

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG  
Bacharelado em Engenharia Civil

Thaís Vilela dos Santos

**ANÁLISE SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXÍVEL NO TRECHO DE ACESSO  
ENTRE A RODOVIA FERNÃO DIAS E A CIDADE DE TRÊS CORAÇÕES - MG**

Varginha  
2016

Thaís Vilela dos Santos

**ANÁLISE SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXÍVEL NO TRECHO DE ACESSO  
ENTRE A RODOVIA FERNÃO DIAS E A CIDADE DE TRÊS CORAÇÕES - MG**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M. Sc. Armando Belato Pereira

Varginha  
2016

Thaís Vilela dos Santos

**ANÁLISE SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXÍVEL NO TRECHO DE ACESSO  
ENTRE A RODOVIA FERNÃO DIAS E A CIDADE DE TRÊS CORAÇÕES - MG**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

---

Prof. M. Sc. Armando Belato Pereira – UNIS/MG (Orientador)

---

Prof. – UNIS/MG (Banca Examinadora)

---

Prof. – UNIS/MG (Banca Examinadora)

Varginha, \_\_ de novembro de 2016.

Dedico este trabalho à minha família, pela capacidade de acreditar em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação me deram a esperança para seguir em frente. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinha nessa caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades. Ao professor Armando, pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho. Aos meus pais, que, apesar das dificuldades, me deram forças e incentivo. Às minhas irmãs, que sempre me apoiaram e são muito importantes para mim. Aos meus amigos que se fizeram presentes, que não deixaram dúvidas da cumplicidade e foram essenciais para a realização deste trabalho.

“A força não provém da capacidade física.  
Provém de uma vontade indomável.”

**Mahatma Gandhi**

## RESUMO

O presente trabalho apresenta a avaliação dos dados característicos do trecho de acesso entre a rodovia Fernão Dias e a cidade de Três Corações – MG, a proposta da melhor solução – após análise de problema – e o método utilizado para resolução. O procedimento utilizado permitiu a análise do grau de trafegabilidade da via, que está diretamente ligado à segurança e ao conforto dos usuários da mesma, através do método de avaliação do Valor de Serventia Atual (VSA). Os resultados obtidos foram apresentados em Relatórios de Análise individuais para cada seção e um geral, juntamente de gráficos representativos para determinação do VSA geral da via, o qual a classifica como “ruim” e mostra ser necessária uma reconstrução da mesma. Foi utilizado o método de dimensionamento de pavimento flexível de acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem (DER) e os cálculos apresentados de maneira detalhada e organizada – para um melhor entendimento.

**Palavras-chave:** Pavimento Flexível. Patologias. Dimensionamento.

## **ABSTRACT**

*This paper presents the evaluation of characteristic data of the access road between the highway Fernão Dias and the city of Três Corações - MG, the proposal for the best solution - after problem analysis - and the method used for resolution. The procedure allowed the analysis of the track degree trafficability, which is directly linked to the safety and comfort of users of the same, through the method of evaluation of the Present Serviceability Ratio (PSR). The results were presented in individual analysis reports for each section and a general together representative graphs to determine the general VSA administration, which classifies it as "bad" and a reconstruction of the same proves to be necessary. It used the flexible pavement design method according to Departamento de Estradas de Rodagem (DER) and the calculations presented in a detailed and organized manner - for a better understanding.*

**Keywords:** *Flexible Pavement. Pathologies. Design.*

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 OBJETIVOS .....	11
2.1 Objetivo Geral .....	11
2.2 Objetivos Específicos .....	11
3 JUSTIFICATIVA.....	13
4 MATERIAL E MÉTODO .....	14
4.1 Classificação da Pesquisa.....	14
4.2 Descrição do Local da Pesquisa .....	14
4.3 Planejamento da Pesquisa.....	14
5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
5.1 Histórico.....	15
5.2 Definição de pavimento.....	15
5.3 Função.....	15
5.4 Camadas de um pavimento.....	16
5.4.1 Revestimento .....	16
5.4.2 Base e Sub-base.....	17
5.4.3 Reforço do Subleito.....	18
5.4.4 Subleito .....	18
5.5 Classificação dos Pavimentos.....	18
5.6 Pavimento Asfáltico .....	19
5.7 Materiais.....	20
5.7.1 Solos.....	20
5.7.2 Agregados .....	22
5.7.3 Asfalto.....	24
5.7.4 Concreto Asfáltico.....	26
5.8 Degradação.....	27
5.8.1 Patologias .....	28
5.8.2 Valor de Serventia Atual (VSA).....	33
5.8.3 Ruptura por Resistência.....	35
5.8.4 Danificação por Fadiga.....	36
5.8.5 Deformação Plástica das Camadas .....	36
5.8.6 Fissuração Durante a Cura de Concretos .....	37
5.8.7 Fissuras Transversais por Retração Térmica.....	38
5.8.8 Propagação de Fissuras.....	39
5.8.9 Contaminação dos Materiais.....	39

5.8.10 Oxidação dos Asfaltos dos Revestimentos .....	39
5.8.11 Perda de Condição Operacional Adequada.....	40
5.8.12 Efeitos Prejudiciais do Clima .....	41
5.9 Avaliação Estrutural de Pavimentos Asfálticos .....	42
5.9.1 Prospecção Destrutiva .....	42
5.9.2 Prospecção Não Destrutiva.....	43
5.9.3 Medida de Deflexão .....	43
5.9.4 Determinação de Parâmetros em Segmentos Homogêneos .....	45
5.9.5 Determinação de Deformações.....	45
5.10 Dimensionamento de pavimento flexível .....	45
5.10.1 Método do Departamento de Estradas de Rodagem .....	46
5.11 Contagem de tráfego .....	56
5.11.1 Características do tráfego .....	58
5.11.2 Definição da área de estudo .....	60
5.11.3 Pesquisas de Tráfego .....	60
5.11.4 Determinação do tráfego atual.....	61
5.11.4 Determinação do tráfego futuro.....	61
6 DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA .....	62
6.1 Análise .....	62
6.2 Estado Atual do Segmento .....	64
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	67
8 CONCLUSÃO .....	73
REFERÊNCIAS.....	75
APÊNDICE A – Relatórios de Análise dos trechos estudados .....	77
APÊNDICE B – Fichas de Contagem Volumétrica.....	96

## 1 INTRODUÇÃO

É indiscutível que o desenvolvimento econômico de um país está completamente vinculado à sua infraestrutura de transportes, independentemente dos modais abrangidos pelo mesmo.

Os meios de transporte permitem a movimentação de matéria-prima até onde esta se faz necessária para a execução de variados produtos, prezados por toda a população, como por exemplo: combustíveis, alimentos, moradias, entre outros.

Dentre os modais existentes, no nosso país, o mais utilizado é o rodoviário. O sistema de rodovias compreendem tudo aquilo que é necessário para permitir o deslocamento de automóveis (movidos a partir de um motor, sem uma força exterior).

O Brasil é caracterizado por sua baixa qualidade das rodovias e o principal problema observado por todos é o padrão da pavimentação, que, de modo geral, é realizada com o intuito de melhorar o tráfego, garantindo maiores conforto e segurança. Porém, no nosso país, não há grande credibilidade nessa afirmação.

Uma pesquisa da Confederação Nacional dos Transportes (CNT), em 2005, revelou que mais de 70% do nosso sistema rodoviário é deficiente, e as rodovias de padrão adequado praticamente se restringem ao Estado de São Paulo (rodovias estaduais), o que não é novidade, pois, há anos, o *Department of Commerce* dos EUA, em sua *home page*, orienta turistas americanos sobre o fato de que as únicas rodovias que rivalizam com estradas americanas e europeias encontram-se onde a CNT aponta como uma ilha de qualidade (BALBO, 2007, pag. 14).

Assim, se faz intrigante o estudo de causas e soluções para o principal problema discutido e notado por todos os usuários desse modal, que é o predominante em nossa nação.

O presente trabalho tem como propósito a análise de patologias facilmente percebidas em um trecho da Avenida Deputado Renato Azeredo, na cidade de Três Corações, e a determinação da classificação qualitativa do mesmo. O trecho estudado foi o correspondente à LMG – 862, sendo o meio de acesso da Rodovia Fernão Dias ao perímetro urbano da cidade citada anteriormente.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O principal objetivo do presente trabalho foi definir a atual situação do trecho compreendido entre os pontos A e B, representados na Figura 2.1, para, posteriormente, apresentar a solução mais viável, detalhadamente.

**Figura 2.1** – Trecho estudado (LMG 862 – seção da Avenida Deputado Renato Azeredo).



Fonte: (Google Earth, 2016).

### 2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram divididos em tópicos para melhor entendimento das etapas realizadas. São eles:

- Dividir o segmento geral de estudo em trechos de 100 m, para uma análise mais detalhada;
- Visitar o local para montagem de relatórios individuais para cada um dos trechos, tomando em nota as patologias observadas;
- Proporcionar visita ao local para cinco avaliadores, com a finalidade de determinar o Valor de Serventia Atual (VSA) de cada trecho;
- Determinar o VSA geral, por meio de média aritmética, e, posteriormente, apresentar sua avaliação qualitativa;
- Apresentar a solução mais viável para o problema – como um todo;

- Realizar estudo do tráfego do trecho;
- Apresentar dados do subleito (solo);
- Dimensionar pavimento, definindo as espessuras das camadas (revestimento, base, sub-base e reforço do subleito);
- Detalhar pavimento (desenho em AutoCAD);
- Orçar obra de reconstrução.

### 3 JUSTIFICATIVA

A pavimentação de ruas, avenidas e acessos de cidades é de extrema importância e está ligada diretamente ao conforto e segurança do usuário. Uma boa execução pode garantir longa durabilidade, poucos gastos com manutenção e, principalmente, maior satisfação por parte dos usuários.

As patologias sofridas por um pavimento são, normalmente, muito visíveis a qualquer pessoa que passe por ele, a pé ou em um automóvel. Além de provocarem uma diminuição na qualidade da via, também são, algumas vezes, alvos de gastos desnecessários por parte do governo responsável pela via em questão, uma vez que, em muitos casos, se faz necessária uma reestruturação do pavimento e esta não é realizada, sendo feito apenas um “disfarce” dos problemas, o que acarreta custos maiores ainda – no futuro.

O trecho estudado neste trabalho apresenta diversas patologias provenientes de possível mau execução e faltas de planejamento, quanto aos custos futuros – para manutenção ou reestruturação –, e preocupação para com a segurança e o conforto daqueles que usariam a via, em qualquer que seja sua frequência.

Como o tráfego no segmento em estudo é relativamente alto, por servir de acesso a outras cidades, como São Bento Abade e São Thomé das Letras, os defeitos presentes no mesmo atingem muito mais pessoas do que atingiria se o acesso fosse somente para a cidade de Três Corações.

Por ser um trecho muito utilizado no dia a dia de várias pessoas, como os estudantes de faculdades em Varginha ou trabalhadores do Distrito Industrial de Três Corações (entre outros), o estudo deste é de grande interesse uma vez que grande parte da população da cidade faz parte dos dois grupos de usuários citados anteriormente.

Levando-se em consideração os aspectos mencionados, tornam-se relevantes estudo e análise dos defeitos presentes na via, seu grau de conforto e segurança e, por fim, das possíveis soluções a serem colocadas em prática – para garantir melhores condições aos usuários.

## **4 MATERIAL E MÉTODO**

### **4.1 Classificação da Pesquisa**

Esta pesquisa se classifica como estudo de caso.

Referente ao procedimento adotado, a presente pesquisa foi desenvolvida com um embasamento bibliográfico, sendo utilizadas normas, livros, manuais e monografias apresentadas como Trabalhos de Conclusão de Curso.

Com base nesse material, foram realizadas coletas de dados e análises dos mesmos, de maneira a serem representados através de imagens, tabelas e gráficos.

As análises foram feitas com base no referencial teórico apresentado, permitindo chegar à conclusão, referente ao problema diagnosticado, apresentada neste trabalho.

### **4.2 Descrição do Local da Pesquisa**

Os remendos de panelas/buracos podem ser observados em toda a cidade de Três Corações – MG e são de fácil percepção.

No caso da Avenida Deputado Renato Azeredo, isso não é diferente. O trecho de acesso entre a rodovia Fernão Dias e o perímetro urbano da cidade é o maior exemplo desse problema. Uma vez que este acesso também é utilizado para usuários que desejam apenas passar pela cidade, com a finalidade de chegar a outros lugares, a tentativa de “disfarce”, realizado pela prefeitura municipal, é observada por um número relevante de pessoas.

Segundo o Boletim Rodoviário do Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER/MG – 2013), em média, 5.524 veículos passam diariamente pelo trecho em questão.

### **4.3 Planejamento da Pesquisa**

O presente trabalho teve como objetivo apresentar a coleta de dados obtidos em campo e a análise, através de normas, livros, manuais e monografias, das patologias observadas no segmento em estudo.

O estudo foi realizado em uma parcela da Avenida Deputado Renato Azeredo, que serve de acesso entre a rodovia Fernão Dias e a cidade de Três Corações – MG, com, aproximadamente, 1,9 km, divididos em 19 trechos de 100 m. O pavimento do segmento foi o objeto de estudo e, conseqüentemente, suas patologias.

## **5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **5.1 Histórico**

As rodovias são o modal mais utilizado em todo o mundo e sua memória mais distante é proveniente da China, onde se fizeram necessárias para o acesso do homem aos seus cultivos e a outras matérias-primas. Posteriormente, apareceram vias romanas e segundo Honorato (2004, p. 1), o Império Romano “criou um sistema rodoviário com mais de 100.000 km de extensão”, com a necessidade de superfícies revestidas, para o deslocamento de tropas.

A primeira estrada pavimentada brasileira foi feita em meados do século XVIII e unia o Planalto Paulista ao porto de Santos com lajes de pedra. Em 1906, no Rio de Janeiro, houve o primeiro uso conhecido do asfalto, com um grande calçamento durante o governo do prefeito Rodrigues Alves.

Atualmente, o Brasil possui cerca de 196.000 km de rodovias pavimentadas, sendo 55.000 km de vias federais, e um valor próximo de 1.700.000 km de rodovias não pavimentadas, com uma produção anual média de asfalto de 1.800.00 toneladas.

### **5.2 Definição de pavimento**

Segundo Senço (2007, p. 6), pavimento é a estrutura construída sobre a terraplenagem e destinada, técnica e economicamente, a:

- a) Resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los;
- b) Melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança;
- c) Resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento.

### **5.3 Função**

A principal função do pavimento é garantir um melhor tráfego, uma vez que é criada uma superfície regular, aderente e menos ruidosa, proporcionando maior conforto ao usuário em questão de deslocamento e ambiental e maior segurança quanto à quantidade de água na pista.

Uma vez que a qualidade da via é certa, a despesa com operações é reduzida, afinal os gastos operacionais e de manutenção dos automóveis e das vias estão diretamente ligados com tal qualidade.

Tendo a capacidade de suportar cargas e ações, do tráfego e do clima, a que é submetido, o pavimento garante uma circulação mais confortável e segura.

#### 5.4 Camadas de um pavimento

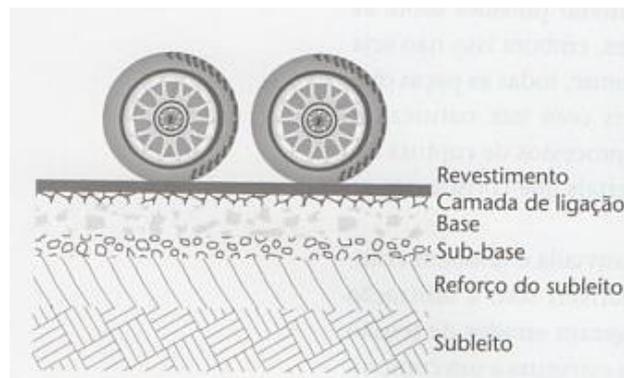
O pavimento é um sistema com várias camadas de diferentes espessuras, que têm, em conjunto, a função de resistir às forças aplicadas no mesmo.

Os veículos e o ambiente aplicam forças (tráfego, intempéries, entre outras) que geram tensões em todas as camadas. Cada uma dessas camadas é destinada a proporcionar determinados suporte e rolamento, independente do clima.

As solicitações das forças aplicadas a todo o conjunto de camadas condiciona a escolha de cada uma delas, levando em conta direção, sentido e intensidade de cada esforço.

Para entender melhor a função de cada uma das camadas, sendo elas as apresentadas na Figura 5.1, é necessário estudá-las à parte.

**Figura 5.1** – Camadas genéricas de um pavimento



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007).

##### 5.4.1 Revestimento

O revestimento é a camada superficial do pavimento e tem a função, principalmente, de suportar as cargas impostas pelo meio, sem absorver grandes deformações, desagregações ou perder sua compactação.

Para garantir tais particularidades, o material utilizado nessa camada deve ser bem aglomerado, de maneira a impossibilitar a movimentação horizontal. Paralelepípedos, blocos pré-moldados de concreto, placas de concreto e misturas asfálticas são exemplos fáceis de observar.

No caso dos revestimentos asfálticos, como podem ser divididos em camadas, são usados diferentes termos para determinar um revestimento fracionado, composto por materiais distintos. É possível designar tal revestimento segundo sua definição e suas associações, como apresentado no Quadro 5.1, apresentado por Balbo (2007).

**Quadro 5.1** – Termos aplicáveis a camadas de revestimento asfáltico.

<b>Designação do Revestimento</b>	<b>Definição</b>	<b>Associações</b>
Camada de rolamento	É a camada superficial do pavimento, diretamente em contato com as cargas e com ações ambientais.	Camada de desgaste, capa de rolamento, revestimento.
Camada de ligação	É a camada intermediária, também em mistura asfáltica, entre a camada de rolamento e a base do pavimento.	Camada de <i>binder</i> ou simplesmente <i>binder</i> .
Camada de nivelamento	Em geral, é a primeira camada de mistura asfáltica empregada na execução de reforços (recapeamento), cuja função é corrigir os desníveis em pista, afundamentos localizados, enfim, nivelar o perfil do greide para posterior execução da nova camada de rolamento.	Camada de reperfilagem ou simplesmente reperfilagem.
Camada de reforço	Nova camada de rolamento, após anos de uso do pavimento existente, executada por razões funcionais, estruturais ou ambas.	“Recape” e recapeamento são termos populares (usa-se também a expressão “pano asfáltico”, que muitas vezes parece comprometer menos).

**Fonte:** Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007).

#### 5.4.2 Base e Sub-base

A base tem como função resistir a esforços verticais provenientes da circulação de automóveis, distribuindo-os, e pode ser de grande importância para a drenagem superficial do pavimento.

A sub-base complementa a base quando, por motivos técnicos ou econômicos, esta precisa ser dividida em duas camadas.

Geralmente, o material utilizado para compor a base possui melhor qualidade em relação à sub-base, assim como essa apresenta características melhores em relação ao reforço do subleito.

Os materiais que podem ser utilizados, para as duas camadas, são: solo estabilizado naturalmente ou quimicamente (com ligante hidráulico ou asfáltico), mistura de solos e agregados, brita graduada e concreto.

#### 5.4.3 Reforço do Subleito

Podendo ser apontado como uma camada complementar da sub-base, o reforço do subleito é uma camada de solo com melhor qualidade do que o solo do subleito, porém, mantendo a ideia proposta anteriormente, com qualidade inferior à sub-base.

Sua função é, também, absorver e distribuir para a camada inferior os esforços solicitantes às forças externas, que são aplicadas diretamente no revestimento, assim como as camadas base e sub-base.

A sua utilização não é obrigatória, mas, com ela, os esforços podem ser melhor absorvidos e há melhor resistência às pressões provenientes da aplicação superficial do pavimento, uma vez que possui melhores características que o solo de fundação.

#### 5.4.4 Subleito

É a fundação do pavimento e as forças transmitidas pelas camadas superiores serão suavizadas de acordo com que vai se aprofundando.

