

**FAEX - FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS DE EXTREMA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
ALEXSANDRO APARECIDO DA COSTA**

**AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXÍVEL NA REGIÃO CEN-
TRAL DA CIDADE DE EXTREMA/MG**

**EXTREMA
2018**

ALEXSANDRO APARECIDO DA COSTA

AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXÍVEL NA REGIÃO CENTRAL DA CIDADE DE EXTREMA/MG

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil da FAEX – Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas de Extrema, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Me. Luana Bernardete Dariva.

EXTREMA

2018

ALEXSANDRO APARECIDO DA COSTA

AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXÍVEL NA REGIÃO CENTRAL DA CIDADE DE EXTREMA/MG

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil da FAEX – Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas de Extrema, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof. Me. Luana Bernardete Dariva

Orientadora

Convidado:

Convidado:

OBS.:

Dedico este estudo a Deus, e também a meus familiares que me proporcionaram todo o apoio nessa jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao Senhor meu Deus, por permitir que eu cumpra mais uma importante etapa em minha vida.

Aos meus pais que sempre me ampararam em minhas decisões, nunca deixaram de me apoiar toda vez que algo não estava saindo como planejado e também por terem me incentivado a buscar sempre um futuro melhor quando eu nem acreditava que poderia alcançar algo melhor. Agradeço minha irmã que sempre me ajuda no que é preciso para alcançar o que desejo. A minha família e amigos em geral, por todas as orações e palavras de incentivo que mantiveram por mim durante todo esse tempo. A minha namorada que em todas as horas de stress e desespero é meu ponto de equilíbrio, ajudando a tomar decisões difíceis e sempre estando ao meu lado.

A orientadora Prof.^a Me. Luana Bernardete Dariva, pela paciência e comprometimento em orientar e avaliar meu trabalho conforme seus conhecimentos de aplicação. A todos funcionários, professores e colegas de classe do curso de Engenharia Civil da FAEX – Faculdade de Extrema, que contribuíram diretamente ou indiretamente na minha formação acadêmica, ambos me deram bases e conhecimentos que levarei para o resto da minha vida pessoal e profissional.

“ A mente é como um paraquedas, é inútil se ele não abrir. ”

Pablo Emilio Escobar Gaviria

RESUMO

Este trabalho tem por finalidade o desenvolvimento e o estudo de um método de avaliação de superfície asfáltica denominada VSA – Valor de Serventia Atual, analisando todos os possíveis danos causados em uma superfície já revestida com pavimento flexível. Para isto foram realizadas pesquisas sobre o uso do pavimento, em suas principais bibliografias, apresentando parâmetros e diretrizes pelos órgãos brasileiros desta área. Desta maneira foi elaborado um estudo de caso realizado na via Antônio Morbidelli localizada na região central da cidade de Extrema no estado de Minas Gerais, levando em conta os parâmetros para realização do método de Valor de Serventia Atual, com os resultados obtidos, foi realizado à análise de qual nível de condição de tráfego a via encontra-se, o grau de cada patologia encontrada ao percorrer a via, e por fim propor uma possível proposta de recuperação de pavimento flexível para cada patologia encontrada em cada trecho da via analisada.

PALAVRAS-CHAVE: Danos em revestimento Asfáltico, Pavimento flexível, VSA.

ABSTRACT

This work aims to the development and study of a method of asphalt surface evaluation called VSA - Current Utility Value, analyzing all possible damages caused on a surface already coated with flexible pavement. For this purpose, researches were carried out on the use of pavement, in its main bibliographies, presenting parameters and guidelines by Brazilian bodies in this area. In this way, a case study was carried out in the Antônio Morbidelli road located in the central region of the city of Extrema in the state of Minas Gerais, taking into account the parameters for realization of the Current Service Value method, with the results obtained. analysis of which level of traffic condition the route is, the degree of each pathology found when traveling along the route, and finally to propose a possible flexible pavement recovery proposal for each pathology found in each section of the analyzed route.

KEYWORDS: *Asphalt coating damage, Flexible pavement, VSA.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Camadas Genéricas de um pavimento.	18
Figura 2 - Distribuição das cargas aplicadas em Pavimento Rígido e Flexível.	18
Figura 3 - Pavimento flexível	19
Figura 4 - Pavimento Rígido	20
Figura 5 - Representação esquemática dos defeitos em pavimentos flexíveis.....	24
Figura 6 - Fendas.	26
Figura 7 - Trincas transversais.	27
Figura 8 - Trincas Longitudinais.	28
Figura 9 - Trinca de retração térmica.	29
Figura 10 - Trincas Isoladas de Retração.	29
Figura 11 - Trincas em Bloco.	30
Figura 12 - Afundamento na trilha de roda.	31
Figura 13 - Ondulação / Corrugação.	32
Figura 14 - Escorregamento do Revestimento.	32
Figura 15 - Exsudação.	33
Figura 16 - Desgaste do Pavimento Flexível.....	34
Figura 17 - Panela e Panela atingindo a base.	34
Figura 18 - Remendo.	35
Figura 19 – Desnível entre pista e acostamento	36
Figura 20 – Conceito de serventia-desempenho.....	38
Figura 21 – Demarcação de áreas para inventário de defeitos.	40
Figura 22 – Treliça metálica para medição dos afundamentos do trilho de roda.....	40
Figura 23 – Ficha de avaliação de serventia (VSA)	43
Figura 24 – Variação da serventia com o tráfego ou tempo de utilização da via.....	44
Figura 25 – Período recomendável para manutenção dos pavimentos.....	45
Figura 26 – Tratamento Superficial Duplo em Execução.	46
Figura 27 – Microrrevestimento Asfáltico a Frio com Emulsão.	47
Figura 28 – Lama Asfáltica.	48
Figura 29 – Concreto Betuminoso Usinado a Quente.	49
Figura 30 – Fresagem a frio.....	49
Figura 31 - Imagem aérea da Rua Antônio Morbidelli.	50
Figura 32 - Imagem da Rua Antônio Morbidelli.....	51
Figura 33 - Imagem aérea da Rua Antônio Morbidelli – Trecho 01.....	51
Figura 34 - Imagem aérea da Rua Antônio Morbidelli – Trecho 02.....	52
Figura 35 - Imagem aérea da Rua Antônio Morbidelli – Trecho 03.....	52
Figura 36 - Folha de Avaliação Trecho - 01	55
Figura 37 - Folha de Avaliação Trecho - 02	56
Figura 38 - Folha de Avaliação Trecho - 03	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo dos defeitos.	25
Quadro 2 - Família e tipo de degradações.	36
Quadro 3 - Fatores implicados no desempenho e na deterioração dos pavimentos.	38
Quadro 4 - Codificação de ocorrência.	41
Quadro 5 - Conceito de degradação do pavimento em função do IGG.	42
Quadro 6 - Níveis de serventia	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações para Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)	21
Tabela 2 - Espessuras e teor de Asfalto recomendadas para concretos asfálticos.....	22
Tabela 3 - Composição Concreto Asfáltico.....	23
Tabela 4 - Valores Limites para o Concreto Asfáltico.	24
Tabela 5 – VSA Atual da Via.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS

AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
CAP	Cimentos Asfálticos de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado Quente
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
SI	Sistema Internacional de Unidades
TSD	Tratamento Superficial Duplo
TSS	Tratamento Superficial Simples
VDM	Volume Diário Médio
VSA	Valor de Serventia Atual

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE QUADROS	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS	10
SUMÁRIO	11
1. INTRODUÇÃO	14
1.2 OBJETIVO	15
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 PAVIMENTAÇÃO URBANA	16
2.2 PAVIMENTAÇÃO DE BAIXO CUSTO	16
2.3 PAVIMENTO.....	17
2.3.1 Pavimento Flexível	19
2.3.2 Pavimento Rígido	20
2.4 MISTURAS ASFÁLTICAS.....	21
2.5 PATOLOGIAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL.....	24
2.5.1 Fendas.....	26
2.5.2 Trincas Transversais	27
2.5.3 Trincas Longitudinais	28
2.5.4 Trinca de Retração	28
2.5.5 Trincas Isoladas	29
2.5.6 Trincas Interligadas	30
2.5.7 Afundamento	30
2.5.8 Ondulação.....	31
2.5.9 Escorregamento	32
2.5.10 Exsudação	33
2.5.11 Desgaste.....	33
2.5.12 Panela ou Buraco	34
2.5.13 Remendo	35
2.5.14 Desnível	35
2.6 DETERIORAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL.....	36
2.7 AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	39
2.7.1 Avaliação objetiva da superfície dos pavimentos flexíveis - IGG	39
2.7.2 Avaliação subjetiva da superfície dos pavimentos flexíveis - VSA	43

2.8	SOLUÇÕES PARA RECUPERAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	46
2.8.1	Tratamento superficial simples ou duplo - (TSS ou TSD).....	46
2.8.2	Microrrevestimento asfáltico a frio com emulsão - (MICRO).....	47
2.8.3	Lama asfáltica - (LAMA)	47
2.8.4	Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ).....	48
2.8.5	Fresagem a frio	49
3	MATERIAIS E MÉTODOS	50
3.1	MÉTODO	50
3.2	ESCOLHA DO LOCAL DE ESTUDO	50
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	53
4.1	APRESENTAÇÃO DAS ANÁLISES	53
4.2	SITUAÇÃO ATUAL DO TRECHO.....	53
5	PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	58
6	CONCLUSÃO.....	59
7	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	14

1. INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é o meio de transporte mais utilizado no Brasil representando aproximadamente 60% da matriz de transportes brasileira. Deste modo representa a grande dependência de nosso país em uma boa infraestrutura rodoviária para garantir economia e a mobilidade. Atualmente tem-se uma malha rodoviária de 1.610.076 quilômetros, de estradas e rodovias nacionais, sendo a quarta maior do mundo, mas apenas 12,3% deste total encontram-se pavimentadas. Neste levantamento foram avaliadas 100% da malha federal do país e destacou-se que, apesar da evolução da qualidade, 57,3% das estradas públicas analisadas ainda apresentam condição inadequada ao tráfego, enquanto 42,7% foram consideradas ótimas ou boas (ANTT, 2016; CNT,2016).

As rodovias não são projetadas para perdurarem indefinidamente pois, assemelham-se aos edifícios, possuindo uma vida útil de até 20 anos. Teoricamente, enquanto não se esgotar sua vida útil, o pavimento deve cumprir suas finalidades de qualidade e atender as características de desempenho mínimo. (CONTECO,2017)

Villibor (2009) fala que a concepção de qualidade em pavimentos não abrange apenas conforto e segurança de seus usuários, inclui também a eficiência econômica, que gradativamente adquire mais relevância no cenário rodoviário do Brasil, tendo em vista sua ampla utilização no transporte de bens e pessoas. Considerando a baixa qualidade das rodovias no Brasil e a falta de investimentos no setor, os custos operacionais tendem a se elevar, juntamente com o aumento de ocorrência de acidentes, o desempenho dos veículos e a qualidade dos serviços é reduzida de forma drástica, causando também prejuízos ao usuário e até mesmo impactos ao meio ambiente.

A falta de pavimentos urbanos é uma realidade em quase todas as cidades brasileiras abrangendo desde vias principais de cidades de grande porte, até vias de circulação de distritos e conjuntos habitacionais. Isso demonstra, portanto, a necessidade e a importância do desenvolvimento de uma tecnologia de pavimentação que minimize os custos de implantação de pavimentos urbanos. A grande maioria dos municípios de pequeno e médio porte executa pavimentos urbanos segundo a sua experiência, usando pequenas em presas, com poucos recursos para um controle tecnológico adequado e com algumas limitações quanto à execução de pavimentos. (VILLIBOR,2009)

Consequentemente, são necessárias constantes avaliações no pavimento, visando indicar o quanto o nível de serviço está comprometido bem como se as patologias comprometem a segurança, o conforto, e se os custos operacionais estão sendo prejudicados. Sendo assim, é necessário fazer um levantamento dos defeitos que deverão ser reparados, os

custos condizentes para a manutenção, quais são as prioridades e quais são as decisões que deverão ser tomadas.

Tendo em vista estas adversidades, este estudo pretende analisar superficialmente a Rua Antônio Morbidelli, que é uma via urbana pavimentada localizada na cidade de Extrema, no estado de Minas Gerais.

