

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS MG
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
JOYCE MIRELLE COSTA SILVA

ANÁLISE E PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA AS PATOLOGIAS PRESENTES NA
SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO FLEXÍVEL DA RUA CABO BENEDITO ALVES
EM TRÊS CORAÇÕES, MG

Varginha
2019

JOYCE MIRELLE COSTA SILVA

**ANÁLISE E PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA AS PATOLOGIAS PRESENTES NA
SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO FLEXÍVEL DA RUA CABO BENEDITO ALVES
EM TRÊS CORAÇÕES, MG**

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Profª. Me. Tiely Zurlo Mognhol.

Varginha

2019

JOYCE MIRELLE COSTA SILVA

**ANÁLISE E PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA AS PATOLOGIAS PRESENTES NA
SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO FLEXÍVEL DA RUA CABO BENEDITO ALVES
EM TRÊS CORAÇÕES, MG**

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como
pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela
Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Orientador (a): Prof^a. Me. Tiely Zurlo Mognhol

Professor (a):

Professor (a):

OBS.:

Dedico este trabalho a minha mãe, Sandra, que sempre me apoiou na realização deste sonho e ao meu marido Guilherme, por todo incentivo e compreensão nestes anos de vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me possibilitou chegar até aqui e me fortaleceu durante a realização desse sonho. Aos meus familiares, meu marido e meus amigos por todo apoio durante esses anos, aos Senhores Dimas e Ivan por acreditarem em meu trabalho e pelo auxílio prestado. Agradeço a todos os professores do Grupo Unis pelo conhecimento e experiências compartilhadas durante a graduação, em especial a Professora Tiely Zurlo Mognhol pela orientação deste trabalho.

“O homem que não cultiva o hábito de pensar desperdiça um dos maiores prazeres da vida e não consegue aproveitar o máximo de si.”

Thomas Edison

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise das patologias presentes na superfície do pavimento flexível da Rua Cabo Benedito Alves em Três Corações, Minas Gerais. Tal abordagem se faz necessária devido a quantidade de patologias e recorrência em que estas vem sendo apresentadas. Além disso, a rua em estudo possui um intenso tráfego, e é muito importante para o transporte na cidade, possibilitando acesso ao centro, à diversos bairros e à rodovia MG-167. O objetivo deste estudo é classificar e avaliar as patologias do pavimento asfáltico da via, a fim de propor uma solução viável de acordo com a situação diagnosticada. Este propósito foi viabilizado a partir da revisão bibliográfica sobre os pavimentos e estudo de caso. A coleta de dados foi realizada por meio do registro fotográfico das patologias, elaboração de relatório de cada trecho analisado e aplicação do método do valor de serventia atual (VSA), onde são atribuídas de forma subjetiva a nota de cada trecho para que seja calculada a média e definido o VSA da via. O estudo evidenciou a falta de condições de trafegabilidade em que o trecho se encontra, o que determina a reconstrução como solução adequada a longo prazo, para o trecho analisado. Sendo assim, como resultados deste trabalho, foram apresentados o dimensionamento das camadas do pavimento, a título de anteprojeto para atender o tráfego de veículos na via durante o período estabelecido de dez anos, e foi elaborado o orçamento para execução dessa solução.

Palavras-Chave: Patologias em pavimentos. Valor de serventia atual. Dimensionamento de pavimento flexível.

ABSTRACT

This work presents an analysis of the pathologies in the surface of the pavement of the Cabo Benedito Alves Street in Três Corações, Minas Gerais. This verification is due to several pathologies and a recurrence in which they are verified. Besides that, the street in study has an intense traffic and is very important for transportation in the city, allowing access to the center, to the neighborhoods and the highway MG-167. The objective of this study is to classify and evaluate pathologies of asphalt pavement, in order to propose a viable solution according to a diagnosed situation. This purpose was obtained from the bibliographic revision about the pavements and a case study. The data collection was made through the photographic record of the pathologies, the elaboration of a report of each analyzed segment and the application of the method of value of current use (VSA), where a note of each segment is subjectively assigned to be calculated a mean and a definition of the VSA of the route. The study evidenced a lack of traffic conditions in which the stretch is currently, which determines the reconstruction as an adequate long-term solution for the analyzed section. Thus, as a result of this work, the dimensioning of the pavement layers was presented, as a preliminary project to meet the traffic of vehicles on the street during the established period of ten years, and the budget was elaborated to implement this solution.

Keywords: *Pathologies in pavements. Current serving value. Sizing flexible pavement.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição dos esforços no pavimento flexível.....	21
Figura 2 - Camadas do pavimento rígido	21
Figura 3 - Deformação elástica no pavimento flexível.....	22
Figura 4 - Camadas do pavimento flexível.....	22
Figura 5 - Fissuras no revestimento asfáltico	26
Figura 6 - Trinca transversal.....	27
Figura 7 - Trinca longitudinal.....	27
Figura 8 - Trinca de retração	28
Figura 9 - Trinca tipo "Couro de Jacaré"	29
Figura 10 - Trinca tipo "Bloco"	29
Figura 11 - Afundamento plástico	30
Figura 12 - Afundamento de consolidação.....	31
Figura 13 - Ondulação ou Corrugação	31
Figura 14 - Escorregamento	32
Figura 15 - Exsudação	32
Figura 16 - Desgaste	33
Figura 17 - Panela.....	34
Figura 18 - Panela atingindo a base.....	34
Figura 19 - Remendo	34
Figura 20 - Curva da Variação de Serventia com tempo decorrido de utilização da via	38
Figura 21 - Período recomendável para a intervenção dos pavimentos	39
Figura 22 - Fatores de Equivalência de Operação	44
Figura 23 - Limite dos Trechos em Estudo	50
Figura 24 – Patologias registradas.....	50
Figura 25 - Espessura do Revestimento do Trecho 3	51
Figura 26 - Espessura do Revestimento do Trecho 6.....	51
Figura 27 - Relatório VSA - Trecho 1	52
Figura 28 - Relatório VSA - Trecho 2.....	53
Figura 29 - Relatório VSA - Trecho 3.....	54
Figura 30 - Relatório VSA - Trecho 4.....	55
Figura 31 - Relatório VSA - Trecho 5.....	56
Figura 32 - Relatório VSA - Trecho 6.....	57

Figura 33 - Espessura sobre as camadas.....	64
Figura 34 - Seção Transversal do Pavimento	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condição do pavimento de acordo com VSA	37
Tabela 2 - VSA da Rua Cabo Benedito Alves.....	58
Tabela 3 - Contagem Volumétrica do dia 21/08/2019	60
Tabela 4 - Contagem Volumétrica do dia 22/08/2019	61
Tabela 5 - Contagem Volumétrica - VMD	61
Tabela 6 - Fator de Equivalência por Classe	62
Tabela 7 - Fator de Eixo e Fator de Carga.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparativo entre pavimentos flexíveis e rígidos	23
Quadro 2 - Especificações mínimas dos materiais.	45
Quadro 3 - Coeficiente de Equivalência Estrutural (K)	45
Quadro 4 - Espessura requerida de acordo com o do número “N”	46
Quadro 5 - Orçamento: Remoção e Aplicação de Revestimento	67
Quadro 6 – Orçamento: Demolição e Reconstrução do Pavimento	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials*

BDI – Benefícios e Despesas Indiretas

CBR – *California Bearing Ratio*

CNT – Confederação Nacional do Transporte

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

ISC – Índice de Suporte Califórnia

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

TCU – Tribunal de Contas da União

TRB – *Transportation Research System*

USACE – *United States Army Corps of Engineers*

VSA – Valor de Serventia Atual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo Geral.....	18
2.2	Objetivos Específicos	18
3	JUSTIFICATIVA	19
4	REFERENCIAL TEÓRICO	20
4.1	Pavimento	20
4.1.1	Tipos de Pavimento	20
4.1.1.1	Pavimento Rígido	20
4.1.1.2	Pavimento Semirrígido	21
4.1.1.3	Pavimento Flexível	22
4.1.1.4	Comparativo entre o Pavimento Flexível e o Pavimento Rígido	23
4.1.2	Camadas do Pavimento.....	23
4.1.2.1	Subleito.....	24
4.1.2.2	Reforço do Subleito	24
4.1.2.3	Sub-base.....	24
4.1.2.4	Base.....	24
4.1.2.5	Revestimento	25
4.2	Patologias em Pavimentos Asfálticos	25
4.2.1	Fissura.....	25
4.2.2	Trinca.....	26
4.2.2.1	Trinca Isolada	26
4.2.2.2	Trinca Interligada.....	28
4.2.3	Afundamento	30
4.2.4	Ondulação ou Corrugação	31

4.2.5	Escorregamento	32
4.2.6	Exsudação	32
4.2.7	Desgaste	33
4.2.8	Panela ou buraco	33
4.2.9	Remendo	34
4.3	Formas de Intervenção	34
4.3.1	Conservação.....	35
4.3.1.1	Conservação Rotineira.....	35
4.3.1.2	Conservação Preventiva Periódica	35
4.3.1.3	Conservação de Emergência.....	35
4.3.2	Restauração.....	35
4.3.3	Melhoramento.....	36
4.4	Avaliação Funcional do Pavimento.....	36
4.5	Dimensionamento de Pavimentos.....	39
4.5.1	Volume Médio Diário (VMD).....	39
4.5.1.1	Contagem Volumétrica.....	40
4.5.2	Número ‘N’ – Fator de Dimensionamento do Pavimento Flexível.....	42
4.5.3	Índice de Suporte Califórnia.....	45
4.5.4	Coefficiente de Equivalência Estrutural (K).....	45
4.5.5	Espessura do Revestimento	46
4.5.6	Espessura da Base.....	46
4.5.7	Espessura da Sub-base	46
4.5.8	Espessura do Reforço do Subleito	47
5	MATERIAIS E MÉTODOS	48
5.1	Classificação da Pesquisa	48
5.2	Caracterização do Estudo de Caso.....	48

5.3	Planejamento.....	48
6	RESULTADOS	50
6.1	Situação Atual dos Trechos.....	50
6.2	Atribuição do VSA.....	51
6.3	Proposta de Solução.....	58
6.4	Dimensionamento do Pavimento	58
6.4.1	Contagem Volumétrica Classificatória.....	58
6.4.2	Definição do Número ‘N’ da Via	62
6.4.3	Definição do Índice de Suporte Califórnia	63
6.4.4	Definição do Coeficiente de Equivalência Estrutural (K)	65
6.4.5	Definição da Espessura do Revestimento	65
6.4.6	Definição da Espessura da Base	65
6.4.7	Definição da Espessura da Sub-base	65
6.4.8	Definição da Espessura do Reforço do Subleito.....	65
6.4.9	Projeto de Pavimento	66
6.5	Orçamento	66
7	CONCLUSÃO.....	70
	REFERÊNCIAS.....	72
	APÊNDICE A – Contagem volumétrica dos dias 23 a 27/08/2019.....	74
	APÊNDICE B – Projeto de pavimentação	76
	ANEXO A – Quadro resumo dos defeitos: codificação e classificação	77
	ANEXO B – Ficha de avaliação do VSA	78
	ANEXO C – Modelo de ficha de contagem	79
	ANEXO D – Veículos adotados na classificação do DNIT.....	80
	ANEXO E – Ábaco para dimensionamento das espessuras do pavimento	83
	ANEXO F – Caracterização do Subleito	84

1 INTRODUÇÃO

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

Apesar da importância dos aspectos apresentados, a maior parte dos pavimentos do Brasil têm sido considerada de baixo conforto ao rolamento, conforme apontado pela Confederação Nacional do Transporte – CNT no Manual de Transporte Rodoviário de 2017. Essa condição pode ser atribuída pela presença de patologias no pavimento, as quais são inconformidades causadas ao longo do tempo pela ação do tráfego.

