

ANÁLISE DE PAVIMENTO FLEXÍVEL: Estudo de um trecho crítico na rodovia José Roberto Pena

Autor: Juliana Nayara Barros¹

Orientadora: Laisa Cristina Carvalho²

Resumo

Este artigo teve como propósito analisar um trecho crítico na rodovia José Roberto Pena localizado em Cristais Minas Gerais, que se inicia no Km 9 seguindo até o Km 11 que liga a BR- 369. O método utilizado para análise foi o Valor de Serventia atual VSA, um procedimento baseado na interpretação subjetiva que possibilita detectar e conceder os valores do nível de serventia conforme as condições e patologias existentes no pavimento em cada trecho, com a compreensão para o grau de conforto e segurança na trajetória dos veículos de passeio. Com a reunião dessas informações atingidas pelo VSA, foi possível apurar com autenticidade a situação em que se encontra a via e compreender que no trecho necessita urgentemente de restaurações e manutenções.

Palavras chaves: Patologia, Valor de Serventia Atual e Trecho.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a situação das rodovias brasileiras é um dos grandes problemas do país, pois não tem recebido a atenção necessária pelos órgãos responsáveis da área de transporte, o que deveria ser alvo de muita atenção, pelo fato de promover o deslocamento de bens e pessoas, o desenvolvimento do país e a manutenção do crescimento da economia entre as regiões.

Segundo os dados da CNT (Confederação Nacional de transporte) de 2016, nos anos

¹Juliana Nayara Barros, estudante do 10º Período do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário do Sul de Minas Gerais (UNIS). E-mail: juliana_barros_@hot mail.com.

²Laisa Cristina Carvalho, professora do 10º Período do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário do Sul de Minas Gerais (UNIS). E-mail:laisa.carvalho@unis.edu.br

de 2015 a 2016, houve um aumento significativo de 26,6% nos números de pontos críticos. A pesquisa ainda aponta que os problemas no pavimento geram um aumento médio de 24,9% no custo operacional do transporte. Esses custos aumentam juntamente com as ocorrências de acidentes, prejuízos ao condutor e impactos ao meio ambiente.

De acordo com a Política Nacional de Trânsito, os órgãos e entidades do Sistema nacional de Trânsitos são responsáveis por adotar medidas que assegurem a todos um trânsito em condições seguras, garantindo assim o direito de todos ir e vir em segurança.

A falta de investimento contribui para o aparecimento de patologias, pois afeta a avaliação do pavimento de tal forma que sem investimento não a como realizar constantes avaliações da estrutura. A análise da estrutura indica o quanto o nível de serviço está comprometido, qual é o risco que as patologias oferecem, qual é o grau de conforto da via e qual é a melhor condição de reparo.

Sendo assim, o trabalho teve como objetivo avaliar o nível de serventia atual pelo método baseado na interpretação individual de um trecho rodoviário, com a finalidade de averiguar de forma subjetiva a degradação do pavimento, com o propósito de diagnosticar as patologias encontradas e indicar soluções adequadas para o local em estudo.

Portanto, este estudo visa analisar e identificar as patologias de um trecho da rodovia do sul de Minas Gerais, que apresenta uma vasta diversidade de defeitos, comprometendo assim as condições de segurança, conforto e serviço, com base na análise subjetiva dos métodos elaborados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

2 PAVIMENTO

O pavimento é responsável por receber e distribuir as cargas recebidas pelos veículos que trafegam sobre ele, oferecendo plenas condições ao tráfego e em condições seguras.

Para Balbo (2007), o pavimento é como uma estrutura não perene, constituída por camadas sobrepostas de materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, apropriado para atender estruturalmente e operacionalmente ao tráfego intenso de veículos, de forma duradoura e ao mínimo custo possível, considerando diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação obrigatórios.