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar a avaliação do nível de serventia atual de um pavimento flexível localizado na Rua Antônio Morbidelli, situada na cidade de Extrema no estado de Minas Gerais, identificar os pontos mais críticos e propor as soluções técnicas adequadas para as patologias encontradas.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que o objetivo geral fosse alcançado foram necessários os seguintes objetivos específicos:

Determinar as vias urbanas à serem analisadas;

Realizar o levantamento e fotografar as vias;

Localizar e registrar os pontos mais críticos da estrutura do pavimento asfáltico flexível, por meio visual;

Realizar a determinação dos Valores de Serventia Atual (VSA) atual da via urbana, seguindo todas as recomendações dos manuais do DNIT;

Obter os resultados através do estudo do VSA realizado, confrontar com as especificações solicitadas em normas técnicas e Manuais do DER/DNIT.

Concluir o estudo através dos resultados obtidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 PAVIMENTAÇÃO URBANA

Para Premonta (2017) a pavimentação urbana varia muito entre diferentes locais, visto que cidades possuem níveis variados de recursos, além de ser necessário considerar a localização da região. Até mesmo dentro de uma cidade é possível ver variações da pavimentação, em que materiais de maior qualidade são utilizados no centro e em áreas mais movimentadas, enquanto ruas residenciais possuem pavimentos mais simples.

Já no Brasil os pavimentos urbanos sofreram um acentuado impulso, desde a promulgação da constituição em 1988, dada a melhor organização dos municípios brasileiros, bem como pelo início de destinação de verba, pelo governo federal, para as prefeituras executarem obras de infraestrutura (PREGO, 2001).

De maneira geral, as prefeituras vêm sempre executando pavimentos de um determinado tipo, com determinada técnica construtiva, demonstrando grande resistência à inovações, principalmente por falta de condições de adaptação tecnológica, além dessa resistência à inovação nos municípios de pequeno e médio porte, normalmente, os pavimentos são construídos por pequenas empresas que têm poucas condições de adaptação à inovações tecnológicas em termos de processo construtivo e executam os pavimentos segundo sua experiência, já em centros urbanos maiores, o controle tecnológico das obras é mais eficiente, porém, não se utilizam adequadamente os recursos naturais disponíveis. Este fato pode estar associado à comodidade do uso de materiais pétreos, em função de alguns interesses econômicos: muito leve ou leve (VILLIBOR, 2009).

De acordo com Agetop (2016), embora a pavimentação urbana tenha experimentado um crescente aumento nas últimas décadas, existe ainda, em nosso país, um enorme déficit da mesma, com uma expressiva quantidade de cidadãos que não possuem tal benefício. Como principais fatores, geradores de déficit, dois merecem destaque, sendo eles: o crescimento desordenado dos municípios, reflexo da falta de um plano diretor bem definido, de boas políticas públicas e da falta de fiscalização do poder público; e a falta de recursos financeiros das prefeituras, frente ao elevado preço de uma obra de pavimentação, bem como pela política tributária atual e má gestão pública em alguns casos.

2.2 PAVIMENTAÇÃO DE BAIXO CUSTO

Nas últimas décadas, o emprego da tecnologia para pavimentos alternativos, não se difundiu em municípios de pequeno e médio porte, devido ao fato de muitas prefeituras não se

disponham de empresas e serviços de engenharia eficazes, portanto, não se obtém um serviço de total qualidade, de modo geral, as prefeituras vêm executando pavimentos de um determinado tipo, com determinada técnica construtiva, demonstrando grande resistência a inovações, principalmente por falta de condições de adaptação tecnológica (VILLIBOR, 2007).

Após a constatação de valores de capacidade de suporte extremamente elevados para variedades argila-arenosas e argilas, estimou-se então, o emprego de solos locais para as camadas de reforço do subleito e sub-base. Sobre a camada de base executada com solos locais, utilizou-se revestimentos delgados do tipo macadame betuminoso selado, na espessura de 4,0 cm, e tratamentos superficiais, reduzindo consideravelmente os custos de implantação. (VILLIBOR et. al., 2007)

O pavimento de baixo custo, pode-se então, de acordo com Villibor (2007), ser considerado quando:

Utiliza-se bases constituídas de solos locais *in natura*, ou em misturas, com custos substancialmente inferiores às bases convencionais tais como: brita graduada, solo-cimento, macadame hidráulico ou betuminoso;

Utiliza-se revestimento betuminoso esbelto do tipo tratamento superficial ou concreto betuminoso usinado a quente, com espessura de, no máximo, 3,0 cm;

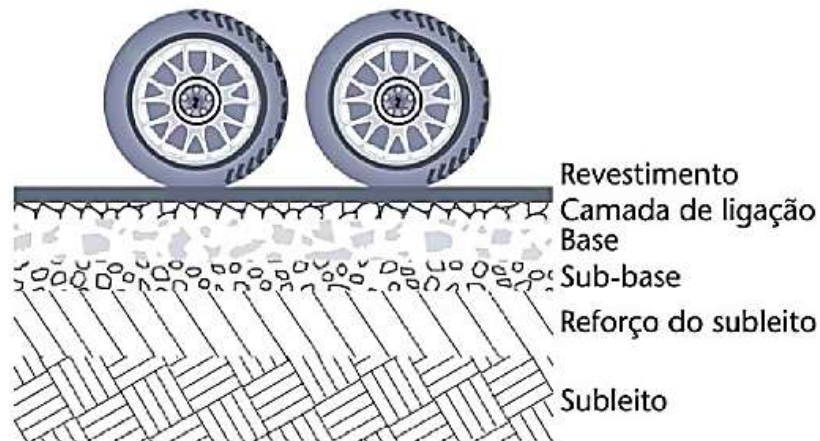
É dimensionado para atender os seguintes tráfegos:

- Urbano, de muito leve a leve;
- Rodoviário, com VDM inferior a 1500 veículos, com no máximo, 30% de veículos comerciais, e com $N < 5 \times 10^6$ solicitações do eixo simples padrão de 80 kN – SI.

2.3 PAVIMENTO

Balbo (2007) descreve que o pavimento como uma estrutura não perene, constituída por camadas sobrepostas de materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao mínimo custo possível, considerando diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação, obrigatórios. Na figura 01, abaixo, podemos visualizar estas camadas em suas respectivas ordens de execução.

Figura 1 - Camadas Genéricas de um pavimento.

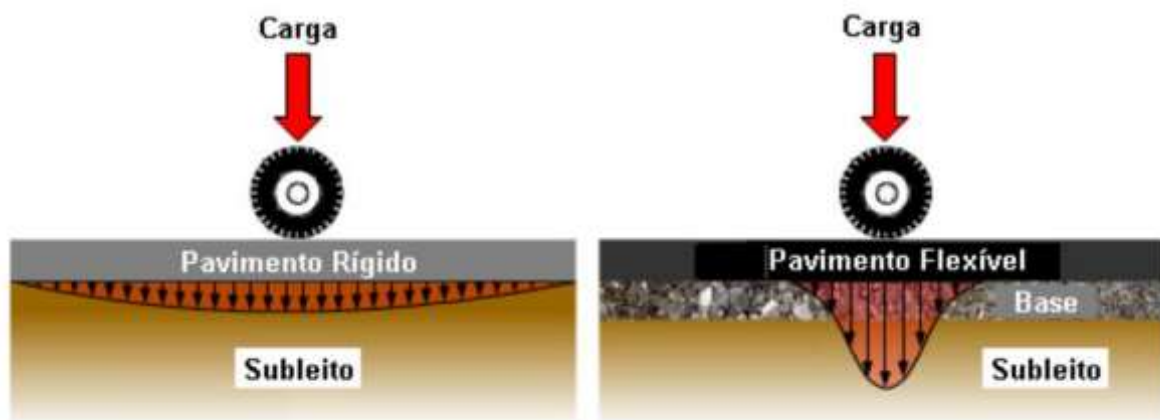


Fonte: BALBO (2007).

De acordo com Santana (1993), tem-se como conceito de pavimento a construção de uma estrutura constituída basicamente por camadas sobre a superfície de um local contemplando os serviços de terraplenagem, tendo como principal função estabelecer ao usuário conforto segurança durante o percurso estabelecido, estes parâmetros devem ser obtidos conforme os requisitos da engenharia, visando máxima qualidade e custo reduzido.

A classificação do pavimento rodoviário, segundo Bernucci (2006) pode ser dividida em basicamente dois tipos: pavimentos rígidos e flexíveis. Atualmente as nomenclaturas usuais são de pavimentos de concreto de Cimento Portland e Pavimentos Asfálticos, respectivamente, indicando a classe do pavimento. A figura 02 exemplifica como é a distribuição dos esforços aplicados em estruturas de pavimento rígido e pavimento flexível.

Figura 2 - Distribuição das cargas aplicadas em Pavimento Rígido e Flexível.



Fonte: BALBO (2007).

Conforme explanado DNIT (2006), a classificação dos pavimentos pode ser definida como:

Flexível: Pavimento onde a deformação elástica é proporcionada em todas as camadas devido ao carregamento aplicado, portanto, os esforços são transmitidos de forma equivalente entre as camadas;

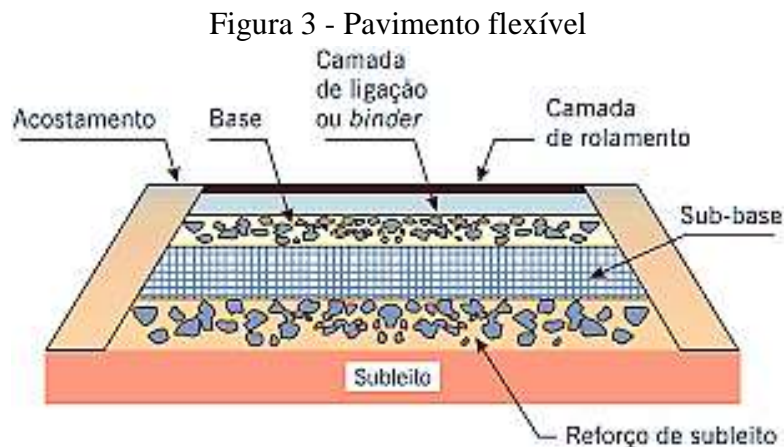
Semirrígido: Caracteriza-se por uma base cimentada, coberta por uma capa asfáltica.

Rígido: O revestimento rígido absorve praticamente todas as articulações derivadas do carregamento aplicado sobre a estrutura, pois o revestimento possui uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores.

2.3.1 PAVIMENTO FLEXÍVEL

O pavimento flexível é composto por várias camadas que devem trabalhar em conjunto quando solicitadas, afim de cada uma absorver as solicitações impostas e transmiti-las ao solo, das cargas provenientes do tráfego de veículos e da ação das intempéries no pavimento.

Segundo Bernucci (2006) o pavimento é composto por: camada superficial asfáltica (revestimento), base, sub-base, reforço do subleito e subleito, como indicado na figura 03.



Fonte: IBRACON (2008).

O subleito é a camada de terreno natural, que deve ser regularizada a fim de corrigir algumas falhas superficiais, sejam elas transversamente ou longitudinalmente, de acordo com o projeto geométrico estabelecido. (PINTO, 2015).

Reforço do Subleito é segundo a especificação do DNIT (2010), é uma camada estabilizada granulometricamente que melhora o processo da capacidade de resistência do material *in natura*, executa sobre o subleito, devidamente regularizado, a fim de reduzir espessuras elevadas da camada seguinte à sub-base.

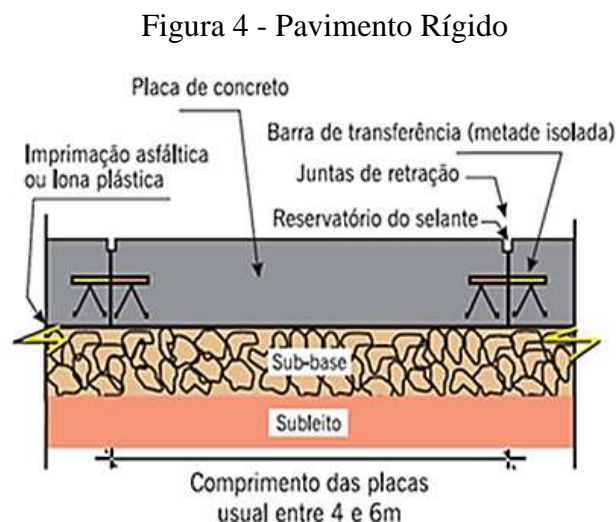
A Sub-base é a camada caracterizada intermediária, com caráter complementar, somente utilizada quando as camadas inferiores não apresentam resistência adequada para sustentar os esforços provenientes do tráfego estabelecido em projeto. (BALBO, 2011).

Base é a camada principal destinada a absorver e transmitir as cargas verticais proveniente do tráfego, as demais camadas. Segundo Balbo (2011), as bases podem ser constituídas por solo estabilizado naturalmente, misturas de solos e agregados, brita graduada, brita graduada com cimento, solo estabilizado quimicamente com ligante hidráulico ou asfáltico, concreto, entre outros.