A realização de manutenção é essencial para correção dessas patologias, contudo em alguns casos onde a via não suporta mais o atual volume de tráfego, é necessário reconstruir o pavimento com base em um novo dimensionamento. Nesse caso, é fundamental conhecer o volume de tráfego de veículos da via, e ainda considerar uma projeção futura, para que o dimensionamento das camadas do pavimento seja feito corretamente, garantindo a qualidade deste pelo período adotado em projeto (DNIT 2006a; DNIT 2006b).

Este trabalho tem por finalidade realizar um estudo de caso com objetivo de analisar as patologias superficiais do pavimento flexível da Rua Cabo Benedito Alves em Três Corações - MG, bem como categorizar e definir os tipos de pavimentos, suas camadas e as patologias que são acometidos a partir de revisão bibliográfica. Propõe ainda conceituar e classificar as patologias presentes na via pelo método do valor de serventia atual, tendo como objetivo, indicar a solução mais adequada e efetiva sob os pontos de vista da qualidade e economia, visando conferir aos usuários dessa via melhores condições de tráfego.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral realizar uma análise superficial das patologias do pavimento asfáltico da Rua Cabo Benedito Alves localizada na cidade de Três Corações – MG visando propor a correção mais adequada com base no estudo realizado.

2.2 Objetivos Específicos

- Contextualizar por meio de revisão bibliográfica as temáticas sobre pavimentos asfálticos;
- Realizar levantamento e registro fotográfico das patologias superficiais do pavimento flexível;
- Atribuir o Valor de Serventia Atual (VSA) dos trechos da via;
- Elaborar o relatório final da situação do trecho, com memorial descritivo da nota VSA;
- Propor as correções necessárias e mais viáveis para recuperar o pavimento e garantir boas condições de tráfego;
- Apresentar os custos para implantação da solução proposta.

3 JUSTIFICATIVA

As condições do pavimento nas rodovias brasileiras têm sido consideradas insatisfatórias conforme apontado pela pesquisa CNT de rodovias realizada no ano de 2016. A pesquisa afirma ainda que isso acarreta um aumento do custo operacional do transporte rodoviário, potencializa a ocorrência de acidentes, reduz o desempenho dos veículos e ainda eleva os impactos ambientais indesejáveis, gerando custos, pagos por toda a sociedade, seja de forma direta, como no preço final dos produtos, seja de forma indireta, devido aos prejuízos ambientais, por exemplo.

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

A Rua Cabo Benedito Alves, apesar de ser uma via urbana, também tem apresentado uma condição insatisfatória do pavimento, pois trata-se de uma via muito importante para o tráfego da cidade de Três Corações, e de cidades vizinhas. Em um de seus sentidos essa rua dá acesso à rodoviária e ao centro da cidade, e no sentido oposto dá acesso à vários bairros e à Rodovia MG-167 que liga a cidade Cambuquira à Santana da Vargem, passando pelos municípios de Três Corações, Varginha e Três Pontas. Sendo assim, é notável que a Rua Cabo Benedito Alves está sujeita à um intenso tráfego de veículos de passeio e à um considerável tráfego de veículos comerciais como ônibus e caminhões.

Devido aos transtornos causados pelas patologias no pavimento da Rua Cabo Benedito Alves, e a constante necessidade de reparos, esse estudo se justifica por meio da análise superficial do pavimento flexível em contribuição para os usuários da via, que no momento não conseguem trafegar com eficiência, conforto e principalmente segurança, à vantagem de propor melhorias para a via.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Pavimento

Segundo Bernucci *et al.* (2008), pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

De acordo com a CNT - Confederação Nacional do Transporte (2017), o pavimento possui as funções de:

- Resistir e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego;
- Resistir aos esforços horizontais, tornando a superfície de rolamento mais durável;
- Melhorar as condições de rolamento quanto à segurança e ao conforto.

Para Santana (1993), pavimento é uma estrutura construída sobre a superfície obtida pelos serviços de terraplanagem com a função principal de fornecer ao usuário segurança e conforto, que devem ser conseguidos sob o ponto de vista da engenharia, isto é, com a máxima qualidade e o mínimo custo.

Um pavimento executado com qualidade possibilita a redução de despesas com operações, pois os gastos operacionais e de manutenção dos automóveis e das vias estão diretamente ligados com tal qualidade.

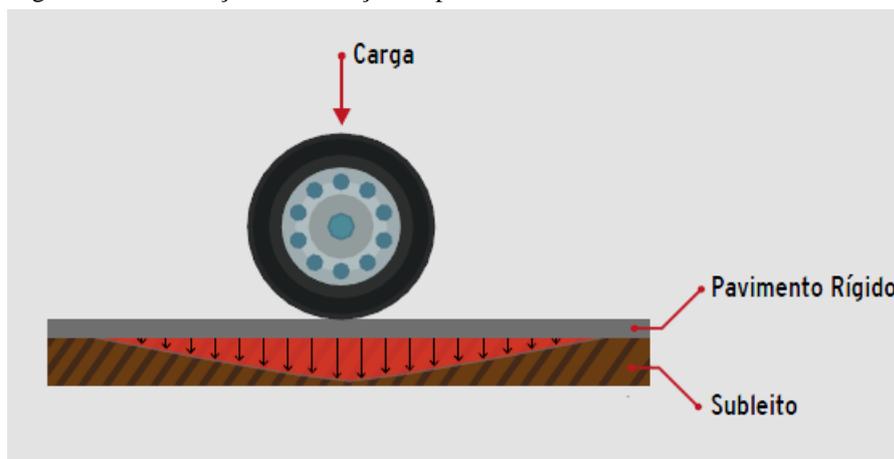
4.1.1 Tipos de Pavimento

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

4.1.1.1 Pavimento Rígido

O pavimento rígido é aquele em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland pouco deformável. Segundo a CNT (2017) esse revestimento possui elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, por isso, absorve praticamente todas as tensões provenientes do tráfego, distribuindo-as em uma grande área e de maneira semelhante em toda a dimensão da placa conforme ilustra a Figura 1. Dessa forma os esforços verticais sobre o subleito são menores.

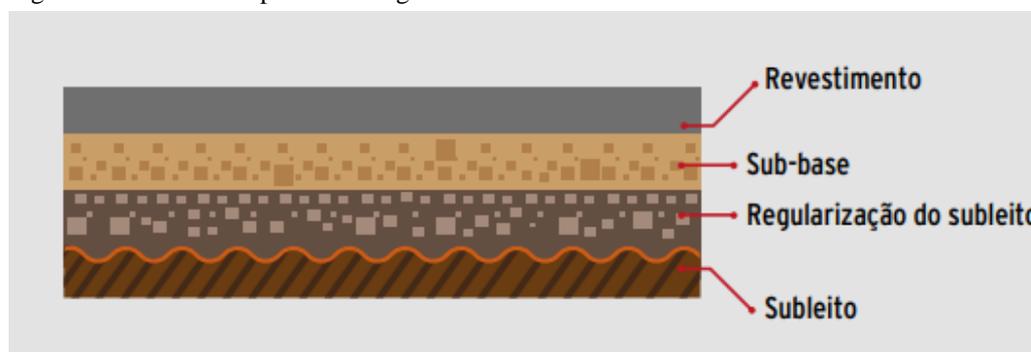
Figura 1 - Distribuição dos esforços no pavimento flexível



Fonte: CNT (2017)

De acordo a CNT (2017, p. 28), “observa-se que, devido à camada de revestimento absorver praticamente todos os esforços, esse tipo de pavimento possui um número menor de camadas em comparação com o pavimento flexível.” A Figura 2 ilustra as camadas de um pavimento rígido.

Figura 2 - Camadas do pavimento rígido



Fonte: CNT (2017)

Brochado (2014) cita que as placas desse tipo de pavimento, se bem projetadas e construídas, tem vida útil mais longa e maior espaçamento entre manutenções quando comparado ao pavimento flexível, porém ele exige um investimento inicial relativamente maior considerando este mesmo comparativo.

4.1.1.2 Pavimento Semirrígido

Segundo Marques (2006), o pavimento semirrígido é a situação intermediária entre os pavimentos rígidos e flexíveis. É considerado um pavimento composto, onde se tem uma base cimentada sob o revestimento betuminoso. Essa base pode ser formada, como por exemplo, por

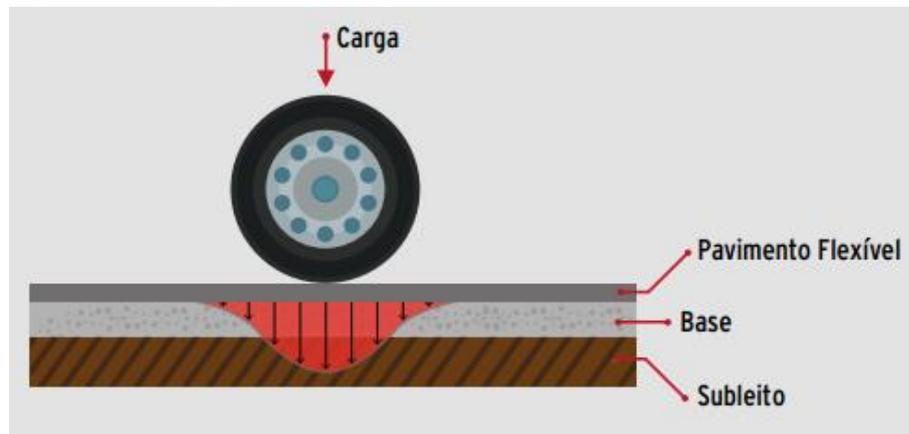
misturas de solo-cimento, solo-cal, solo-betume dentre outras, que apresentam razoável resistência à tração.

4.1.1.3 Pavimento Flexível

De acordo com Brochado (2014), os pavimentos flexíveis são aqueles revestidos com materiais betuminosos ou asfálticos.

“Os pavimentos flexíveis levam essa designação por serem compostos por várias camadas, sendo que todas sofrem deformação elástica significativa. Assim, a carga decorrente do tráfego se distribui de forma aproximadamente equivalente entre elas, o que permite observar um campo de tensões muito concentrado nas proximidades do ponto de aplicação da carga, conforme ilustrado na Figura 3. Isso exige que as camadas do pavimento sejam mais espessas a fim de proteger o subleito do pavimento.” (CNT, 2017, p. 25).

