^6$ | Revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura |
| $5 \times 10^6 < N \leq 10^7$ | Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura |

| | |
|-------------------------------|--|
| $10^7 < N \leq 5 \times 10^7$ | Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura |
| $N > 5 \times 10^7$ | Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura |

Fonte: Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006)

Adotou-se, portanto, a espessura de 10 cm para o revestimento asfáltico, propondo uma intervenção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o estudo da rua em questão, pode-se concluir que, é necessário fazer a regularização do Subleito, a regularização da Base e a reconstrução do Pavimento, que, como apresentam problemas de infiltração, já que o pavimento está a muito tempo com vários tipos de patologia do tipo de panelas e trincas do tipo “couro de jacaré”, que causaram infiltração na base do pavimento, comprometendo a funcionalidade do mesmo. A espessura da via existente não atende, após verificado nos cálculos, é necessária uma espessura maior do pavimento, já que a via estudada possui tráfego intenso de veículos pesados e além do sub dimensionamento da espessura da camada de pavimento, a drenagem existente também possui defeitos como acúmulo de poças d’água, escoamento superficial lento e falta de bocas de lobo, e isso acaba contribuindo para a deterioração do pavimento. Reconstruindo o pavimento com Concreto Betuminoso Usinado Quente (CBUQ), na espessura calculada e regularizando o Subleito e a Base, a via se tornaria ideal para um tráfego intenso, tornando uma via conforme a norma estabelece.

Para que se garanta uma boa trafegabilidade e um desgaste adequado do trecho em estudo é de suma importância o entendimento que a prática comum do município como operações tapa-buracos não soluciona o problema e sim gera retrabalho. A proposta do estudo é a solução definitiva e a longo prazo do problema com a reconstrução da via de acordo com os resultados obtidos neste estudo.

FLEXIBLE FLOOR PATHOLOGY SURFACE METHOD EVALUATION: Lambari - MG Public Road Case Study to Provide Functional Recovery Solutions

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the functional situation of the flexible pavement José Horton de Moraes Street, in the Ceramics district of Lambari. As for your level of traffic comfort, safety and economy of users passing through it, develop an economically viable recovery solution. The road under study is of great importance for the development of the city of Lambari - MG, giving access to the main points of the city like Parque das Águas, schools, companies and highways that access other cities, serving the route of some trucks. Through the VSA method No attributes assigned a score from 0 to 5 on the floor, variable values were assigned to two sections and then calculated the total average of the street. By tables, photos an actual snippet situation has been traced, no need to restoration level, ie just asphalt cover, and so elaborated accurate and appropriate to improve the process.

Keywords: Pathology. Flexible Pavement. Current Value Of The Service.

REFERÊNCIAS

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica: formação para engenheiros**. Rio de Janeiro: ABEDA, 2008.

BROCHADO, Matheus Matos Lepsqueur. **Estudo da viabilidade do asfalto pré - misturado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/6383/1/20968850.pdf>. Acesso em: 15 Ago. 2019.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte Rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** Brasília: CNT, 2017. Disponível em: http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_pavimentos_ nao_duram.pdf. Acesso em: 10 Ago. 2019.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de pavimentação**. 2ª Edição, Rio de Janeiro, 1996. 320p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação**. IPR. Publ.719. Rio de Janeiro. 2003a.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 005/2003 – TER**. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos. Rio de Janeiro. 2003a.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 009/2003 – PRO**. Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos – Procedimento. Rio de Janeiro. 2003b.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Conservação Rodoviária**. IPR. Publ. 710. Rio de Janeiro. 2005.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. IPR. Publ. 720. Rio de Janeiro. 2006b.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de estudos de tráfego**. IPR. Publ. 723. Rio de Janeiro. 2006c.




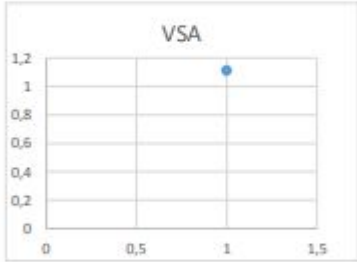
Google Maps. **Rua José Horton de Moraes em Lambari, MG**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/R.+Jos%C3%A9+Horton+de+Mor%C3%A3es,+Lambari+-+MG,+37480-000/@-21.9657968,-45.3551463,16.25z/data=!4m5!3m4!1s0x94cb19a0a902de45:0x9efcfffad613fdd24!8m2!3d-21.9684478!4d-45.3530305>. Acesso em: 30 ago. 2019.

GONÇALVES, F.J.P. **Diagnóstico e manutenção de pavimentos: ferramentas auxiliares**. Passo Fundo: Ed. Universidade, 2007.

GONÇALVES, F.J.P. **O desempenho dos pavimentos flexíveis**. Edição 1999.