O revestimento é a camada final na qual recebe o tráfego dos veículos, proveniente da mistura de agregados e materiais betuminosos. Encontra-se sobreposto a base com a função de resistir à abrasão dos veículos, diminuir a penetração de água no pavimento, dispor uma superfície uniforme e regular para proporcionar um rolamento suave aos usuários. (PINTO, 2015).

2.3.2 PAVIMENTO RÍGIDO

Segundo Bernucci (2006), os pavimentos rígidos, geralmente são vinculados aos de concreto de cimento Portland, composto por camada única de concreto de cimento armadas ou não, sobreposta a uma camada granular do tipo sub-base, que por sua vez está assentada sobre o reforço do subleito, e por fim o subleito, como pode-se observar na figura 04.



Fonte: IBRACON (2008).

2.4 MISTURAS ASFÁLTICAS

Nos pavimentos brasileiros, em sua maioria, emprega-se como revestimento uma mistura de agregados minerais, de granulometria variada, variando também quanto à fonte, com ligantes asfálticos que proporcionada e processada adequadamente, garantam ao serviço executado os requisitos de estabilidade, flexibilidade, impermeabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento de acordo com o clima e o tráfego previsto no local (BERNUCCI, 2006).

De acordo com Bernucci (2006), a mistura mais utilizada no Brasil é o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), composto por agregados de tamanhos variados e cimento asfáltico, dosados e aquecidos de forma a atingir a viscosidade almejada.

Segundo Leite (2003) o CAP é um material composto por adesivo termoplástico, impermeável à água, visco elástico e pouco reativo, ou seja:

Termoplástico: Permite que seja realizado um manuseio a quente. Em seguida, o resfriamento retorna à condição de viscoelasticidade;

Impermeável: Evita que haja penetração de água (chuva) na estrutura do pavimento, fazendo com que o escoamento seja direcionado para os dispositivos de drenagem;

Visco elástico: Acorda o comportamento elástico (sob aplicação de carga curta) e o viscoso (sob longos tempos de aplicação de carga);

Pouco reativo: Em termos químicos, somente o contato com o ar proporciona a oxidação lenta, porém pode ser acelerado pelo aumento da temperatura.

De acordo com a Resolução nº 19 da Agência Nacional do Petróleo (ANP) constituiu as novas Especificações Brasileiras dos Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP) determinando que as penetrações provenham exclusivamente pela classificação do asfalto a serem aplicados, a tabela 01 especifica e classifica o CAP, sendo quatro tipos disponíveis para comercialização.

Tabela 1 - Especificações para Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) - Classificação por penetração.

Características	Unid.	Valores					
		CAP 30-45	CAP 50-70	CAP 85-100	CAP 150-200	ABNT	ASTM
Penetração (100g,5s, 25°C)	0,1mm	30 a 45	50 a 70	85 a 100	150 a 200	NBR 6576	150 a 200
Ponto de amolecimento, min	°C	52	46	43	37	NBR 6560	D 36
Viscosidade Saybolt-Furol,							
135°C, mín.	s	192	141	110	80	NBR 14950	E102
150°C, mín.		90	50	43	36		
177°C, mín.		40 a 150	30 a 150	15 a 60	15 a 60		

Viscosidade Brookfield							
a 135°C, mín. SP 21, 20rpm, mín.		374	274	214	155	NBR 15184	D 4402
a 150°C, mín.		203	112	97	81		
a 177°C, SP 21		76 a 285	57 a 285	28 a 114	28 a 114		
Índice de Suscetibilidade Térmica		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	-	-
Ponto de fulgor, mín.	°C	235	235	235	235	NBR 11341	D 92
Solubilidade em tricloroetileno, mín.	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855	D 2042
Dutilidade a 25°C, mín.	cm	60	60	100	100	NBR 6293	D 113
Efeito do calor e do ar, 163°C por 85 min.							
Varição em massa, máx.	% massa	0,5	0,5	0,5	0,5		D 2872
Dutilidade a 25°C, mín.	cm	10	20	50	50	NBR 6293	D 113
Aumento do ponto de amolecimento	°C	8	8	8	8	NBR 6560	D 36
Penetração retida, mín.	%	60,0	55,0	55,0	60,0	NBR 7576	D 5

(*) Relação entre a penetração após o efeito do calor e do ar em estufa RTFOT e a penetração original, antes do ensaio do efeito do calor e do ar.

Fonte: ANP (2005).

Segundo SENÇO (1997), o CBUQ é o preferido para o revestimento de vias expressas, sendo, o mais nobre dos revestimentos flexíveis. Consiste na mistura de agregados e betume, satisfazendo rigorosas especificações e dosagem entre eles. A mistura é realizada em usinas, com rigoroso controle de granulometria, teor de betume, temperatura do agregado e do betume, transporte, aplicação e compressão.

Balbo (2007), destaca que o CBUQ, é o material utilizado para o revestimento de pavimentos, inclusive capas de rolamento e camadas de ligação imediatamente subjacentes aos revestimentos, obtido a partir da mistura e homogeneização dos agregados em geral bem graduados e de material fino para preenchimento e de CAP, como podemos notar na tabela 02 as espessuras e o teor de asfalto, para os concretos asfálticos.

Tabela 2 - Espessuras e teor de Asfalto recomendadas para concretos asfálticos.

Camada	Faixa	Espessura Máxima (mm)	Espessura Mínima (mm)	Teor de Asfalto (em % do peso de Agregado)
De Regularização ou de ligação	A	90	65	4,0 - 7,0
De ligação ou de rolamento	B	75	50	4,5 - 7,5
De Rolamento	C	50	25	4,5 - 9,0

Fonte: BALBO (2007).

A espessura final do revestimento em CBUQ deve ser executada com a compactação feita em camadas distintas, com ou sem a alteração de faixas granulométricas, este procedimento é empregado para garantir a densidade correta do material. A camada superficial é denominada capa de rolamento ou camada de desgaste, a camada inferior recebe o nome de binder ou camada de ligação. Outra função do CBUQ é a regularização ou reperfilagem de um pavimento já existente, que pode ser designado como camada de regularização ou de nivelamento (BALBO, 2007).

Tabela 3 - Composição Concreto Asfáltico.

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando			
Série ASTM	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerâncias
2"	50,8	100	-	-	-
1½"	38,1	95 - 100	100	-	± 7%
1"	25,4	75 - 100	95 - 100	-	± 7%
¾"	19,1	60 - 90	80 - 100	100	± 7%
½"	12,7	-	-	80 - 100	± 7%
3/8"	9,5	35 - 65	45 - 80	70 - 90	± 7%
Nº 4	4,8	25 - 50	28 - 60	44 - 72	± 5%
Nº 10	2	20 - 40	20 - 45	22 - 50	± 5%
Nº 40	0,42	10 - 30	10 - 32	8 - 26	± 5%
Nº 80	0,18	5 - 20	8 - 20	4 - 16	± 3%
Nº 200	0,075	1 - 8	3 - 8	2 - 10	± 2%
Asfalto solúvel no CS2(+) (%)		4,0 - 7,0	4,5 - 7,5	4,5 - 9,0	± 0,3%
		Camada de ligação (Binder)	Camada de ligação e rolamento	Camada de rolamento	

Fonte: DNIT (2006).

Segundo DNIT (2006), a composição da mistura do CBUQ, bem como a faixa a ser utilizada deve ser determinada de acordo com a granulometria e teor de ligante definidos projeto da mistura. A faixa a ser utilizada deve ser estipulada seguindo os indicadores da tabela 03, cujo diâmetro máximo do agregado não exceda 2/3 da espessura da camada. Na Tabela 04 aponta alguns limites a serem obedecidos para o CBUQ.

Tabela 4 - Valores Limites para o Concreto Asfáltico.

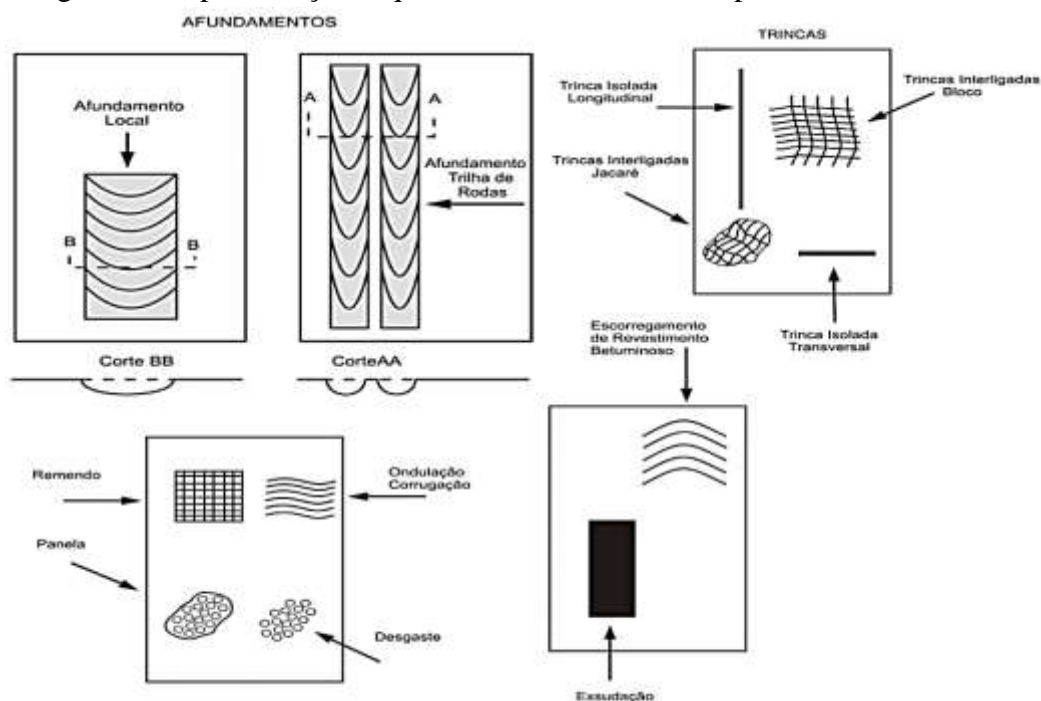
Características	Método de ensaio	Camada de Rolamento	Camada de Ligação (Binder)
Porcentagem de vazios, %	DNER-ME 043	3 a 5	4 a 6
Relação betume/vazios	DNER-ME 043	75 - 82	65 - 72
Estabilidade, mínima, (Kgf) (75 golpes)	DNER-ME 043	500	500
Resistência à Tração por Compressão Diametral estática a 25°C, mínima, Mpa	DNER-ME 138	0,65	0,65

Fonte: DNIT (2006).

2.5 PATOLOGIAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Baseado nos dados do DNIT (2003), as patologias podem ser classificadas como: Fendas (F), afundamentos (A), corrugação e ondulações transversais (O), escorregamento (E), exsudação (EX), desgaste ou desagregação (D), panela ou buraco (P) e remendos (R). A figura 05 demonstra a representação esquemática dos defeitos em pavimentos flexíveis.

Figura 5 - Representação esquemática dos defeitos em pavimentos flexíveis.



Fonte: DNIT (2003).

O DNIT (2003), busca a padronizar a classificação das patologias no pavimento tanto flexível quanto semirrígido, subsidiando assim a elaboração de estudos futuros. Servindo como referência para a elaboração do inventário e classificação das ocorrências de defeito superficial do pavimento. Sendo essas terminologias definidas da seguinte forma.

De acordo com Domingues (1993), se um pavimento não atende satisfatoriamente ou sua estrutura apresenta alguma ameaça comprometendo a segurança e o conforto do usuário, reparos para a sua reabilitação devem ser realizados, para que seja restituído a segurança e seu inicial rolamento suave.

Inclusive, Bernucci (2006) explana que para o usuário as condições da superfície pavimentada é o mais importante, devido ao fato que estas patologias ou irregularidades são perceptíveis, afetando o conforto e promovendo uma sensação de insegurança durante o percurso. Diante disto, existem métodos de diagnosticar e apurar as possíveis causas para estas patologias, visando à reparação e estabelecimento dos níveis de serventia.

Para Domingues (1993), os tipos de patologias são determinados, principalmente por similaridades nos mecanismos de ocorrência e na aparência visual, as prováveis causas indicam os motivos específicos de ocorrência. Quanto aos níveis de severidade, são categorizadas como baixo, médio e alto, dependendo da exigência de reabilitação.

Devido aos problemas quanto à segurança e conforto, o DNIT (2006) classifica os tipos de patologias do pavimento flexível, codificados conforme demonstra a quadro 01.

Quadro 1 - Resumo dos defeitos.