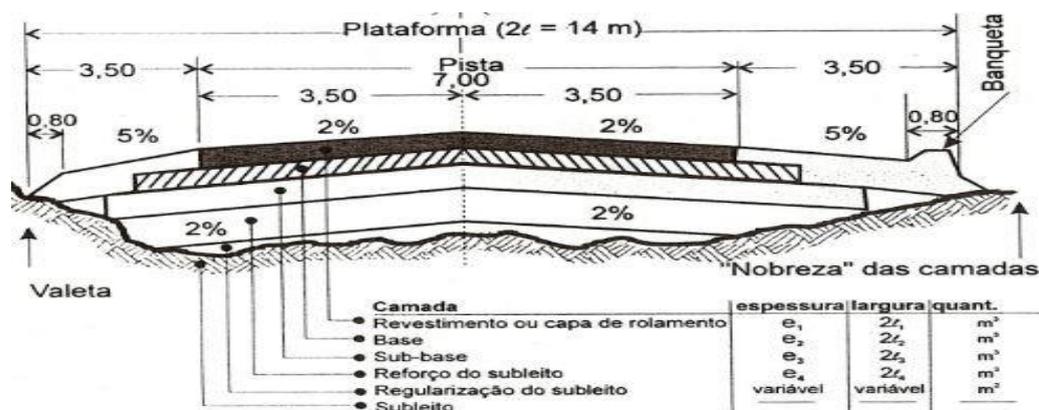
Na opinião Santana (1993), o pavimento é a construção de uma estrutura composta basicamente por camadas sobre a superfície de um local contemplando os serviços de terraplenagem, tendo como essencial função estabelecer ao usuário conforto segurança durante o trajeto percorrido, estes critérios devem ser obtidos conforme as exigências, visando a máxima qualidade e custo reduzido.

2.1 Pavimento flexível

Na visão de Silva (2008), o pavimento pode ser compreendido como uma estrutura construída sobre um terreno de fundação, com a obrigação de conter a resistência suficiente para suportar as ações das cargas de roda dos veículos e as ações do tempo (variação térmica e higrométrica).

Como descrito por Medina (1997), o pavimento flexível é definido por ser constituído por um revestimento betuminoso sobre a base granular ou de solo estabilizado granulometricamente. Porém, do ponto de vista de Pinto (2002), pavimento flexível é aquele em que suas camadas sofrem uma deformação elástica de forma considerável, de acordo com o carregamento em que é submetido, repartindo suas cargas em parcelas proporcionais entre suas camadas. A acomodação das tensões e deformações formadas no alicerce pelas cargas de roda dos veículos, sucede pelo fato das camadas de revestimento e base amenizarem as tensões verticais de compressão no subleito, através da absorção ou seja, tensões cisalhamento. Um bom exemplo de seção típica do pavimento flexível, é exposto na figura 1.

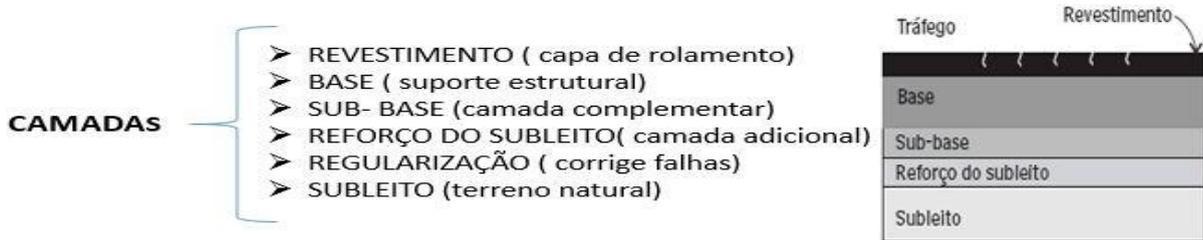
Figura 1: Seção típica de um pavimento flexível em concreto asfáltico



Fonte: Senço, W. 1997

Assim, o comportamento estrutural recebe e transmite esforços de forma a reduzir pressões sobre as camadas inferiores. O mesmo depende da espessura de cada camada, da rigidez destas e do subleito, bem como a interação entre as diferentes camadas do pavimento.

Figura 02: Camadas constituintes do pavimento.



Fonte: Dnit 005/2003 –TER

A camada estrutural mais importante é a base, pois é ela que tem a missão de receber as tensões do tráfego de veículos e ao mesmo tempo distribuir os esforços antes de transmiti- los à sub- base ou reforço do subleito.

2.2 Defeitos causado no pavimento

Pode- se definir o defeito por qualquer abertura na superfície do pavimento, induzindo aberturas de menor ou maior porte. A mesma é disposta longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, tendo sua ocorrência em qualquer lugar do pavimento, acontecem muitas das vezes por falha na construção, de estrutura ou de suporte destruindo o pavimento por inteiro ou em pontos isolados

Os danos, acontecem por muitos fatores como por exemplo: as ações climáticas com o calor e a chuva, que afeta diretamente as camadas do pavimento; por erros de projetos e de execução, inclusive no emprego do material de baixa qualidade, o que intensifica mais ainda os problemas de conservação dos pavimentos e de toda a sua estrutura e o tráfego de veículos comerciais, que causam desnível na rodovia através das rodas pneumáticas, pois o asfalto possui flexibilidade, uma das propriedades do revestimento.