É composto por material natural resistente e compactado e sua resistência pode ser definida por diversos métodos. O principal método adotado é o CBR (*California Bearing Ratio*), onde o resultado é dado em porcentagem e obtido em laboratório.

### 5.5 Classificação dos Pavimentos

Os pavimentos são divididos em duas principais classes: rígidos e flexíveis.

A primeira classe abrange os que sofrem pouca deformação e são formados por, basicamente, concreto de cimento; podem romper pelo esforço de tração presente na flexão quando submetidos à deformação. A segunda inclui aqueles que suportam determinada deformação e são dimensionados para resistir à tração e à compressão, tendo seu rompimento devido ao desgaste proveniente das “bacias de deformação sob as rodas dos veículos” (SENÇO, 2007).

Apesar de existirem as duas principais classificações citadas, os pavimentos podem ser mistos, recebendo bases e revestimentos de diferentes ordens.

Inicialmente, as bases podem ser rígidas ou flexíveis, tendo como principais exemplos:

- a) Bases rígidas: concreto de cimento, macadame de cimento, solo cimento;
- b) Bases flexíveis: base de solo estabilizado (granulometricamente, solo-betume, solo-cal, solo-brita), base de macadame hidráulico, base de brita graduada (com ou sem

cimento), base de macadame betuminoso, alvenaria poliédrica, paralelepípedos (esses dois últimos por aproveitamento).

Assim como as bases, os revestimentos também podem ser rígidos ou flexíveis. Sendo representados por:

- a) Revestimentos rígidos: concreto de cimento, macadame de cimento, paralelepípedos rejuntados com cimento;
- b) Revestimentos flexíveis: betuminosos (concreto betuminoso, pré-misturado a quente, pré-misturado a frio, com tratamento superficial – penetrações direta e invertida) e calçamentos (alvenaria poliédrica, paralelepípedos, blocos de concreto pré-moldados e articulados).

## 5.6 Pavimento Asfáltico

É denominado pavimento asfáltico aquele que possui o revestimento asfáltico e sua classificação é feita em função do tipo de revestimento. As camadas superficiais asfálticas são misturas densas (Quadro 5.2), usinadas a frio ou a quente.

**Quadro 5.2** – Possibilidades de classificação atinentes às estruturas de pavimento com revestimentos asfálticos.

Revestimento	Tipo de Base	Tipo de Sub-Base	Classificação Mista (Tipo de Pavimento)		
			Material do revestimento	Resposta Estrutural	Associações
Asfáltico com misturas densas	Granular	- Granular Cimentada Concreto Asfáltica	Asfáltico	Flexível Flexível Semirrígido Rígido Flexível	Invertido Invertido
	Cimentada	- Granular Cimentada Concreto Asfáltica		Semirrígido Semirrígido Semirrígido Rígido Semirrígido	Composto se aderido Composto se aderido Híbrido/Composto
	Concreto	- Granular Cimentada Concreto Asfáltica		Rígido-híbrido Rígido-híbrido Rígido-híbrido Rígido-híbrido Rígido-híbrido	Composto se aderido Composto se aderido Composto se aderido
	Asfáltica	- Granular Cimentada Concreto Asfáltica		Flexível ou Rígido Flexível ou Rígido Semirrígido Rígido <i>Full depth</i> ou perpétuo	Híbrido

**Fonte:** Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007).

## 5.7 Materiais

Para construir um pavimento, deve-se ter conhecimento de todos os materiais envolvidos, desde os constituintes das camadas do mesmo até aqueles que formam o subleito ou podem interferir no sistema de drenagem, na delimitação dos acostamentos, nos cortes e aterros durante a obra.

Um material que interfere em todos os estudos é o solo sobre o qual o pavimento será construído, pois será o seu suporte. No caso dos pavimentos asfálticos, é de extrema importância o estudo dos agregados e do asfalto utilizados.

### 5.7.1 Solos

O estudo de um solo exige o conhecimento do seu funcionamento mecânico, como quando são aplicadas tensões ou quando estas são aliviadas.

A sua definição diverge entre as áreas de estudo e pode ser observada no Quadro 5.3.

**Quadro 5.3** – Conceituação de solos em áreas do saber.

<b>Pedologia</b>
Solo é material natural constituído por minerais e matéria orgânica, geralmente não consolidado, diferenciado por horizontes, distinguindo-se do material genético subjacente em morfologia, constituição, propriedades físicas e características biológicas.
<b>Geologia</b>
A superfície da Terra é composta por rochas; o material não consolidado (sedimentos) é denominado regolito. Por ação do intemperismo, a parte superficial dos sedimentos modifica-se e fica exposta a atividades biológicas; esta camada modificada é chamada de solo, jazendo sobre a camada inferior de sedimentos não modificados.
<b>Engenharia Civil</b>
Solo é qualquer depósito solto ou fofo, resultante da ação do intemperismo ou da degradação de rochas, ou ainda, da decomposição de vegetais. Incluem-se assim, na categoria dos solos, diversos materiais não consolidados, como sedimentos (pedregulhos, areias, siltes ou argilas), turfas, depósitos calcários como as areias de conchas e corais (como em Fernando de Noronha), os depósitos piroclásticos resultantes de erupções e lavas (cinzas vulcânicas), bem como os solos residuais jovens ou maduros.

**Fonte:** Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007).

Segundo a *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), um solo pode ser classificado de acordo com o tamanho de seus grãos constituintes, que recebem os nomes representados nos itens abaixo:

- Pedregulho: grãos que passam na peneira de 75 mm mas ficam retidos na de 2 mm;
- Areia: grãos que passam na peneira de 2mm mas ficam retidos na de 0,075 mm;
- Silte e Argila: grãos que passam na peneira de 0,075 mm.

Assim, o solo é classificado em 7 grupos, sendo eles: A-1, A-2, A-3 (que englobam os solos granulares, tendo 35% ou menos do seu total passando na peneira de 0,075 mm), A-4, A-5, A-6 e A-7 (que englobam os solos siltosos ou argilosos, que têm mais de 35% do seu total passando na peneira de 0,075 mm). O critério utilizado pela AASHTO na diferenciação dos siltes e das argilas é a plasticidade (as argilas apresentam um índice de plasticidade maior que os siltes).

Os grãos que apresentam um diâmetro maior que 75 mm são excluídos das amostras dos solos nos laboratórios, sendo registrados apenas em porcentagem.

As peculiaridades de um solo são de extrema importância para a pavimentação. As características mecânicas e hidráulicas dos *solos tropicais* estão presentes no Quadro 5.4.

**Quadro 5.4** – Peculiaridades mecânicas e hidráulicas de solos tropicais.

<b>Propriedade</b>	<b>Solos Lateríticos</b>	<b>Solos Saprolíticos</b>
Contração	Elevada (argilas) Baixa (areias)	Média a elevada
Expansão	Baixa	Baixa a elevada
Suporte a Seco	Elevado a muito elevado	Médio a elevado
Permeabilidade	Baixa	Baixa a média

**Fonte:** Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007).

São diversos os ensaios de laboratório para a classificação e análise de um solo. As amostras são separadas para cada tipo de ensaio (umidade, densidade, massa específica, limites de liquidez, plasticidade, saturação, entre outros).

A compactação do solo tem a função de diminuir os espaços vazios presentes nele por meio de esforços mecânicos. Seguindo o método DNER-ME 129/94 – Solos - compactação utilizando amostras não trabalhadas, é realizado um ensaio com a função de caracterizar o potencial de compactação. Quanto maior a massa específica aparente, obtida pela aplicação de esforço mecânico, maior é a resistência do solo em questão.

#### 5.7.1.1 Método CBR

Denominado Índice de Suporte Califórnia (ISC), em português, o ensaio *California Bearing Ratio* (CBR), foi configurado para avaliar a possível ruptura do subleito frente a deslocamentos significativos.

A média de resistência definida como padrão é de 100%, podendo ser encontrados valores maiores que esse. Todos os materiais possuem um valor que representa sua resistência como melhor ou pior que às dos materiais utilizados como referência, que são os “materiais padrão”.

O ISC é expresso em porcentagem, sendo definido como a relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo-de-prova de solo ou material granular e a pressão necessária para produzir a mesma penetração no material padrão referencial. (BERNUCCI et al, 2008)

O ensaio é dividido em três etapas:

- 1) Moldagem do corpo de prova, com o material passado na peneira  $\frac{3}{4}$ ", compactado nas massa e umidade de projeto em um molde com 150 mm de diâmetro e 125 mm de altura, com um anel complementar de extensão com 50 mm de altura;
- 2) Imersão do corpo de prova em água por quatro dias, aplicando uma força de 10 lbs<sup>1</sup> sobre a massa. Essa sobrecarga refere-se ao pavimento, com uma espessura de 2,5 pol<sup>2</sup>, que estará acima do material em estudo;
- 3) Penetração do corpo de prova, por puncionamento, na face superior com um pistão de, aproximadamente, 50 mm de diâmetro e uma velocidade de 1,25 mm/min.

Após estas etapas, o ISC é obtido através das fórmulas<sup>3</sup> 5.1 e 5.2, representadas a seguir.

$$ISC_{0,1"} = \frac{P_{0,1"}}{70} * 100 \quad (5.1)$$

$$ISC_{0,2"} = \frac{P_{0,2"}}{105} * 100 \quad (5.2)$$

Onde P é a pressão correspondente às devidas penetrações, em kgf/cm<sup>2</sup>, que é obtida na fase de penetração.

Todo o procedimento é orientado pela norma DNER-ME 049/94 – Determinação do Índice de Suporte Califórnia.

### 5.7.2 Agregados

Segundo Senço (2007, p. 264), “são materiais inertes, granulares, sem forma e dimensões definidas, com propriedades adequadas a compor camadas ou misturas para utilização nos mais diversos tipos de obra”. Na área da pavimentação, podem ser utilizados junto do betume, no concreto, calçamento e outros.

São classificados, principalmente, de acordo com suas origens e formas. Quanto à origem, podem ser naturais ou artificiais. Os naturais podem ser encontrados na natureza

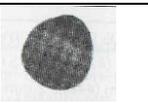
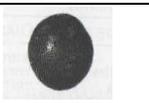
<sup>1</sup> 10 lbs correspondem a 4,53592 kg.

<sup>2</sup> 2,5 pol correspondem a 63,5 mm.

<sup>3</sup> As fórmulas apresentadas são para os valores de pressão correspondentes a 2,54 mm (P<sub>0,1"</sub>) e 5,08 mm (P<sub>0,2"</sub>) de deslocamento.

enquanto os artificiais são aqueles que sofrem operações para chegarem ao produto final. Quanto à forma, são analisados em relação aos graus de esfericidade (esferoidais, achatados, prismáticos, e lamelares) e arredondamento (angulosos, subangulares, arredondados, e subarredondados), como podem ser vistos nas imagens do Quadro 5.5.

**Quadro 5.5** – Classificação da forma dos grãos (representação aproximada).

<b>Tipo</b>	<b>Angular</b>	<b>Subangular</b>	<b>Subarredondado</b>	<b>Arredondado</b>
<b>Esférico</b>				
<b>Alongado</b>				

**Fonte:** Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007).

Quanto à granulometria, os agregados podem ser graúdos, miúdos (ou finos) ou materiais de enchimento (ou filler). Através das curvas granulométricas, pode-se determinar a granulometria de um agregado como contínua (tem maior resistência e favorece misturas densas) ou descontínua. É exatamente a granulometria que caracteriza comercialmente as britas e areias (agregados mais utilizados). Tais classificações podem ser observadas nos Quadros 5.6 e 5.7.

**Quadro 5.6** – Classificação comercial de britas.

<b>Brita</b>	<b>Limites</b>	
	<b>(mm – mm)</b>	<b>(“-“)</b>
<b>3</b>	19,10 – 50,80	3/4 – 2
<b>2</b>	9,5 – 38,10	3/8 – 1 ½
<b>1</b>	4,76 – 19,10	nº 4 – 3/4
<b>0</b>	2,38 – 9,50	nº 8 – 3/8
<b>Pó de Pedra</b>	Inferior a 2,38	Inferior à nº 8

**Fonte:** Manual de Técnicas de Pavimentação (SENÇO, 2007).

**Quadro 5.7** – Divisão granulométrica de areias e pedregulhos.

<b>Tipo de Areia</b>	<b>Diâmetro dos Grãos (mm)</b>
Fina	Entre 0,05 mm (#270) e 0,425 mm (#40)
Média	Entre 0,425 mm (#40) e 2 mm (#10)

Grossa	Entre 2 mm (#10) e 4,8 mm (#4)
Pedregulho	Entre 4,8 mm (#4) e 76 mm

Fonte: Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007).

Não se utiliza o ensaio CBR para a determinação da umidade ótima, pois as britas graduadas foram utilizadas como material-padrão para tal. Assim, sua mistura e compactação garantem o alcance ao suporte do material-padrão.

Sua execução passa por quatro etapas:

- 1) Usinagem em usina gravimétrica com água sendo colocada durante o processo de mistura;
- 2) Transporte e aplicação do material;
- 3) Espalhamento que pode ser realizado com motoniveladora ou distribuidor de agregados;
- 4) Compactação com rolo de pneus com 2,5 t por roda e pressão regulável e rolo liso metálico com cilindro de 3 t (no mínimo).

### 5.7.3 Asfalto

O asfalto pode ser encontrado em rochas ou depósitos lacustres, naturalmente, ou ser derivado do petróleo, sendo o betume seu principal constituinte.

Segundo Balbo (2007), os betumes são “substâncias compostas por hidrocarbonetos pesados, com propriedades ligantes, inflamáveis, de elevada viscosidade em temperatura ambiente, e que ocorrem na natureza ou são obtidos por fabricação a partir da destilação de petróleo, de carvão de madeira ou de resinas”.

#### 5.7.3.1 Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)

É obtido diretamente do petróleo e tem uma quantia considerável de betume, podendo ser denominado apenas por “betume”. São materiais viscosos, de cores escuras e têm a função de ligar os agregados e, em alguns casos, agir como impermeabilizante.

Flexível, relativamente durável, com alta resistência a diversos ácidos, sais e álcalis e não se dissolve em água. Porém, pode perder suas propriedades iniciais, ficando frágil e viscoso.

Ao estar exposto à radiação solar, altas ou baixas temperaturas, águas ácidas ou sulfatadas, óleos, graxas, lubrificantes e combustíveis, o material pode sofrer oxidação (envelhecimento), como será visto no Item 4.8.

O Cimento Asfáltico de Petróleo é classificado, na engenharia civil, de acordo com suas consistência e viscosidade. No Brasil, a consistência é a base classificatória e é medida através do ensaio de penetração.

O ensaio é realizado pela análise da penetrabilidade de uma agulha (com determinados padrões) no CAP em questão. Os valores são dados em décimos de milímetros e enquanto valores baixos concluem em asfaltos consistentes, valores altos se referem a asfaltos mais moles.

A viscosidade de um líquido se relaciona com sua fricção interna; é a medida de sua resistência ao escoamento. Para a maior parte dos líquidos, a viscosidade não é constante, sendo função da taxa de cisalhamento, o que revela fluidos ditos não newtonianos, ou seja, aqueles que apresentam propriedades como a tixotropia, suscetibilidade térmica, afinam-se durante o cisalhamento, por exemplo. (BALBO, 2007)

Os CAP's nacionais têm suas especificações apresentadas no Quadro 5.8. O ensaio de penetração tem a finalidade de se definir a consistência, enquanto o ensaio da viscosidade Saybolt-Furol tem o objetivo de terminar o estado de fluidez em diversas temperaturas. Por sua vez, o ensaio de ductilidade permite a determinação do alongamento que o material pode sofrer. O ponto de amolecimento é obtido pelo método “anel e bola”, que define em qual temperatura o material se torna fluido.

**Quadro 5.8** – Especificação vigente dos CAP's por penetração.

Características	Un.	Tipos de Cimentos Asfálticos de Petróleo				Método ABNT
		CAP 30/45	CAP 50/70	CAP 85/100	CAP 150/200	
Penetração (100 g, 5s, 25°C)	0,1 mm	30 a 45	50 a 70	85 a 100	150 a 200	NBR 6576
Ponto de amolecimento mínimo	°C	52	46	43	37	NBR 6560
Ductilidade a 25°C mínima	mm	600	600	1.000	1.000	NBR 6293
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163°C:						
Penetração retida mínima	%	60	55	55	50	NBR 6293
Variação em massa máxima	%	0,5	0,5	0,5	0,5	
Ductilidade a 25°C mínima	mm	100	200	500	500	

Aumento máximo do ponto de amolecimento	°C	8	8	8	8	
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 mínimo	°C	235	235	235	235	NBR 11341
Solubilidade mínima em tricloroetileno	%	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855
Viscosidade Saybolt-Furol mínima a:						
135°C	s	192	141	110	80	NBR 14950
150°C		90	50	43	36	
177°C		40	30	15	15	
Viscosidade Brookfield mínima a:						
135°C, SP 21, 20 rpm	cP	374	274	214	155	NBR 15184
150°C, SP 21		203	112	97	81	
177°C, SP21		76	57	28	28	

**Fonte:** Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007); (ANP, 2005).

#### 5.7.4 Concreto Asfáltico

No Brasil, o concreto asfáltico mais empregado é o Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ), que também é conhecido como Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

Esse é um material utilizado na camada de revestimento de um pavimento e é produzido através de uma mistura homogeneizada a quente de agregados minerais, fíler e CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo).

“Mástique asfáltico” é o nome que se dá à massa formada pelo CAP e pelo fíler. Além de preencher os vazios, o fíler ainda aumenta a viscosidade do cimento, incrementando o amolecimento quanto à resiliência e a resistência do asfalto.

As camadas de concreto asfáltico têm espessuras recomendadas (Quadro 5.9) com a finalidade de garantir uma correta densificação da massa. Podem ser executadas mais de uma camada de concreto asfáltico e estas recebem diferentes nomenclaturas. Neste caso, quando

são realizadas duas camadas do revestimento, a mais superficial é denominada “capa de rolamento” ou “camada de desgaste” e a segunda “binder” ou “camada de ligação”. O material ainda pode ser usado para regularização, recebendo o nome “camada de regularização/nivelamento”.

**Quadro 5.9** – Espessuras 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:** Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007).

Para a sua produção, os agregados devem ter dosagem correta e estarem completamente secos para depois irem direto para a usinagem.

No momento da aplicação, é de suma importância a temperatura à qual a mistura se encontra. Este fator está diretamente ligado à viscosidade do material, a qual permitirá – ou não – os corretos espalhamento e compactação. Porém, obstáculos como distância entre local de aplicação e usina podem interferir na temperatura da mistura quando esta chegar no seu destino.

## 5.8 Degradação

Segundo Balbo (2007), ao longo do tempo, os materiais utilizados nas obras sofrem degradação e perdem qualidade estrutural ou funcional.

A ruptura de um pavimento pode acontecer devido a diversos fatores variáveis de situação pra situação, podem ser de ordem natural ou podem ser provocados pelo homem. Condições climáticas, cargas de veículos e o próprio material utilizado no pavimento influenciam no dano em questão.

É exatamente nesse ponto em que se inicia o processo de dimensionamento das camadas de um pavimento. De acordo com as características ambientais e do tráfego, ao qual a via estará exposta, que se determinam os materiais a serem utilizados e quais os critérios que serão adotados no dimensionamento.

### 5.8.1 Patologias

As patologias de um pavimento podem ser divididas em duas principais classes: físicas e funcionais. A primeira se diz respeito ao desempenho da estrutura, enquanto a segunda se refere à qualidade de rolamento que o pavimento oferece, que compõem a maior parte do valor de serventia da via, que indica se a mesma satisfaz o seu uso segura e confortavelmente.