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 Dissecção 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
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.							
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
Afundamento	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
Desgaste Acentuado na Superfície do Revestimento				EX
"Painéis" ou Buracos Decorrentes da Desagregação do Revestimento e às Vezes de Camadas Inferiores				P
Remendos	Remendo Superficial			RS
	Remendo Profundo			RP

Fonte: DNIT (2006).

2.5.1 FENDAS

As Fendas podem ser denominadas entre fissuras e trincas, as trincas são descontinuidades com largura superior as fissuras, as quais são visíveis a distâncias inferiores a 1,5 metros. As trincas o podem ser ou não devido à fadiga, não geram patologias estruturais, mas a redução do atrito, as trincas que têm como causa a fadiga podem ser isoladas, trincas transversais e longitudinais ou interligadas (DNIT, 2006), demonstrada abaixo na figura 06.

Figura 6 - Fendas.



Fonte: BERNUCCI (2008).

As prováveis causas, segundo Domingues (1993) são: colapso do revestimento devido à ação repetida das cargas do tráfego; subdimensionamento ou má qualidade nas camadas da pavimentação; solo com baixa capacidade de suporte; envelhecimento do revestimento e asfalto duro ou quebradiço, podendo ocorrer principalmente nas trilhas de roda.

2.5.2 TRINCAS TRANSVERSAIS

Segundo DNIT (2006), as trincas transversais são trincas isoladas e aproximadamente perpendiculares ao eixo do pavimento, sendo causadas pela reflexão de juntas ou trincas subjacentes. Se o comprimento da trinca transversal for maior que 1 metro, ela será chamada de trinca transversal longa, e quando for menor ou igual 1 metro, ela será chamada de trinca transversal curta, como demonstrado na figura 07.

Domingues (1993) explana que as prováveis causas deste tipo de patologia se devem aos seguintes fatos: contração do revestimento devido às baixas temperaturas ou endurecimento do asfalto; propagação de trincas abaixo do revestimento, este tipo de trincamento não está relacionado às cargas do tráfego e podem ocorrer em qualquer local da superfície do asfáltica.

Figura 7 - Trincas transversais.



Fonte: CNT (2018).

2.5.3 TRINCAS LONGITUDINAIS

Para DNIT (2006) as trincas longitudinais são trincas isoladas e aproximadamente paralelas ao eixo do pavimento sendo causada pela má execução da junta de construção, reflexão de trincas, assentamento da fundação, retração do revestimento de asfalto, ou estágio inicial da fadiga. Quando o comprimento da trinca longitudinal for maior que 1m, ela será chamada de trinca longitudinal longa, e quando for menor ou igual 1m, será chamada de trinca longitudinal curta, como se pode observar abaixo na figura 08.

De acordo com Domingues (1993), as causas prováveis para o surgimento das trincas longitudinais, podem ser a má execução da junta longitudinal de separação entre as faixas do tráfego; recalque diferencial, quando há o alargamento do pavimento; contração da capa asfáltica devido à baixa temperatura ou endurecimento do asfalto; propagação de trincas do revestimento, podem ocorrer em qualquer área da superfície pavimentada não sendo associada as cargas do tráfego.

Figura 8 - Trincas Longitudinais.



Fonte: CNT (2018).

2.5.4 TRINCA DE RETRAÇÃO

Conforme o DNIT (2003) é uma trinca causada pela retração térmica ou do material de revestimento ou do material de base, causada pela falta de umidade controlada nas camadas de estrutura do pavimento, na figura 9 podemos visualizar este tipo de trinca.

Figura 9 - Trinca de retração térmica.



Fonte: BERNUCCI (2006).

De acordo com Balbo (2011), retração térmica em revestimentos betuminosos ocorre quando o pavimento é submetido a invernos rigorosos, e conseqüentemente as baixas temperaturas causam a contração das camadas do pavimento. Dessa forma, reflete como fissuras que são dispostas transversais ao centro da rodovia, a selagem das mesmas é de suma importância, para evitar assim infiltração de água, podendo desencadear degradações maiores ao pavimento.

2.5.5 TRINCAS ISOLADAS

De acordo com DNIT (2006), as trincas isoladas de retração não são causadas pela fadiga do pavimento e sim pelos fenômenos de retração térmica, ou pela retração do material do revestimento ou do material de base subjacente ao revestimento trincado, demonstrado conforme figura 10.

Figura 10 - Trincas Isoladas de Retração.



Fonte: BERNUCCI (2008).

2.5.6 TRINCAS INTERLIGADAS

De acordo com Bernucci (2006), podem ser relacionadas como trincas jacaré, que estão associadas à fadiga e as trincas em bloco que não estão relacionadas a este evento. As trincas podem ocorrer erosão acentuada em suas bordas e passarão a chamar trinca de jacaré com erosão e Trinca em bloco com erosão, demonstrado na figura 11.

Bernucci (2006) salienta que as principais causas do aparecimento das trincas em bloco são as ações repetidas de cargas do tráfego; ação do clima (gradientes térmicos); envelhecimento do revestimento; compactação deficiente; baixo teor de ligante asfáltico; subdimensionamento; rigidez excessiva do revestimento; reflexão de trincas; recalques diferenciais; entre outros. Com surgimento em trilhas de roda, bordas e até mesmo de forma generalizada.

Figura 11 - Trincas em Bloco.



Fonte: CNT (2018).

2.5.7 AFUNDAMENTO

De acordo com DNIT (2006) afundamento é uma patologia permanente, identificada por um depressão na superfície do pavimento que pode ser acompanhada de elevação ao longo das bordas ou não, podendo ser considerada afundamento plástico ou de consolidação. A figura 12 demonstra este tipo de patologia.

Bernucci (2008) define as prováveis causas para este tipo patologia: falhas na dosagem dos insumos da mistura asfáltica, escolha errada do tipo de revestimento asfáltico para as cargas solicitantes, compactação insuficiente, entre outros.

Ainda, para Domingues (1993) afundamento pode surgir também devido ao defeito na

construção do pavimento; causadas pelo recalque do terreno de fundação ou de aterro; enfraquecimento dos materiais abaixo do pavimento, devido a infiltração de água, ocorrendo em sua grande maioria nas trilhas de roda.

Figura 12 - Afundamento na trilha de roda.



Fonte: DNIT (2003).

2.5.8 ONDULAÇÃO

As corrugações são ondulações transversais ao centro da via, está relacionado devido à má execução, excesso de asfalto no pavimento estrutural, excesso de agregados finos, incidindo na baixa resistência do CBUQ (DNIT, 2006), esta patologia é explanada na figura 13.

Segundo Domingues (1993), a corrugação ocorre pela falta de estabilidade da mistura asfáltica, umidade excessiva no subleito, contaminação da mistura asfáltica, ou pela falta de aeração das misturas líquidas. As corrugações estão associadas às tensões cisalhantes horizontais geradas por veículos em áreas submetidas à aceleração ou frenagem, podendo surgir em qualquer porção do pavimento, muito frequente em intersecções, curvas, aclives, declives e nas proximidades das trilhas de roda.

Figura 13 - Ondulação / Corrugação.



Fonte: DNIT (2003).

2.5.9 ESCORREGAMENTO

DNIT (2006) explana que o deslocamento da camada de asfalto em relação à base é chamado de escorregamento, consiste na aparição de fendas e trincas em forma de meia lua devido à falta de união entre a camada de revestimento e a camada subjacente, ou baixa resistência da massa asfáltica, demonstrada na figura 14.

Segundo Bernucci (2006), o escorregamento ocorre principalmente em áreas de frenagem e de interseções, quando o veículo causa deslizamento da massa asfáltica (baixa aderência) ou sua deformação (baixa resistência).

Figura 14 - Escorregamento do Revestimento.



Fonte: CNT (2018).

2.5.10 EXSUDAÇÃO

Para o DNIT (2006) a exsudação se manifesta pelo alto valor de ligante betuminoso na face do pavimento, resultando na migração do ligante através do revestimento, conforme se pode observar na figura 15.

Domingues (1993) define como causa provável da exsudação, o exagero de ligante e baixo conteúdo de vazios na mistura asfáltica, ocorre durante a estação quente quando o ligante se expande e emerge para a superfície, o tráfego pode aumentar a densidade ao longo das trilhas de roda com o aumento da exsudação.

Figura 15 - Exsudação.



Fonte: DNIT (2003).

2.5.11 DESGASTE

Para DNIT (2006), o desgaste superficial é uma associação do tráfego com o intemperismo, é relacionado com a retirada progressiva do agregado do pavimento, promovendo uma aspereza superficial e posteriormente chegando a obter uma superfície polida, conforme figura 16 exemplifica o desgaste do pavimento.

A causa é a volatilização e a oxidação do asfalto, sob a ação abrasiva do tráfego e do intemperismo, isto ocorre geralmente quando o revestimento está em idades avançadas. Caso venha ocorrer à perda progressiva de agregado pouco tempo após a abertura ao tráfego, a causa pode ser um superaquecimento do asfalto na usina ou a falta de ligante na mistura asfáltica (BERNUCCI, 2006).

Figura 16 - Desgaste do Pavimento Flexível.



Fonte: DNIT (2003).

2.5.12 PANELA OU BURACO

De acordo com o DNIT (2006), é uma cavidade que pode atingir as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação destas camadas, a figura 17 ilustra um exemplo de panela ou buraco.

Os buracos são evoluções das trincas, afundamentos, ou desgaste, a água é comprimida e, como ela é incompressível, tende a desagregar ou amolecer os níveis do pavimento, o acúmulo de água de chuva leva a uma desagregação mais rápida do revestimento, para correção desta patologia é necessário, a execução de remendo de superfície ou remendo profundo (BERNUCCI, 2006).

Figura 17 - Panela e Panela atingindo a base.



Fonte: CNT (2018).

2.5.13 REMENDO

De acordo com DNIT (2006), Remendo de Revestimento, é a correção em uma área localizada do pavimento, por meio de lançamento de mistura asfáltica sobre o local afetado, como demonstrado na Figura 18. Sendo classificado em duas categorias, considera-se remendo superficial quando houver apenas correção do revestimento, por intermédio de fresagem e reposição do revestimento asfáltico ou profundo quando além do revestimento, forem corrigidas uma ou mais camadas inferiores, podendo atingir o subleito.

Figura 18 - Remendo.



Fonte: CNT (2018).

2.5.14 DESNÍVEL

De acordo com Domingues (1993), desnível entre a pista e o acostamento é definido pela elevação entre ambos, apresentado na Figura 19, geralmente o acostamento é mais baixo que a pista, é classificado como defeito funcional, podendo ocorrer devido ao recalque diferencial ou bombeamento do material sob o acostamento; elevação do acostamento devido ao frio ou inchamento do solo; perda de material de acostamento não estabilizado, devido ao deslocamento de ar provocado pelos veículos; ou defeito de construção.

Figura 19 – Desnível entre pista e acostamento



Fonte: BRASILPAV (2015).

2.6 DETERIORAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

O pavimento flexível com o decorrer do tempo sofre degradações que diminuem a capacidade de suporte estrutural e funcional do pavimento. Essas degradações estão relacionadas com as ações do tráfego em conjunto com a ação de intempéries, que alteram as características geométricas e mecânicas do pavimento originalmente projetado. A cadência que isso ocorre, resulta em uma atividade conhecida como Princípio da Cadeia de Consequência, onde uma degradação resulta na evolução de outra degradação, gerando assim um ciclo de evolução da patologia. Existem dois tipos de fatores influenciadores na degradação dos pavimentos: fatores ativos e passivos. Os fatores ativos são vinculados às ações do tráfego e das intempéries, já os passivos são associados ao pavimento, com relação à espessura, a qualidade de construção e materiais empregados (PEREIRA; MIRANDA, 1999).

Pereira e Miranda (1999) estabelecem uma divisão das degradações em quatro famílias, sendo elas: deformações, fendilhamento, desagregação da camada de desgaste e movimento dos materiais, como pode ser observado no quadro 02.

Quadro 2 - Família e tipo de degradações.

Família de Degradações	Tipos de Degradações		
Deformações	Abatimento	Longitudinal	Berna
			Eixo
		Transversal	
		Deformações Localizadas	
		Ondulações	
Fendilhamento	Rodeiras	Grande Raio (Devido às camadas inferiores)	
		Pequeno Raio (Devido às camadas superiores)	
	Fendas	Fadiga	
	Longitudinais		Berna
			Eixo

		Transversais
		Parabólicas
	Pele de Crocodilo	Malha Fina (≤ 40 cm)
		Malha Larga (≥ 40 cm)
Desagregação da Camada de Desgaste	Desagregação Superficial	
	Cabeça de Gato	
	Pelada	
	Ninhos (Covas)	
Movimento de Materiais	Exsudação	
	Subida de Finos	

Fonte: PEREIRA; MIRANDA (1999).