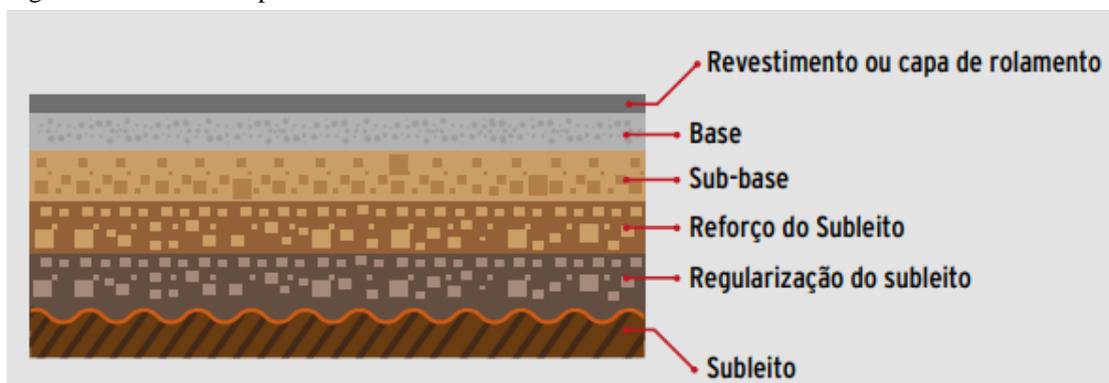
Figura 3 - Deformação elástica no pavimento flexível



Fonte: CNT (2017)

O pavimento flexível é composto por várias camadas, conforme ilustra a Figura 4, estas devem trabalhar em conjunto para absorver as tensões verticais de compressão até aos níveis que o terreno de fundação possa suportar, cada camada absorve parte das solicitações impostas e transmite o restante às camadas localizadas em níveis inferiores.

Figura 4 - Camadas do pavimento flexível



Fonte: CNT (2017)

4.1.1.4 Comparativo entre o Pavimento Flexível e o Pavimento Rígido

O Quadro 1 estabelece um comparativo entre o pavimento flexível e o pavimento rígido, considerando seus principais aspectos.

Quadro 1 - Comparativo entre pavimentos flexíveis e rígidos

	Pavimento Flexível	Pavimento Rígido
Investimento Inicial	Varia de acordo com os materiais utilizados e os valores dos insumos por região.	Varia de acordo com os materiais utilizados e os valores dos insumos por região, porém estima-se que esse valor seja em média 30% maior em relação ao pavimento flexível.
Vida útil	8 a 12 anos	25 a 30 anos
Manutenção	Manutenção frequente e mais complexa.	Pouca necessidade de manutenções.
Estruturação	Estrutura mais espessa com camadas múltiplas.	Menos camadas, conseqüentemente menor espessura.
Distribuição das tensões	A carga é distribuída a todas as camadas, que sofrem deformações elásticas significativas.	Placa absorve a maior parte das tensões e as distribui sobre uma área relativamente maior.

Fonte: Adaptado de CNT (2017)

Apesar de todas as vantagens que o Pavimento Rígido possui se comparado ao Pavimento Flexível, Filho e Rocha (2018) defendem que nas situações em que o Volume Diário Médio de Veículos Comerciais (VDMc) é baixo, entre 500 e 750, a alternativa de pavimentação flexível é mais viável. Por outro lado, nas situações em que o VDMc é alto, maior que 2000, o pavimento rígido é mais vantajoso.

4.1.2 Camadas do Pavimento

O pavimento é composto por camadas que tem a função de receber os esforços oriundos do tráfego e transmiti-los para as camadas inferiores de forma aliviada. As cargas devem ser transmitidas de forma criteriosa a fim de impedir que ocorram no pavimento deformações ou mesmo rupturas incompatíveis com a utilização da rodovia, induzindo a um comportamento mecânico inadequado e a uma degradação prematura. (CNT, 2017).

De acordo com Balbo (2007), a seção transversal do pavimento pode ser formada pelas seguintes camadas: subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento.

4.1.2.1 Subleito

“O subleito é o terreno de fundação em que é apoiado o pavimento. É a camada responsável por absorver definitivamente os esforços verticais causados pelo tráfego e é constituída de material natural consolidado e compactado.” (CNT, 2017, p. 16).

Segundo a CNT (2017), acima do subleito tem-se a regularização, que é uma faixa de nivelamento do subleito feita preferencialmente com o próprio solo do terreno. Essa regularização não constitui uma camada do pavimento propriamente dito.

4.1.2.2 Reforço do Subleito

“É obtido por tratamentos aplicados à superfície com a finalidade de aumentar a resistência do subleito. Geralmente o material constituinte do reforço do subleito é um solo argiloso selecionado, de boas características físicas e elevada resistência.” (SOUZA, 2004, p. 24).

A CNT (2017, p. 17), aponta que esse reforço “geralmente, é executado no caso de estruturas espessas, devido à fundação de baixa qualidade ou ao tráfego de cargas muito pesadas, ou, ainda, uma combinação desses fatores.”

4.1.2.3 Sub-base

Segundo Balbo (2007), a sub-base é uma camada complementar, necessária somente quando a resistência das camadas inferiores não está apropriada para sustentar os esforços que serão gerados pela carga de tráfego estabelecida no projeto. A CNT (2017), defende que essa camada também tem a função de drenar infiltrações e controlar a ascensão capilar da água.

“Podem ser constituídas por solo estabilizado naturalmente, misturas de solos e agregados (solo-brita), brita graduada, brita graduada tratada com cimento, solo estabilizado quimicamente com ligante hidráulico ou asfáltico, concreto, entre outros.” (CNT, 2017, p. 17).

4.1.2.4 Base

De acordo com Souza (2004), é a camada destinada a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos das cargas dos veículos e sobre a qual é construído o revestimento. Os materiais mais comumente utilizados consistem em produtos de britagem, misturas de solos e mistura de solos com materiais britados.

Entre as camadas do pavimento, pode ser necessária a execução da imprimação ou da pintura de ligação, que consistem na aplicação de uma camada fina de material asfáltico sobre a superfície.

“A imprimação (ou imprimadura) serve para aumentar a coesão da superfície, fixar as partículas eventualmente soltas e impermeabilizar a camada antes da execução da camada superior. Geralmente é executada entre a base e a camada asfáltica a ser sobreposta (revestimento), podendo em alguns casos ser executada sobre a camada de sub-base. A pintura de ligação (ou imprimadura ligante) tem a função de promover aderência entre as camadas. É executada sobre a superfície de uma camada asfáltica nova ou antiga, no caso de reforço ou recapeamento. Também pode ser executada sobre camadas não asfálticas impermeáveis.” (CNT, 2017, p. 18).

4.1.2.5 Revestimento

Senço (2001), afirma que é a camada destinada a resistir ao desgaste imposto pela ação do tráfego. É considerada a camada mais nobre do pavimento, devendo a sua execução ser procedida de detalhados ensaios de dosagem e acompanhada por rigorosos ensaios de controle.

“Essa camada pode ser constituída por: pedras cortadas justapostas, paralelepípedos, blocos pré-moldados de concreto, placas de concreto, concreto compactado com rolo, tratamentos superficiais betuminosos e misturas asfálticas em geral. Sua execução deve ser feita sobre base compactada e imprimada.” (CNT, 2017, p. 19).

4.2 Patologias em Pavimentos Asfálticos

Segundo Bernucci *et al.* (2008), as patologias ou defeitos de superfície são os danos ou deteriorações que ocorrem na superfície dos pavimentos asfálticos e podem ser identificados a olho nu. Considerando a função principal da pavimentação de garantir a trafegabilidade e proporcionar aos usuários conforto ao rolamento e segurança, o estado da superfície do pavimento torna-se muito importante, pois as patologias presentes nessa superfície são percebidas, visto que afetam seu conforto.

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

4.2.1 Fissura

De acordo com Bernucci *et al.* (2008) a fissura (FI) é um tipo de fenda, caracterizada por aberturas na superfície asfáltica que são perceptíveis a olho nu apenas à distância inferior a 1,5m. Segundo a CNT (2017), essas fissuras são fendas incipientes que ainda não causam problemas funcionais nem estruturais. Elas possuem extensão inferior a 30 centímetros e podem ser classificadas como: longitudinais, transversais ou oblíquas.

Ainda de acordo com a CNT (2017), as principais causas das fissuras são uso excessivo de finos no revestimento e compactação em momento inadequado ou excessiva. A Figura 5 abaixo ilustra algumas dessas fissuras.

Figura 5 - Fissuras no revestimento asfáltico



Fonte: CNT (2017)

4.2.2 Trinca

Segundo o DNIT (2003a), a trinca também é caracterizada pela presença de fendas no revestimento asfáltico, porém no caso das trincas, a abertura é superior à das fissuras. Elas apresentam-se como trinca isolada ou trinca interligada.

4.2.2.1 Trinca Isolada

De acordo com o DNIT (2003a), as trincas isoladas podem ser subdivididas em: transversal, longitudinal ou de retração.

A) Trinca Transversal

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

A CNT (2017), aponta ainda que as principais causas dessa patologia são a contração da capa asfáltica causada devido a baixas temperaturas ou ao endurecimento do asfalto e a propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento da estrada. A Figura 6 ilustra uma trinca transversal.

Figura 6 - Trinca transversal



Fonte: DNIT (2003a)

B) Trinca Longitudinal

A Trinca longitudinal, ilustrada na Figura 7, caracteriza-se pela direção predominantemente paralela ao eixo da via. Se sua extensão for de até 100 cm, é denominada trinca longitudinal curta (TLC), e quando a extensão for superior a 100 cm, denomina-se trinca longitudinal longa (TLL). (CNT, 2017; DNIT, 2003a).

Segundo Bernucci *et al.* (2008, p. 417), esse tipo de trinca possui como principais causas:

- TLC: falhas na execução, na temperatura de compactação ou mesmo na dosagem da mistura asfáltica e envelhecimento do ligante asfáltico
- TLL: falhas executivas, recalques diferenciais e envelhecimento do ligante asfáltico. Podem também aparecer junto à trilha de roda ou como falha de juntas longitudinais de diferentes frentes de compactação.

Figura 7 - Trinca longitudinal



Fonte: DNIT (2003a)

C) Trinca de Retração

Segundo o DNIT (2003a, p. 2), é um tipo de “trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado”. A Trinca de Retração (TRR) é ilustrada na Figura 8.

Figura 8 - Trinca de retração



Fonte: Bernucci *et al.* (2008)

4.2.2.2 Trinca Interligada

A trinca interligada se subdivide em trinca tipo “Couro de Jacaré” e trinca tipo “Bloco”.

A) Trinca tipo “Couro de Jacaré”

“Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas.” (DNIT, 2003a, p. 2). A Trinca “Couro de Jacaré” ilustrada na Figura 9, pode ser do tipo (J) sem erosão acentuada nas bordas das trincas ou (JE) com erosão acentuada nas bordas das trincas.

Bernucci *et al.* (2008) exemplifica algumas causas desta patologia, que podem ser: ação climática, ação da repetição de cargas do tráfego, envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade, excesso de temperatura na usinagem, compactação inadequada, deficiência no teor de ligante asfáltico, subdimensionamento, recalques diferenciais, entre outros. Podem aparecer em trilhas de roda, localizadamente, junto às bordas ou de forma generalizada.

Figura 9 - Trinca tipo "Couro de Jacaré"



Fonte: DNIT (2003a)

B) Trinca tipo “Bloco”

Segundo o DNIT (2003a), a trinca tipo “Bloco” ilustrada na Figura 10 é um conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos retangulares formados por lados bem definidos, podendo ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas (TBE) e (TB) respectivamente.

São apresentados com principais causas para esse defeito a “contração da capa asfáltica devido à alternância entre altas e baixas temperaturas; e a baixa resistência à tração da mistura asfáltica.” (CNT, 2017, p. 86)

Figura 10 - Trinca tipo "Bloco"



Fonte: DNIT (2003a)

4.2.3 Afundamento

De acordo com DNT (2003a, p. 2), é uma “deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.”

A) Afundamento Plástico

Segundo o DNIT (2003a), o afundamento plástico ilustrado na Figura 11, é causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento plástico local (ALP); quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda (ATP).