Portanto, as falhas que ocorrem no pavimento são pelo fato das misturas serem feitas

de materiais viscoelásticos, desta forma quando é submetida ao carregamento contínuo podem romper por trincamento, fadiga, deformação permanente ou por uma combinação desses mecanismos de degradação.

2.2.1 Identificação do defeitos

De acordo com o Baldo (2007), diagnosticar o tipo de defeitos não é uma trabalho simples, pois existem muitas terminologias diferentes que pode ser empregado para designar o tipo de defeito. Os mesmos são classificados como:

Defeitos estruturais, é aquele que compromete a capacidade do pavimento de resistir às cargas oriundas do tráfego, ou seja, a estrutura do pavimento.

O defeito funcional é aquele que compromete as boas condições de rolamento da via, ou seja, o conforto do usuário e a segurança quanto à derrapagem. Neste caso, segue abaixo os tipo de defeitos que constam na Norma DNIT 005/2003 –TER.

Figura 03: Resumo dos Defeitos – Codificação e Classificação das patologia

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3

Fonte: Dnit 005/2003 –TER

Figura 04: Continuação do resumo dos Defeitos – Codificação e Classificação das patologias

OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos		Remendo Superficial		RS
		Remendo Profundo		RP

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

- FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.
- FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.
- FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

Fonte: Dnit 005/2003 –TER

As figuras 3 e 4 acima, exibe cada tipo de feitos que constam Norma DNIT 005/2003 –TER, com suas respectivas definições.

2.3 Avaliação do pavimento

Para um nível de serviço de uma rodovia ser considerado bom, os critérios principais a serem examinados são as características que proporcionam um tráfego agradável, com conforto e segurança. As informações sobre a atual situação da rodovia indicam qual é o nível de serviço, no instante de suas avaliações, para que sejam tomadas as decisões sobre as intervenções a serem efetuadas na via.

O método de VSA, é um procedimento baseado na interpretação individual, ou seja, subjetiva, é feita por um grupo de avaliadores que percorrem o trecho sob análise, é vão inventariando suas opiniões sobre a competência do pavimento em atender as diretrizes do tráfego que sobre ele atua, no instante da avaliação, em acordo com a suavidade e conforto.

Segundo o Dnit 009/2003 – pro, (2003), o VSA exibe qual a capacidade de interação entre veículo na via em uma velocidade ponderada e apresenta o quanto a via está desgastada em

termos de trincas, panelas ou buracos, ondulações e afundamentos de trilha de roda, entre outras patologias. Desta maneira, a VSA deve assegurar, do ponto de vista particular de acordo com a norma Dnit 009/2003 – pro (2003), um rolamento confortável e agradável em determinado momento, independente das condições de tráfego.

Para encontrar o VSA, é necessário uma ficha de avaliação, na qual deve conter opinião de cada avaliador em uma escala numérica de 0 a 5, onde VSA será alcançado pela média das notas de cada avaliador, visando o conforto ao rolamento em um determinado trecho. Cada avaliação particular deve apresentar o Valor de Serventia Atual do pavimento, fundada na experiência do membro do grupo que, durante sua atividade profissional, tenha conduzidos veículos e examinado extensões razoáveis de rodovias, Dnit 009/2003 – pro.

O VSA pode ser interpretado de acordo com a relação ao tráfego ou tempo, descrevendo o desempenho do pavimentos diante a variação da serventia ao longo da vida útil do pavimento.

Figura 05: Níveis de Serventia.

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

Fonte: DNIT (2003).

Para a investigação do VSA, é necessário analisar as instruções de acordo com o Dnit 009/2003 – pro, na figura abaixo.

Figura 06: Instruções do Dnit 009/2003 – pro

Considerar	Não pode
O trecho de pavimento como se fosse para uma rodovia de tráfego intenso e constituído de veículos comerciais e de passageiros, devendo ser avaliado determinando o Valor de Serventia Atual.	Considerar, na avaliação, a resistência à derrapagem do revestimento, grandes depressões resultantes de aterro, cruzamentos ferroviários, irregularidades nos acessos das pontes e irregularidades ocasionais devidas a recalques de bueiros.
Somente o estado atual da superfície, sem se importar se o mesmo possa-se romper no futuro, de tal maneira que ainda possa ser classificado como bom.	Ignorar os aspectos do projeto geométrico do trecho da rodovia que está sendo avaliada (alinhamento, largura do acostamento, largura do revestimento, etc.)
Principalmente os buracos, ou qualquer topo, seja elas irregulares transversais ou longitudinais da superfície.	Ser feita condições climáticas desfavoráveis, como chuva, neblina, nevoeiro etc.