As ações climáticas estão diretamente ligadas na deterioração dos pavimentos, como por exemplo, a infiltração de água proveniente das chuvas, pode desencadear a diminuição de suporte do mesmo, assim associado às solicitações proveniente do tráfego resultam em deslocamentos, provocando danos estruturais e funcionais ao pavimento. A amplitude térmica também influencia a degradação do pavimento, pois em temperaturas elevadas fazem com que afetem a viscosidade dos ligantes asfálticos, bem como diminui a resistência da mistura, já em baixas temperaturas, ocasionam o aparecimento de trincas por retração, que possuindo uma camada menos espessa de revestimento, sobre materiais deformáveis, ficam vulneráveis ao trincamento por fadiga (BERNUCCI, 2006).

Segundo DNIT (2006), a condição mais relevante para a determinação da qualidade do pavimento é a avaliação das patologias do pavimento flexível, pois assim fornece parâmetros da situação em que o pavimento está exposto.

Para Albano (2005), o pavimento flexível está exposto ao fluxo diário de veículos comerciais e de passeio que possuem as mais variadas dimensões e pesos, e deste modo, submetendo o pavimento a tensões e deformações constantes e de intensidade variada.

Segundo o DNIT (2005), os pavimentos asfálticos são dimensionados para durarem um determinado tempo. Este tempo é denominado de “ciclos de vida”, o pavimento inicia em uma condição ótima até alcançar uma condição ruim, conforme pode ser visto na figura 20.

Figura 20 – Conceito de serventia-desempenho.



Fonte: FERNANDES JUNIOR (2001).

O decréscimo da estrutura ou serventia do pavimento ao decorrer dos anos é denominado como deterioração do pavimento. Entender os mecanismos que regem esse processo de deterioração é condição fundamental para a identificação das patologias bem como base para escolha de técnicas adequadas para reabilitação do pavimento.

A deterioração dos pavimentos asfálticos ocorre por diversos fatores, como o tráfego de veículos, a ação de intempéries, os métodos construtivos ou os materiais empregados na execução, no quadro 03, pode observar estes fatores.

Quadro 3 - Fatores implicados no desempenho e na deterioração dos pavimentos.

CAUSAS GENÉRICAS	CAUSAS ESPECÍFICAS	TIPOS DE DEFEITOS ENCONTRADOS
Relacionadas com Tráfego	Cargas Repetidas (Fadiga) Carga Excessiva Escorregamento de Capa Fluência Plástica Densificação (Compactação) Degradação do Agregado	Trincamento Ruptura do Revestimento Trincas Côncavas Deformação por deslocamento de Capa Trilho de Roda Desagregação
Relacionadas com o Clima	Mudanças de Umidade Mudanças Térmicas	Trincas Exsudação
Relacionadas com os Métodos de Construção	Compactação com Temperatura Inadequada Pouca compactação	Trincas Deformação
Relacionadas com os Matérias	Falta de Qualidade dos Materiais	Desagregação
Outras	Perda de Resistência ao Escorregamento	Deformações e Trincas

Fonte: DNER (1998).

2.7 AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Segundo Silva (2005) a avaliação do pavimento flexível tem como princípio revelar o grau de deterioração do revestimento asfáltico, com a identificação das patologias que afetam a segurança e conforto dos usuários.

Danieleski (2004) afirma que o pavimento possui quatro objetivos básicos: conforto de rodagem, capacidade do pavimento em suportar as solicitações, segurança na via, bem como conforto visual, que está relacionado à estética da via. Dessa maneira, sob análise técnica e do usuário, o pavimento considerado bom, é aquele que possui uma superfície de rolamento agradável, com boa aderência dos pneus ao pavimento e suportando as cargas que por ali trafegam.

2.7.1 AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS - IGG

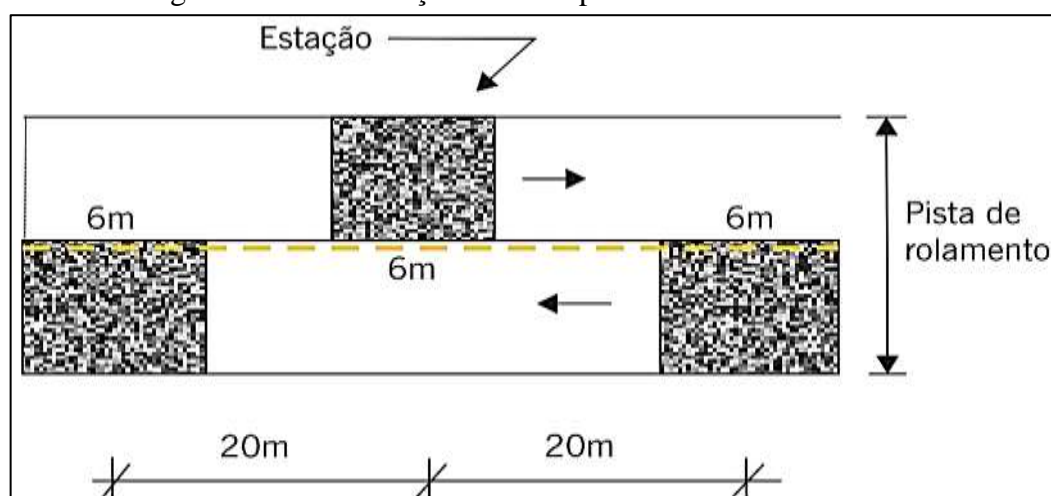
A avaliação objetiva compreende em identificar e conhecer quantitativamente o tipo de degradação superficial presente no pavimento e na medida dos afundamentos do trilho de roda, possibilitando assim a identificação da mais adequada técnica para reabilitação do mesmo (DANIELESKI, 2004).

O DNIT (2003) fornece parâmetros com indicadores numéricos ao pavimento, o Índice de Gravidade Global (IGG), que classifica o estado global do pavimento, através da identificação dos defeitos e das medidas do afundamento do trilho de roda.

O levantamento dos defeitos na superfície do pavimento é realizado de forma amostral, e não sendo considerada sua extensão, utilizando-se o formulário “Inventário do Estado da Superfície do Pavimento” constante na norma inicia o levantamento.

O inventário inicia-se com a demarcação de estações de avaliação que devem possuir 6 metros de comprimento, sendo 3 metros antes e 3 metros depois da estaca avaliada, largura igual à faixa de rolamento, estando equidistantes uma da outra 20 metros, alternando entre si as faixas de tráfego, gerando então uma cadência de 40 metros, para rodovias de pista simples, já nas de pista dupla se mantém os 20 metros na faixa mais solicitada, na figura 21 pode-se observar a disposição das estações de avaliação.

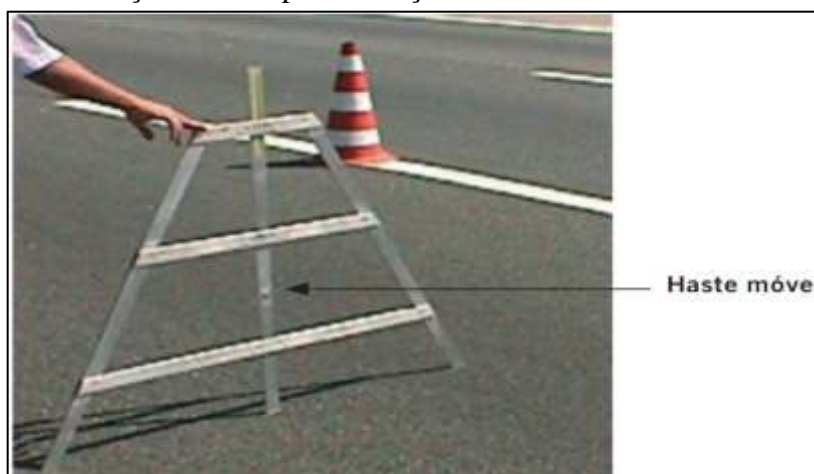
Figura 21 – Demarcação de áreas para inventário de defeitos.



Fonte: BERNUCCI (2006).

Nota-se que este método não dá importância à área atingida pela patologia, mais sim pela ocorrência ou não da patologia. Os afundamentos do trilho de roda devem ser medidos e anotados no formulário, com o auxílio da treliça metálica, conforme figura 22.

Figura 22 – Treliça metálica para medição dos afundamentos do trilho de roda.



Fonte: BERNUCCI (2006).

No tratamento dos dados levantados cada tipo de patologia é atribuído um fator de ponderação, em função a gravidade da ocorrência, em relação às demais, no quadro 04 pode-se constatar que as ondulações, panelas e escorregamentos são os mais graves. Com base nos dados coletados, são definidos os segmentos homogêneos, nada mais que, aqueles cuja característica visível é semelhante (DNIT, 2003).

Quadro 4 - Codificação de ocorrência.

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrência de acordo com a Norma DNIT 005/2003-TER "Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos - Terminologia"	Fator de Ponderação (fp)
1	Fissura e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR).	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrência tipos 1, 2 e 3, só considerar do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipo 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC.	0,9
5	O, P, E	1
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT (2003).

Para esse segmento são consideradas as ocorrências absolutas de cada tipo de patologia (frequência absoluta – fa), assim sendo, a somatória do número de estações, onde houve a ocorrência de cada tipo de patologia, já a (frequência relativa – fr), nada mais é que o percentual das estações com ocorrência de determinada patologia, em função ao total de estações avaliadas como observado na Equação (1).

Em posse dos números das frequências absolutas e relativas, é possível calcular o (Índice de Gravidade Individual – IGI), para cada tipo de defeito apontado, conforme Equação (2) (DNIT, 2003).

Para a consideração dos valores referentes aos afundamentos dos trilhos de rodas, são calculados a variância das flechas no trilho de roda, posteriormente é calculada a média aritmética das médias das flechas no trilho de roda (F) e a média das variâncias das flechas nas duas trilhas de rodas. O cálculo do IGI, para afundamentos nas trilhas é realizada em duas etapas, sendo a primeira referente a medias das flechas (F), e a segunda a medias das variâncias (FV), como definido abaixo:

Sendo F for > 30 mm, o IGI é adotado como 40, porém se F for < 30 mm o IGI é o produto em modulo de F multiplicado por 4/3.

Sendo FV for \leq a 50, o valor de IGI é = a FV, porém se FV for >50 , adota-se IGI = 50.

$$fr = \frac{fa \cdot 100}{n} \quad (1)$$

$$IGI = fr \cdot fp \quad (2)$$

Onde:

fr = frequência Relativa de cada tipo de Defeito;

fa = frequência Absoluta;

n = número de estações inventariadas;

IGI = Índice de Gravidade Individual;

fp = fator de Ponderação.

O valor do Índice de Gravidade Global – IGG, é o produto da somatória do Índice de Gravidade Individual – IGI, conforme Equação (3) abaixo:

$$IGG = \sum IGI \quad (3)$$

Onde:

IGG = Índice de Gravidade Global.

O conceito do pavimento em relação ao grau de degradação em que o pavimento se encontra é em relação ao valor do IGG, sendo classificado conforme a Quadro 5 abaixo.

Quadro 5 - Conceito de degradação do pavimento em função do IGG.

CONCEITOS	LIMITES
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: DNIT (2003).

Conforme Bernucci (2006) a atribuição do conceito ao pavimento nada mais é que diferenciar casos, todavia o conceito não deve substituir o valor calculado para o IGG, é significativo evidenciar que os valores de IGG contido no mesmo conceito de degradação do pavimento podem ter condições diversas a serem consideradas no projeto de restauração. Contudo, para um bom projeto de restauração é importante reforçar a necessidade da identificação das causas que deram origem aos defeitos.

2.7.2 AVALIAÇÃO SUBJETIVA DA SUPERFÍCIE DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS - VSA

A avaliação subjetiva do pavimento é indicada para se obter informações qualitativas da superfície asfáltica, quanto ao conforto e suavidade de rolamento proporcionado pelas faces dos pavimentos flexíveis e semirrígidos aos usuários que por ele trafegam e deve seguir as orientações descritas pelo DNIT (2003).

O DNIT (2003) define que a serventia atual do pavimento é a capacidade de um segmento específico de rodovia proporcionar uma trafegabilidade suave e confortável, em determinado momento, segundo a opinião do usuário, para quaisquer condições do tráfego. Em função desta avaliação é embasado o diagnóstico do estado da superfície do pavimento e de que maneira o mesmo intervém na trafegabilidade dos usuários.