(...) tais irregularidades, longitudinais e transversais, podem ser encaradas como resultantes de processos de natureza essencialmente estrutural: deformações plásticas, que ocorrem com maior ou menor intensidade em cada um das camadas do pavimento, incluindo-se aqui o subleito. (BALBO, 2007)

Os defeitos dos pavimentos são classificados de acordo com a DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia. Os defeitos considerados para determinar a qualidade de uma via são as fendas (F), os afundamentos (A), corrugação e ondulações transversais (O), exsudação (EX), desgaste ou desagregação (D), panela ou buraco (P) e os remendos (R). (BERNUCCI, 2008)

Segundo Bernucci (2008), “fendas são aberturas na superfície asfáltica e podem ser classificadas como fissuras (...) ou como trincas”. De maneira geral, quando apresentam comprimento menor que 1,5 m são denominadas fissuras e quando maiores são denominadas trincas. Além disso, são subdivididas de acordo com o tipo e a gravidade. Essa segunda pode ser Classe 1 (abertura  $\leq 1$  mm), Classe 2 (abertura  $> 1$  mm) ou Classe 3 (abertura  $> 1$  mm e desagregação ou erosão nas bordas).

A tipologia das fendas já possui uma maior subdivisão, se relacionada à gravidade, e pode ser observada no Quadro 5.10 (alguns tipos estão representados nas Figuras 5.3 a 5.9).

**Quadro 5.10** – Classificação de fendas segundo a tipologia.

Classificação Tipológica de Fendas	
Trincas Isoladas	Transversais Curtas (TTC)
	Transversais Longas (TTL)
	Longitudinais Curtas (TLC)
	Longitudinais Longas (TLL)
	de Retração (TRR)
Trincas Interligadas	de Bloco (TB)
	de Bloco com Erosão (TBE)
	“Couro de Jacaré” (J)
	“Couro de Jacaré” com Erosão (JE)

Fonte: A Autora. (Bernucci, 2008)

**Figura 5.3** – Trinca Longitudinal Curta (TLC).



Fonte: Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

**Figura 5.5** – Trinca de Retração (TRR).



Fonte: Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

**Figura 5.4** – Trinca Longitudinal Longa (TLL).



Fonte: Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

**Figura 5.7** – Trinca de Bloco sem Erosão (TB).



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

**Figura 5.9** – Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J).



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

**Figura 5.6** – Trinca de Bloco com Erosão (TBE).



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

**Figura 5.8** – Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE).



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

Os afundamentos são decorrentes de deformações sofridas por qualquer uma das camadas do pavimento e podem ser classificados como sendo por consolidação (AC), por consolidação localizado (ALC), representado na Figura 5.10, por consolidação longitudinal nas trilhas de roda (ATC), representado na Figura 5.11, plástico (AP), plástico localizado (ALP), plástico longitudinal nas trilhas de roda (ATP), representado na Figura 5.12. No primeiro grupo (por consolidação), o defeito é causado por densificação diferencial enquanto no segundo a causa é a fluência do revestimento.

**Figura 5.10** – Afundamento por Consolidação Localizado (ALC).



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

**Figura 5.11** – Afundamento por Consolidação em Trilhas de Roda (ATC).



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

**Figura 5.12** – Afundamento Plástico em Trilhas de Roda (ATP).



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

Quanto às corrugações e ondulações, essas são diferenciadas apenas pela sua causa e pela grandeza de comprimento de onda entre duas cristas. Na corrugação, representada na Figura 5.13, essa se encontra em razão de centímetros enquanto na ondulação se encontra em razão de metros.

**Figura 5.13** – Corrugação (O).



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

“A exsudação (EX) é caracterizada pelo surgimento de ligante em abundância na superfície, como manchas escurecidas, decorrente em geral do excesso do mesmo na massa asfáltica” (BERNUCCI, 2008). Esse defeito pode ser observado na Figura 5.14.

**Figura 5.14** – Exsudação (EX).



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

O desgaste, representado pela Figura 5.15, pode ser entendido como um desprendimento dos agregados presentes na superfície ou a perda de mástique junto a esses. Já as panelas, representadas pela Figura 5.16, são cavidades no revestimento e o escorregamento, representado pela Figura 5.17, é causado pela fluência do mesmo.

**Figura 5.15 – Desgaste (D).**



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

**Figura 5.16 – Panelas (P).**



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

**Figura 5.17 – Escorregamento (E).**



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

**Figura 5.18 – Remendos (R).**



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

Mesmo sendo adotados como medida de “manutenção”, os remendos, representados pela Figura 5.18, também são considerados defeitos.

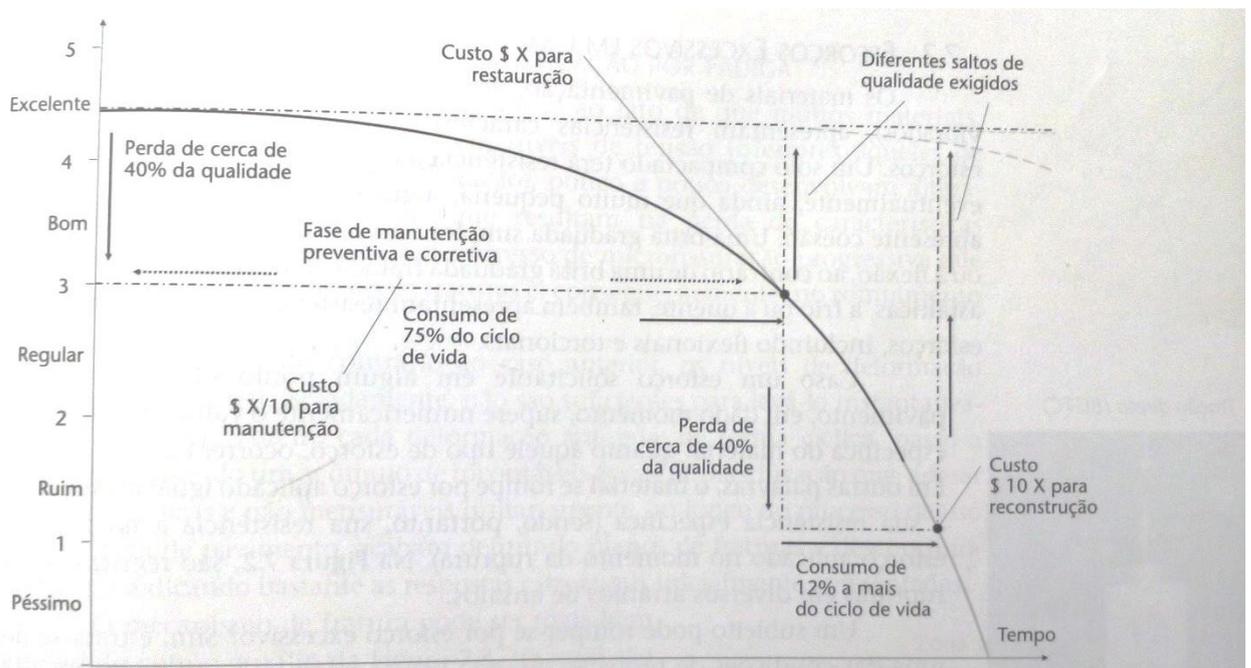
### 5.8.2 Valor de Serventia Atual (VSA)

O Valor de Serventia Atual (VSA) está compreendido entre os valores de 0 a 5 e é dado por uma média entre as notas dadas por diversos avaliadores. Os valores de 0 a 1 atribuem à via uma avaliação “péssima”, de 1 a 2 “ruim”, de 2 a 3 “regular”, de 3 a 4 “bom” e de 4 a 5 “excelente”.

Segundo Bernucci (2008), “a condição de perfeição, sem qualquer irregularidade (VSA = 5), não é encontrada na prática”. Porém, com a evolução das técnicas utilizadas no meio construtivo, atualmente já é possível alcançar valores bem próximos do valor máximo.

Com o passar do tempo, uma via vai se degradando e, conseqüentemente, seu valor de serventia vai diminuindo de acordo com as patologias que vão aparecendo. A Figura 5.19 esquematiza de maneira simples e de fácil entendimento como se dá a perda de qualidade de um determinado trecho e qual é o prejuízo acarretado pela falta de manutenção ou pela sua má construção.

**Figura 5.19** – Variação da serventia no tempo.

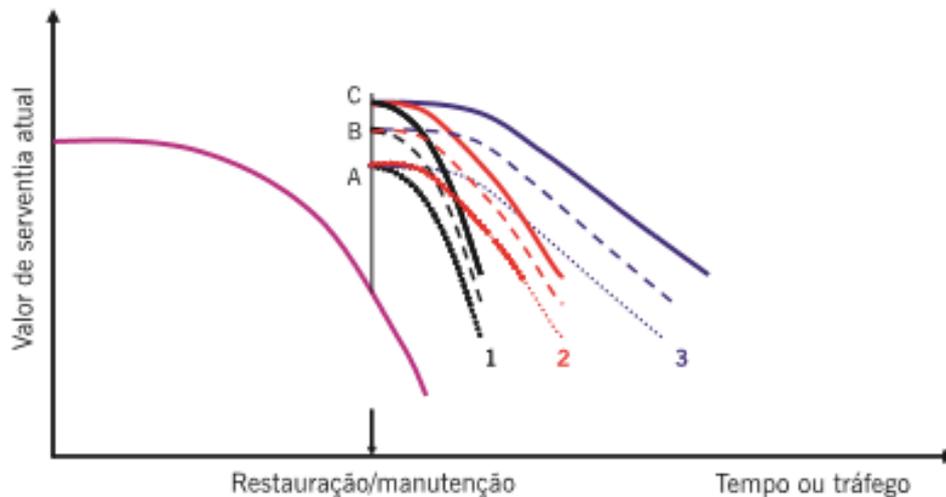


**Fonte:** Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007).

Neste método de avaliação, o limite de aceitabilidade é dado pela nota 2,5 para as vias com tráfego intenso e 2,0 para as outras vias. Assim que o valor de serventia atinge tais notas, o trecho em questão deve receber manutenção corretiva, com a finalidade de recuperar um maior valor.

A Figura 5.20 mostra diferentes casos em que as vias tiveram a manutenção quando atingiram o estado limite aceitável. Esses casos são denominados A, B e C e as curvas de serventia para cada um deles são enumeradas de 1 a 3, considerando diferenças de material, grau de deterioração e espessura da camada que teve manutenção.

**Figura 5.20** – Período recomendável para a manutenção dos pavimentos.



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros (BERNUCCI, 2008).

A manutenção de um pavimento asfáltico não deve ser realizada tão-somente como correção funcional ou estrutural e próxima ao limite de aceitabilidade. É aconselhável um plano estratégico de intervenções periódicas, envolvendo também manutenção preventiva, de modo a garantir um retardamento do decréscimo das condições de superfície. (BERNUCCI et al., 2008)

### 5.8.3 Ruptura por Resistência

Em todos os campos da construção civil, os materiais utilizados possuem determinadas resistências a cada tipo de esforço. Na pavimentação isso não é diferente. Um bom exemplo é o solo sobre o qual o pavimento será construído, que resistirá a esforços de compressão, cisalhamento e tração (mesmo que muito pouco, no último caso).

A ruptura acontece quando o esforço solicitante é maior que o esforço resistente de um dado material. No exemplo do subleito, é com o objetivo de suportar determinados esforços que o dimensionamento do mesmo é realizado com base no ensaio CBR.

Assim, a ruptura por resistência nada mais é do que o fenômeno ocorrido quando a tensão aplicada sobre o pavimento é maior do que a tensão suportada por ele. Porém, a tensão à qual o material resiste pode se alterar durante sua vida útil devido alguns fatores externos, como a relação entre carga e estrutura.

#### 5.8.4 Danificação por Fadiga

O constante uso dos materiais provoca mudanças estruturais, que fazem com que o mesmo perca suas características iniciais. Com esse processo, há o aparecimento de microfissuras, que ao longo do tempo vão progredindo, levando à ruptura.

As microfissuras podem gerar pontos de concentração de tensões, que passam a aumentar a fissura à qual estão ligadas, levando ao rompimento do pavimento. Uma vez iniciado o processo, este continua a progredir mesmo sem crescer a tensão aplicada. Ou seja, não é linear.

Segundo Balbo (2007), a fadiga pode ser causada por três principais problemas:

- 1) O fenômeno da fadiga pode ocorrer por vazios iniciais em misturas, ou mesmo pela presença de fissuras iniciais nos materiais;
- 2) A deformação plástica excessiva, prematura ou a longo prazo, na estrutura do material, seja composta por ligantes dúcteis, seja por frágeis cristais de silicatos de cálcio hidratado, gera as primeiras fissuras nos materiais. Nesse caso, quanto mais frágil for uma mistura já em sua natureza heterogênea, e quanto mais vazios apresentar em sua matriz, maior será a suscetibilidade à fissuração;
- 3) Ocorrências de zonas de concentração de tensões na superfície (como ranhuras e sulcos) constituem fator deletério para o comportamento à fadiga dos materiais quando sujeitos a esforços de tração naquela zona. Nessas zonas, ocorre concentração de tensões que podem provocar as primeiras fissuras, em um processo que tende à progressão. (BALBO, 2007)

No caso dos asfaltos, os vazios já estão presentes em suas misturas e nos casos das densas as fissuras podem aparecer logo no início, devido à perda de temperatura – que reduz a viscosidade da mistura.

As fissuras acontecem nas superfícies asfálticas e nas bases cimentadas, de forma bem visível. Quanto aos concretos, estas aparecem quando “os cristais resultantes da hidratação do cimento, de natureza frágil, sofrem paulatinas e progressivas microfissurações” (BALBO, 2007).

#### 5.8.5 Deformação Plástica das Camadas

A reação mais relevante que um pavimento pode ter quanto às tensões aplicadas nele é a de natureza viscoplástica, onde os materiais granulares passam por uma deformação residual, a qual favorecerá a ocorrência de deformações permanentes.

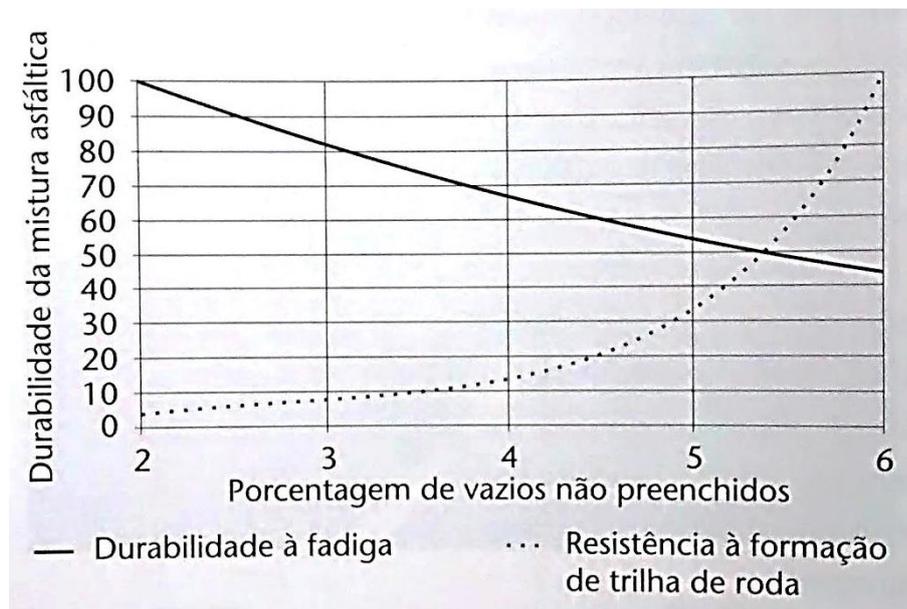
O principal problema observado nessa situação é a perda de qualidade de rolamento, sendo mais visível quando as camadas inferiores têm baixa resistência, segundo o ensaio CBR, ou quando há grande tráfego de veículos comerciais em vias estreitas.

Mesmo sendo caracterizadas por serem elastoplásticas, as misturas asfálticas podem ser viscoelásticas, o que pode provocar deformação elástica momentânea.

A deformação plástica está diretamente ligada à compactação do pavimento pelo tráfego ou “escorregamento lateral de material quando não há possibilidade de redução dos vazios” (BALBO, 2007).

O volume de vazios completos com asfalto durante a compactação influencia na durabilidade do pavimento, como mostra a Figura 5.21.

**Figura 5.21** – Efeito de vazios não preenchidos em misturas asfálticas.



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007).

#### 5.8.6 Fissuração Durante a Cura de Concretos

A variação volumétrica, ocasionada pela retração nos concretos e nas misturas cimentadas, provoca a fissuração nas estruturas internas destes. Nos concretos normais, misturas de brita graduada e cimento ou nos compactados com rolo, a água utilizada na mistura é dividida em: água de reação (ou *de cristalização*), *água de gel* e *água capilar*.

A água de reação é usada para hidratar o cimento e forma, ao reagir com o cimento anidro, a parte sólida da pasta de cimento. Já a *água de gel* é a aderida aos cristais de cimento hidratados e garante a continuação da hidratação, formando o gel de cimento hidratado. Por último, a *água capilar* junto do gel de cimento, obtido com *água de gel*, forma a pasta de cimento.

A retração em questão acontece quando a segunda ou a terceira parcela de água (*água de gel ou água capilar*) evapora a uma temperatura maior que 100°C e umidade relativa do ar a 100%. Esta ocorre após o final da pega, enquanto ainda ocorre a hidratação do cimento.

As fissuras, ocasionadas pela retração hidráulica, são, normalmente, transversais e se propagam para os revestimentos asfálticos. Nesse caso, dos problemas que podem ser acarretados, o mínimo é a agressão à estética do pavimento.

#### 5.8.7 Fissuras Transversais por Retração Térmica

A retração térmica é causada pelas mudanças de temperatura nas misturas de cimento e nos concretos de cimento Portland, provocadas por reações químicas enquanto a massa ainda está fresca (reações exotérmicas durante a hidratação) ou pelo calor externo. Pode ter efeito reduzido com o uso de cimentos com baixo calor de hidratação, misturas com menos cimento e proteção das mesmas à exposição ao calor durante a cura. Nos asfaltos também podem ocorrer nos invernos rigorosos.

Pode ainda ser causada pelas baixas temperaturas, com a variação de volume dos cimentos e asfaltos. Segundo Balbo (2007), “a contração térmica longitudinal da camada, especialmente em bases cimentadas, resulta no aumento da abertura de fissuras ou ainda na geração de novas fissuras transversais causadas pela restrição do movimento longitudinal dessas placas pelo contato pleno com camadas inferiores”.

No combate à infiltração de águas nas fissuras, estas recebem selamento anual com ligante asfáltico, como representa a Figura 5.22.

**Figura 5.22** – Representação de selamento de fissuras com ligante asfáltico.



Fonte: Infraestrutura Urbana – projeto, custos e construção (PINI).

### 5.8.8 Propagação de Fissuras

A propagação de fissuras acontece devido ao contato direto de uma camada asfáltica superior e uma camada inferior, que pode ser asfáltica ou cimentícia e que tem fissuras em sua superfície.

Na região de contato, onde existe a fissura na camada inferior, quando solicitada por uma carga, ocorre um estado diferenciado de tensões. Se a fibra inferior da mistura asfáltica do revestimento trabalha à tração na flexão, a fissura no topo da camada inferior tende a se abrir em um ponto que, por sua presença, apresentará descontinuidade de distribuição de esforços. (BALBO, 2007)

As fissuras podem ser ocasionadas tanto por movimentação horizontal quanto vertical, prejudicando de maneira significativa as camadas de asfalto.

### 5.8.9 Contaminação dos Materiais

A contaminação dos materiais pode ser caracterizada pelo preenchimento dos poros dos grãos dos materiais originais com material fino, diretamente ligado ao bombeamento do mesmo, presente no subleito, às camadas superiores.

Esse fenômeno acontece quando os solos que estão abaixo das camadas do pavimento estão saturados. Quando há solicitação de esforços no pavimento em questão, há o bombeamento de finos, decorrente da atenuação da pressão e movimento ascendente de água.