Figura 11 - Afundamento plástico



Fonte: DNIT (2003a)

B) Afundamento de Consolidação

O afundamento de consolidação, representado na Figura 12, é causado, segundo o DNIT (2003a), pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local (ALC); quando a extensão for superior a 6m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda (ATC).

Figura 12 - Afundamento de consolidação



Fonte: CNT (2017)

4.2.4 Ondulação ou Corrugação

“Movimento plástico do revestimento, caracterizado por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento.” (CNT 2017, p. 89).

Ainda de acordo com a CNT (2017), a ondulação ou corrugação (O) representada Figura 13, é causada pela falta de estabilidade da mistura asfáltica, pelo excesso de umidade do solo do subleito, pela contaminação da mistura asfáltica ou pela falta de aeração das misturas líquidas de asfalto.

Figura 13 - Ondulação ou Corrugação



Fonte: DNIT (2003a)

4.2.5 Escorregamento

“Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.” (DNIT, 2003a, p. 3). Segundo a CNT (2017), o Escorregamento (E), ilustrado na Figura 14, é causado por falhas construtivas e de pintura de ligação.

Figura 14 - Escorregamento



Fonte: DNIT (2003a)

4.2.6 Exsudação

Segundo a CNT (2017, p. 91), a exsudação (EX) representada na Figura 15, é o “filme de material betuminoso que aparece na superfície do pavimento criando um brilho vítreo, causado pela migração do ligante por meio do revestimento.”

Figura 15 - Exsudação



Fonte: CNT (2017)

4.2.7 Desgaste

O Desgaste (D), ilustrado na Figura 16, é o “efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento.” (DNIT, 2003a, p. 3).

Bernucci *et al.* (2008), aponta que as prováveis causas são devido a falhas de adesividade entre o ligante e o agregado, presença de água aprisionada e sobre pressão em vazios da camada de revestimento gerando descolamento de ligante, problemas de dosagem e problemas na execução ou no projeto de misturas.

Figura 16 - Desgaste



Fonte: DNIT (2003a)

4.2.8 Panela ou buraco

A Panela ou buraco (P) é uma das patologias que mais prejudica a trafegabilidade e pode atingir somente o revestimento como na Figura 17, ou pode atingir a camada de base do pavimento como na Figura 18. De acordo com a Norma DNIT 005 (2003a, p. 3) esse defeito é caracterizado pela:

“Cavidade que forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando desagregação das camadas”.

De acordo com a CNT (2017), as principais causas para o aparecimento de panelas são a existência de trincas de fadiga, a desintegração localizada na superfície do pavimento, a deficiência na compactação, o excesso de umidade nas camadas de solo e a falha na imprimação.

Figura 17 - Panela



Fonte: Bernucci *et al.* (2008)

Figura 18 - Panela atingindo a base



Fonte: Bernucci *et al.* (2008)

4.2.9 Remendo

A CNT (2017, p. 94) define que o remendo (R) ilustrado na Figura 19, é o preenchimento de uma panela com uma ou mais camadas de pavimentação, e indica ainda que “apesar de ser uma atividade de conservação, é considerado um defeito por apontar um local de fragilidade e por impactar o conforto no rolamento.” Esse impacto na trafegabilidade é ainda mais notável se o remendo não for bem executado.

Figura 19 - Remendo



Fonte: CNT (2017)

4.3 Formas de Intervenção

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006b) define que existem três grupos de intervenção no pavimento em geral: a conservação, que pode ser rotineira, periódica e de emergência, a restauração e o melhoramento que pode ser de complementação e modificação.

4.3.1 Conservação

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006b, p. 205) dispõe que: “A conservação dos pavimentos pode ser definida como sendo um conjunto de serviços destinados à preservação do pavimento nas condições em que ele foi originalmente construído ou no estado em que foi posteriormente restaurado.”. Existem três modalidades de conservação: rotineira, preventiva periódica e de emergência.

4.3.1.1 Conservação Rotineira

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006b, p. 205) a conservação rotineira “consiste no conjunto de operações de conservação destinadas a reparar ou sanar um defeito para restabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia e proporcionar conforto e segurança aos usuários.”

A CNT (2017) indica que as principais atividades compreendidas na conservação rotineira são os remendos e as selagens de trinca.

4.3.1.2 Conservação Preventiva Periódica

De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006b) a conservação periódica tem por objetivo evitar o surgimento ou agravamento de defeitos por meio de operações de conservação realizadas periodicamente. Esse período é determinado de acordo com o fluxo de tráfego, topografia e clima do local. Para a CNT (2017, p. 96) esse tipo de conservação “também envolve atividades de limpeza e desobstrução dos caminhos percorridos pela água, como bueiros, valetas e drenos profundos.”

4.3.1.3 Conservação de Emergência

Para a CNT (2017, p. 96) a conservação de emergência:

“Consiste no conjunto de operações, obras ou serviços necessários para reparar, repor, reconstruir ou restaurar trechos ou estruturas da rodovia, que tenham sido danificados, seccionados ou obstruídos por um evento extraordinário ou catastrófico, ocasionando interrupção do tráfego na rodovia.”

4.3.2 Restauração

De acordo com a CNT (2017, p. 97) a restauração pode incluir soluções de recapeamento ou reconstrução do pavimento, podendo esta ser total ou parcial. Defende ainda que a restauração:

“Consiste no conjunto de operações destinadas a restabelecer o perfeito funcionamento do pavimento. Geralmente consiste na substituição ou confecção de uma ou mais camadas, complementadas por outras que deverão conferir ao pavimento o aporte de capacidade estrutural necessário às condições de tráfego atuais e futuras, prolongando o período de vida do pavimento.”

4.3.3 Melhoramento

O melhoramento da via é também uma forma de intervenção, que de acordo com a CNT (2017, p. 97) pode ser obtido por operações que acrescentem características novas à rodovia ou ainda modifiquem as existentes. Aponta ainda que “compreendem melhoramentos de cunho operacional e de segurança das rodovias, podendo incluir também intervenções de recuperação ambiental. Alguns exemplos desse tipo de serviço são: execução de itens de drenagem, plantio de árvores e execução de cerca.”

4.4 Avaliação Funcional do Pavimento

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006b) define que o desempenho funcional de um pavimento se refere à capacidade que este tem de satisfazer sua principal função, que é fornecer uma superfície com serventia adequada em termos de qualidade de rolamento.

Uma das formas de avaliação do desempenho funcional do pavimento é pelo método Valor de Serventia Atual (VSA) que é regulamentado pela norma DNIT 009/2003-PRO. Esta norma define as diretrizes a serem seguidas para a avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos.

A norma DNIT 009-PRO (2003b, p; 2), define o VSA como sendo:

“medida subjetiva das condições de superfície de um pavimento, feita por um grupo de avaliadores que percorrem o trecho sob análise, registrando suas opiniões sobre a capacidade do pavimento de atender às exigências do tráfego que sobre ele atua, no momento da avaliação, quanto à suavidade e ao conforto.”

De acordo com essa mesma norma, o Valor de Serventia Atual é determinado por meio de uma verificação experimental, realizada por um grupo constituído de cinco pessoas, e se possível, a avaliação deste grupo deve ser comparada à de um grupo maior, composto por dez a quinze pessoas com experiência no assunto. O grupo percorre cerca de dez trechos com comprimento aproximado de 600m devendo abranger uma ampla variação na qualidade de rolamento.

O Valor da Serventia Atual de cada trecho é atribuído por cada integrante do grupo por meio da ficha de avaliação padronizada, conforme modelo constante no **ANEXO B**. Essa ficha classifica a condição do pavimento de acordo com o valor do VSA atribuído, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 - Condição do pavimento de acordo com VSA

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

Fonte: Adaptado de DNIT (2003b)

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

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

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

Onde:

VSA - Valor de Serventia Atual;

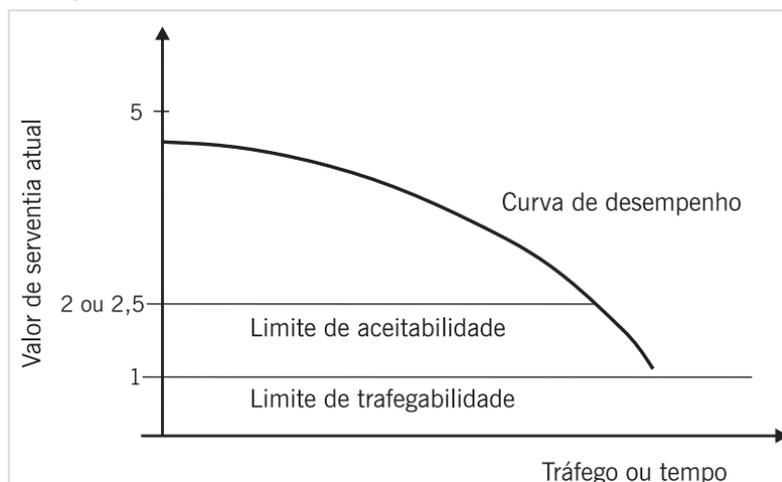
X - Valores de Serventia Atual individuais atribuídos por cada membro do grupo;

n - número de membros do grupo de avaliação.

Bernucci *et al.* (2008) ressalta que em geral, o VSA é elevado logo após a construção do pavimento, quando bem executado pois este exhibe uma superfície suave, praticamente sem irregularidades, contudo a condição de perfeição, sem qualquer irregularidade (VSA = 5), não é encontrada na prática.

Ainda de acordo com Bernucci *et al.* (2008) o VSA do pavimento tende a diminuir de acordo com o passar do tempo, devido a ação do tráfego e às intempéries. Essa condição é demonstrada na forma da curva de serventia com tempo decorrido de utilização do pavimento e ilustrado na Figura 20.

Figura 20 - Curva da Variação de Serventia com tempo decorrido de utilização da via



Fonte: BERNUCCI *et al* (2008, p.405)

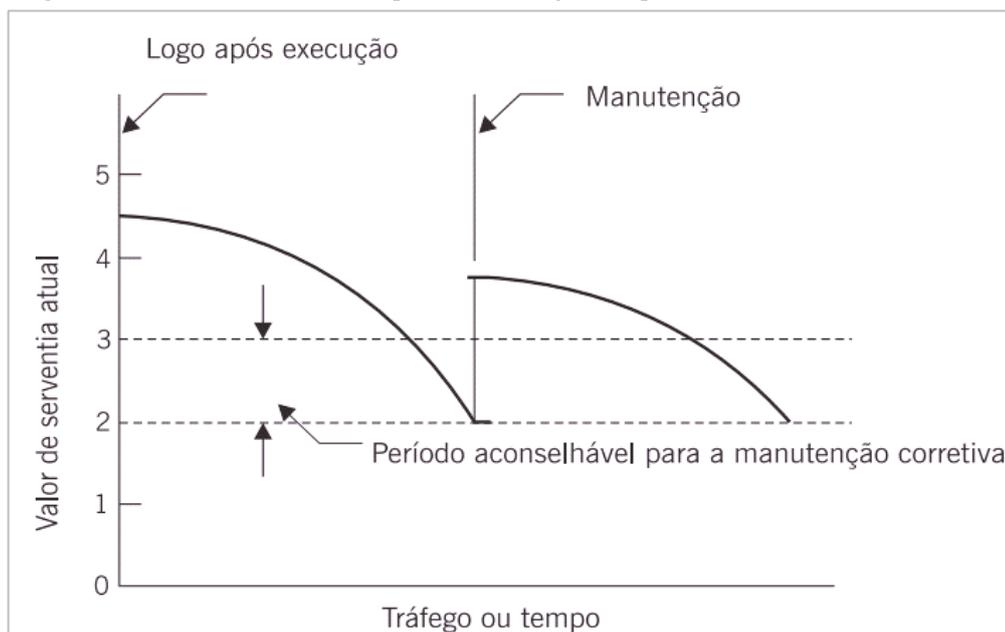
Segundo Bernucci *et al.* (2008), todos os veículos que passam pelo trecho contribuem para o estado de deterioração do pavimento, diante disto, a superfície sofre alterações que deterioram seu estado de superfície e causam desconfortos crescentes aos usuários.