No Brasil o Valor de Serventia Atual – VSA é a atribuição numérica, gerada pela nota atribuída de um grupo de cinco avaliadores que percorrem o trecho em estudo, em um veículo de passeio de médio porte, a uma velocidade em torno à máxima permitida na via de análise, avaliando somente a superfície e seu estado atual. Deve ser preenchido o formulário “Ficha de Avaliação de Serventia – VSA”, levando em consideração observações relevantes que o avaliador possa mensurar, conforme figura 23 abaixo (DNIT, 2003).

Figura 23 – Ficha de avaliação de serventia (VSA)

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

Fonte: DNIT (2003).

Segundo Pinto (2010) os avaliadores não devem considerar em sua avaliação problemas ligados a geometria do trecho, bem como resistência a derrapagem, recalques em corpos de aterros, ou bueiros, cruzamentos em nível, ângulos de curvas, entre outros fatores que possam

ser semelhantes a essas condições, porém dever ser considerados os “buracos”, saliências, irregularidades transversais e longitudinais, da superfície analisada. É importante ainda que os avaliadores não comentem nada entre si suas notas atribuídas para que o resultado não seja tendencioso.

O DNIT (2003) através do quadro 06 nos mostra que o VSA, é dado à atribuição numérica de nota, dada em uma escala de 0 a 5, sendo 0 a pior nota e 5 a melhor nota.

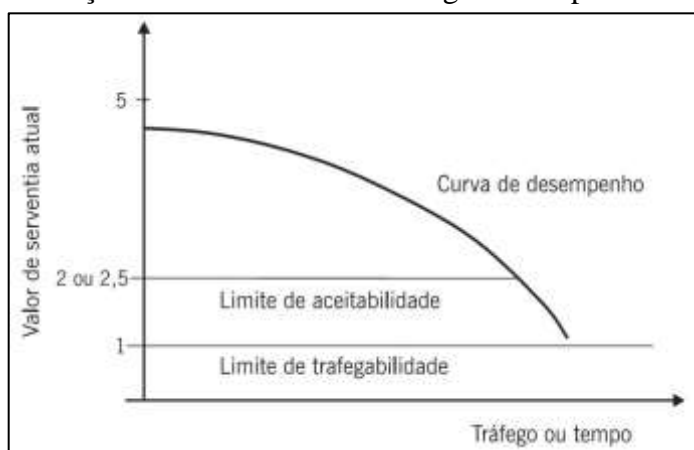
Quadro 6 - Níveis de serventia

Padrão de Conforto ao Rolamento	Avaliação (Faixa de Notas)
Ótimo	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: BERNUCCI (2006).

Conforme Bernucci (2006) nos mostra que de maneira genérica que o VSA é elevado a seu maior nível quando a restauração ou reconstrução do pavimento é bem executada, pois resulta em uma superfície suave e praticamente sem irregularidades. Trazendo um estado de perfeição ao pavimento (VSA=5), que na prática não se ocorre muito, pois fatores de execução aliados com os materiais empregados interferem diretamente na nota de avaliação. Com o passar do tempo o valor de VSA do pavimento tende a decair, devido às ações de intempéries em conjunto com a intensidade do tráfego, a figura 24, nos mostra a curva de serventia da superfície com o passar do tempo de utilização do mesmo.

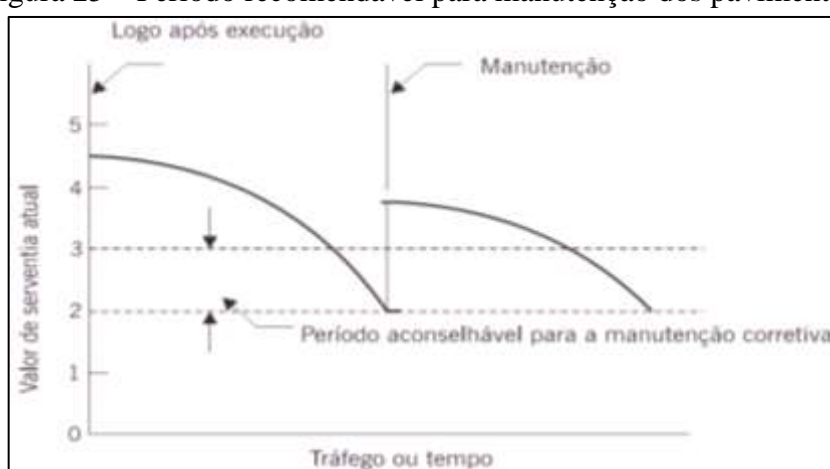
Figura 24 – Variação da serventia com o tráfego ou tempo de utilização da via



Fonte: BERNUCCI (2006).

O guia de dimensionamento de pavimentos norte-americano elaborado pela American Association of State Highway And Transportation Officials - AASHTO (BLASCHKE, 1993) foi o primeiro a estabelecer um critério de valor de serventia, para o cálculo das estruturas do pavimento. Esse critério atribuiu como limite de aceitabilidade a nota 2,5 para vias de alto volume de tráfego, e 2,0 para as demais. Na prática sempre que o VSA atingir esse patamar, uma intervenção de manutenção corretiva se torna de suma importância, a fim de repor o índice a valores superiores, conforme se pode observar na figura 25.

Figura 25 – Período recomendável para manutenção dos pavimentos.



Fonte: BERNUCCI (2006).

Segundo o DNIT (2003) a avaliação deve-se feita em diferentes trechos, do pavimento estudado, e assim calcular o VSA médio do pavimento. Para essa conta deve-se utilizar a Equação (4).

$$VSA = \frac{\sum X}{n} \quad (4)$$

Onde:

VSA = Valor de Serventia Atual;

X = Valores de Serventia Atual atribuído por cada avaliador;

n = Número de Avaliadores.

O DNIT (2003) estabelece que para determinação do VSA, devem ser escolhidos, trechos com características semelhantes e com extensão máxima de 2 (dois) quilômetros, tendo sido rapidamente inspecionado pela equipe de avaliadores.

2.8 SOLUÇÕES PARA RECUPERAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Para Bernucci (2006), a não presença de problemas estruturais no pavimento nos indica uma solução do tipo restauração, empregando técnicas para revitalização do revestimento asfáltico, assim propondo correções dos defeitos a este nível, sendo executados os tipos de soluções a seguir mencionados, podendo seu uso ser de maneira isolado ou combinados entre as diversas técnicas disponíveis, o que resulta na escolha da técnica é o estágio de degradação em que o pavimento encontra-se perante ao nível de serventia atual, bem como a disponibilidade de recursos de uma determinada região.

2.8.1 TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES OU DUPLO - (TSS OU TSD)

Bernucci (2006) nos informa que o Tratamento Superficial Simples ou Duplo, é um tipo de revestimento asfáltico, cujo sua função é selar as trincas e reestabelecer a aderência superficial, entre pneu pavimento. Sua concepção consiste na aplicação de ligante coberto por uma camada de material granular mineral, devidamente compactado.

Figura 26 – Tratamento Superficial Duplo em Execução.



Fonte: FIRCON (2014).

O Regulamento do DNER-ES309/1997 estabelece procedimentos e parâmetros para este tipo de restauração, na figura 26, é possível observar o TSD em prática, sendo executado da seguinte maneira, primeiro é feita a limpeza do pavimento atual, através do processo de varredura, com o intuito de eliminar as partículas soltas e que por ventura comprometam a aderência do ligante no pavimento. Posteriormente é aplicado o ligante betuminoso em toda a área a ser tratada, imediatamente após é feito o espalhamento do material granular em uma

camada de espessura determinada em projeto, seguido da compactação do mesmo. Ao final da operação o procedimento é repetido da mesma maneira, assim dá o seu nome tratamento superficial duplo, ou seja, executado duas vezes.

2.8.2 MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO COM EMULSÃO - (MICRO)

O Microrrevestimento tem indicação para: selagem de trincas, restauração da aderência superficial, impermeabilização e rejuvenescimento do pavimento asfáltico, tendo como seu melhor desempenho a aderência entre pneu e pavimento segundo Bernucci (2006).

A Norma DNIT estabelece que a aplicação deste revestimento, deve ser feita de maneira contínua e lenta, lembrando que a limpeza do revestimento asfáltico antes da aplicação é indispensável. Após a aplicação o trecho só pode ser liberado para o tráfego, após uma hora e meia, quando o material adquiriu coesão necessária, conforme podemos observar na figura 27.

Figura 27 – Microrrevestimento Asfáltico a Frio com Emulsão.



Fonte: FIRCON (2014).

2.8.3 LAMA ASFÁLTICA - (LAMA)

A aplicação da Lama Asfáltica tem como principal objetivo revitalizar o pavimento, pois a mesma tem a capacidade de selar trincas rejuvenescendo o pavimento. Esse tipo de revestimento consiste na associação de agregado mineral, brita, material de enchimento, filler, emulsão asfáltica e água, com consistência fluida, de maneira uniformemente espalhada sobre superfície antecipadamente limpa, segundo Bernucci (2006).

O Regulamento do DNER é responsável por estabelecer os parâmetros e procedimentos para a execução deste tipo de revestimento asfáltico. Sendo aplicado por meio de um caminhão, no qual faz a mistura das matérias e aquecendo a emulsão. Na figura 28, pode-se observar a

execução deste processo de restauração. Vale ressaltar que a distribuição do material na pista, deve ser feita de maneira uniforme, contínua e lenta, considerando ainda a consistência da mistura e a possibilidade de possíveis falhas no espalhamento, no qual pode gerar gasto excessivo de material em alguns pontos e insuficiência em outros.

Figura 28 – Lama Asfáltica.



Fonte: ITIQUIRA (2013).

2.8.4 CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ)

Segundo a Norma DNIT, este revestimento asfáltico é aplicado na pista de rolamento em alta temperatura e imediatamente compactado com equipamentos necessários. A sistemática da aplicação é dada da seguinte maneira, material ligante, aplicação e compactação com equipamentos específicos para o mesmo, deve-se tomar cuidado especial com a temperatura do mesmo, pois há limites de execução e aplicação.

Ainda segundo esta Norma DNIT, o tráfego deve estar afastado do local até o resfriamento por total do revestimento, o que justifica o resfriamento com a aplicação da água após a compactação, na figura 29, pode-se observar a aplicação do método.

Figura 29 – Concreto Betuminoso Usinado a Quente.



Fonte: ALÉMDAINERCIA (2017).

2.8.5 FRESAGEM A FRIO

Segundo a Norma DNIT, fresagem a frio é uma operação que se realiza o corte ou desbaste de uma ou algumas camadas de revestimento asfáltico, por intermédio mecânico de uma máquina, sem a necessidade de empregar calor, na Figura 30 podemos observar esta operação em prática.

Figura 30 – Fresagem a frio.



Fonte: AECWEB (2014).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MÉTODO

Para a realização do estudo, a metodologia adotada foi a determinação de uma via urbana, tendo em vista uma análise superficial das patologias encontradas no pavimento flexível, para determinar para esta via o seu valor de serventia atual.

Para a elaboração desta análise, foi utilizado o método VSA – Valor de Serventia Atual, seguindo todos os parâmetros estipulados no Regulamento do DNIT 009/2003, a rua escolhida para a realização do estudo foi a Antônio Morbidelli, à qual foi verificada e seccionada em trechos, com a finalidade de identificar as patologias constantes em cada trecho, ter a percepção do grau de conforto e segurança no trajeto em um veículo de passeio e assim atribuir os valores dos níveis de serventia de cada trecho, utilizando o formulário de Avaliação de Serventia, como mostrado no item 2.7.2, na figura 23.

Posteriormente demonstrar as possíveis resoluções para as patologias encontradas, e em seguida, todo os trechos foram novamente percorridos em caminhada, para serem graduados e catalogados (via fotografia) todas as patologias encontradas.

3.2 ESCOLHA DO LOCAL DE ESTUDO

Para realizar este estudo de conclusão de curso, foi realizada a análise superficial da Rua Antônio Morbidelli que é uma via urbana local, situada na região central cidade de Extrema - Sul de Minas Gerais, está, pois, tendo uma extensão total de aproximadamente 685 metros, como é apontado na figura 31.

Figura 31 - Imagem aérea da Rua Antônio Morbidelli.



Fonte: Google Earth (2018).

Figura 32 - Imagem da Rua Antônio Morbidelli.



Fonte: Google Earth (2018).

Para uma melhor avaliação, esta via foi dividida em três trechos para a realização do estudo, cada trecho com aproximadamente 230 metros de extensão.

. O primeiro trecho tem em sua totalidade um traçado plano, tendo seu início na Avenida Domingos Morbidelli e seu fim logo após a Rua São Gabriel. Na figura 33 pode-se identificar o trecho 01.

Figura 33 - Imagem aérea da Rua Antônio Morbidelli – Trecho 01.