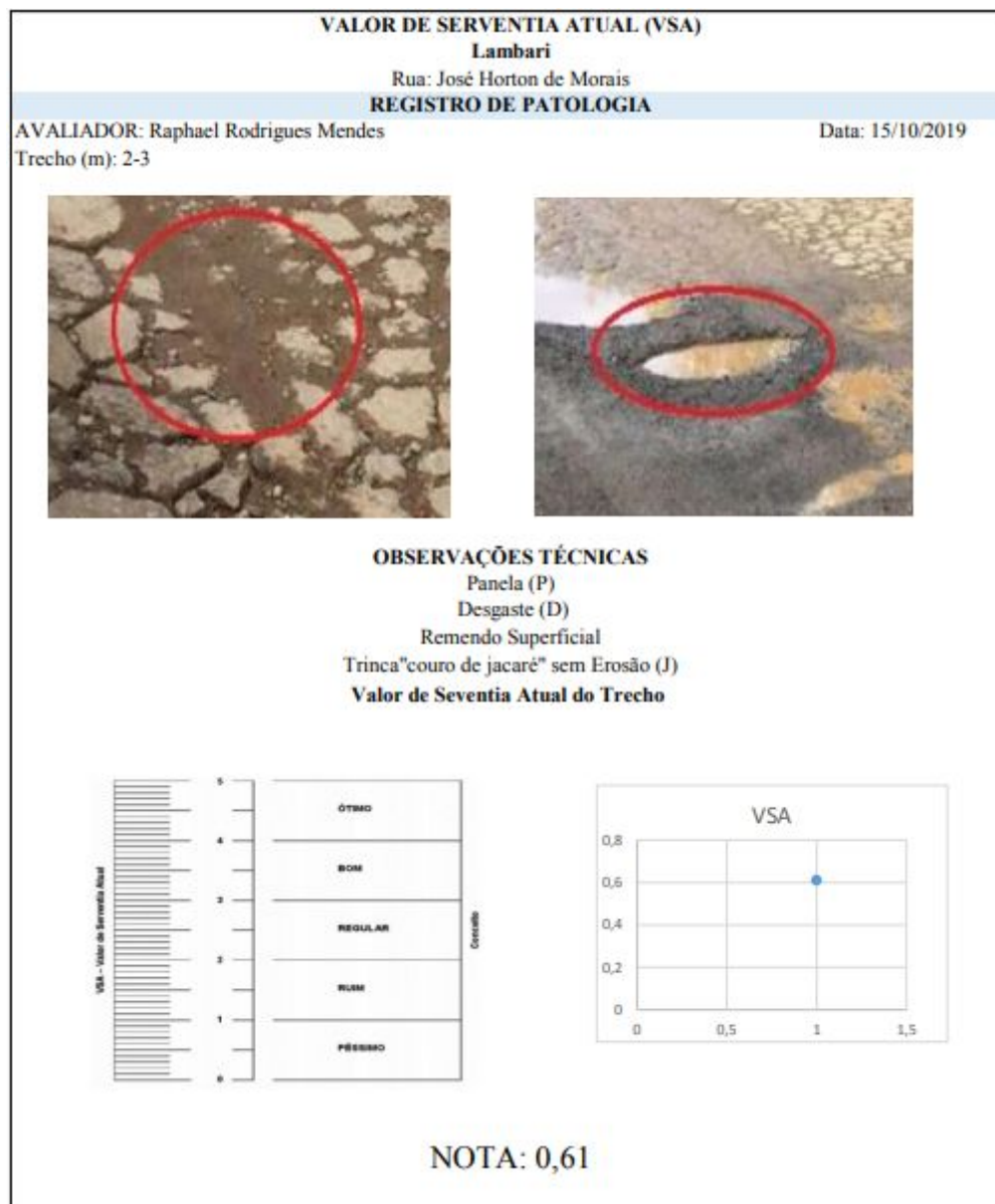
MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **Pavimentação**. Notas de Aula da Disciplina de Pavimentação. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006. Disponível em: <http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2009/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2019.

APÊNDICE A – Relatório VSA - Trecho 1-2

| VALOR DE SERVENTIA ATUAL (VSA) | |
|---|--|
| Lambari | |
| Rua: José Horton de Moraes | |
| REGISTRO DE PATOLOGIA | |
| AVALIADOR: Raphael Rodrigues Mendes | Data: 15/10/2019 |
| Trecho (m): 1-2 | |
|  |  |
| OBSERVAÇÕES TÉCNICAS | |
| Pavimento (P) | |
| Desgaste (D) | |
| Trinca "couro de jacaré" sem Erosão (J) | |
| Valor de Serventia Atual do Trecho | |
|  |  |
| NOTA: 1,1 | |


Fonte: O autor.

APÊNDICE B – Relatório VSA - Trecho 2-3



Fonte: O autor.

ANEXO A – Ficha de avaliação do VSA

| | | | |
|---|---|---------|----------|
| VSA – Valor de Serventia Atual  | 5 | ÓTIMO | Conceito |
| | 4 | BOM | |
| | 3 | REGULAR | |
| | 2 | RUIM | |
| | 1 | PÉSSIMO | |
| | 0 | | |
| Rodovia: _____ | | | |
| _____ | | | |
| Observações: _____ | | | |
| _____ | | | |
| Nº do Avaliador: _____ | | | |
| _____ | | | |
| Data: ____/____/____ | | | |
| _____ | | | |
| _____ Índice geral | | | |

Fonte: DNIT (2003b)