Bernucci *et al.* (2008, p .405) afirma ainda que

“O clima contribui para a aceleração da deterioração do pavimento uma vez que a água da chuva pode provocar queda de capacidade de suporte. Como consequência, a estrutura ao ser solicitada pelo tráfego sofre maiores deslocamentos, provocando maiores danos estruturais e de superfície. O pavimento já trincado na superfície facilita a entrada de água. Com a evolução das trincas, o decréscimo do valor de serventia é ainda mais acentuado. A temperatura também afeta o comportamento dos materiais. O aumento da temperatura reduz a viscosidade dos ligantes asfálticos e a resistência das misturas asfálticas às deformações permanentes. Temperaturas muito baixas podem provocar trincamento no revestimento asfáltico por retração e levam ainda ao seu enrijecimento que, se muito delgado, e construído sobre materiais muito deformáveis, fica mais suscetível ao trincamento por fadiga”.

De acordo com Bernucci *et al.* (2008) existem dois limites, de aceitabilidade e de trafegabilidade conforme indicado na Figura 20. O autor ressalta ainda que o guia de dimensionamento de pavimentos da AASHTO de 1993, atribui como limite de aceitabilidade das condições de rolamento a nota de 2,50 para vias de alto volume de tráfego e 2,00 para as demais vias. Dessa forma, quando o VSA é acima deste valor, são realizadas apenas manutenções preventivas periódicas, porém quando ele atinge o limite de aceitabilidade é imprescindível realizar intervenção de manutenção corretiva conforme indicado na Figura 21. Caso o pavimento alcance o limite de trafegabilidade, que geralmente é próximo ao valor de serventia atual de 1,0 como indicado na Figura 20 é necessário reconstruir o pavimento.

Figura 21 - Período recomendável para a intervenção dos pavimentos



Fonte: BERNUCCI *et al.* (2008)

4.5 Dimensionamento de Pavimentos

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

“O desempenho adequado do conjunto de camadas e do subleito relaciona-se à capacidade de suporte e à durabilidade compatível com o padrão da obra e o tipo de tráfego, bem como o conforto ao rolamento e a segurança dos usuários. O desafio de projetar um pavimento reside no fato, portanto, de conceber uma obra de engenharia que cumpra as demandas estruturais e funcionais. Aliado a esses dois objetivos, o pavimento deve ainda ser projetado da forma mais econômica possível, atendendo as restrições orçamentárias”.

O método de dimensionamento empírico apontado no Manual de Pavimentação do DNIT (2006a) é uma variante do método CBR, utilizando um eixo-padrão de 18.000 libras (8,2 t). De acordo com este mesmo manual o modelo utiliza como base um trabalho publicado pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE), juntamente com conclusões obtidas na pista experimental da Associação Americana de Rodovias e Transporte (AASHTO).

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

4.5.1 Volume Médio Diário (VMD)

O Volume Médio Diário (VMD) é o “número médio de veículos que percorre uma seção ou trecho de uma rodovia, por dia, durante um certo período de tempo.” (DNIT, 2006c, p. 24). Esse dado pode ser obtido a partir de séries históricas de tráfego da via, contudo, quando a via

em questão não possui esses dados é necessário que sejam determinados por meio da realização de contagens volumétricas.

4.5.1.1 Contagem Volumétrica

De acordo com o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006c), “as contagens volumétricas visam determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos selecionados do sistema viário, numa determinada unidade de tempo”. Ainda segundo o DNIT (2006c), essas informações são usadas principalmente para subsidiar a análise de capacidade da via, avaliar as causas de congestionamento e de elevados índices de acidentes e para dimensionar as camadas do pavimento. Essas contagens podem ser realizadas nos trechos entre interseções e nas interseções dependendo do fluxo que se deseja identificar.

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

A) Contagens manuais

São contagens realizadas por pesquisadores, com auxílio de contadores manuais e fichas de contagem volumétrica, conforme modelo no **ANEXO C**. Esse tipo de contagem é indicado quando se deseja classificar os veículos, analisar interseções e na realização de contagens em rodovias com muitas faixas. É permitido agrupar os veículos com características semelhantes de operação quando aplicado em vias urbanas. (DNIT, 2006c).

B) Contagens automáticas

Nesse tipo de contagem a passagem dos veículos é detectada por tubos pneumáticos ou dispositivos magnéticos, sonoros, radar, entre outros e automaticamente armazenada em uma unidade acumuladora de dados. Tem como desvantagem o alto custo e a exposição a roubos e vandalismo. (DNIT, 2006c).

C) Videoteipe

São utilizadas câmeras de vídeo para filmar o local de estudo e posteriormente determinar o volume de tráfego. Podem-se destacar algumas vantagens como a possibilidade de ser realizado por apenas um observador, que consegue trabalhar com mais conforto e a maior confiança nos levantamentos por estarem registrados. Contudo, sua instalação exige tempo e investimento financeiro. (DNIT, 2006c).

D) Método do observador móvel

Método com maior utilização em vias urbanas, onde um veículo-teste percorre várias vezes o trecho em estudo para obter informações como número de veículos que percorrem a via em sentido contrário; número de veículos que o ultrapassam; número de veículos ultrapassados pelo veículo-teste; e o tempo de percurso nos sentidos norte e sul registrados em minutos. Com esses dados permite calcular o número de veículos por hora por sentido, além disso, serve para determinar tempos e velocidades de percurso médias. (DNIT, 2006c).

Para realização das contagens, o DNIT (2006c) apresenta vários métodos com diferentes períodos de duração, que variam desde contagens únicas com duração de uma hora, até contagens contínuas durante um ano. Informa ainda, que para escolha do método a ser utilizado, deve ser definido o nível de precisão requerido, no entanto, Akshino (2005) defende que para dimensionamento de pavimentos urbanos as pesquisas deverão ser realizadas pelo período de sete dias consecutivos e abranger as vinte e quatro horas do dia. Apesar disso, o autor ressalta que normalmente isso não ocorre devido as limitações de custo, e afirma que a realização da contagem em apenas um dia pelo período mínimo de vinte e quatro horas, pode resultar em um dimensionamento mais caro do pavimento, contudo, a favor da segurança.

Considerando isso, o DNIT (2008) propõe que para viabilizar a realização das contagens volumétricas é admitido o uso de fatores de expansão, que possibilitam determinar, como por exemplo, o volume diário de veículos com base em dados coletados durante uma hora. Para isso, é necessário que haja postos de contagem contínua em trechos semelhantes aos que estão sendo estudados.

Os dados obtidos de contagens contínuas são aplicados na Equação 2 abaixo para cada tipo de veículo considerado, visando determinar o fator de expansão do trecho.

$$f_{Pd} = \frac{V_{P24}(\text{dia } 1)}{V_{Ph}(\text{dia } 1)} \quad (2)$$

Onde:

f_{Pd} = Fator de expansão diário;

$V_{P24}(\text{dia } 1)$ = Volume de carros de passeio durante as 24 horas do dia;

$V_{Ph}(\text{dia } 1)$ = Volume de carros de passeio durante as h horas de pesquisa.

Com base no fator de expansão, é calculado o volume de veículos em um dia em que não foi realizada contagem de 24 horas. Isso é determinado por meio do produto entre este fator

e o volume de veículos contabilizados durante uma hora do dia, conforme demonstrado na Equação 3.

$$V_{P24 \text{ (dia 2)}} = f_{Pd} \times V_{Ph \text{ (dia 2)}} \quad (3)$$

Onde:

$V_{P24 \text{ (dia 2)}}$ = Volume de carros de passeio durante as 24 horas do dia;

f_{Pd} = Fator de expansão diário;

$V_{Ph \text{ (dia 2)}}$ = Volume de carros de passeio durante as h horas de pesquisa.

4.5.2 Número 'N' – Fator de Dimensionamento do Pavimento Flexível

De acordo com o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006c), o tráfego é considerado no dimensionamento do pavimento por meio do número N, que expressa o volume do tráfego real da rodovia, durante o período de projeto adotado em termos do volume de veículos com eixo-padrão de 8,2 toneladas. A CNT (2017, p. 38), conclui que o número N “converte o volume total do tráfego, que na prática é composto por veículos diversos, em um volume equivalente de tráfego, como se esse fosse composto unicamente por eixos padrões”.

Segundo o método de cálculo do número N abordado no Manual de Pavimentação do DNIT (2006a), é necessário estabelecer o volume médio diário de tráfego durante o período de projeto por meio da Equação 4.

$$V_m = \frac{V_1[2 + (P - 1) \times t/100]}{2} \quad (4)$$

Onde:

V_m = Volume médio diário de tráfego;

V_1 = Volume médio diário conhecido;

P = Período de projeto em anos;

T = Taxa de crescimento anual.

De acordo com esse mesmo manual, na falta de informações, tem sido comum adotar como taxa de crescimento anual, o valor de 3%.

Com isso, é determinado o volume total de tráfego na via durante o período adotado para projeto por meio da Equação 5.

$$V_t = 365 \times P \times V_m \quad (5)$$

Onde:

V_t = Volume total de tráfego durante o período;

P = Período de projeto em anos;

V_m = Volume médio diário de tráfego.

Conhecendo o volume total de tráfego durante o período de projeto, o número N é dado pela Equação 6.

$$N = Vt \times FV \quad (6)$$

Onde:

N = Número equivalente de operações com eixo-padrão;

Vt = Volume total de tráfego durante o período;

FV = Fator de veículo.

Ainda segundo o DNIT (2006a), o fator de veículo pode ser obtido pela Equação 7.

$$FV = FE \times FC \quad (7)$$

Onde:

FV = Fator de veículo;

FE = Fator de eixos;

FC = Fator de carga.