Fonte: Google Earth (2018).

Já o trecho de numero 02, tem seu início logo após a Rua São Gabriel, e o fim desse trecho é em seguida da Rua Tereza Morbidelli, seu traçado é de 30% em superfície plana, e o restante do trecho em declividade, como é demonstrado na figura 34.

Figura 34 - Imagem aérea da Rua Antônio Morbidelli – Trecho 02.



Fonte: Google Earth (2018).

O terceiro e último trecho em toda sua extensão apresenta declividade, iniciando-se em seguida da Rua Tereza Morbidelli e finalizando na Rua Geraldo Morbidelli, este trecho é explanado na figura 35.

Figura 35 - Imagem aérea da Rua Antônio Morbidelli – Trecho 03.



Fonte: Google Earth (2018).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 APRESENTAÇÃO DAS ANÁLISES

A análise da via é apresentada através de registros fotográficos, gráficos e quadros. Podendo assim, classificar e identificar as patologias encontradas em cada trecho estudado, definindo os Valores de Serventia Atual de cada trecho.

A cada patologia encontrada foi realizada a análise e observação através de fotografias, e identificação do tipo de patologias existentes, assim também foi atribuído à nota de avaliação do VSA, realizada individualmente pelo avaliador, pode-se visualizar a forma que o registro foi realizado, através das fichas de verificação, apresentadas no item 4.2.

Com base no DNIT (2003) foi estabelecido o tipo de patologia encontrada, e também os critérios de conduta para atribuição das notas de avaliação. Posteriormente cada patologia foi item de estudo para encontrada uma possível proposta de recuperação, como descrita e detalhada no item 5.

4.2 SITUAÇÃO ATUAL DO TRECHO

Como citado, o método de VSA – Valor de Serventia, é um método de avaliação subjetiva e visual, onde o julgamento de cada avaliador é levado em conta por sua experiência, desta forma pode haver uma variação no resultado final. É visível que a via analisada como um todo está em boas condições, mesmo apresentando algumas patologias, mas em nenhum trecho a segurança é colocada em risco durante o percurso.

Já em questão de conforto, alguns trechos deixam a desejar, apresentando uma situação desconfortável ao rolamento. Este desconforto é notório a todos que utilizam a via, pois a frequência de patologias como: trincas tipo “bloco”, trincas tipo “couro de Jacaré” e afundamentos são altas, como podem ser observadas nas folhas de avaliação de cada trecho, no item 4.2.

Ao considerar as patologias encontradas durante o percurso percorrido por toda a via, através das fichas de avaliação de VSA, foi possível classificar a via sendo como uma condição REGULAR, pois a média das notas de todos os trechos foi de 3,00, considerando assim, que a ação necessária seria a correção de pontos localizados da via.

Na tabela 5 podemos observar de forma resumida o Valor de Serventia Atual de cada trecho analisado, juntamente com o VSA médio, que é considerado o valor de VSA da via. Iniciando com o trecho 01 com o menor valor que é de 2,5, e tendo o trecho 03 com o maior valor de Serventia atingindo um valor de 3,5, assim a via analisada por completo tem um valor médio de 3,0.





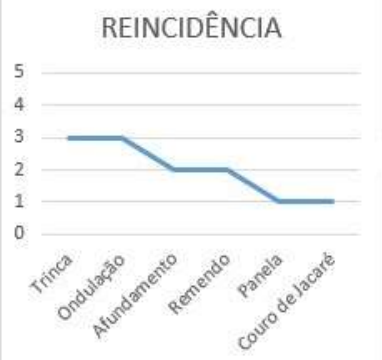
Tabela 5 – VSA Atual da Via

VALOR DE SERVENTIA ATUAL				
VIA:	Rua Antônio Morbidelli			
LOCALIZAÇÃO:	Região Central da cidade de Extrema			
EXTENSÃO:	685 metros			
Trecho	Segmento em (m)		VSA	Condição da Via
01	1	230	2,5	REGULAR
02	230	460	3,0	REGULAR
03	460	685	3,5	BOM
VALOR DE SERVENTIA ATUAL DA VIA				
3,0			REGULAR	

Fonte: O Autor.

O trecho de número 01 foi o que apresentou VSA de valor mais baixo (2,5), classificando o trecho como condição REGULAR, necessitando assim apenas da intervenção do tipo restauração, não necessitando de reconstrução e/ou substituição das camadas inferiores à capa asfáltica, mas limite de aceitabilidade já foi deixado para trás, fazendo com que assim uma intervenção de manutenção corretiva eleve o valor de serventia da via para níveis superiores. O trecho apresenta painéis de grandes proporções, além revestimentos mal executados, e grande número de trincas, sendo do tipo “couro de Jacaré”, e em “bloco”, como pode-se observar na figura 36.

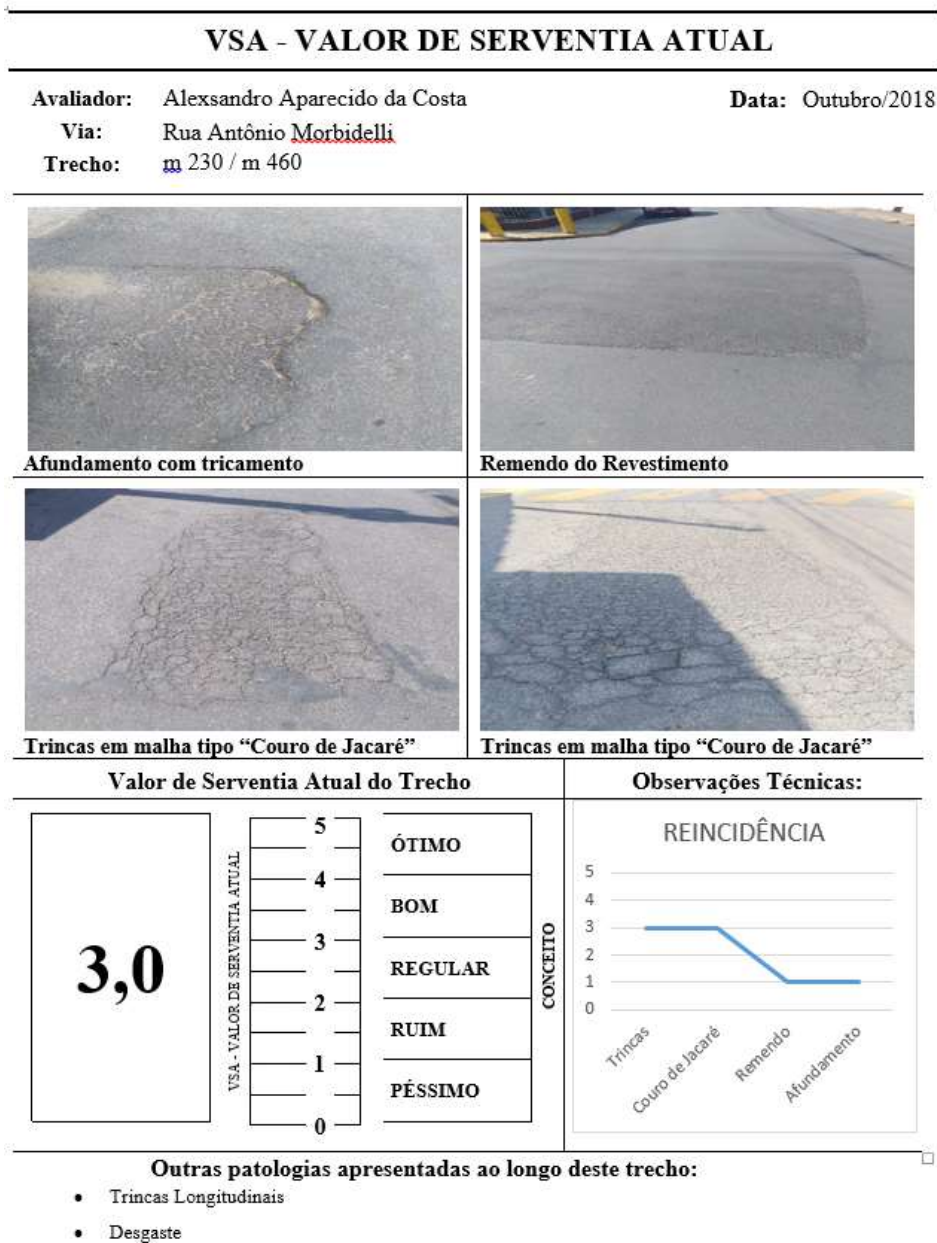
Figura 36 - Folha de Avaliação Trecho - 01

VSA - VALOR DE SERVIENTIA ATUAL																										
Avaliador: Alexsandro Aparecido da Costa	Data: Outubro/2018																									
Via: Rua Antônio Morbidelli																										
Trecho: m 1 / m 230																										
																										
Remendo do Revestimento	Panela ou Buraco																									
																										
Trincas em malha tipo "Bloco"	Afundamento com trincamento																									
Valor de Servientia Atual do Trecho	Observações Técnicas:																									
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; font-size: 2em; margin-right: 10px;">2,5</div> <div style="text-align: center;"> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: 0.8em;">VSA - VALOR DE SERVIENTIA ATUAL</p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>5</td></tr> <tr><td>4</td></tr> <tr><td>3</td></tr> <tr><td>2</td></tr> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>0</td></tr> </table> </div> <div style="margin-left: 10px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>ÓTIMO</td></tr> <tr><td>BOM</td></tr> <tr><td>REGULAR</td></tr> <tr><td>RUIM</td></tr> <tr><td>PÉSSIMO</td></tr> </table> </div> </div>	5	4	3	2	1	0	ÓTIMO	BOM	REGULAR	RUIM	PÉSSIMO	<div style="text-align: center;"> <p>REINCIDÊNCIA</p>  <table border="1" style="display: none;"> <caption>REINCIDÊNCIA</caption> <thead> <tr> <th>Patologia</th> <th>Conceito</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Trinca</td><td>3</td></tr> <tr><td>Ondulação</td><td>3</td></tr> <tr><td>Afundamento</td><td>2</td></tr> <tr><td>Remendo</td><td>2</td></tr> <tr><td>Panela</td><td>1</td></tr> <tr><td>Couro de Jacaré</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> </div>	Patologia	Conceito	Trinca	3	Ondulação	3	Afundamento	2	Remendo	2	Panela	1	Couro de Jacaré	1
5																										
4																										
3																										
2																										
1																										
0																										
ÓTIMO																										
BOM																										
REGULAR																										
RUIM																										
PÉSSIMO																										
Patologia	Conceito																									
Trinca	3																									
Ondulação	3																									
Afundamento	2																									
Remendo	2																									
Panela	1																									
Couro de Jacaré	1																									
Outras patologias apresentadas ao longo deste trecho:																										
<ul style="list-style-type: none"> • Ondulações • Couro de Jacaré • Desgaste 																										

Fonte: O Autor.

No segundo trecho (trecho 02), foi encontrado um elevado número de patologias do tipo trincas longitudinais, e trincas do tipo couro de “Jacaré”, estas patologias foram com proporções bem menores do que as encontradas no trecho 01, por isso a elevação para o valor de serventia 3,0, onde já é classificado como uma via de condição REGULAR, este foi o único trecho que a apresentou a patologia de Afundamento, mas em um grau baixo, a figura 37 representa a análise do trecho 02.