Com a contaminação, o comportamento do material se difere do normal, com alta deformação, podendo gerar afundamento da estrutura, fissuração e desagregação. Assim, há o aparecimento de buracos (asfaltos) ou perda de suporte nas placas de concreto e, também, a ocorrência de manchas.

Esse fenômeno reduz drasticamente a resistência do pavimento e favorece a rápida degradação do mesmo.

### 5.8.10 Oxidação dos Asfaltos dos Revestimentos

Os CAP's são basicamente constituídos de hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, enxofre, nitrogênio e oxigênio (os dois últimos em pequena quantidade). Os asfaltenos e os maltenos são de relevante importância no cimento em questão uma vez que o primeiro deles constitui sua parte sólida e o segundo sua parte oleosa – denominada *veículo* – na qual pode se observar a características plásticas e viscosas do material.

No *veículo* do cimento, seus componentes podem ser saturados ou aromáticos. Os saturados protegem-se de mudanças; no caso, do processo oxidante. Os aromáticos, ao oxidarem – parcialmente –, cedem lugar às resinas.

Como os óleos são o meio de “locomoção” das resinas e dos asfaltenos, quando reduzidos aumentam a viscosidade do ligante. Nas resinas, a parte oxidada é a mais pesada, ocasionando os asfaltenos. Essa transformação é fundamental para se determinar as novas propriedades do asfalto oxidado, o qual fica mais viscoso e frágil.

Segundo Corté (2001 apud BALBO, 2007, p. 112), “o incremento de asfaltenos por envelhecimento do CAP é tanto maior quanto menos viscoso (menos consistente) for o CAP inicialmente”.

O excesso ou a falta dos asfaltenos também pode acarretar problemas. No primeiro caso, com mais de 30%, pode haver perda de elasticidade, ocasionando fissuração por fragilidade; já no segundo, com menos de 20%, há alta idiossincrasia à temperatura e deformações plásticas. (BALBO, 2007)

Com as reações químicas provocadas por agentes externos (radiação solar, chuvas ácidas, combustíveis, lubrificantes de veículos, entre outros), os maltenos passam a adquirir características próximas às dos asfaltenos, gerando um aumento gradual na rigidez do cimento – deixando-o frágil, quebradiço e muito viscoso.

As consequências globais para o ligante por conta do envelhecimento dos asfaltos são explicadas pelas transformações citadas e são verificadas e quantificadas pelas seguintes características: aumento da consistência com conseqüente queda no valor da penetração a 25°C; aumento do ponto de amolecimento dado pelo ensaio de anel e bola; decréscimo da suscetibilidade térmica; e aumento do ponto de fragilidade Fraas [...]. (BALBO, 2007)

#### 5.8.11 Perda de Condição Operacional Adequada

A perda de condição operacional adequada é dada por qualquer degradação que impeça o atendimento das condições impostas pela função de um pavimento, como citado no item 4.3 deste trabalho.

São diversos os fatores que podem provocar essa perda, como, por exemplo, as deformações plásticas em trilhas de roda, com irregularidade transversal e longitudinal na superfície.

Para sua avaliação são utilizados vários parâmetros e índices, como o Valor de Serventia Atual (VSA), que é o primeiro a ser determinado.

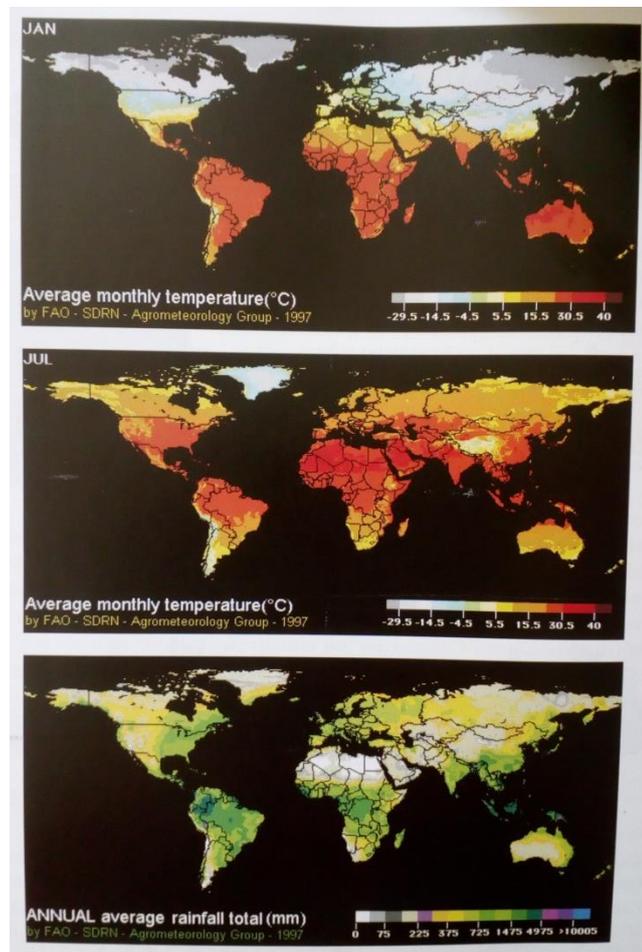
Segundo Balbo (2007), “a perda de serventia está associada a processos de degradação estrutural dos pavimentos, que ocorrem de maneira progressiva em função de infiltração de água, bombeamento de finos, perda de resistência, desenvolvimento de fissuras e, por fim, da degradação do revestimento asfáltico [...]”.

#### 5.8.12 Efeitos Prejudiciais do Clima

Como citado diversas vezes, anteriormente, o clima atinge diretamente o pavimento, de maneira a modificar as características dos materiais e, assim, degradar mais rapidamente a estrutura em questão; radiação solar, chuvas e congelamento são as principais agressões do clima ao pavimento.

As tecnologias de pavimentação foram desenvolvidas, principalmente, para o clima temperado, que é encontrado, principalmente, acima do Trópico de Câncer. No Brasil, as características climáticas são diferentes e a Figura 5.23 representa essa diferença.

**Figura 5.23** – Padrões climáticos mundiais.



Fonte: <<http://www.fao.org>>. BALBO (2007).

## 5.9 Avaliação Estrutural de Pavimentos Asfálticos

O principal motivo que leva à avaliação estrutural de um pavimento é o conhecimento fornecido ao engenheiro responsável. Tal conhecimento torna possível a definição do padrão da via em estudo e a afirmação das patologias envolvidas no problema. Apenas com o problema completamente determinado, uma opção de solução se torna possível.

O que e quanto uma estrutura suporta é determinado segundo as deformações que a mesma sofreu desde que foi construída. A medição dessas deformações possibilita determinar a qualidade estrutural e outros fatores importantes, como a variação do módulo de elasticidade de cada um dos materiais que compõem o pavimento.

A avaliação para projetos de reforço consiste em: coleta de material – quando necessária – e extração de amostras indeformadas. As análises podem ser feitas separadamente, divididas como destrutivas ou não destrutivas.

### 5.9.1 Prospecção Destrutiva

A prospecção destrutiva permite uma caracterização física completa do pavimento em estudo, desde as camadas até a degradação de cada uma delas, que é o conhecimento essencial para uma avaliação se há ou não a necessidade de restauração.

Esse tipo de avaliação é realizada manual ou mecanicamente e os métodos mais utilizados são: abertura de cavidade com pá e picareta; furação com verruma, concha ou helicoidal; abertura de trincheiras transversais à via; extração de amostras dos revestimentos e das bases com sondagens rotativas.

Ainda assim, são necessários documentos que detalhem os processos pelos quais o trecho já foi submetido. Esses documentos seriam relatórios e desenhos do projeto original, o projeto *as built*, relatórios de restaurações anteriores – se existirem –, entre outros.

Segundo Balbo (2007), uma avaliação destrutiva, por exemplo, é a abertura de cavas no acostamento com o auxílio de pá e picareta e atendendo dimensões, aproximadamente, de 0,8 m x 0,8 m, de maneira que permita a visualização de todas as camadas para uma avaliação dos materiais e coleta de amostras (até 0,6 m de profundidade, a partir do subleito). São feitas, em média, de quatro a oito cavidades por dia. O espaçamento entre as cavas pode variar de acordo com a homogeneidade do pavimento e da degradação sofrida pelo mesmo.

A abertura de trincheiras em pista de rolamento só é justificável quando a avaliação e a análise estrutural do pavimento exijam um nível de detalhamento muito grande, que permita, por exemplo, observar deformações plásticas nas camadas nas trilhas

de roda, densidade de fissuração de bases cimentadas, rupturas de camadas de solo inferiores; são serviços mais abrangentes e normalmente empregados por setores de pesquisa e não de projeto. (BALBO, 2007)

A furação com verruma, concha ou helicoidal, é realizada para verificar a presença de material saturado ou de lençol freático em uma ou mais camadas do pavimento. Assim, é possível apresentar soluções para uma melhor drenagem e, conseqüentemente, diminuição da degradação da estrutura.

As sondagens rotativas servem para extrair amostras que irão, posteriormente, para laboratório. Esse processo não serve para materiais granulares ou solos, pois a vibração do equipamento utilizado e a aplicação de água (para refrescar a coroa da broca) não permitem seu uso. Podem chegar a 20 sondagens diárias, dependendo da dureza dos materiais.

### 5.9.2 Prospecção Não Destrutiva

Segundo Balbo (2007), na prospecção não destrutiva são utilizados equipamentos de alta tecnologia, que são chamados *Ground Penetrating Radar*. Esses dispositivos se baseiam nos processos geofísicos, através de ondas, que “permitem a detecção de alterações em padrões de reflexão de ondas conforme a profundidade dos pontos registrados”.

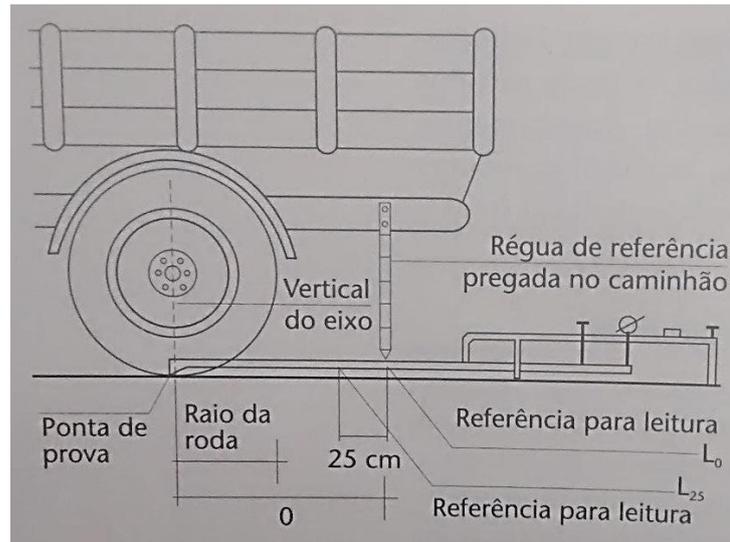
Os materiais contidos em cada uma das camadas não conseguem ser determinados imediatamente, devido à diversidade dos mesmos e dos estados de degradação.

### 5.9.3 Medida de Deflexão

A medida de deflexão de um pavimento é realizada através da aplicação de cargas conhecidas e faz-se uma medição das deformações impostas. São utilizados dois tipos de equipamentos: a viga de Benkelman e o defletômetro de impacto Falling Weight Deflectometer (FWD). Tais equipamentos utilizados nesse processo medem a variação nas medidas verticais da superfície do pavimento.

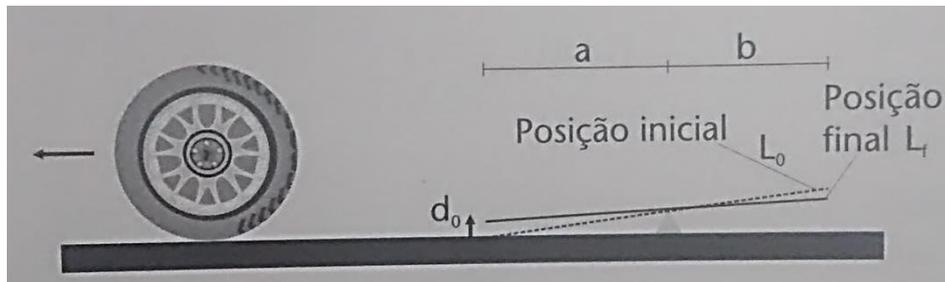
No Brasil, a viga de Benkelman (Figura 5.24) é o equipamento mais difundido e é a base para cálculos dos projetos de restauração. O seu funcionamento se dá como o braço de uma alavanca, como mostra a Figura 5.25.

**Figura 5.24** – Esquema da viga de Benkelman.



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007).

**Figura 5.25** – Relações geométricas no braço de alavanca da viga de Benkelman.



**Fonte:** Pavimentação Asfáltica (BALBO, 2007).

Segundo Balbo (2007), seguindo a representação, uma haste fica com a ponta de prova entre as duas rodas do eixo traseiro de um caminhão toco (ESRD), carregado com 80 kN e 100 psi nos pneus aro 10 x 20 (com ranhuras em boas condições). A haste é articulada em um corpo de apoio para a viga e na outra ponta da mesma tem um extensômetro “com precisão mínima de centésimos de milímetro”.

À medida que o caminhão se desloca em direção contrária à haste, o pavimento terá seu deslocamento “zerado”, voltando à sua posição inicial – quando não estava carregado. Esse processo faz a haste se deslocar para baixo, mudando a leitura do extensômetro. O método é tratado por semelhança de triângulos.

#### 5.9.4 Determinação de Parâmetros em Segmentos Homogêneos

Segmentos homogêneos são aqueles que se equiparam em diversos parâmetros, como estrutura, funcionalidade e o tráfego ao qual são submetidos.

Dependendo da extensão do trecho e de seu histórico construtivo e de manutenção, podem ocorrer diferenças significativas entre estruturas de pavimento no que tange aos tipos de materiais utilizados e às espessuras de camadas, em uma mesma via ou trecho de via. (BALBO, 2007)

Os valores que representam os parâmetros em questão podem ser apresentados estatisticamente, sendo obtidos através da equação 5.3:

$$X_c = X_m + 1,29 * \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5.3)$$

Sendo  $X_c$  o parâmetro;  $X_m$  a média da amostra;  $s$  o desvio-padrão dessa amostra e  $n$  o número de elementos da amostra.

#### 5.9.5 Determinação de Deformações

De acordo com Balbo (2007, p. 418), a instrumentação de camadas de pavimentos é uma avaliação estrutural muito utilizada para determinar as deformações, pressões e deflexões sofridas pelo mesmo, sendo a primeira fundamental para ter conhecimento das tensões presentes nas camadas.

O motivo da utilização dos instrumentos que medem as deformações dos pavimentos é determinar a variação da resistência dos mesmos.

### 5.10 Dimensionamento de pavimento flexível

O método de dimensionamento utilizado no seguinte trabalho foi o Método de Dimensionamento de Pavimento Flexível pelo Método do DNER.

Proposto pelo Eng. Murilo Lopes de Souza no trabalho “Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume” (autoria de W. J. Turnbull, C. R. Foster e R. G. Alvin), teve suas conclusões alcançadas na Pista Experimental da AASHTO e utiliza o C.B.R. para definir a capacidade de suporte do subleito e dos materiais a serem empregados no pavimento.

### 5.10.1 Método do Departamento de Estradas de Rodagem

Primeiramente, é dividido em três partes: Subleito, Tráfego e Dimensionamento. A primeira diz respeito ao Índice de Suporte Califórnia (C.B.R.), a segunda ao número de passadas do eixo padrão (N) e a última parte à determinação das espessuras das camadas e os materiais a serem empregados em cada uma delas.

#### 5.10.1.1 Subleito (Parte 1)

Inicialmente, é necessário saber dois índices: C.B.R. e Índice de Grupo (IG). Através de uma média aritmética dos mesmos, encontra-se o Índice de Suporte (IS) a ser adotado (equação 5.4).

$$I_s = \frac{(I_{SCBR} + I_{SIG})}{2} \quad (5.4)$$

Enquanto o índice de suporte provindo do C.B.R. leva seu próprio valor, o índice de suporte resultante do índice de grupo é um valor correspondente a uma inversão de escala, de maneira que os solos com uma melhor qualidade tenham os maiores índices de suporte.

**Quadro 5.11** – Valores de  $I_{SIG}$  em função de IG.

Índice de Grupo IG	Índice de Suporte $I_{SIG}$
0	20
1	18
2	15
3	13
4	12
5	10
6	9
7	8
8	7
9 a 10	6
11 a 12	5
13 a 14	4
15 a 17	3
18 a 20	2

Fonte: DNER (2005).

O índice de suporte deve ser menor ou igual ao C.B.R. Assim, quando este índice for maior que o  $I_{SCBR}$ , usa-se o valor do mesmo como índice de suporte.

**Quadro 5.12 – Regra de adoção do C.B.R ou IS.**

**REGRA:**

Se  $IS \leq C.B.R.$  → usa-se o  $IS_{CBR}$

Se  $IS > C.B.R.$  → usa-se o C.B.R.

Fonte: DNER (2005)

É admitido adotar  $IS = IS_{IG}$  quando não há o resultado de C.B.R. do subleito.

Quanto à sua compactação, deve ter, no mínimo, 100% de compactação obtida no ensaio ASSHTO normal.

### 5.10.1.2 Tráfego (Parte 2)

Como dito anteriormente, a parte que diz respeito ao tráfego é realizada para encontrar o número equivalente de operações de um eixo padrão. Esse número pode ser encontrado pela formulação (equação 5.5):

$$N = 365 \cdot V_m \cdot P \cdot FV \cdot FR \quad (5.5)$$

Onde:

N – Número equivalente de operações de eixo padrão durante o período de projeto escolhido;

$V_m$  – Volume médio diário de tráfego no sentido mais solicitado, no ano médio do período de projeto;

P – Período de projeto ou vida útil em anos (usual de 10 a 20 anos);

FV – Fator de Veículo;

FR – Fator Climático Regional (fator de chuva).

#### 5.10.1.2.1 Cálculo de “ $V_m$ ”

Primeiramente, é necessário adotar uma taxa de crescimento de tráfego para o período de projeto. A mesma deve considerar o crescimento histórico do tráfego da via (ou das vias que atendem à mesma ligação – para novas vias).

É permitido admitir um crescimento linear ou um crescimento geométrico (exponencial).

##### a) Crescimento linear

É utilizada a equação 5.6:

$$V_m = \frac{(V_1 + V_p)}{2} \quad (5.6)$$

Onde:

$V_1$  – Tráfego no sentido mais solicitado no primeiro ano do período de projeto (operação do pavimento);

$V_p$  – Tráfego no mesmo sentido.

Para definir esses valores, são usadas as seguintes fórmulas (equações 5.7 e 5.8):

$$V_1 = V_0 \cdot \left[ 1 + \left( p \cdot \frac{t}{100} \right) \right] \quad (5.7)$$

$$V_p = V_1 \cdot \left[ 1 + \frac{t}{100} \cdot P \right] \quad (5.8)$$

Onde:

$V_0$  – Tráfego no sentido mais solicitado;

$p$  – Número de anos necessários para a execução das obras de pavimentação;

$t$  – Taxa de crescimento linear do tráfego (em porcentagem ao ano).

Para encontrar o valor do tráfego no sentido mais solicitado usa-se (equação 5.9):

$$V_0 = \frac{TDM_0 \cdot D}{100} \quad (5.9)$$

Onde:

$TDM_0$  – Tráfego Diário Médio no período dos estudos e da construção;

$D$  – Porcentagem do tráfego no sentido dominante (mais solicitado).

Assim, o tráfego no sentido mais solicitado, no período  $P$ , será (equação 5.10):

$$V_t = 365 \cdot V_m \cdot P \quad (5.10)$$

Onde:

$V_t$  – Tráfego que, realmente, deve solicitar o pavimento, no período de projeto, no sentido mais solicitado, segundo as previsões.