Para o cálculo dos fatores acima, é necessário determinar a composição do tráfego por meio da contagem, considerando a classificação dos veículos comerciais apresentada pelo DNIT (2006c) que se encontra no **ANEXO D**. Nessa classificação é possível conhecer a configuração dos veículos comerciais, e ainda o número de eixos, peso bruto total máximo e determinar sua classe. Além da classificação dos veículos comerciais, o DNIT (2006c) apresenta as seguintes considerações para os veículos leves:

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

Ainda de acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006a), o fator de eixos é dado pela Equação 8:

$$FE = \frac{n}{Vt} \quad (8)$$

Onde:

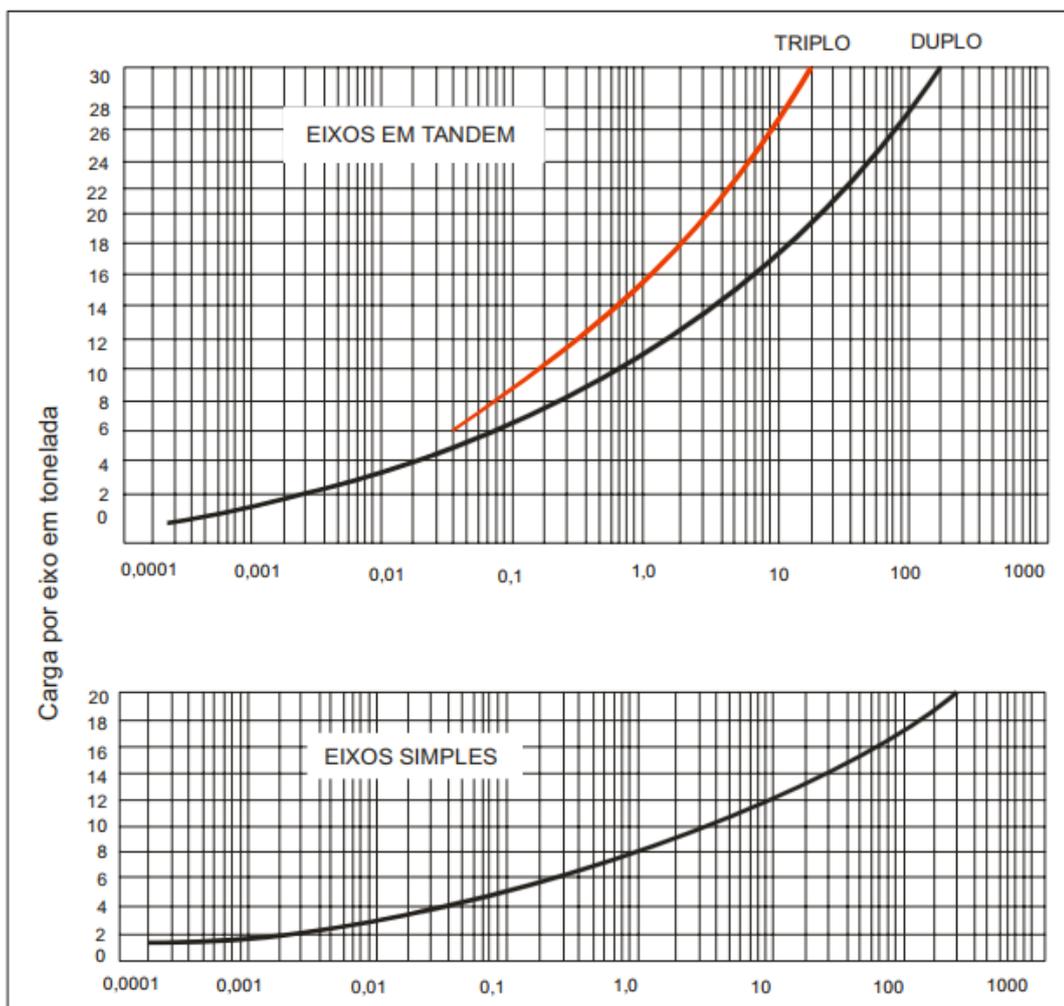
FE = Fator de eixos;

n = Número total de eixos;

Vt = Volume total do tráfego.

Segundo DNIT (2006a), o valor de FC é dado pelo somatório dos fatores de equivalência de operação, que podem ser determinados considerando o ábaco da Figura 22 e o peso bruto obtidos de pesagem dos veículos contabilizados.

Figura 22 - Fatores de Equivalência de Operação



Fonte: DNIT (2006a)

Conhecidos os fatores de eixo e de carga, é possível determinar o fator de veículo, que pode ser calculado individualmente para cada uma das categorias classificadas. O DNIT (2006a) ressalta que, os fatores de veículo individuais que são representativos e de interesse para o cálculo são os valores referentes a caminhões médios, pesados, reboques e semirreboques, sendo desprezível o cálculo para automóveis e caminhões leves.

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006a), outro fator utilizado para cálculo é o fator climático regional (FR), aplicado para “levar em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano.” Contudo, esse valor não

influenciaria no resultado do cálculo considerando que ainda segundo esse manual, o valor adotado para esse fator tem sido igual a 1,0 de acordo com pesquisas realizadas no IPR/DNER.

4.5.3 Índice de Suporte Califórnia

O Índice de Suporte Califórnia (ISC) ou California Bearing Ratio (CBR) é um ensaio que determina a capacidade de suporte do subleito e dos materiais constituintes dos pavimentos. O Manual de Pavimentação do DNIT (2006a) define no Quadro 2, as especificações mínimas de CBR a serem adotadas para o material de acordo com a camada do pavimento.

Quadro 2 - Especificações mínimas dos materiais.

Camada	Especificações mínimas
Material do subleito	$CBR \geq 2\%$ e expansão máxima $\leq 2\%*$
Material para reforço do subleito	CBR maior que o do subleito e expansão $\leq 1%*$
Material para sub-base	$CBR \geq 20\%$; Índice de Grupo = 0 e expansão $\leq 1%*$
Material para base	$CBR \geq 80\%$; expansão $\leq 0,5%*$;
	Limite de liquidez $\leq 25\%$ e Índice de plasticidade $\leq 6\%$
*A expansão é medida com sobrecarga de 10 lb.	

Fonte: Adaptado de Manual de Pavimentação DNIT (2006a)

Em função do CBR, consegue-se obter as espessuras do pavimento sobre a camada imediatamente inferior à que está sendo calculada. Para isso é necessário utilizar o ábaco, que se encontra no **ANEXO E**, onde deve ser projetada uma horizontal que o relaciona com as operações de eixo-padrão (número “N”).

4.5.4 Coeficiente de Equivalência Estrutural (K)

Para dimensionamento das camadas do pavimento é necessário definir o coeficiente de equivalência estrutural (K) que está associado ao material utilizado no pavimento. Esses valores, estão indicados no Quadro 3 e são recomendados pelo Manual de Pavimentação do DNIT (2006a).

Quadro 3 - Coeficiente de Equivalência Estrutural (K)

Componentes do pavimento	Coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	1,00

Fonte: Adaptado do Manual de Pavimentação – DNIT (2006a).

4.5.5 Espessura do Revestimento

O Manual de Pavimentação do DNIT (2006a) indica a espessura mínima para o revestimento do pavimento em função do número N, conforme demonstrado no Quadro 4.

Quadro 4 - Espessura requerida de acordo com o do número “N”

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

Fonte: Manual de Pavimentação – DNIT (2006a)

4.5.6 Espessura da Base

Para definir a espessura da base, o Manual de Pavimentação do DNIT (2006a) indica e Equação 9 abaixo. Esse manual define ainda que a espessura mínima a ser adotada para essa camada é de 15 cm.

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20} \quad (9)$$

Onde:

R = Espessura da camada de revestimento;

K_R = Coeficiente de Equivalência Estrutural do material do revestimento;

B = Espessura da camada da base;

K_B = Coeficiente de Equivalência Estrutural do material da base;

H_{20} = Espessura do pavimento sobre a sub-base obtida pelo ábaco (**ANEXO E**)

4.5.7 Espessura da Sub-base

Para definir a espessura da sub-base, o Manual de Pavimentação do DNIT (2006a) indica e Equação 10 abaixo. Esse manual define ainda que a espessura mínima a ser adotada para essa camada é de 15 cm.

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S \geq H_n \quad (10)$$

Onde:

R = Espessura da camada de revestimento;

K_R = Coeficiente de Equivalência Estrutural do material do revestimento;

B = Espessura da camada da base;

K_B = Coeficiente de Equivalência Estrutural do material da base;

h_{20} = Espessura da camada da sub-base;

K_S = Coeficiente de Equivalência Estrutural do material da base;

H_n = Espessura do pavimento sobre o reforço do subleito obtida pelo ábaco (**ANEXO E**)

4.5.8 Espessura do Reforço do Subleito

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006a) a espessura da camada de reforço do subleito, quando necessária, é determinada pela Equação 11.

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_n \times K_n \geq H_m \quad (11)$$

Onde:

R = Espessura da camada de revestimento;

K_R = Coeficiente de Equivalência Estrutural do material do revestimento;

B = Espessura da camada da base;

K_B = Coeficiente de Equivalência Estrutural do material da base;

h_{20} = Espessura da camada da sub-base;

K_S = Coeficiente de Equivalência Estrutural do material da base;

h_n = Espessura da camada do reforço do subleito;

H_m = Espessura do pavimento sobre o subleito obtido pelo ábaco (**ANEXO E**)

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Classificação da Pesquisa

Este trabalho é de natureza aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. O procedimento será a realização de pesquisas bibliográfica, por meio de livros, trabalhos científicos e manuais de normatização do DNIT e ainda a realização de um estudo de caso.

5.2 Caracterização do Estudo de Caso

O estudo será realizado na Rua Cabo Benedito Alves no município de Três Corações, o qual está situado na mesorregião Sul/Sudoeste do estado de Minas Gerais, em uma região que se destaca pela produção de cafés e no cultivo de grãos como milho, soja, girassol e trigo. Seu Distrito Industrial possui cerca de 2,6 milhões de metros quadrados e está estrategicamente localizado às margens da Rodovia BR-381 que liga a cidade de São Paulo à Belo Horizonte, municípios considerados os maiores centros urbanos e econômicos do país. Os municípios limítrofes à cidade de Três Corações são: Varginha, Campanha, São Tomé das Letras, Cambuquira, Carmo da Cachoeira, Conceição do Rio Verde, São Bento Abade e Monsenhor Paulo.

A Rua Cabo Benedito Alves possui aproximadamente 3,60 Km de extensão, e é fundamental para o tráfego na cidade de Três Corações devido ao acesso que ela possibilita ao centro da cidade e o acesso à Rodovia MG-167 que é uma das formas de acesso à BR-381. Essa rua foi escolhida para realização do estudo de caso devido aos transtornos que as patologias presentes em seu pavimento têm causado aos usuários da via.

É possível encontrar fatos que indicam a existência dessa via há cerca de 135 anos. Um destes fatos é a existência de uma estação ferroviária, que possui acesso pela rua em estudo, e de acordo com a Prefeitura de Três Corações (2014), foi inaugurada em 1884. Isso justifica o porquê de a via estar em uma área amplamente urbanizada, possuindo diversas edificações no alinhamento do terreno, o que inviabiliza propor alterações na geometria da via.

5.3 Planejamento

A primeira etapa do estudo de caso será realizar o levantamento e registro fotográfico dos trechos da Rua Cabo Benedito Alves a fim de identificar a presença de patologias e a condição do pavimento asfáltico. Será considerada uma extensão de 3,10 Km da rua para realização do estudo, onde serão levantados seis trechos com comprimento entre 600 e 500 metros cada. O método indica que essa avaliação seja feita em dez trechos por um grupo de

cinco pessoas, no entanto neste estudo será avaliado somente pelo próprio autor e será aplicado apenas na extensão especificada, visto que é onde tem apresentado problemas.

Posteriormente é preciso classificar as patologias encontradas com base nas temáticas abordadas no referencial teórico, para em seguida atribuir o Valor de Serventia Atual para cada trecho da rua, bem como elaborar a ficha de relatório da situação de cada trecho.

Por fim, será calculado o VSA da via que é a média do valor de serventia atual dos trechos. Com base no valor a ser encontrado, será possível definir a melhor forma de intervenção, bem como orçamento para solução proposta para recuperação deste pavimento visando garantir aos usuários boas condições de tráfego.