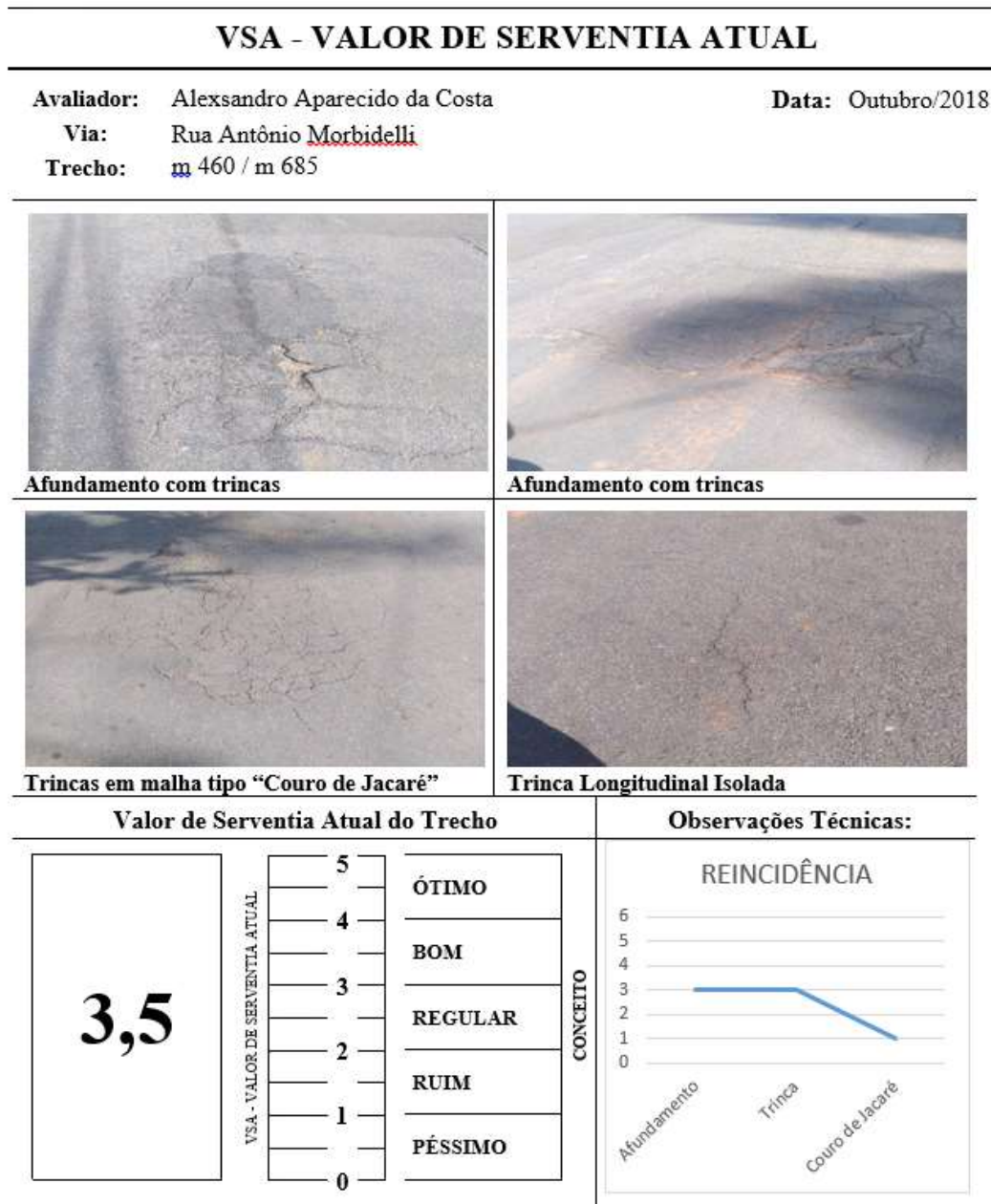
Figura 37 - Folha de Avaliação Trecho - 02



Fonte: O Autor.

O terceiro e último trecho foi o que apresentou o Valor de Serventia Atual de maior expressão, tendo um valor de 3,5, mantendo o nível de conforto da pista em condição BOA, esta nota foi atribuída pelo trecho ter um número reduzido de patologias encontradas, e todas patologias serem de grau baixo, como pode-se notar na imagem 38. Sendo assim seria o único trecho em que a aplicação de revestimento resolveria.

Figura 38 - Folha de Avaliação Trecho - 03



Outras patologias apresentadas ao longo deste trecho:

- Desgaste

Fonte: O Autor.

5 PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Após o levantamento realizado, utilizando o método do Valor de Serventia Atual, foi possível quantificar, qualificar e classificar todas as patologias existentes na via, assim realizar uma proposta de recuperação mais adequada para cada trecho analisado. Para esta recuperação ser realizada, é necessário traçar um cronograma de execução, para ter controle sobre os processos executados, e também causar o menor impacto possível ao usuário da via.

A revitalização é de suma importância, pois a consequência de se manter o tráfego em um pavimento já deteriorado é expor o mesmo ao decréscimo mais acentuado em seu valor de VSA, pois sob a presença de trincas, fissuras e panelas, a água penetra com mais facilidade na estrutura do pavimento, o que resulta em uma aceleração da degradação da condição do pavimento.

Por se tratar de um pavimento urbano de baixo custo a reconstrução da via não é uma solução adequada, mas a resolução pontual de cada patologia deve ser realizada. A via como um todo apresenta número elevado de trincas do tipo couro de “Jacaré”, nestas localidades deve-se ter uma atenção especial, pois é uma patologia que rapidamente pode evoluir, nestas regiões necessita a correção de um remendo profundo, esta camada de remendo deve ser aplicada e posteriormente compactada com equipamentos que garantam a compactação e acabamento adequado para o uso seguro, econômico e confortável do usuário. O mesmo processo deve ser realizado nos trechos que apresentam panelas e ondulações.

Nos trechos que apresentam remendos mal realizados, o primeiro passo é realizar a retirada do asfalto nessa região em sua totalidade, para a realização de uma nova reconstrução asfáltica tornando a via segura e confortável ao rolamento. Já nos segmentos da via que apresenta trincas longitudinais e trincas isoladas o procedimento de recuperação é mais simples, como a aplicação de um ligante betuminoso especial ao qual vai realizar a selagem desta trinca, evitando a infiltração, e protegendo a base e sub base da via.

E por fim como a rua como um todo apresenta desgaste, nas regiões mais críticas, será realizada a aplicação de uma capa selante, a qual tem a finalidade de impermeabilizar o revestimento asfáltico que está semiaberto, em decorrência do desgaste superficialmente causado pela exposição ao tráfego e intempéries.

6 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste estudo, foi a apresentação e realização do método de avaliação visual, nomeado como VSA, foi ansiada através deste método a via Antônio Morbidelli, localizada na região central da cidade de Extrema, no estado de Minas Gerais, está via tem uma extensão 685 metros, e sua superfície inteira coberta por pavimento asfáltico flexível.

Antes da realização da verificação da serventia da via, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os principais temas citados neste estudo, a revisão foi realizada baseadas nos principais métodos, manuais, sites, livros e normas disponíveis. Após toda base bibliográfica ser levantada, foi estabelecido os critério e métodos para a a realização da avaliação de serventia do pavimento, inicialmente foi realizado o levantamento de todas as patologias existentes na via, afim de classificar e avaliar cada uma delas.

Ao fim da análise criteriosa de toda a via, e de todas as patologias encontradas, a média de Valor de Serventia Atual encontrado para a via foi de 3,0, classificando a via como uma via REGULAR, mostrando que a via está trafegável, mas que é necessário a realização de correção em pontos específicos da rua, para que sua serventia possa ser elevada. Concluindo o estudo, foi apresentado uma proposta de recuperação de pavimento asfáltico de baixo custo levando em consideração todas as notas encontradas para cada trecho da via, e toda a base bibliográfica estudada.

Assim foi possível concluir que apesar de muitas patologias encontradas ao percorrer a via, nenhuma delas tinha um alto grau, tornando a via em um nível de trafegabilidade que atrapalha o conforto do usuário a percorrer a via, mas em nenhum trecho a segurança do usuário é colocado em risco. Desta forma as medidas de correção deveriam ser realizadas nas patologias específicas para poder elevar o valor de serventia atual da via, e torna-la uma via de classificação de trafegabilidade BOA. Ao realizar as correções pontuais nos trechos da via, deve-se ter atenção na manutenção da via para que o valor encontrado não volte a cair e assim elevar os gastos na recuperação da via, e evitar que seja necessária uma restauração por completo da via.

Conclui-se assim, que ao realizar o estudo da via, através da ficha de avaliação, fotos, análises e estudos que é necessária a correção pontual das patologias encontradas para elevar a serventia atual da via e torna-la em uma classificação do tipo BOA, promovendo conforto ao rolamento, segurança e melhoria na via para os usuários que trafegam pela mesma.

7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AASHTO – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **AASHTO guide for design of pavement structure**. Washington, USA, 1993.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 558 p.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos, 2006. 504 p.

BRASILPAV, **Enchimento de degrau de acostamento com MRAF**, 2017. Disponível em <<http://www.brasilpav.com.br/brp/paginaauxiliar/16/ENCHIMENTO+DE+DEGRAU+DE+ACOSTAMENTO+COM+MRAF>>. Acesso em 30 ago. 2018

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **CNT: 13 principais defeitos das rodovias**, 2018. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/imprensa/Noticia/conheca-principais-defeitos-pavimento>>. Acesso em: 30 ago. 2018

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **CNT: relatório gerencial**. 20. ed. Brasília: Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte, 2016. Disponível em: <[http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20\(2016\)%20-%20LOW.pdf](http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20(2016)%20-%20LOW.pdf)>. Acesso em: 21 ago. 2018.

DANIELESKI, Maria Luiza. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos**: aplicação à rede viária de Porto Alegre. 187 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado) - Engenharia ênfase transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/maria_luiza_danielleski.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Conservação, Restauração e melhoramentos**: terminologia. [S.l.: s.n.] ,1979. 2 p. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dner-ter002-79.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de conservação rodoviária**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2005. 564 p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Conservacao%20Rodoviaria.pdf>. Acesso em: 06 set. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentos rígidos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2004. 233 p. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/normas/download/Manual%20de%20Pavimentos%20R%EDgidos%20-%20VERS%C3O%20INICIAL.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Plano nacional de contagem de tráfego – PNCT – DNIT**, SAN quadra 03, bloco A – asa norte – via

L2 norte, Brasília, DF, 70.040-902. Disponível em: <<http://servicos.dnit.gov.br/dados-pnct/Pnt/2016>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

DOMINGUES, Felipe Augusto Aranha. **Manual para identificação de defeitos de revestimentos asfálticos de pavimentos**. São Paulo, 1993. 96 p.

GONÇALVES, Fernando José Pugliero. **Diagnóstico e manutenção de pavimentos: ferramentas auxiliares**. Passo Fundo: Universidade, 2007. 208 p.

GOOGLE. **Google Earth**. Version 7.1.8.30.36 [S.l.]: Google, 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

Manual de estudos de tráfego. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006a. 384 p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_estudos_trafego.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2018.

Manual de pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006b. 274 p. Disponível em: <https://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018.

MEDINA, Jacques de; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Mecânica dos pavimentos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciencia, 2015. 620 p.

MINAS GERAIS. Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais. **Boletim Rodoviário**. Belo Horizonte: [s.n.], 2013. 368 p.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES – Departamento Nacional De Estradas De Rodagem – DNER - **Manual De Reabilitação De Pavimentos Asfálticos**. 1998

Norma DNER 314/1997 - ES: pavimentação – lama asfáltica - especificação de serviço. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa, 1997. 9p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNER-ES314-97.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018.

Norma DNIT 005/2003 - TER: defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa, 2003a. 12p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dnit005_2003_ter.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2018.

Norma DNIT 006/2003 - PRO: avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa, 2003b. 10p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/procedimento-pro/dnit006_2003_pro.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018.

Norma DNIT 008/2003 - PRO: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa, 2003c. 11p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/procedimento-pro/dnit008_2003_pro.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018.

Norma DNIT 009/2003 - PRO: avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro: IPR, 2003d. 6p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/procedimento-pro/dnit009_2003_pro.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018.

Norma DNIT 031/2006 - ES: pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico - especificação de serviço. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa, 2006. 14p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit031_2006_es.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018.

Norma DNIT 031/2006 - ES: pavimentos flexíveis - concreto asfáltico - especificação de serviço. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa, 2006c. 14p. Disponível em: <http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/DNIT031_2006_ES.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018.

Norma DNIT 035/2004 - ES: pavimentos flexíveis – micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero - especificação de serviço. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa, 2004. 9p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/normas/download/DNIT035_2004_ES.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018.

Norma DNIT 159/2011 - ES: pavimentos flexíveis – fresagem a frio - especificação de serviço. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa, 2011. 7p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit159_2011_es.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018.

PEREIRA, Paulo, MIRANDA, Valverde. **Gestão da Conservação dos Pavimentos Rodoviários**. Braga: Universidade do Minho, 1999. 352 p.

PINTO, Salomão. **Pavimentação asfáltica:** conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 269 p.

PRESTES, Marilez Pôrto. **Métodos de avaliação visual de pavimentos flexíveis:** um estudo comparativo. 146 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado) - Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2304/000317458.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

RODRIGUES, Régis Martins. **Engenharia de pavimentos:** gerência de pavimentos. [S.l.]: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2007. 168 p.

SANTANA, Humberto. A filosofia dos calçamentos na pavimentação urbana. In: **Anais da 4a. Reunião de Pavimentação Urbana**. Maceió: [s.n.], 1993.

SENÇO, Wlastemiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. v. 2. São Paulo: Pini, 2001. 672 p.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. São Paulo: Pini, 2005.

UNIS, Centro Universitário do Sul de Minas. **Técnicas para elaboração de Trabalhos Acadêmicos/ Grupo Unis**. – Varginha – MG UNIS, 2012.