Fonte: Dnit (2003).

Para fazer a análise de cada extensão do pavimento o Dnit 009/2003 – pro, destaca que os resultados obtidos de cada trecho necessitam ser comparadas separadamente por meio da equação 01:

Equação 1 - Valor de Serventia Atual

$$\underline{VSA = \frac{\sum X}{n}}$$

Onde: VSA = Valor de Serventia Atual;

X = Valores de Serventia Atual individual atribuído por cada membro do grupo;

n - número de membros do grupo de avaliação.

NOTA: Para a determinação do Valor de Serventia Atual, devem ser escolhidos, previamente, trechos homogêneos, com extensão máxima de 2 quilômetros, após rápida inspeção prévia pela equipe de avaliadores.

3 METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado é o exploratória, onde foram usadas as técnicas de coleta de dados juntamente com pesquisas bibliográficas no assunto de pavimentos flexíveis e tipo de patologias em livros, normas, publicações e artigos técnicos, com o intuito de reunir um levantamento de dados que será lido, analisado e interpretado, fazendo referência a opiniões de diferentes autores.

Para a elaboração desta análise, foi realizado um estudo de caso na Rodovia José Roberto Pena, na cidade de Cristais, em Minas Gerais, onde a via analisada encontra-se em péssimas condições de tráfego. Dessa maneira, foi preciso delimitar uma extensão da via no qual foi determinado os trechos do Km 9,10 e 11, sendo assim os mais afetados. O trecho delimitado foi verificado minuciosamente seccionado em frações de um quilômetro (1 km), com o objetivo de identificar e atribuir os valores do nível de serventia conforme as condições e patologias existentes no trecho, com a compreensão para o grau de conforto e segurança no trajeto de veículo de passeio.

Em seguida, o trecho foi percorrido em caminhada, avaliando e catalogando com fotografias as patologias existentes e atribuindo valores para o nível de serventia, Após estes

procedimentos, foi utilizado o método do Valor de Serventia Atual (VSA), de acordo as orientações prescritas na Norma Dnit 009/2003 – pro, citado no item 2.3, com o objetivo de atribuir uma análise superficial das patologias em pavimentos flexíveis.

Com os dados obtidos do VSA, foi possível identificar com precisão a situação em que se encontra a via e compreender que no trecho necessita urgentemente de restaurações e manutenções, deste modo o pavimento foi redimensionado conforme a projeção de tráfego futuro para um período de 10 (dez) anos.

4 RESULTADOS

4.1 Estudo de caso

O trabalho foi realizado em Cristais, Minas Gerais. O município tem uma extensão total 628,4 km², aos seus arredores encontra-se os municípios de Aguanil, Candeias e Boa Esperança, a mesma se localiza a 24 km de Campo Belo, a maior cidade no seu limítrofe. O trecho escolhido para o estudo encontra-se na Rodovia José Roberto Pena, foi delimitado apenas os km 9,10,11 da via, conforme a figura abaixo.

Figura 07: Trecho delimitado em estudo



Fonte: Google Maps (2018).

Outro fator importante da via é a ligação que faz com Br- 369 uma rodovia federal.

Apesar da cidade conter uma população pequena, a mesma conta com um ótimo mercado de trabalho, gerando emprego até mesmo para cidades vizinhas. No entanto o acesso a Cristais pela via em estudo encontra-se em estado crítico, repleta de defeitos.

Para estabelecer a situação de superfície do pavimento e identificar as patologias no trecho, foi realizado a análise de conforto em relação aos passageiros em veículos de passeio é também feito um levantamento fotográfico in loco com as imperfeições existentes da via.

Visto que o método utilizado para esta análise foi o Valor de Serventia Atual (VSA), prescrito no item 2.3, com a finalidade de identificar e atribuir os valores do nível de serventia, conforme as condições e patologias existentes no segmento, com este método será possível fazer a classificação de acordo com a figura 5, com objetivo de alcançar a classificação do padrão de conforto do trecho em estudo, e assim propor solução das patologias encontradas na via. Conseqüentemente os trechos foram examinados, listados e avaliados, conforme solicitado pelo método VSA, para assim atingir o resultado a cada um quilômetro do segmento.

Analisando o km 9, é fácil a identificação das patologias conforme mostrado nas figuras abaixo, é verificado várias panelas na pista de rolamento com um alto grau de severidade. Esse tipo de defeito pode ocorrer pela acumulação de solicitações do tráfego com o tempo, por falha na compactação, umidade extensa nas camadas do pavimento entre outros fatores.