#### b) Crescimento Geométrico

Partindo-se de um tráfego  $V_0$ , o tráfego no ano inicial do período de projeto ( $V_1$ ) será (equação 5.11):

$$V_1 = V_0 \cdot \left( 1 + \frac{t}{100} \right)^p \quad (5.11)$$

Assim, o tráfego total será (equação 5.12):

$$V_t = 365 \cdot V_1 \cdot \left[ \frac{\left( 1 + \frac{t}{100} \right)^P - 1}{\left( \frac{t}{100} \right)} \right] \quad (5.12)$$

### 5.10.1.2.2 Fator de Veículo “FV”

O Fator de Veículo (FV) transforma o tráfego real que solicita o pavimento, no período P, em um tráfego equivalente de eixos padrão e é dado por (equação 5.13):

$$FV = FE \cdot FC \quad (5.13)$$

Onde:

FE – Fator Eixo;

FC – Fator de Carga.

Para se obter esses fatores, é necessário ter conhecimento da composição do tráfego da via. Para isso, faz-se uma contagem (item 5.11) na estrada estudada. Tendo o volume total do tráfego (Vt) e sua constituição, é possível obter o número total de eixos (n) e pesa-se todos esses eixos.

O Fator Eixo (FE) é um coeficiente em função do número de eixos de cada veículo que passa pela via. O mesmo transforma o número de veículos padrão em um número de passagens de eixos equivalentes. A expressão (equação 5.14) que corresponde a esse fator é dada por:

$$FE = \left(\frac{p_2}{100}\right) \cdot 2 + \left(\frac{p_3}{100}\right) \cdot 3 + \dots + \left(\frac{p_n}{100}\right) \cdot n \quad (5.14)$$

Onde:

$p_2$  – Porcentagem de veículos de 2 eixos;

$p_3$  – Porcentagem de veículos de 3 eixos;

$p_n$  – Porcentagem de veículos de n eixos.

Na deficiência ou ausência de dados, propõe-se usar  $FE = 2,07$ .

O Fator de Carga (FC) é um coeficiente em função do Fator de Equivalência de Operações (f). O mesmo fornece o número equivalente de operações do eixo simples padrão, ao ser multiplicado pelo número de eixos que solicitam o pavimento. O mesmo pode ser observado na equação 5.15.

$$FC = \frac{\sum \text{equivalência de operações}}{VMD} \quad (5.15)$$

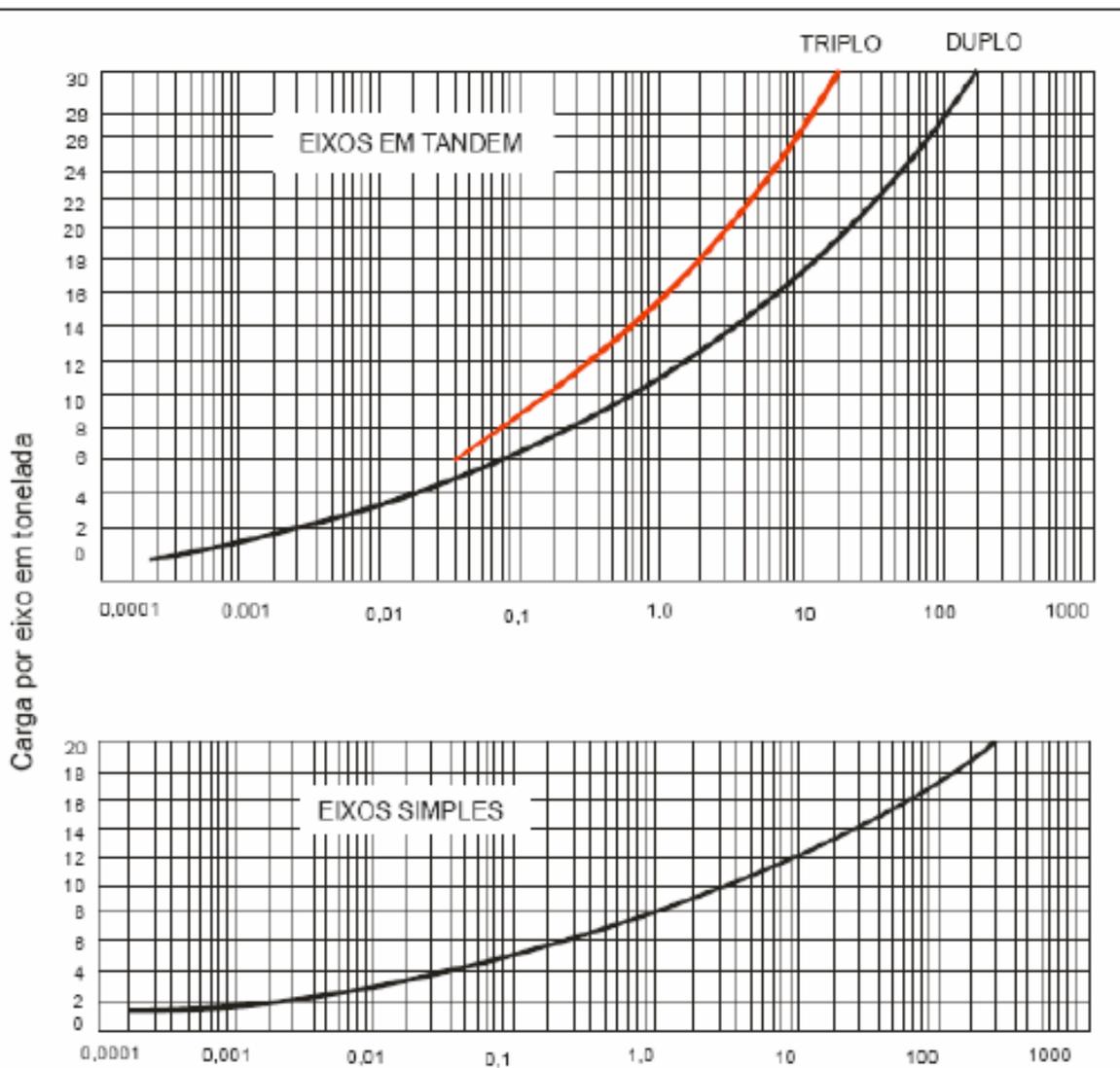
O Fator de Equivalência de Operações (f) relaciona o efeito de uma passagem de qualquer veículo sobre o pavimento com o efeito de uma passagem de um veículo padrão.

O veículo padrão adotado é o veículo americano de 18.000 libras por Eixo Simples de Roda Dupla (ESRD), ou seja, aproximadamente 8,2 tf por eixo simples. Os veículos com cargas maiores terão um fator f maior que a unidade, assim como aqueles com cargas menores terão um fator menor que a unidade.

Ao multiplicar  $f$  pelo número de veículos por dia, com uma determinada carga por eixo, se obtém a equivalência. Os valores de  $f$  são apresentados em dois ábacos – na escala logarítmica – que fornecem as equivalências para eixos simples e eixos em tandem (figura 5.26). Esses valores também podem ser encontrados em duas tabelas (figura 5.27), uma para eixos simples e outra para eixos em tandem, como nos ábacos.

As cargas por eixo menores que quatro toneladas são desconsideradas, pois praticamente não influem no resultado final. Assim, considera-se apenas veículos comerciais para o cálculo do Fato de Carga – desprezando todos os veículos de passageiros.

**Figura 5.26** – Ábacos para determinação do Fator de Operação.



Fonte: DNER (2005).

**Figura 5.28** – Tabelas de Fatores de Equivalência de Operações para eixos simples e eixos em tandem.

Eixo simples Carga por eixo (tf)	Fator de equivalência estrutural (f)	Eixo em tandem Carga por eixo (tf)	Fator de equivalência estrutural (f)
1	0,0004	1	0,001
2	0,004	2	0,002
3	0,020	3	0,005
4	0,050	4	0,010
5	0,100	5	0,020
6	0,200	6	0,060
7	0,500	7	0,100
8	1,000	8	0,200
9	2,000	9	0,400
10	3,000	10	0,600
11	6,000	11	0,700
12	9,000	12	1,300
13	15,000	13	2,000
14	25,000	14	3,100
15	40,000	15	4,000
16	50,000	16	6,000
17	80,000	17	7,000
18	110,000	18	10,000
19	200,000	19	15,000
20	260,000	20	20,000
		21	30,000
		22	35,000
		23	45,000
		24	55,000
		25	70,000
		26	80,000
		27	100,000
		28	130,000
		29	160,000
		30	190,000

Fonte: DNER (2005).

O Fator de Veículo também pode ser calculado utilizando os dados obtidos por uma balança de controle de carga.

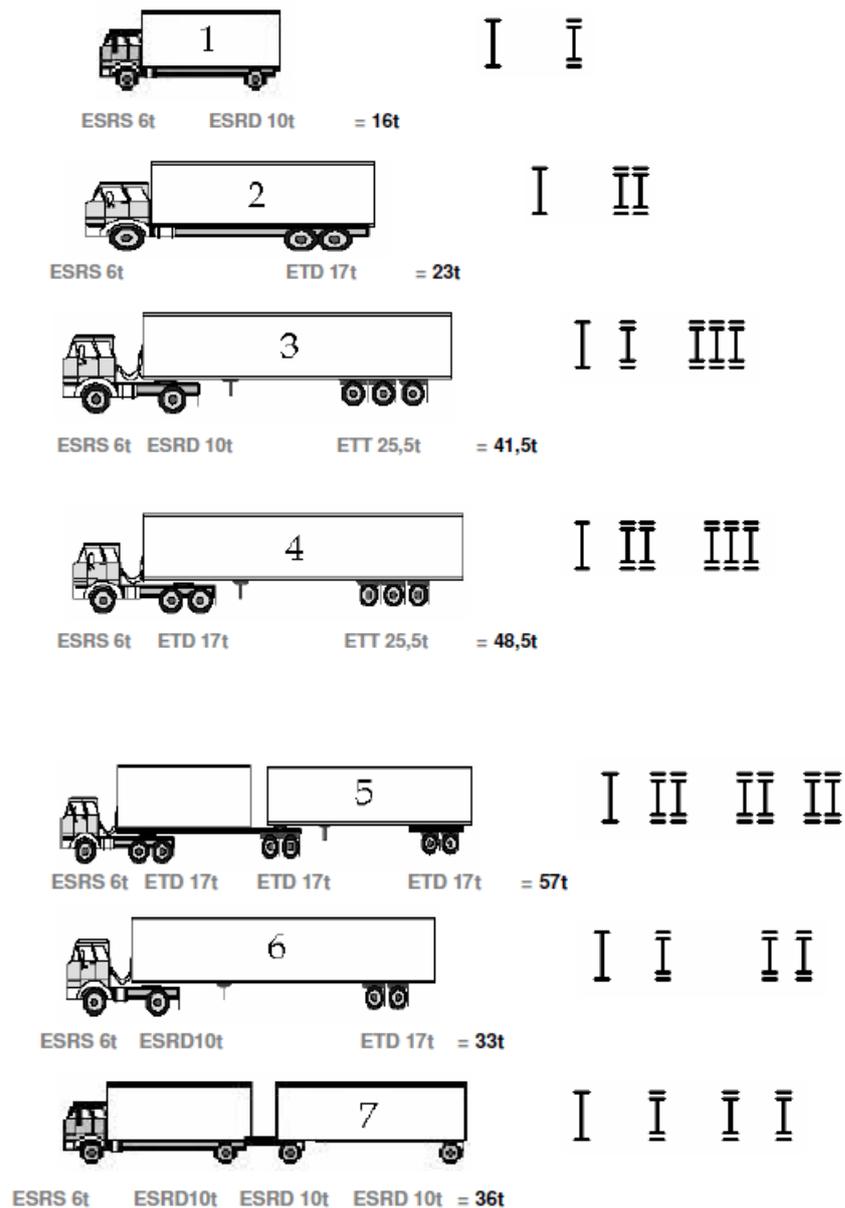
Quando os FE's são calculados, para cada tipo de veículo, e multiplicados pela sua porcentagem, é possível encontrar o FV apresentado no quadro 5.13:

**Quadro 5.13** – Carga por tipo de eixo.

ESRS	Eixo Simples Roda Simples	6 t
ESRD	Eixo Simples Roda Dupla	10 t
ETD	Eixo Tandem Duplo	17 t
ETT	Eixo Tandem Triplo	25,5 t

Fonte: DNER (2005).

**Figura 5.29** – Exemplos de combinações de eixos.



Fonte: DNER (2005).

Cada veículo possui suas próprias características, como o tipo de eixos, sendo que para cada tipo corresponde um fator, relacionado a um eixo padrão de 8,2 t.

#### 5.10.1.2.3 Fator Climático Regional (fator chuva) “FR”

As variações de umidade dos materiais empregados no pavimento afetam a sua capacidade de suporte. Para que sejam levadas em conta, o número equivalente de operações

do eixo padrão deve ser multiplicado por um coeficiente FR (Fator Climático Regional), que varia de 0,2 a 5,0 – sendo que quando mais alto o seu valor, mais saturados os materiais estão.

Para o Brasil, os fatores sugeridos são:

**Quadro 5.14** – Fator Climático (FR)

<b>Altura média anual de chuva (mm)</b>	<b>Fator Climático Regional (FR)</b>
Até 800	0,7
De 800 a 1.500	1,4
Mais de 1.500	1,8

Fonte: DNER (2005).

Na falta de dados, pode-se adotar valores médios estabelecidos pela região em estudo.

Calculados o  $V_m$ , FC, FE e FR, calcula-se N (equivalência de operações), pela equação já citada.

$$N = 365 \cdot V_m \cdot P \cdot FC \cdot FE \cdot FR \quad (5.5)$$

Mas, como:

$$V_t = 365 \cdot V_m \cdot P \quad (5.16) \quad \text{e} \quad FV = FC + FE \quad (5.17),$$

Temos:

$$N = V_t \cdot FV \cdot FR \quad (5.18)$$

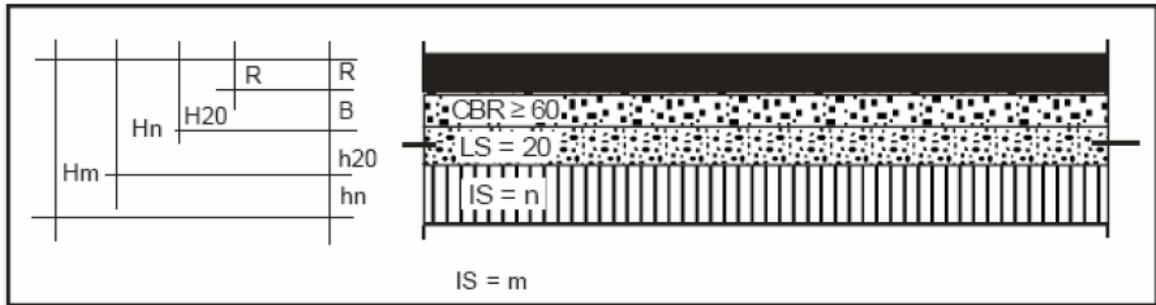
### 5.10.1.3 Dimensionamento (Parte 3)

O método utilizado pelo DNER é empírico e baseado no método C.B.R.

O dimensionamento tem a função de compatibilizar a carga à qual o pavimento está submetido com o suporte de carregamento do subleito. As cargas são dinâmicas e dadas pelo número de passagens de eixos. Essas passagens provocam deformações que são recuperáveis ao longo da vida útil do pavimento. A repetição dessas deformações leva à fadiga e à ruptura.

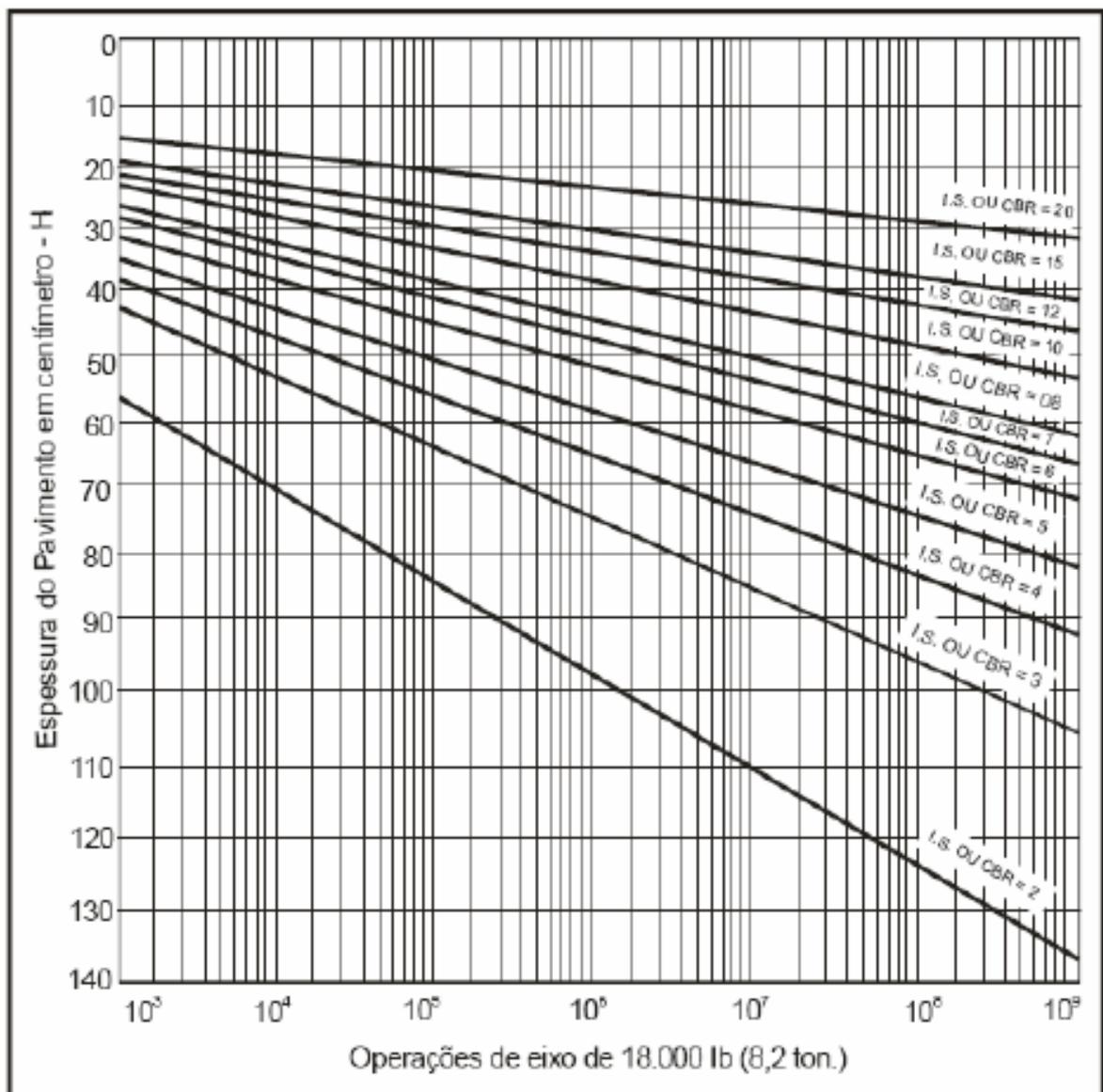
Ao se obter os Índices de Suporte do subleito, do reforço do subleito e da sub-base, usa-se um ábaco para uma primeira aproximação das espessuras necessárias acima dessas camadas. A simbologia adotada é IS = m para o subleito, IS = n para o reforço do subleito e IS = 20 para a sub-base, como representado abaixo.

**Figura 5.30** – Simbologia das camadas.



Fonte: DNER (2005).

**Figura 5.31** – Ábaco para o dimensionamento.



Fonte: DNER (2005).

Dessa maneira,  $H_m$  é a espessura total do pavimento,  $H_n$  e  $H_{20}$  são as espessuras necessárias, respectivamente, acima do reforço do subleito (sub-base + base + revestimento) e

acima da sub-base. As três espessuras determinadas para materiais de  $k = 1$  e o material da sub-base deve ter um IS ou CBR maior que 20.