6 RESULTADOS

Dividiu-se a rua em estudo em seis trechos, conforme demonstrado os limites de cada um deles na Figura 23. O primeiro trecho possui 600 metros, e os demais possuem 500 metros.

Figura 23 - Limite dos Trechos em Estudo



Fonte: Adaptado de Google Maps (2019)

Foram realizadas diversas visitas ao local de estudo, e assim foi identificado, além do aumento do tráfego na via, um agravante para a condição atual do pavimento, a implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Desde o início de 2018, a cidade passa por esse processo de implantação da ETE, o que piorou a condição do pavimento da Rua Cabo Benedito Alves, que foi uma das ruas utilizadas para colocação da tubulação. Após a colocação dessa tubulação foi necessário refazer o pavimento dos trechos danificados, porém este foi feito com qualidade inferior ao necessário.

6.1 Situação Atual dos Trechos

Durante a avaliação subjetiva do local em estudo, foi possível registrar as condições em que se encontram o pavimento da Rua Cabo Benedito Alves, no qual foram identificadas diversas patologias que atingem tanto o revestimento quanto às camadas inferiores, conforme demonstrado na Figura 24.

Figura 24 – Patologias registradas



Fonte: Autoria Própria (2019)

Devido à existência de patologias do tipo ‘panelas’, foi possível medir a espessura do revestimento de dois trechos da rua, conforme ilustrado na Figura 25 e Figura 26 abaixo. No trecho três, o revestimento possui espessura de aproximadamente 1,50 centímetros. Já no trecho seis, a espessura é de aproximadamente 3,50 centímetros.

Figura 25 - Espessura do Revestimento do Trecho 3



Fonte: Autoria Própria (2019)

Figura 26 - Espessura do Revestimento do Trecho 6



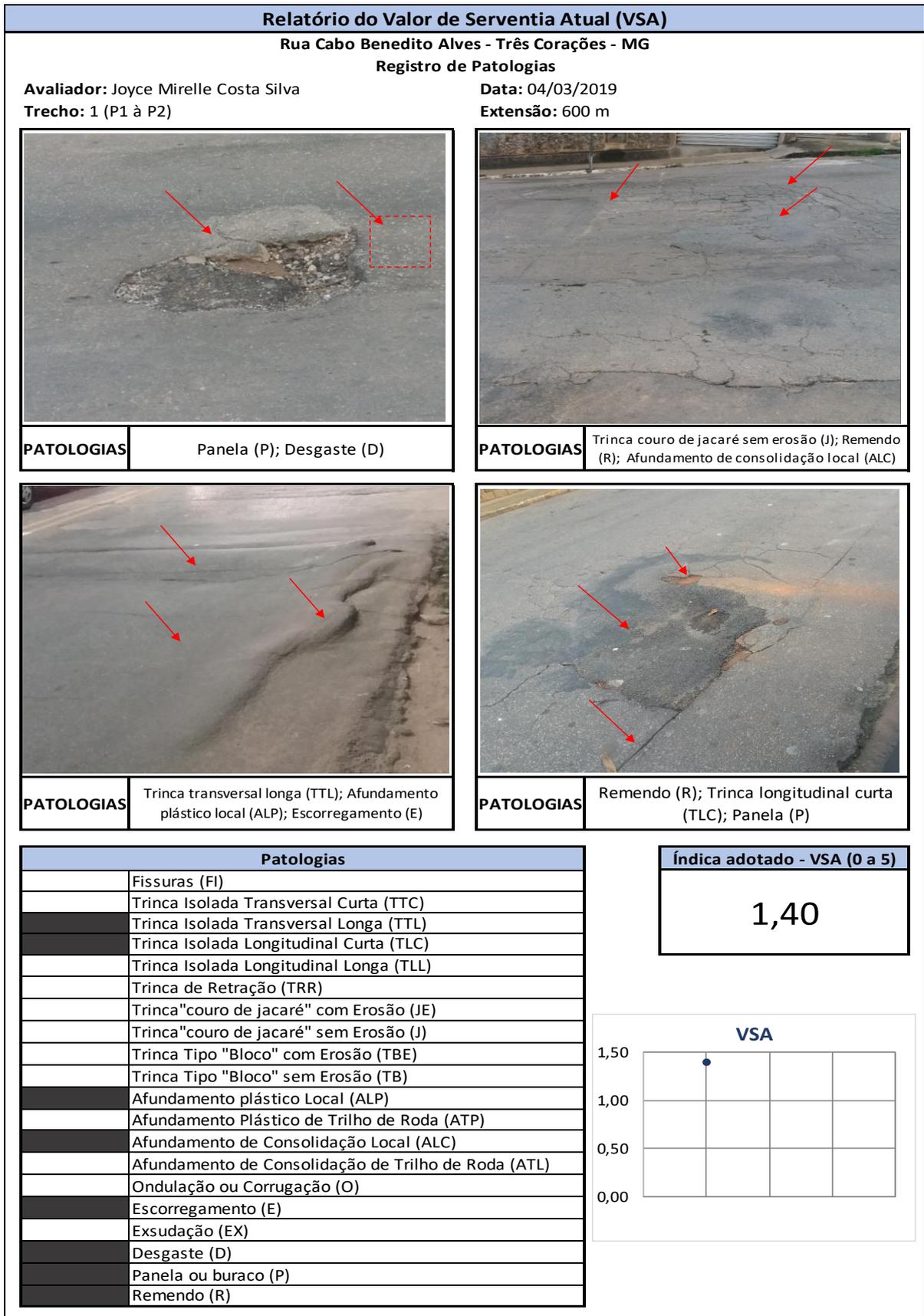
Fonte: Autoria Própria (2019)

Além dos problemas citados, foi verificado que em alguns trechos as sarjetas não possuem declividade suficiente para escoar as águas pluviais e ficam constantemente obstruídas por materiais como terra, areia, folhas e lixo. Algumas bocas de lobo também se apresentaram obstruídas por estes mesmos materiais. O acúmulo da água gerado pela deficiência desses dispositivos de drenagem pode resultar na infiltração dessa água pela borda do pavimento, causando umidade nas camadas do pavimento.

6.2 Atribuição do VSA

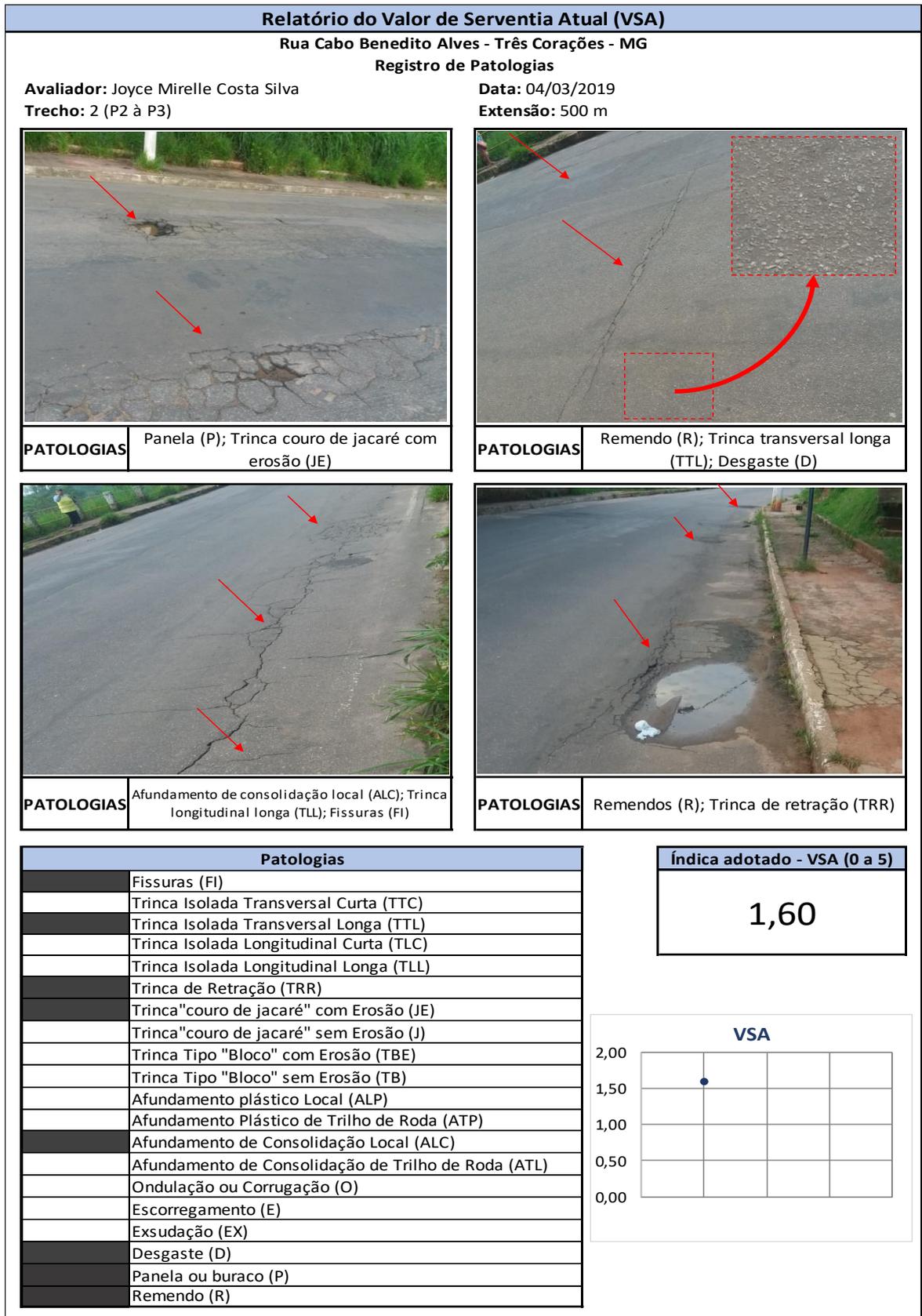
Foi elaborado um relatório para cada um dos seis trechos da rua, onde é demonstrado a condição do pavimento, apontando os tipos de patologias identificadas e a nota do valor de serventia atribuído em função dessa avaliação. A Figura 27 representa o relatório obtido para o trecho 1 da via, onde foram encontradas diversas patologias, e atribuído um valor de VSA de 1,40 que corresponde a uma condição do pavimento classificada como ruim. Os demais trechos avaliados estão apresentados nas Figuras 28 a 32.