Figura 07: Panelas ou buracos



Fonte: Autor 2018

O desgaste do pavimento aparece por quase todo o trecho, essa patologia está condicionada aos problemas executivos ou da concepção das misturas. Além disso, pode ver

na figura afundamentos nas trilhas de rodas e remendos no revestimento em situação de deterioração, assim a classificação de acordo com VSA o nível de serventia é 1,0.

Figura 08: Desagregação dos agregados



Fonte: Autor 2018

O trecho do Km 10, encontra-se com trincas transversais que pode ser causada pela reflexão das juntas ou também por retração da camada do revestimento, por trincas longitudinais, um dos motivos das ocorrência e a má aplicação da junta de construção ou pelo estágio inicial da fadiga, os buracos ainda estão presente nesse trecho, junto com trincas tipo couro jacaré causada por variações térmicas.

Figura 09: Trincas da superfície do pavimento



Fonte: Autor 2018

Sendo assim, o nível de serventia do km 10 foi de 1,5, pertinente as patologias expostas e níveis de severidade baixo, médio e alto.

O Km 11 apresenta várias remendos, com níveis de severidade de grau baixo e médio. O remendo não é praticamente um defeito, pois é uma técnica de conservação do revestimento asfáltico, mas quando não é executado de maneira apropriada se torna uma patologia ainda maior, como mostra figura. Também é detectado o escorregamento no decorrer do trajeto, desnível entre pista e acostamento, buracos e desgaste das camadas superficiais, teve como avaliação de 2,5 em seu nível de serventia.

Figura 10: Remendos na superfície asfáltica



Fonte: Autor 2018

Em seguida, com o valor de VSA de cada trecho, encontra-se o valor médio do nível de serventia atual segundo a equação 01, descrito no item 2.2, obtendo o resultado conforme a tabela abaixo com o valor médio total 1,67, acusando que o trecho analisado é diagnosticado como ruim.

Tabela 01 - Valor de Serventia Atual Médio da Rodovia José Roberto Pena – Km 9 a 11.

Trecho (Km)	Nível de Serventia
9 a 10	1
10 a 11	1,5
11 a Br 369	2,5
Valor de Serventia Atual Médio	1,67

Fonte: Autor (2018).

Diante dos resultados apresentados, comprovou-se que o pavimento excedeu a sua

vida útil, portanto o trabalho tem como proposta de solução a remoção de todo o pavimento atual e a realização de um novo pavimento, dimensionado para os próximos 10 (dez) anos.

4.2 Estudo de tráfego

Para o estudo de tráfego, foi realizada a contagem dos veículos no trecho em análise, onde os resultados estão demonstrados na Tabela 02, assim foi possível estabelecer a série histórica para projetar o valor da taxa de crescimento para determinação do tráfego futuro.

Tabela 02 - Volume Diário Anual da rodovia José Roberto Pena

Trecho	Categoria	Revesti .	Passeio	Coletivo	Carga Média	Carga pesada	Articulado	VMDA
ENTR MGC369 /Cristais	PAV.	CBUQ	704	11	73	55	17	860

Fonte: Autor (2018).

A prefeitura de Cristais em 2017, realizou um estudo no qual estimou que o Volume Médio Diário Anual (VMDA) foi de 783 veículos por dia, dessa forma é possível estabelecer uma taxa de crescimento para o ano vigente e para os próximos 10 anos.

De acordo com o Manual de Estudo de Tráfego, Dnit (2006), o método estabelecido para os cálculos foi o Método Exponencial, no qual o fator de correção é a relação entre o volume para o ano de 2018 e o volume para o ano de 2017, sendo t (taxa de crescimento) = 9,83%, conforme apresentado:

$$\left(\frac{VMDA_{Af}}{VMDA_{Ai}} \right) * 100 \rightarrow \frac{860}{783} = 1,0983$$

Entretanto, devido à limitada parcela de dados acessível do VMDA, a taxa de crescimento calculada pode ser considerado alta, em concordância com o Dnit (2006), as taxas de crescimento anuais de oscilação para o método exponencial são um tanto lentas,

sendo comum considerar a taxa de 3%, valor próximo à taxa de crescimento econômico do país, desta maneira a taxa considerada será a média entre a calculada e a apontada pelo DNIT, equivalente à taxa de 6,42% ao ano impossibilitando que o pavimento seja superdimensionado.

$$\text{taxa de crescimento (adotada)} \frac{9,834+3}{2} = 6,42\%$$

Sendo assim, a projeção estimada para o ano 2028, empregando o fator de correção para os próximos 10 anos será de 1558 veículos por dia, sendo este o valor considerado do VMDA para o dimensionamento do pavimento, de acordo com a Tabela 03 do apêndice C.