#### 5.10.1.3.1 Coeficiente de equivalência estrutural (k)

O coeficiente de equivalência estrutural provém de um método que, utilizando a hierarquia dos materiais a serem utilizados nas camadas do pavimento, compara a espessura necessária em cada camada com um material padrão (espessura equivalente). Essa espessura pode ser calculada através da equação 5.19:

$$h_p = k_i \cdot h_i \quad (5.19)$$

Onde:

$h_p$  – Espessura equivalente a  $h_i$ , de material padrão;

$k_i$  – Coeficiente de equivalência do material  $i$ ;

$h_i$  – Espessura do material que vai compor a camada.

**Quadro 5.15** – Coeficiente de Equivalência Estrutural (k).

Componentes dos Pavimentos	Coeficiente 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 por penetração	1,20
Base granular	1,00
Sub-base granular	0,77 (1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento (resistência à compressão em sete dias > 45 kgf/cm <sup>2</sup> )	1,70
Solo-cimento (resistência à compressão em sete dias entre 45 kgf/cm <sup>2</sup> e 35 kgf/cm <sup>2</sup> )	1,40
Solo-cimento (resistência à compressão em sete dias inferior a 35 kgf/cm <sup>2</sup> )	1,00

Fonte: DNER (2005).

Segundo o método do DNER, o coeficiente  $k$  “(...) do reforço do subleito ou da sub-base granular deverá ser 1,0 toda vez que o CBR do material de um ou outro for igual ou superior a três vezes o do subleito”.

### 5.10.1.3.2 Cálculo das espessuras das camadas

Primeiramente, a simbologia adotada é a apresentada na tabela a seguir.

**Quadro 5.16** – Símbolos das Camadas.

Camada	Espessura (cm)	Coefficiente de Equivalência Estrutural (K)
Revestimento	R	$K_R$
Base	B	$K_B$
Sub-base	$h_{20}$	$K_S$
Reforço do subleito	$h_n$	$K_{Ref}$ ou $K_n$

Fonte: DNER (2005).

O produto das espessuras e seus respectivos coeficientes de equivalência estrutural resultam na espessura equivalente de cada camada. Porém, ao montar o sistema de inequações (equação X), nota-se a existência de quatro incógnitas e três expressões. Dessa maneira, o sistema é dado como indefinido e esse problema é “contornado” adotando-se a espessura do revestimento em função da equivalência de operações N.

Assim, o tipo e a espessura do revestimento é dado conforme a tabela a seguir.

**Quadro 5.17** – Valores de R em função de N.

N	Rmín (cm)	Tipo de Revestimento
Até $10^6$	2,5 – 3,0	Tratamento Superficial
$10^6$ a $5 \times 10^6$	5	Revestimento Betuminoso
$5 \times 10^6$ a $10^7$	5	Concreto Betuminoso
$10^7$ a $5 \times 10^7$	7,5	Concreto Betuminoso
Mais de $5 \times 10^7$	10	Concreto Betuminoso

Fonte: DNER (2005).

## 5.11 Contagem de tráfego

O projeto de pavimento considera todos os tipos de veículos em circulação, que são classificados, de acordo com DNIT (2005), em cinco categorias. São elas:

- a) VP – Veículos leves, física e operacionalmente assimiláveis ao automóvel (minivans, vans, utilitários, pick-ups e similares);

- b) CO – Veículos comerciais rígidos, não articulados. Estão nessa categoria os caminhões e ônibus convencionais, normalmente de dois eixos e de quatro a seis rodas;
- c) O – Veículos comerciais rígidos de maiores dimensões. Abrange ônibus urbanos longos, ônibus de longo percurso e de turismo, caminhões longos (frequentemente com três eixos – trucão) de maiores dimensões que o veículo CO básico. O comprimento desses veículos aproxima-se do limite máximo legal admissível para os veículos rígidos;
- d) SR – Veículos comerciais articulados, compostos de cavalo mecânico e um semirreboque. O comprimento também se aproxima do limite máximo legal para essa categoria;
- e) RE – Veículos comerciais com reboque, compostos de cavalo mecânico, um semirreboque e um reboque. Conhecidos como “bitrem” e o comprimento é o maior permitido pela legislação.

A tabela a seguir apresenta as dimensões básicas dos veículos de cada categoria.

**Quadro 5.18** – Principais dimensões básicas dos veículos de projeto.

Características/Categoria	CP	CO	O	SR	RE
Largura total	2,1	2,6	2,6	2,6	2,6
Comprimento total	5,8	9,1	12,2	16,8	19,8
Raio mín. da roda externa dianteira	7,3	12,8	12,8	13,7	13,7
Raio mín. da roda interna traseira	4,7	8,7	7,1	6,0	6,9

**Fonte:** Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2005).

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes apresenta uma classificação de acordo com a quantidade de eixos e suas combinações. As classes são designadas por códigos compostos de letras e números.

Os códigos utilizados na classificação têm, primeiramente, um número representativo da quantidade de eixos do veículo simples ou na unidade tratora (cavalo mecânico), seguido, se houver, de um segundo algarismo, que representa a quantidade de eixos da(s) unidade(s) rebocada(s). As letras adotadas significam:

C – Veículo simples (caminhão ou ônibus) ou veículo trator + reboque;

S – Veículo trator + semirreboque;

I – Veículo trator + semirreboque com distância entre eixos maior que 2,40 m (eixos isolados);

- J – Veículo trator + semirreboque com um eixo isolado e um eixo em tandem;
- D – Combinação dotada de duas articulações;
- T – Combinação dotada de três articulações;
- Q – Combinação dotada de quatro articulações;
- X – Veículos especiais;
- B – Ônibus.

Há, também, as classificações para veículos leves – as citadas anteriormente são para veículos comerciais:

- P – Carro de passeio com dois eixos de rodagem simples, incluindo jipes e kombis;
- U – Veículo utilitário com dois eixos de rodagem simples, incluindo caminhões leves (2 eixos com rodagem simples), pick-ups, furgões, vans e micro-ônibus;
- M – Motocicletas, motonetas e bicicletas a motor;
- B – Bicicletas.

Com o método do veículo padrão (citado no item 5.10), temos o fator de equivalência em carros de passeio para os demais veículos. Esses fatores podem ser observados na tabela a seguir.

**Quadro 5.19** – Fator de equivalência em carros de passeio.

Veículo	VP	CO	SR/SE	M	B	SI
Fator de Equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1

**Fonte:** Manual de Estudos de Tráfego (DNIT, 2005).

### 5.11.1 Características do tráfego

São três as principais características do tráfego: volume, velocidade e densidade. A análise dessas torna possível uma avaliação geral da fluidez de uma via.

#### 5.11.1.1 Volume

O volume é o número de veículos que passam por um trecho da via durante um determinado tempo. Normalmente, é expresso em veículos por dia (vpd) ou em veículos por hora (vph).

O Volume Médio Diário pode ser dado em anos, meses, semanas ou em um determinado dia de semana. O mesmo é definido pela média dos volumes de veículos, em 24 horas, passando por um trecho da via em estudo. É usado para mostrar a necessidade de uma

nova via ou de uma melhoria da já existente, estimando os benefícios, determinando prioridades de investimentos, entre outros.

Segundo o DNIT (2005), “para analisar as variações do fluxo de tráfego durante o dia, adota-se a hora para unidade de tempo, chegando-se ao conceito de Volume Horário (VH): número total de veículos trafegando em uma hora”. O volume utilizado para o dimensionamento de uma via, através do VH, é denominado Volume Horário de Projeto.

Quanto à composição do tráfego, a mesma tem grande importância por, principalmente: determinar a influência dos veículos sobre os outros e o fato de veículos com grandes dimensões determinarem as características geométricas e estruturais (devido ao peso) da via de projeto.

O tráfego sofre variações e essas podem ser observadas dentro de uma determinada hora, de um dia, de uma semana, mês e ano.

#### 5.11.1.2 Velocidade

A velocidade assume várias formas, dependendo do tempo utilizado e a base sobre a qual é calculada, sendo uma das mais complexas características do tráfego. A mesma é uma relação entre o espaço percorrido ( $d$ ) e o tempo ( $t$ ) necessário para percorrê-lo. Pode ser calculada pela equação 5.21 e, normalmente, é dada em quilômetros por hora.

$$V = \frac{d}{t} \quad (5.21)$$

#### 5.11.1.3 Densidade

A densidade corresponde ao número de veículos em uma determinada unidade de comprimento da via em estudo e pode ser representada pela equação 5.22.

$$D_t = \frac{F_{mt}}{V_{mt}} \quad (5.22)$$

Onde:

$D_t$  – Densidade (veic/km);

$F_{mt}$  – Fluxo médio no trecho (veic/h);

$V_{mt}$  – Velocidade média no trecho (km/h).

### 5.11.2 Definição da área de estudo

A área definida é condicionada a três variáveis: origem e destino dos veículos; opções de rotas na rede existente e; interferência dos fluxos de longa distância. Deve ser definida com um conhecimento prévio dos indicadores econômicos, do comportamento do tráfego e dos objetivos da análise a ser realizada.

### 5.11.3 Pesquisas de Tráfego

Os levantamentos da pesquisa de tráfego podem ser feitos de duas maneiras: através de entrevistas ou por observação direta. Enquanto as entrevistas consistem em formulação de perguntas e anotação de respostas dos usuários da via, a observação consiste em apenas registrar o que acontece, sem interferências.

#### 5.11.3.1 Contagens Volumétricas

As contagens são realizadas para definir quantidade, sentido e composição de um fluxo. Esses dados são utilizados, posteriormente, na análise de capacidade, causas de congestionamento e elevado índice de acidentes, no dimensionamento do pavimento, nos projetos de canalização do tráfego, entre outras melhorias.

Há dois pontos principais para se realizar uma contagem, sendo eles as interseções e nos trechos entre elas. As contagens nas interseções visam definir fluxos das vias que se interceptam enquanto as contagens que acontecem entre essas interseções visam definir o fluxo de uma determinada via.

As contagens volumétricas podem ser globais, direcionais ou classificatórias. As globais registram toda a quantidade de veículos que passam pelo trecho, independentemente de sentido, e são usadas nos cálculos de volumes diários, determinação de tendência de tráfego e preparação de mapas. As direcionais, por sua vez, registram os veículos com seu sentido de fluxo, sendo empregadas para cálculos de capacidade, intervalos de sinais, estudos de acidentes, entre outros. Por fim, as classificatórias registram os tipos ou classes dos veículos que transitam no trecho e são usadas para dimensionamento estrutural, projetos geométricos, entre outros.

Podendo ser realizadas manual ou automaticamente, ou ainda por videoteipe. As contagens manuais são feitas com fichas (APÊNDICE B) ou com o auxílio de um contador manual mecânico. As automáticas são feitas com contadores automáticos, nos quais os veículos são detectados por tubos pneumáticos ou por magnetismo, porém apresentam a

desvantagem de um alto custo de operação. O método do videoteipe nada mais é que uma filmagem com câmeras, porém sua grande desvantagem é que o tempo de montagem do aparelho é maior do que da própria contagem manual.

#### 5.11.4 Determinação do tráfego atual

Após a contagem de veículos, é possível determinar o volume médio diário através de uma expansão horária. A partir de uma amostra faz-se a expansão para 24h, sendo realizada para cada tipo de veículo. O fato de expansão diário pode ser encontrado através da equação 5.22, representada a seguir.

$$f_{Pd} = \frac{VP_{24}}{V_{Ph}} \quad (5.22)$$

Onde:

$f_{Pd}$  – Fator de expansão diário;

$VP_{24}$  – Volume de carros de passeio durante as 24 horas do dia;

$V_{Ph}$  – Volume de carros de passeio durante as “h” horas de pesquisa.

#### 5.11.4 Determinação do tráfego futuro

A determinação do tráfego futuro pode ter dois objetivos: fornecer dados para dimensionamento do pavimento ou fornecer dados para análise da viabilidade econômica do investimento.

É necessário definir o período de análise. No caso de dimensionamento, o período seria o tempo de vida útil do pavimento. Como a perda de precisão é constante quando feita para períodos muito longos, a solução usual é adotar um período de 15 anos. Porém, esse tempo é contado a partir do ano de abertura do tráfego e supondo o tempo que decorre do estudo até o término da obra, adota-se um período de 20 anos.

## 6 DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA

### 6.1 Análise

A análise realizada foi feita a partir de um estudo de caso. Serão apresentadas imagens locais, dados individuais de cada trecho analisado, avaliação de acordo com o método do Valor de Serventia Atual e gráficos representativos – gerados a partir dos resultados obtidos.

O segmento estudado tem, no total, 1,9 km e foi dividido em 19 trechos com 100 m cada, conforme mostra a Figura 6.1. Para facilitar a análise de cada trecho, foram feitos relatórios individuais que contêm imagem representativa, as patologias presentes e o VSA.

**Figura 6.1** – Divisão do segmento estudado em trechos.



**Fonte:** O Autor.

Para determinação do VSA foram realizadas passagens na via, a pé e de carro (na velocidade permitida, de acordo com a sinalização – 60 km/h), por cinco diferentes pessoas que avaliaram os trechos. Dessa maneira, o VSA apresentado nos relatórios nada mais é que o valor médio de serventia, de acordo com as notas dadas pelos avaliadores. Os avaliadores convidados apresentam diferentes faixas etárias e áreas de conhecimento.

Os relatórios possuem o formato apresentado pela Tabela 1.

**Tabela 6.1 – Relatório de Análise do Trecho 1.**

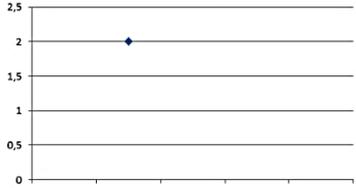
<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
<b>LMG 862</b>	
Três Corações - MG	
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>	
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 1 DATA: Abril/2016
	
<b>PATOLOGIAS</b> Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)	<b>PATOLOGIAS</b> Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
<b>PATOLOGIAS</b>	
	Fissuras (FI)
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)
	Trinca de Retração (TR)
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)
	Afundamento Plástico Local (ALC)
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)
	Ondulações (O)
	Escorregamento (E)
	Exsudação (EX)
	Desgaste (D)
	Panela (P)
	Remendo (R)

<b>Índice Adotado - VSA</b>
2,0

**Valor de Serventia Atual (VSA)**



2.5
2
1.5
1
0.5
0

Fonte: O Autor.

Os relatórios dos trechos podem ser encontrados no Apêndice A deste trabalho.

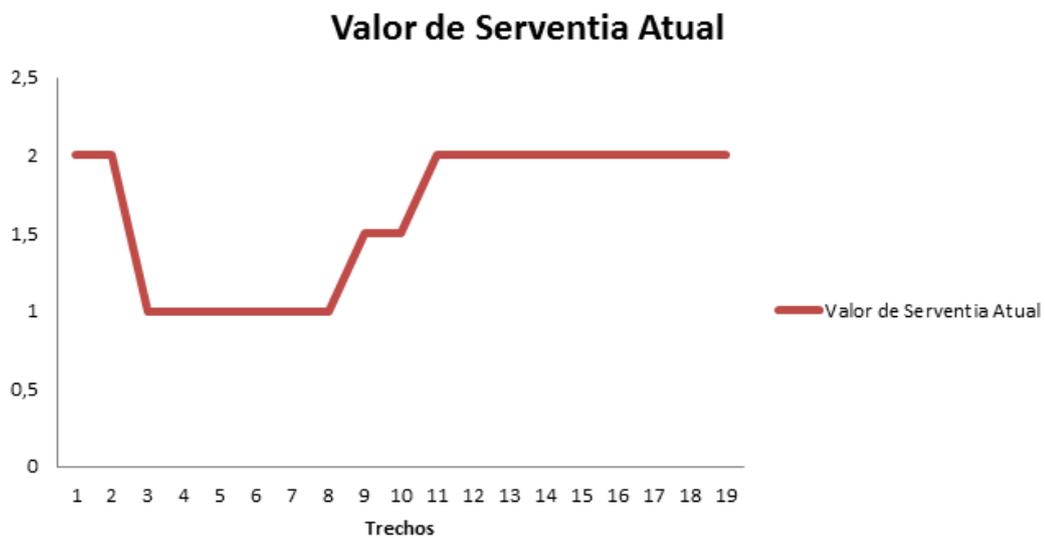
## 6.2 Estado Atual do Segmento

Durante a análise dos defeitos presentes no segmento estudado, ficou claro que o mesmo não oferece conforto ou segurança. Foram encontrados diversos defeitos em cada um dos trechos, alguns com maiores intensidade e gravidade.

Por todo o segmento há muitas fissuras, principalmente longitudinais, e desgaste da trilha de rolamento – mais perceptível do lado direito. Porém, há também: trincas longitudinais, panelas, fissuras e escorregamento.

De acordo com a análise realizada, o VSA geral do segmento predomina no conceito “ruim” ou “regular” (com valor 2). O Gráfico 6,1 apresenta a variação do valor de serventia entre os 19 trechos estudados e a Tabela 6.2 apresenta os mesmos valores juntamente da média obtida por eles e os defeitos encontrados na via de estudo (que contribuíram para a determinação dos valores).

**Gráfico 6.1** – Valor de Serventia Atual dos trechos estudados.



**Fonte:** A Autora.

**Tabela 6.2** – Valor Médio de Serventia Atual do segmento estudado.

Valor Médio de Serventia Atual		
<b>Localização:</b> Três Corações – Minas Gerais		
<b>Via:</b> Avenida Deputado Renato Azeredo		
<b>Trecho</b>	<b>VSA</b>	<b>Defeitos:</b>
1	2	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC) Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL) Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE) Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J) Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB) Afundamento Plástico Local (ALC) Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP) Ondulações (O) Escorregamento (E) Panela (P) Remendo (R)
2	2	
3	1	
4	1	
5	1	
6	1	
7	1	
8	1	
9	1,5	
10	1,5	
11	2	
12	2	
13	2	
14	2	
15	2	
16	2	
17	2	
18	2	
19	2	
<b>VSA</b>	<b>1,6</b>	

**Fonte:** A Autora.

O segmento de via estudado apresentou um valor médio de serventia de 1,6, sendo classificado como “ruim”, estando abaixo do limite aceitável de 2,5 (via com tráfego intenso). Não são realizadas manutenções, apenas remendos superficiais – que são considerados um defeito, não sendo uma solução. Os remendos, quando feitos, são facilmente percebidos pelos usuários da via, causando desconforto para aqueles que trafegam sobre a mesma.

A via não recebe a devida atenção e, conseqüentemente, a correta manutenção. Com isso, a qualidade do segmento apenas decai e garante um maior gasto – no futuro – com uma reestruturação.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizar o diagnóstico do problema e fazer sua análise, foi contatado que a melhor solução seria uma reconstrução geral do pavimento do trecho em estudo. Para isso, seria necessário tomar conhecimento da composição do tráfego local, para poder realizar um novo dimensionamento.

Assim foi feito e a primeira etapa realizada foi a contagem volumétrica, utilizando fichas propostas pelo DNIT, no Manual de Estudo de Tráfego (2005), e as mesmas podem ser observadas no Apêndice B deste trabalho.

A contagem volumétrica foi realizada no horário de pico (das 12:00h às 13:00h) durante sete dias (uma semana). O total de veículos contados em cada dia pode ser observado no quadro 7.1, onde está apresentada a variação de acordo com o dia da semana, por exemplo, onde o dia 23 de outubro caiu em um domingo. Além disso, há também a quantidade total (dos sete dias) dividida por tipo de veículos, apresentado no quadro 7.2.

**Quadro 7.1** – Quantidade de veículos durante o horário de pico em cada dia de contagem.

<b>Data</b>	<b>Total de Veículos na Hora de Contagem</b>	<b>Porcentagem</b>
19/Outubro	163	15,39%
20/Outubro	157	14,83%
21/Outubro	170	16,05%
22/Outubro	128	12,09%
23/Outubro	77	7,27%
24/Outubro	176	16,62%
25/Outubro	188	17,75%
<b>Σ</b>	<b>1059</b>	<b>100%</b>

Fonte: A Autora.