4.3 Dimensionamento do pavimento flexível

Diante dos estudos realizados, para a execução do novo pavimento, foi possível desenvolver uma estrutura para suportar os esforços solicitantes dos veículos além de atender às condições de conforto e segurança para os usuários, desta forma, para o correto dimensionamento do pavimento, seguiu-se os princípios e premissas do Manual de Pavimentação e o Manual de Estudos de Tráfegos do Dnit (2006).

Assim, o pavimento foi dimensionado com uma vida útil de projeto de 10 anos, usando como base os valores obtidos no Estudo de Tráfego, com o propósito de determinar o número N, porque é o número de solicitações que é aplicado no pavimento, encontrado nas seguintes etapas:

- a) Volume de Tráfego para um sentido, utilizando o VMDA do ano vigente:

$$V_m = \frac{913 * [2 + (10-1) * 6,42/100]}{2} = 1164,44 \text{ Veículos}$$

- b) Determinação do Fator de Veículo:

Desconsiderando os automóveis, ônibus e veículos de carga leve. Considerando 70% dos veículos comerciais com carga máxima legal, 10% com sobrecarga e 20% vazios, de acordo com a Tabela 04 do apêndice D.

c) Fator de Climático Regional:

Valor estabelecido pelo Manual de Tráfego DNIT (2006), valor considerado para FR=1

d) Fator Direcional (c):

Conforme Tabela 05, $c = 50\%$ ou 0,5.

e) Cálculo de N ($N = V_t \times 365 \times P_x \times FV \times FR \times C$):

Tabela 05 - Cálculo do Número N

Nº de Veículos	Quant. dias/Ano	Período (anos)	FV	FR	c	Carga pesada
263	365	10	11,63	1,00	0,50	$5,58 \times 10^6$

Fonte: Autor (2018).

f) Espessura do Revestimento Betuminoso:

Em conformidade com a definição de N, a espessura do revestimento adotado de acordo com a Tabela 06, foi 7,5 centímetros de Concreto Betuminoso.

$10^6 < 5,58 \times 10^6 \leq 10^7 = \text{Concreto Betuminoso com } 7,5 \text{ cm de espessura.}$

Tabela 06 - Espessura Mínima do Revestimento Betuminoso.

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos 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: DNIT (2006).

g) Camadas do Pavimento.

Para determinar a espessura total do pavimento o valor de Ensaio Geotécnicos

(CBR) para o dimensionamento será adotado 9,8 capaz de proporcionar um fator de segurança razoável para valor máximo do CBR de 12,7.

h) Espessuras das camadas do Pavimento

Espessura total, calculado de acordo com equação da Figura 11.

$$H_f = 77,67 * (5,58 * 10^6)^{0,0482} * 9,8^{-0,598} = 41,94 \text{ cm. Considerado 45cm.}$$

Tabela 07 - Coeficiente de equivalência estrutural.

Componentes do pavimento	Coefficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas Granulares	1,00
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm	1,20

Nota: Pesquisas futuras podem justificar mudanças nestes coeficientes.

Os coeficientes estruturais são designados genericamente por:

Revestimento: KR

Base: KB

Sub-base: KS

Reforço: KRef

Fonte: Dnit (2006).

Coefficientes adotados conforme Tabela 07 acima.

Revestimento em concreto betuminoso: $K = 2,00$

Base granular: $K = 1,0$

Sub-base granular: $K = 1,0$

CBR do subleito = 9%

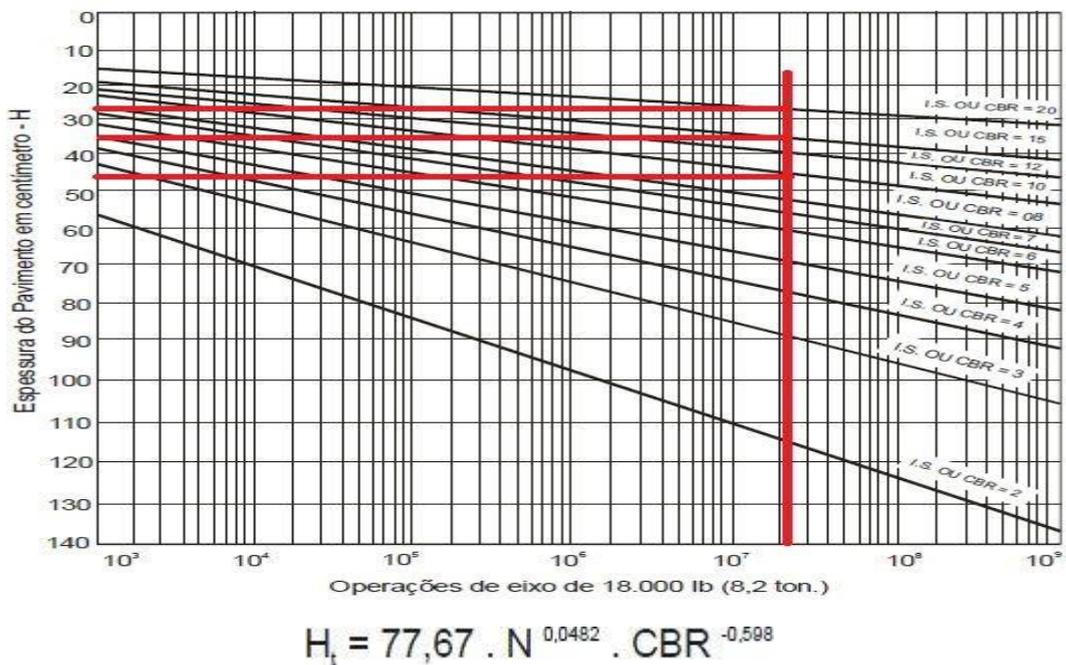
As espessuras H_m , H_n , e H_{20} as espessuras de base (B), sub-base (h_{20}) e reforço do subleito (h_n) são conseguidas através do Dnit (2006), que determina que as camadas do pavimento precisam ser dimensionadas através do ábaco, no qual todos os índices de suporte do subleito são levados em conta para determinar as espessuras mínimas, os resultados obtidos pelo ábaco são em função das equações abaixo.

$$a) RK_R + BK_B \geq H_{20} = 29,05 \text{ cm}$$

$$b) RK_R + BK_B + h_{20} K_s \geq H_n = 35,6 \text{ cm}$$

$$c) RK_R + BK_B + h_{20} K_s + h_n K_{Ref} \geq H_m = 46,85 \text{ cm}$$

Figura 11 – Ábaco para Determinação de Espessuras do Pavimento Flexível.



Fonte: Dnit (2006)

4.3.1 Espessura de base

Obtida pela fórmula: $RK_R * BK_B \geq H_{20} \rightarrow 10 * 2 + B * 1 \geq 29,05 = B = 9,05 \text{ cm}$.
 Considerando a espessura mínima 15 cm e material de Brita Graduada Simples - BGS com espessura de 15,0 cm.

4.3.2 Espessura de sub-base

Obtida pela fórmula:

$RK_R * BK_B * H_{20}K_S \geq H_n \rightarrow 10 * 2 + 15 + 1 + H_{20} * 1 \geq 35,6 = B = 0,6 \text{ cm}$ sendo uma camada fundamental em Rodovias, de acordo com o Dnit (2006). Adotando uma

espessura mínima 15 cm e material de Mistura composta por Solo-Brita na proporção de 70: 30 (volume), com espessura de 15,0 cm.

4.3.3 Espessura de reforço e subleito

Obtida pela fórmula:

$$RK_R * BK_B * H_{20}K_S * H_n * K_{Ref,x} \geq H_n \rightarrow 10 * 2 + 15 + 1 + 15 * 1 + H_n * 1 \geq 46,85 = H_n = 3,15cm$$

Não é necessário a camada de reforço do subleito. Adotado uma espessura para tratamento de 20 cm.

Conseqüentemente, as camadas geraram um pavimento com espessura total igual a 37,50 cm, menor que o solicitado inicialmente na figura 11, pela fórmula do ábaco, isto decorre pelo fato da camada de revestimento adotada de concreto betuminoso conter o coeficiente estrutural igual a 2, reforçando e reduzindo a camada total necessária do pavimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do trabalho, todas as análises foram feitas de acordo as especificações e regulamentações das normas técnicas. Os resultados alcançados de acordo com a avaliação superficial das patologias expõem visivelmente que o trecho sofre pela ausência de conservação pela avaliação do Nível de Serventia Atual (VSA) em média de 1,67, avaliado ruim, simultaneamente pelo crescimento e a intensidade dos veículos, o que resultou em um valor de crescimento de 6,42% ao ano, conforme dados obtidos pelo Volume Médio Diário Anual (VMDA) do trecho em análise.