**Quadro 7.2** – Quantidade horária de veículos de acordo com o tipo, para os sete dias de contagem.

<b>Tipo de Veículo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Porcentagem</b>
<b>Automóveis</b>	639	60,34%
<b>Camionetas</b>	112	10,58%
<b>Ônibus</b>	<b>2C</b> 17	1,61%

	<b>3C</b>	2	0,19%
<b>Caminhões</b>	<b>2C</b>	20	1,89%
	<b>3C</b>	23	2,17%
	<b>4C</b>	24	2,27%
	<b>2S1</b>	5	0,47%
	<b>2S2</b>	11	1,04%
	<b>2S3</b>	5	0,47%
	<b>3S2</b>	4	0,38%
	<b>3S3</b>	4	0,38%
<b>Outros</b>		193	18,22%
<b>Σ</b>		<b>1059</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** A Autora.

Com os dados da composição de tráfego em mãos, foi possível realizar uma extrapolação para o Volume Médio Diário, usufruindo da ideia de que basta multiplicar a quantidade observada em uma hora por 24 horas. Porém, usa-se uma média da quantidade encontrada nos sete dias. Dessa maneira, tem-se:

$$\frac{1059 \text{ veículos}}{7 \text{ dias}} = 152 \text{ veículos}$$

Esse valor é equivalente à hora de pico, apenas. Assim, esse é o resultado a ser extrapolado para um dia. Sendo:

$$152 \text{ veículos} \cdot 24 \text{ horas} = 3.648 \text{ veículos/dia (VMD)}$$

Deixando esses dados reservados para as próximas etapas, inicia-se a análise do subleito. Como não foram disponibilizados dados reais do subleito do trecho, foram adotados valores críticos para o solo. Dessa maneira, adotou-se C.B.R. igual a 2% e Índice de Grupo igual a 20, que nos dá o valor de  $I_{SIG}$  através do quadro 5.11. Com esses valores, foi possível encontrar o Índice de Suporte igual a 2, através do passo a passo a seguir.

$$I_s = \frac{(I_{SCBR} + I_{SIG})}{2} \quad (5.4)$$

$$I_s = \frac{(2 + 2)}{2}$$

$$I_s = 2$$

O passo seguinte é todo relacionado ao tráfego. É a etapa em que foi calculado o “N” (número de passadas do eixo padrão). Foi utilizada a equação 5.18.

$$N = V_t \cdot FV \cdot FR \quad (5.18)$$

Primeiramente, para calcular  $V_t$  (volume total de tráfego), o crescimento estipulado foi o crescimento linear, partindo de um volume base (no caso, o volume da contagem de tráfego). Foram usadas as equações propostas para esse tipo de crescimento, no item 5.10.

$$V_1 = V_0 \cdot \left[ 1 + \left( p \cdot \frac{t}{100} \right) \right] \quad (5.7)$$

$$V_1 = 3.648 \cdot \left[ 1 + \left( 1 \cdot \frac{3}{100} \right) \right]$$

$$V_1 = 3.757 \text{ veículos}$$

$$V_p = V_1 \cdot \left( 1 + \frac{t}{100} \cdot P \right) \quad (5.8)$$

$$V_p = 3.757 \cdot \left( 1 + \frac{3}{100} \cdot 20 \right)$$

$$V_p = 6.012 \text{ veículos}$$

$$V_m = \frac{(V_1 + V_p)}{2} \quad (5.6)$$

$$V_m = \frac{(3.757 + 6.012)}{2}$$

$$V_m = 4.885 \text{ veículos}$$

$$V_t = 365 \cdot V_m \cdot P \quad (5.15)$$

$$V_t = 365 \cdot 4.885 \cdot 20$$

$$V_t = 35.658.106 \text{ veículos}$$

O Fator Climático Regional (FR) é dado de acordo com a altura média anual de chuva, em mm, e na cidade de Três Corações essa altura é de 1401 mm. Dessa maneira, ao analisar o quadro 5.14, constata-se que FR será igual a 1,4.

Por último, o Fator de Veículo, que é um pouco mais complexo, é a parcela da formulação que faz uso da contagem volumétrica realizada na primeira etapa de todo o processo. Para definir esse fator, é necessário conhecer a composição do tráfego atual.

Para isso, foi montado um quadro com as informações dos Fatores de Equivalência de Operação. Os fatores adotados foram os propostos pelo DNIT no Manual de Estudo de Tráfego (2005), que são apresentados no quadro 5.19. Assim, temos os dados da tabela 7.1.

**Tabela 7.1** – Total de veículos com aplicação dos fatores de equivalência.

Tipo de Veículo	Fator de Equivalência	Quantidade (24h)	Total
VP	1	2.575	2.575
CO	1,5	127	191

O	1,5	86	129
SR	2	182	364
RE	2	0	0
M	1	662	662
			Σ
			3.921

Fonte: A Autora.

Com esse dado calculado, é possível encontrar o Fator de Carga (FC), o qual basta dividir a somatória de 3.921 pelo VMD. Assim:

$$FC = \frac{\sum \text{equiv. operação}}{VMD} \quad (5.15)$$

$$FC = \frac{3.921}{3.648}$$

$$FC = 1,0748$$

O último dado necessário para conseguir calcular FV, então, é o FE (equação 5.14), o qual usa da relação da quantidade de eixos dos veículos apresentados na contagem. Para isso, foi feita, primeiramente, uma divisão dos veículos, de acordo com a quantidade de eixos, como apresentado na tabela 7.2.

**Tabela 7.2** – Porcentagem de acordo com o tipo de veículo e número de eixos.

Tipo de Veículo		Número de Eixos	Quantidade	Porcentagem
Automóveis		2	639	60,34%
Caminhonetes		2	112	10,58%
Ônibus	2C	2	17	1,61%
	3C	3	2	0,19%
Caminhões	2C	2	20	1,89%
	3C	3	23	2,17%
	4C	4	24	2,27%
	2S1	3	5	0,47%
	2S2	4	11	1,04%
	2S3	5	5	0,47%
	3S2	5	4	0,38%
	3S3	6	4	0,38%
Outros		2	193	18,22%
			Σ	1059
				100%

Fonte: A autora.

Agrupando os veículos pela quantidade de eixos, temos que há 92,64% de veículos com dois eixos, 2,83% de veículos com três eixos, 3,31% de veículos com quatro eixos, 0,85% de veículos com cinco eixos e 0,38% de veículos com 6 eixos. Assim, temos:

$$FE = \left(\frac{p_2}{100}\right) \cdot 2 + \left(\frac{p_3}{100}\right) \cdot 3 + \dots + \left(\frac{p_n}{100}\right) \cdot n \quad (5.14)$$

$$FE = (0,9264) \cdot 2 + (0,0283) \cdot 3 + (0,0331) \cdot 4 + (0,0085) \cdot 5 + (0,0038) \cdot 6$$

$$FE = 2,135$$

Após realizar os cálculos de  $V_t$ , FR, FC e FE, é possível calcularmos o valor de N.

$$FV = FE \cdot FC \quad (5.13)$$

$$FV = 2,135 \cdot 1,0748$$

$$FV = 2,295$$

$$N = V_t \cdot FV \cdot FR \quad (5.18)$$

$$N = 35.658.106 \cdot 2,295 \cdot 1,4$$

$$N = 114.559.977 \text{ passadas do eixo padrão}$$

Tornando-se possível realizar o dimensionamento, esse se inicia com o uso do ábaco apresentado na figura 5.31, direcionado para este fim. Entrando com o valor de  $N = 1,15 \times 10^{18}$  e o valor do C.B.R. ou do IS do subleito, do seu reforço e com o valor de 20 para IS, representativo da sub-base, encontra-se os valores de 123 cm, 96 cm e 29 cm para  $H_m$ ,  $H_n$  e  $H_{20}$ , respectivamente.

Com as espessuras de conjunto definidas, o próximo passo foi definir os materiais (tabela 7.3) a serem utilizados em cada camada. Assim, ficou determinado:

**Tabela 7.3** – Materiais a serem utilizados nas camadas do pavimento.

Camada	Material
Revestimento	CBUQ
Base	MB
Sub-base	SB
Reforço do subleito	SMC

Fonte: A Autora.

Sendo:

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente;

MB – Macadame Betuminoso;

SB – Solo-Brita;

SMC – Solo Melhorado com Cimento.

Para cada um dos materiais escolhidos, tem-se um coeficiente “k” de equivalência para o cálculo exato das espessuras de cada camada.

Primeiramente, calcula-se a espessura considerando  $k = 1$  para todas as camadas e, posteriormente, aplica-se o coeficiente através da equação 5.19. Para o cálculo “genérico”, adota-se a simbologia definida no quadro 5.16.

Em relação ao material padrão, de  $k = 1$ , as equivalências das camadas são:

$$R \cdot K_R = \text{espessura equivalente do revestimento};$$

$$B \cdot K_B = \text{espessura equivalente da base};$$

$$h_{20} \cdot K_S = \text{espessura equivalente da subbase e};$$

$$h_n \cdot K_n = \text{espessura equivalente do reforço do subleito}.$$

Dessa maneira, chegamos ao sistema:

$$\begin{cases} R \cdot K_R + B \cdot K_B \geq H_{20} \\ R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S \geq H_n \\ R \cdot K_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S + h_n \cdot K_n \geq H_m \end{cases}$$

Como o conjunto de equações contém quatro incógnitas e apenas três equações, o sistema é indefinido. Para resolver esse problema, adota-se o valor de R (espessura do revestimento) de acordo com o valor de N. Nesse caso,  $R = 10$  cm.

Resolvendo o sistema, foram encontrados os valores:

$$B = 10 \text{ cm};$$

$$h_{20} = 67 \text{ cm e};$$

$$h_n = 20 \text{ cm}.$$

Por fim, basta aplicar as espessuras genéricas (para  $k = 1$ ) na equação 5.19.

$$h_p = k_i \cdot h_i \quad (5.19)$$

$$h_i = \frac{h_p}{k_i}$$

– Base:

$$h_i = \frac{10}{1,2} \cong 9 \text{ cm}$$

– Subbase:

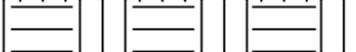
$$h_i = \frac{67}{1,0} = 67 \text{ cm}$$

–Reforço do Subleito:

$$h_i = \frac{20}{1,4} \cong 15 \text{ cm}$$

Dimensionado o pavimento, foi realizado um detalhamento semelhante ao apresentado na Figura 5.30, esquematizando as camadas definidas anteriormente. A Tabela 7.4 apresenta um resumo do dimensionamento com as espessuras de cada camada e o preenchimento utilizado no detalhamento para representação da mesma.

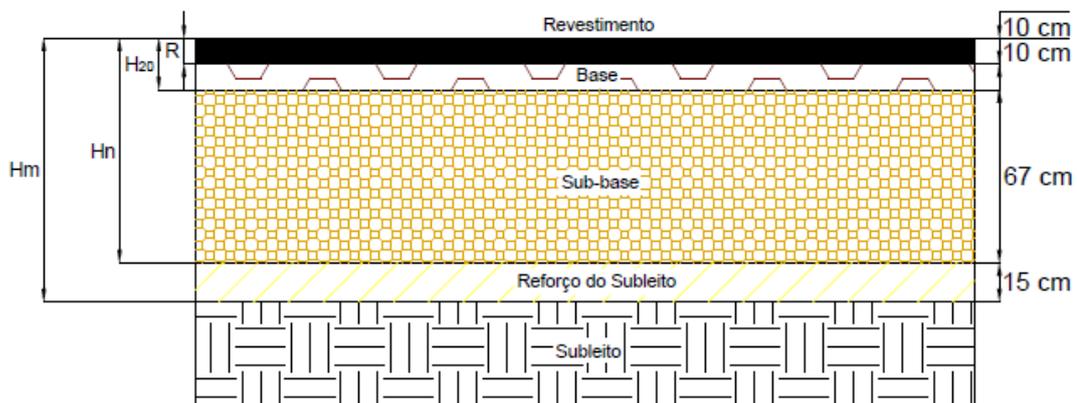
**Tabela 7.4** – Resumo do dimensionamento e representação no detalhamento.

Camada	Espessura (cm)	Preenchimento/Hachura
Revestimento	10	
Base	10	
Sub-base	67	
Reforço do Subleito	15	
Subleito	-	

Fonte: A Autora.

O detalhamento citado anteriormente pode ser observado esquematizado pela Figura 7.1.

**Figura 7.1** – Detalhamento do pavimento dimensionado.



Fonte: A Autora.

A última etapa realizada foi uma estimativa orçamentária com base em um orçamento pré-existente. A planilha de orçamentação do presente projeto de pavimento está presente do Apêndice C.

## 8 CONCLUSÃO

Com base na coleta de dados – realizada em campo – e na revisão bibliográfica, presente neste trabalho, foi possível concluir, primeiramente, que o Valor de Serventia Atual do segmento estudado está abaixo do valor aceitável para o tipo de via. As patologias presentes ao longo da via estão diretamente ligadas a esse fator, uma vez que contribuem para a degradação constante da mesma.

O trecho da LMG 862, sobre o qual foi feito todo o levantamento, foi avaliado abaixo do valor aceitável para o tipo de via, recebendo uma nota geral de valor 1,6, caracterizando-se como “ruim”. Assim que atingisse o valor 2,0, o trecho deveria ter recebido manutenção corretiva, a fim de recuperar um valor maior, sendo mais bem avaliado qualitativamente. Dessa maneira, a necessidade de uma reconstrução se faz presente.

Ao observar a intensidade das patologias, percebe-se que a via nunca – provavelmente – recebeu manutenção adequada; são feitos apenas remendos nas panelas, que se abrem novamente após um período de tempo, e a situação se dá ciclicamente: à medida que são abertas, recebem os remendos.

O fato de o trecho apresentar um valor de serventia tão baixo, a necessidade de reconstrução se faz urgente para que o conforto e a segurança dos usuários sejam garantidas e mantidas até uma próxima manutenção. Além de causar maiores transtornos ao fluxo de veículos, a reconstrução sairia cerca de 10 vezes o valor de restauração, se esta houvesse sido realizada quando o valor de serventia da via fosse de ordem 3,0; ou, se na devida época, a mesma houvesse recebido uma adequada manutenção, a economia teria sido, em média, de 90% em relação ao valor de restauração.

O problema é facilmente percebido por qualquer pessoa que transite pelo trecho, a pé ou em veículo, e o grau de trafegabilidade do mesmo confere alto desconforto e falta de segurança. A reconstrução é uma medida a ser colocada em prática para que esses fatores deixem de ser característicos do segmento.

## REFERÊNCIAS

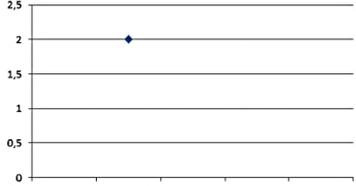
- BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558 p.
- BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica** – Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006.
- CORSINI, Rodnei. **Selagem de Trincas em Pavimentos**: Uso de asfaltos especiais para preenchimento de fissuras reduz a taxa de deterioração do pavimento e aumenta sua vida útil. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/5/solucoes-tecnicas-2-selagem-de-trincas-em-pavimentos-224688-1.aspx>>. Acesso em: 5 de abril de 2016.
- DAS, Braja M.. **Advanced Soil Mechanics**. 4. ed. New York: Crc Press, 1941. 609 p.
- DER – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Rodovias. **Volume Médio Diário Anual de Tráfego**. Disponível em: <<http://www.der.mg.gov.br/saiba-sobre/rodovias/699-volume-medio-diario-anual-de-trafego>>. Acesso em: 12 de maio de 2016.
- DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Método de Dimensionamento de Pavimento Flexível pelo Método do DNER**. Disponível em: <<https://engucm.files.wordpress.com/2015/05/dimension-pav-flex.pdf>>. Acesso em: 07 de julho de 2016.
- DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro, 2006. 384 p. (IPR Publ., 723).
- DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Modais. **Infraestrutura Rodoviária**. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/diretorias/capa-infraestrutura-rodoviaria>>. Acesso em: 24 de março de 2016.
- GUIA DO TRANSPORTADOR. Extensão da Malha Rodoviária Brasileira. Disponível em: <<http://www.guiadotrc.com.br/infra/malharodoviariabrasileira.asp>>. Acesso em: 16 de março de 2016.
- PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 367 p.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **IP-05 Instrução para dimensionamento de pavimentos flexíveis para tráfego meio pesado, pesado, muito pesado e faixa exclusiva de ônibus.** São Paulo: 2004. 19 p.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2007. 761 p.

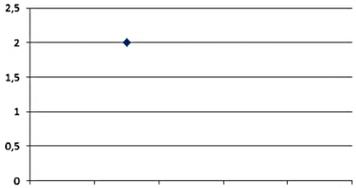
## APÊNDICE A – Relatórios de Análise dos trechos estudados

**Tabela 1** – Relatório de Análise do Trecho 1.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>			
<b>LMG 862</b>			
Três Corações - MG			
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>			
<b>AVALIADOR:</b> Thaís Vilela dos Santos <b>EXTENSÃO (m):</b> 100,00		<b>TRECHO:</b> 1 <b>DATA:</b> Abril/2016	
			
<b>PATOLOGIAS</b>	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)	<b>PATOLOGIAS</b>	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
<b>PATOLOGIAS</b>			
	Fissuras (FI)		
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)		
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)		
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)		
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)		
	Trinca de Retração (TR)		
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)		
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)		
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)		
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)		
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)		
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)		
	Afundamento Plástico Local (ALC)		
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)		
	Ondulações (O)		
	Escorregamento (E)		
	Exsudação (EX)		
	Desgaste (D)		
	Panela (P)		
	Remendo (R)		
		<b>Índice Adotado - VSA</b>  <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">2,0</div>	
		<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>  	

Fonte: A Autora.

Tabela 2 – Relatório de Análise do Trecho 2.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
<b>LMG 862</b>	
Três Corações - MG	
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>	
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos	TRECHO: 2
EXTENSÃO (m): 100,00	DATA: Abril/2016
	
<b>PATOLOGIAS</b>	Panela (P)
<b>PATOLOGIAS</b>	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)
<b>PATOLOGIAS</b>	
	Fissuras (FI)
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)
	Trinca de Retração (TR)
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)
	Afundamento Plástico Local (ALC)
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)
	Ondulações (O)
	Escorregamento (E)
	Exsudação (EX)
	Desgaste (D)
	Panela (P)
	Remendo (R)
<b>Índice Adotado - VSA</b>	
<b>2,0</b>	
<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
	

Fonte: A Autora.

Tabela 3 – Relatório de Análise do Trecho 3.

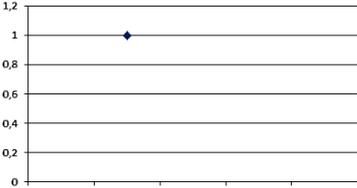
<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
<b>LMG 862</b>	
Três Corações - MG	
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>	
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos	TRECHO: 3
EXTENSÃO (m): 100,00	DATA: Abril/2016
	
<b>PATOLOGIAS</b>	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
<b>PATOLOGIAS</b>	
	Fissuras (FI)
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)
	Trinca de Retração (TR)
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)
	Afundamento Plástico Local (ALC)
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)
	Ondulações (O)
	Escorregamento (E)
	Exsudação (EX)
	Desgaste (D)
	Panela (P)
	Remendo (R)

<b>Índice Adotado - VSA</b>
<b>1,0</b>

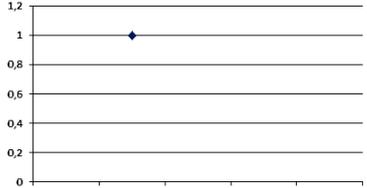
  

**Valor de Serventia Atual (VSA)**



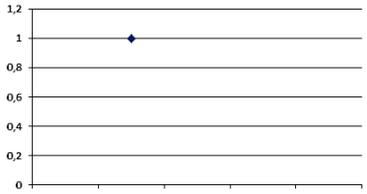
Fonte: A Autora.