Este estudo apresentou através de registros fotográficos, que o trecho em análise necessita urgentemente de restaurações e manutenções uma vez que a situação da via está bem crítica, estimulando aos usuários risco de segurança, conforto e economia. No decorrer da avaliação in loco, foi averiguado que alguns reparos foram feitos, porém, não o bastante e nem com a qualidade necessária para que a via estivesse em condições apropriadas.

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a situação superficial do pavimento

apresenta-se com o revestimento bastante danificado e com desempenho funcional comprometido pela existência de várias formas de patologias. Portanto, como proposta de solução do trecho em estudo a demolição do pavimento e a execução de um novo pavimento conforme dimensionado neste trabalho, é a melhor forma para garantir segurança e garantia da vida útil do pavimento, no qual solucionará todos as falhas do trecho.

Dessa forma, todos os objetivos do trabalho foram atingidos, de maneira que foi possível comprovar pelo método VSA que o trecho em estudo sofre de várias patologias, as quais só serão sanadas mediante a execução de um novo pavimento que será capaz de suprir a ação das cargas oriunda do tráfego atual e futuro, restaurando assim o nível de serventia do trecho. Embora seja redimensionado um novo pavimento, para manter a conservação futuramente será necessária a intervenção do gestor estadual e/ou municipal, através da adoção de uma política de conservação junto com manutenção periódica, para restabelecer o aumento da vida útil do pavimento.

ABSTRACT

This article aimed to make a critical diagnosis in the José Roberto Pena highway located in Cristais Minas Gerais, the study pointed to the initiation in Km 9 following to the Km 11 that connects the BR-369. The method used for analysis was the Current Utility Value VSA, a control based on the interpretation that allows to detect and to grant the levels of use according to the conditions and pathologies existing in the pavement in each stretch, with an understanding for the degree of comfort and safety in the trajectory of walking vehicles. With one such information being found by the VSA, it was possible to contain a situation with the same attention and to include the urgently needed stretch of restorations and maintenance.

Keys word: Pathology, Current Usage Value, Asphalt, Excerpt.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. Pesquisa CNT de rodovias: principais dados. 20 ed. CNT, SEST, SENAT. Brasília: 2016.

CRISTAIS. Prefeitura Municipal/Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. Cristais - MG, 2018.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento NORMA DNIT 006 / 2003 - PRO. Rio de Janeiro, 2003

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
Levantamento para avaliação da condição de superfície de sub trecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semirrígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos - Procedimento NORMA DNIT 007 / 2003 - PRO. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento NORMA DNIT 008 / 2003 - PRO. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTUTURA DE TRANSPORTES
Manual de Conservação Rodoviária. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTUTURA DE TRANSPORTES
Manual de estudos de tráfego. Rio de Janeiro, 2006.

MEDINA, J. **Mecânica dos Pavimentos**. Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 380p. 1997.

PINTO, S; PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro: Synergia IBP, 2010.

SANTANA, H. **Manual de Pré-Misturados a Frio**. IBP/ Comissão de Asfalto. Rio de Janeiro, RJ, 1993.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1ªed. São Paulo, v.1, 1997.

SILVA, P.F. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**, 2ª ed. São Paulo: Pini, 2008. v.1.

APÊNDICE

Tabela 03 - Projeção do VMDA.

Ano	VMDA	Taxa de Crescimento
2017	783	9,834%
2018	860	6,42%
2019	913	6,42%
2020	969	6,42%
2021	1028	6,42%
2022	1091	6,42%
2023	1157	6,42%
2024	1229	6,42%
2025	1303	6,42%
2026	1383	6,42%
2027	1468	6,42%
2028	1558	6,42%

Fonte: Autor (2018).

Tabela 04- Fator de Veículo - USACE

Classe	Tipo de veículo	Nº de eixos	RS	RD	TD	TT	Número de Veículos	%	Fator de Veículo (FV)
2C	1 ES + 1 RD	2	1	1	-	-	120	45,63%	1,96
3C	1 ES + 1 TD	3	1	-	1	-	12	4,56%	0,45
2S2	1ES+1RD+1TD	4	1	1	1	-	55	20,91%	2,91
2S3	1ES+1RD+1TT	5	1	-	1	1	45	17,11%	2,54
3D4	1ES+1TD+1TD	5	1	-	2	-	22	8,36%	2,43
3T6	1ES+1TD+1TT	6	1	-	1	1	09	3,43%	1,33

						Σ	263	100%	11,63
--	--	--	--	--	--	----------	-----	------	-------

Fonte: Autor (2018)