Tabela 4 – Relatório de Análise do Trecho 4.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
<b>LMG 862</b>	
Três Corações - MG	
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>	
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos	TRECHO: 4
EXTENSÃO (m): 100,00	DATA: Abril/2016
	
<b>PATOLOGIAS</b>	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
<b>PATOLOGIAS</b>	
	Fissuras (FI)
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)
	Trinca de Retração (TR)
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)
	Afundamento Plástico Local (ALC)
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)
	Ondulações (O)
	Escorregamento (E)
	Exsudação (EX)
	Desgaste (D)
	Panela (P)
	Remendo (R)
<b>Índice Adotado - VSA</b>	
<b>1,0</b>	
<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
	

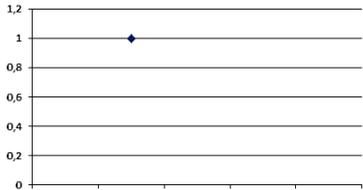
Fonte: A Autora.

Tabela 5 – Relatório de Análise do Trecho 5.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
<b>LMG 862</b>	
Três Corações - MG	
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>	
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 5 DATA: Abril/2016
	
<b>PATOLOGIAS</b>	<b>PATOLOGIAS</b>
Escorregamento (E) E Remendo (R)	Panela (P)
<b>PATOLOGIAS</b>	
	Fissuras (FI)
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)
	Trinca de Retração (TR)
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)
	Afundamento de Consolidação de Trilha de Roda (ATL)
	Afundamento Plástico Local (ALC)
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)
	Ondulações (O)
	Escorregamento (E)
	Exsudação (EX)
	Desgaste (D)
	Panela (P)
	Remendo (R)
<b>Índice Adotado - VSA</b>	
<b>1,0</b>	
<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
	

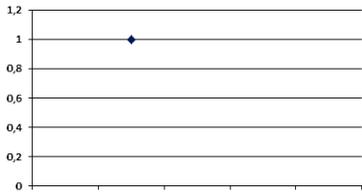
Fonte: A Autora.

Tabela 6 – Relatório de Análise do Trecho 6.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>			
<b>LMG 862</b>			
Três Corações - MG			
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>			
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 6 DATA: Abril/2016		
			
<b>PATOLOGIAS</b>	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)		
<b>PATOLOGIAS</b>			
	Fissuras (FI)		
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)		
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)		
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)		
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)		
	Trinca de Retração (TR)		
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)		
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)		
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)		
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)		
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)		
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)		
	Afundamento Plástico Local (ALC)		
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)		
	Ondulações (O)		
	Escorregamento (E)		
	Exsudação (EX)		
	Desgaste (D)		
	Panela (P)		
	Remendo (R)		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: yellow;"> <th>Índice Adotado - VSA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">1,0</td> </tr> </tbody> </table>		Índice Adotado - VSA	1,0
Índice Adotado - VSA			
1,0			
<p><b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b></p> 			

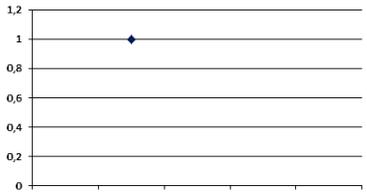
Fonte: O Autor.

Tabela 7 – Relatório de Análise do Trecho 7.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>					
<b>LMG 862</b>					
Três Corações - MG					
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>					
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 7 DATA: Abril/2016				
					
<b>PATOLOGIAS</b>	Panelas (P)				
<b>PATOLOGIAS</b>	Panela (P) e Remendo (R)				
<b>PATOLOGIAS</b>					
	Fissuras (FI)				
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)				
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)				
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)				
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)				
	Trinca de Retração (TR)				
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)				
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)				
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)				
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)				
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)				
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)				
	Afundamento Plástico Local (ALC)				
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)				
	Ondulações (O)				
	Escorregamento (E)				
	Exsudação (EX)				
	Desgaste (D)				
	Panela (P)				
	Remendo (R)				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>Índice Adotado - VSA</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>1,0</b></td> </tr> </tbody> </table>		<b>Índice Adotado - VSA</b>		<b>1,0</b>	
<b>Índice Adotado - VSA</b>					
<b>1,0</b>					
<p style="text-align: center;"><b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b></p> 					

Fonte: O Autor.

**Tabela 8 – Relatório de Análise do Trecho 8.**

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
<b>LMG 862</b>	
Três Corações - MG	
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>	
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 8 DATA: Abril/2016
	
<b>PATOLOGIAS</b>	<b>PATOLOGIAS</b>
Painela (P), Remendo (R), Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP) e Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)	Painela (P) e Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
<b>PATOLOGIAS</b>	
	Fissuras (FI)
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)
	Trinca de Retração (TR)
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)
	Afundamento Plástico Local (ALC)
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)
	Ondulações (O)
	Escorregamento (E)
	Exsudação (EX)
	Desgaste (D)
	Painela (P)
	Remendo (R)
<b>Índice Adotado - VSA</b>	
1,0	
<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
	

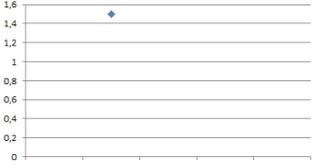
Fonte: A Autora.

Tabela 9 – Relatório de Análise do Trecho 9.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>			
<b>LMG 862</b>			
Três Corações - MG			
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>			
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 9 DATA: Abril/2016		
			
<b>PATOLOGIAS</b>	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP) e Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)		
<b>PATOLOGIAS</b>			
	Fissuras (FI)		
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)		
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)		
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)		
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)		
	Trinca de Retração (TR)		
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)		
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)		
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)		
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)		
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)		
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)		
	Afundamento Plástico Local (ALC)		
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)		
	Ondulações (O)		
	Escorregamento (E)		
	Exsudação (EX)		
	Desgaste (D)		
	Panela (P)		
	Remendo (R)		
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: yellow;">Índice Adotado - VSA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>1,5</b></td> </tr> </tbody> </table> <p style="color: red; text-align: center;"><b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b></p> 		Índice Adotado - VSA	<b>1,5</b>
Índice Adotado - VSA			
<b>1,5</b>			

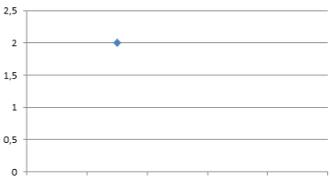
Fonte: A Autora.

Tabela 10 – Relatório de Análise do Trecho 10.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>			
<b>LMG 862</b>			
Três Corações - MG			
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>			
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 10 DATA: Abril/2016		
			
<b>PATOLOGIAS</b>	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP) e Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)		
<b>PATOLOGIAS</b>			
	Fissuras (FI)		
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)		
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)		
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)		
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)		
	Trinca de Retração (TR)		
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)		
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)		
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)		
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)		
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)		
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)		
	Afundamento Plástico Local (ALC)		
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)		
	Ondulações (O)		
	Escorregamento (E)		
	Exsudação (EX)		
	Desgaste (D)		
	Panela (P)		
	Remendo (R)		
<table border="1"> <thead> <tr> <th style="background-color: yellow;">Índice Adotado - VSA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>1,5</b></td> </tr> </tbody> </table>		Índice Adotado - VSA	<b>1,5</b>
Índice Adotado - VSA			
<b>1,5</b>			
<p><b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b></p> 			

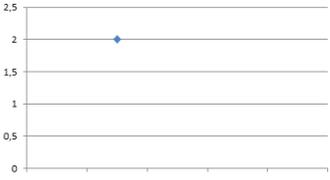
Fonte: A Autora.

Tabela 11 – Relatório de Análise do Trecho 11.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>																																													
<b>LMG 862</b>																																													
Três Corações - MG																																													
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>																																													
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 11 DATA: Abril/2016																																												
																																													
<b>PATOLOGIAS</b>	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J), Remendo (R) e Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)																																												
<b>PATOLOGIAS</b>	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J) e Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>PATOLOGIAS</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>Fissuras (FI)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca de Retração (TR)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)</td></tr> <tr><td style="background-color: black;"></td><td>Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)</td></tr> <tr><td></td><td>Afundamento de Consolidação Local (ALC)</td></tr> <tr><td></td><td>Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)</td></tr> <tr><td></td><td>Afundamento Plástico Local (ALC)</td></tr> <tr><td style="background-color: black;"></td><td>Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)</td></tr> <tr><td></td><td>Ondulações (O)</td></tr> <tr><td></td><td>Escorregamento (E)</td></tr> <tr><td></td><td>Exsudação (EX)</td></tr> <tr><td></td><td>Desgaste (D)</td></tr> <tr><td></td><td>Panela (P)</td></tr> <tr><td style="background-color: black;"></td><td>Remendo (R)</td></tr> </tbody> </table>	<b>PATOLOGIAS</b>			Fissuras (FI)		Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)		Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)		Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)		Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)		Trinca de Retração (TR)		Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)		Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)		Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)		Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)		Afundamento de Consolidação Local (ALC)		Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)		Afundamento Plástico Local (ALC)		Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)		Ondulações (O)		Escorregamento (E)		Exsudação (EX)		Desgaste (D)		Panela (P)		Remendo (R)	<table border="1"> <thead> <tr> <th><b>Índice Adotado - VSA</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>2,0</b></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b></p> 	<b>Índice Adotado - VSA</b>	<b>2,0</b>
<b>PATOLOGIAS</b>																																													
	Fissuras (FI)																																												
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)																																												
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)																																												
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)																																												
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)																																												
	Trinca de Retração (TR)																																												
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)																																												
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)																																												
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)																																												
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)																																												
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)																																												
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)																																												
	Afundamento Plástico Local (ALC)																																												
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)																																												
	Ondulações (O)																																												
	Escorregamento (E)																																												
	Exsudação (EX)																																												
	Desgaste (D)																																												
	Panela (P)																																												
	Remendo (R)																																												
<b>Índice Adotado - VSA</b>																																													
<b>2,0</b>																																													

Fonte: A Autora.

Tabela 12 – Relatório de Análise do Trecho 12.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
<b>LMG 862</b>	
Três Corações - MG	
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>	
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos	TRECHO: 12
EXTENSÃO (m): 100,00	DATA: Abril/2016
	
PATOLOGIAS	Afundamento Plástico Local (ALC) e Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
PATOLOGIAS	
	Fissuras (FI)
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)
	Trinca de Retração (TR)
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)
	Afundamento Plástico Local (ALC)
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)
	Ondulações (O)
	Escorregamento (E)
	Exsudação (EX)
	Desgaste (D)
	Panela (P)
	Remendo (R)
	<b>Índice Adotado - VSA</b>
	<b>2,0</b>
	<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>
	

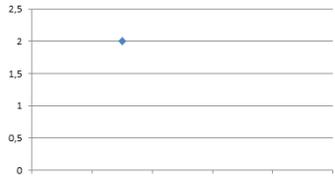
Fonte: A Autora.

Tabela 13 – Relatório de Análise do Trecho 13.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
<b>LMG 862</b>	
Três Corações - MG	
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>	
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 13 DATA: Abril/2016
	
<b>PATOLOGIAS</b>	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
<b>PATOLOGIAS</b>	
	Fissuras (FI)
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)
	Trinca de Retração (TR)
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)
	Afundamento Plástico Local (ALC)
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)
	Ondulações (O)
	Escorregamento (E)
	Exsudação (EX)
	Desgaste (D)
	Panela (P)
	Remendo (R)

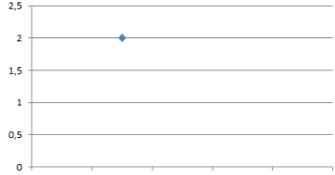
Índice Adotado - VSA
2,0

Valor de Serventia Atual (VSA)



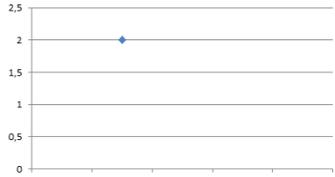
Fonte: A Autora.

**Tabela 14** – Relatório de Análise do Trecho 14.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>			
<b>LMG 862</b>			
Três Corações - MG			
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>			
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos		TRECHO: 14	
EXTENSÃO (m): 100,00		DATA: Abril/2016	
			
<b>PATOLOGIAS</b>	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)	<b>PATOLOGIAS</b>	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)
<b>PATOLOGIAS</b>		<b>Índice Adotado - VSA</b>	
	Fissuras (FI)	<div style="font-size: 2em; font-weight: bold; margin-bottom: 10px;">2,0</div> <p><b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b></p> 	
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)		
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)		
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)		
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)		
	Trinca de Retração (TR)		
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)		
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)		
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)		
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)		
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)		
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)		
	Afundamento Plástico Local (ALC)		
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)		
	Ondulações (O)		
	Escorregamento (E)		
	Exsudação (EX)		
	Desgaste (D)		
	Panela (P)		
	Remendo (R)		

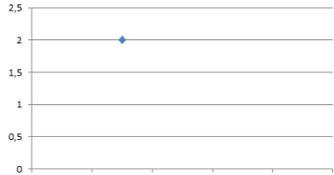
Fonte: A Autora.

Tabela 15 – Relatório de Análise do Trecho 15.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>					
<b>LMG 862</b>					
Três Corações - MG					
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>					
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 15 DATA: Abril/2016				
					
<b>PATOLOGIAS</b>	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)				
<b>PATOLOGIAS</b>					
	Fissuras (FI)				
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)				
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)				
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)				
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)				
	Trinca de Retração (TR)				
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)				
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)				
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)				
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)				
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)				
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)				
	Afundamento Plástico Local (ALC)				
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)				
	Ondulações (O)				
	Escorregamento (E)				
	Exsudação (EX)				
	Desgaste (D)				
	Panela (P)				
	Remendo (R)				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>Índice Adotado - VSA</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>2,0</b></td> </tr> </tbody> </table>		<b>Índice Adotado - VSA</b>		<b>2,0</b>	
<b>Índice Adotado - VSA</b>					
<b>2,0</b>					
<p style="text-align: center;"><b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b></p> 					

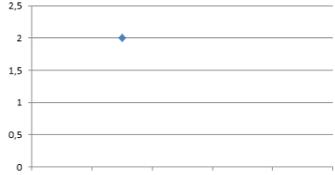
Fonte: A Autora.

Tabela 16 – Relatório de Análise do Trecho 16.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>					
<b>LMG 862</b>					
Três Corações - MG					
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>					
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 16 DATA: Abril/2016				
					
<b>PATOLOGIAS</b>	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)				
<b>PATOLOGIAS</b>					
	Fissuras (FI)				
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)				
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)				
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)				
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)				
	Trinca de Retração (TR)				
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)				
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)				
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)				
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)				
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)				
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)				
	Afundamento Plástico Local (ALC)				
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)				
	Ondulações (O)				
	Escorregamento (E)				
	Exsudação (EX)				
	Desgaste (D)				
	Panela (P)				
	Remendo (R)				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>Índice Adotado - VSA</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>2,0</b></td> </tr> </tbody> </table>		<b>Índice Adotado - VSA</b>		<b>2,0</b>	
<b>Índice Adotado - VSA</b>					
<b>2,0</b>					
<p style="text-align: center;"><b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b></p> 					

Fonte: A Autora.

Tabela 17 – Relatório de Análise do Trecho 17.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
<b>LMG 862</b>	
Três Corações - MG	
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>	
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 17 DATA: Abril/2016
	
<b>PATOLOGIAS</b>	Panela (P) e Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
<b>PATOLOGIAS</b>	Panela (P) e Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
<b>PATOLOGIAS</b>	
	Fissuras (FI)
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)
	Trinca de Retração (TR)
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)
	Afundamento Plástico Local (ALC)
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)
	Ondulações (O)
	Escorregamento (E)
	Exsudação (EX)
	Desgaste (D)
	Panela (P)
	Remendo (R)
<b>Índice Adotado - VSA</b>	
<b>2,0</b>	
<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
	

Fonte: A Autora.

**Tabela 18 – Relatório de Análise do Trecho 18.**

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>	
<b>LMG 862</b>	
Três Corações - MG	
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>	
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 18 DATA: Abril/2016
	
<b>PATOLOGIAS</b> Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)	<b>PATOLOGIAS</b> Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)
<b>PATOLOGIAS</b>	
	Fissuras (FI)
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)
	Trinca de Retração (TR)
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)
	Afundamento Plástico Local (ALC)
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)
	Ondulações (O)
	Escorregamento (E)
	Exsudação (EX)
	Desgaste (D)
	Panela (P)
	Remendo (R)

<b>Índice Adotado - VSA</b>
2,0

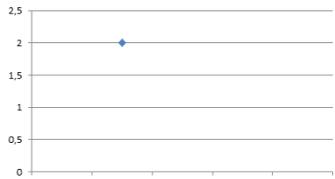
  

Valor de Serventia Atual (VSA)



Fonte: A Autora.

Tabela 19 – Relatório de Análise do Trecho 19.

<b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b>																																									
<b>LMG 862</b>																																									
Três Corações - MG																																									
<b>REGISTRO DE PATOLOGIAS</b>																																									
AVALIADOR: Thaís Vilela dos Santos EXTENSÃO (m): 100,00	TRECHO: 19 DATA: Abril/2016																																								
																																									
<b>PATOLOGIAS</b> Panela (P), Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL) e Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)	<b>PATOLOGIAS</b> Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE) e Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)																																								
<b>PATOLOGIAS</b>	<b>Índice Adotado - VSA</b>																																								
<table border="1"> <tbody> <tr><td></td><td>Fissuras (FI)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca de Retração (TR)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)</td></tr> <tr><td></td><td>Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)</td></tr> <tr><td></td><td>Afundamento de Consolidação Local (ALC)</td></tr> <tr><td></td><td>Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)</td></tr> <tr><td></td><td>Afundamento Plástico Local (ALC)</td></tr> <tr><td></td><td>Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)</td></tr> <tr><td></td><td>Ondulações (O)</td></tr> <tr><td></td><td>Escorregamento (E)</td></tr> <tr><td></td><td>Exsudação (EX)</td></tr> <tr><td></td><td>Desgaste (D)</td></tr> <tr><td></td><td>Panela (P)</td></tr> <tr><td></td><td>Remendo (R)</td></tr> </tbody> </table>		Fissuras (FI)		Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)		Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)		Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)		Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)		Trinca de Retração (TR)		Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)		Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)		Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)		Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)		Afundamento de Consolidação Local (ALC)		Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)		Afundamento Plástico Local (ALC)		Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)		Ondulações (O)		Escorregamento (E)		Exsudação (EX)		Desgaste (D)		Panela (P)		Remendo (R)	<div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">2,0</div> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">Valor de Serventia Atual (VSA)</p> 
	Fissuras (FI)																																								
	Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)																																								
	Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)																																								
	Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)																																								
	Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)																																								
	Trinca de Retração (TR)																																								
	Trinca “Couro de Jacaré” com Erosão (JE)																																								
	Trinca “Couro de Jacaré” sem Erosão (J)																																								
	Trinca tipo “Bloco” com Erosão (TBE)																																								
	Trinca tipo “Bloco” sem Erosão (TB)																																								
	Afundamento de Consolidação Local (ALC)																																								
	Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)																																								
	Afundamento Plástico Local (ALC)																																								
	Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)																																								
	Ondulações (O)																																								
	Escorregamento (E)																																								
	Exsudação (EX)																																								
	Desgaste (D)																																								
	Panela (P)																																								
	Remendo (R)																																								

Fonte: A Autora.

## **APÊNDICE B – Fichas de Contagem Volumétrica**

Ficha 1

Ficha 2

## Ficha 3

Ficha 4

## Ficha 5

## Ficha 6

## Ficha 7

**APÊNDICE C – Planilha Orçamentária de Projeto**

PDF EM ANEXO NO EMAIL (A SER IMPRESSA SEPARADAMENTE).