Figura 27 - Relatório VSA - Trecho 1



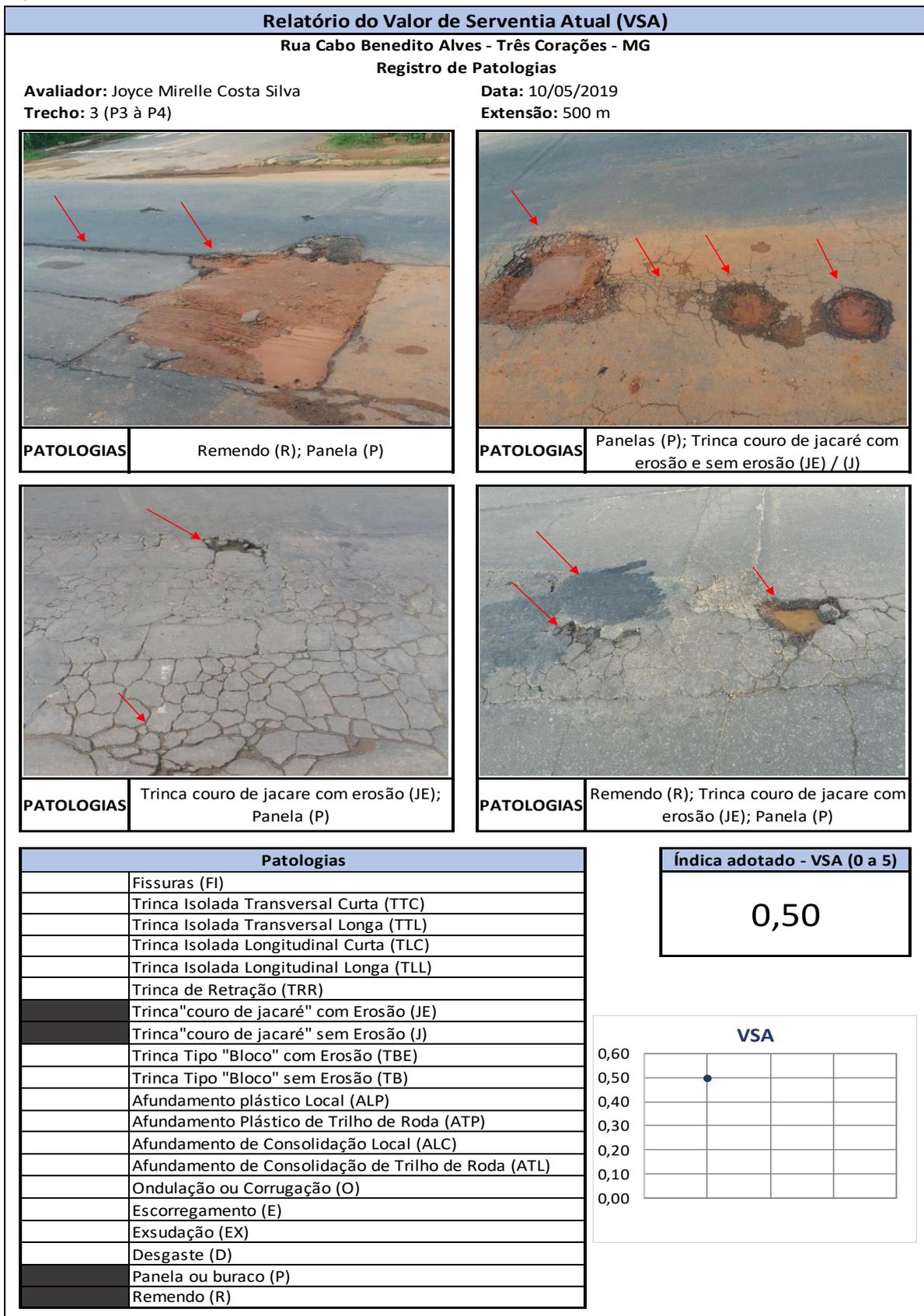
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 28 - Relatório VSA - Trecho 2



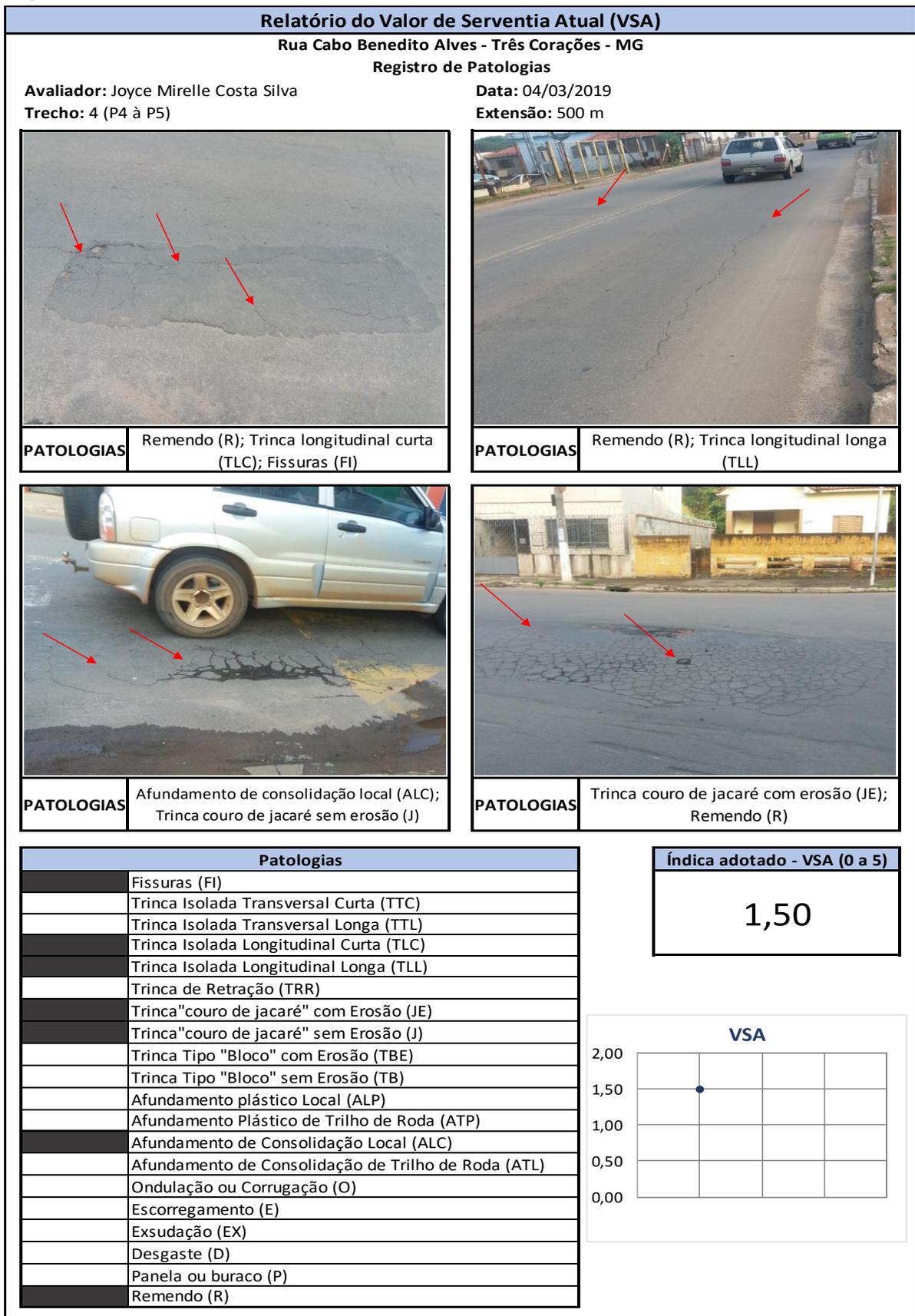
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 29 - Relatório VSA - Trecho 3



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 30 - Relatório VSA - Trecho 4



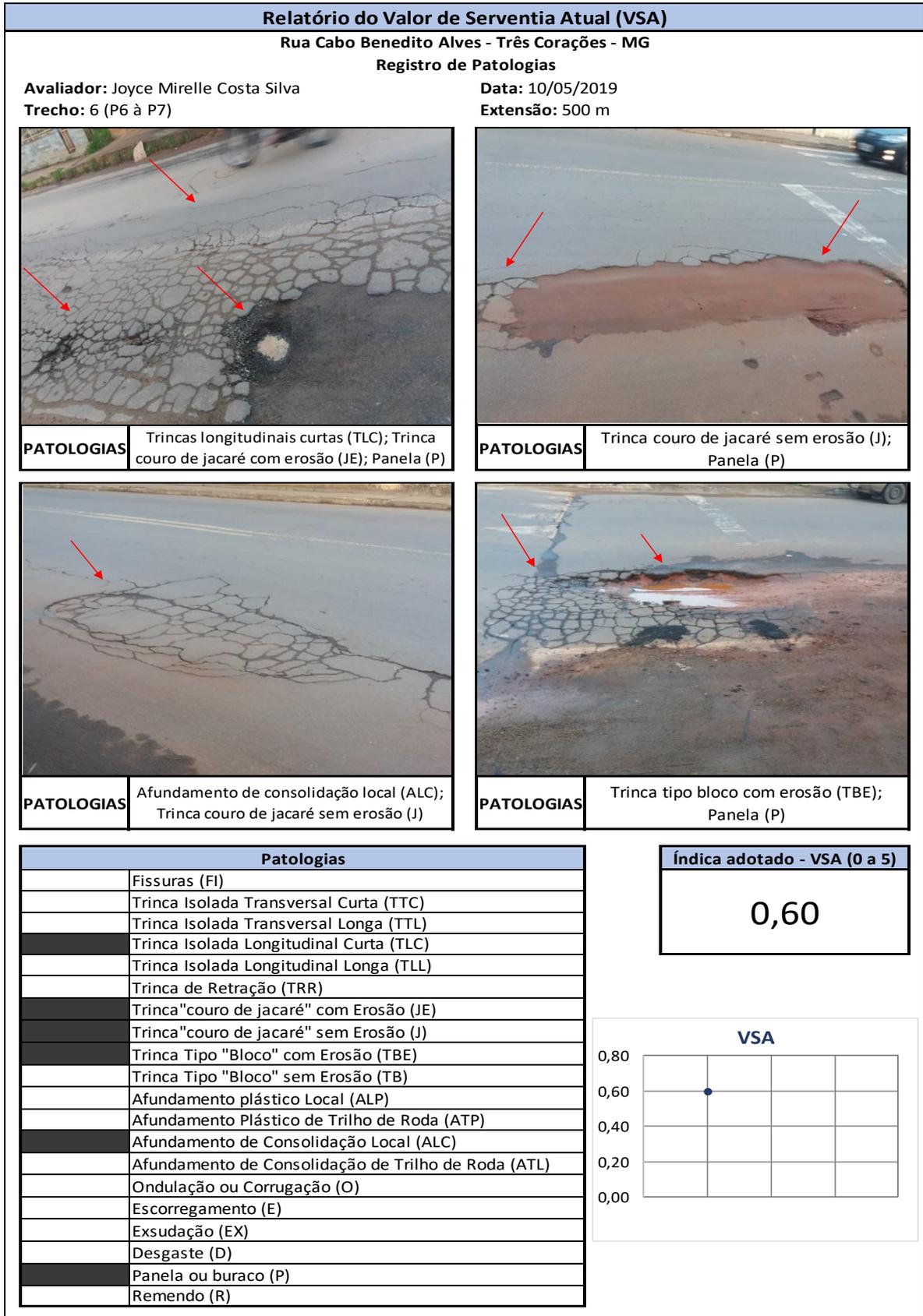
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 31 - Relatório VSA - Trecho 5



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 32 - Relatório VSA - Trecho 6



Fonte: Autoria própria (2019)

A Tabela 2 demonstra os valores de serventia atribuídos para cada um dos trechos, bem como a média obtida para a Rua Cabo Benedito Alves.

Tabela 2 - VSA da Rua Cabo Benedito Alves

Trecho	VSA
1	1,40
2	1,50
3	0,30
4	1,50
5	0,80
6	0,40
Média VSA	0,98

Fonte: Autoria própria (2019)

6.3 Proposta de Solução

Considerando as faixas de classificação determinadas pelo DNIT 009-PRO (2003b), e o valor de 0,98, obtido para o VSA do trecho em estudo da Rua Cabo Benedito Alves, pode-se definir que a condição do pavimento está classificada como péssima, e encontra-se dentro do limite de trafegabilidade apontado por Bernucci *et al.* (2008).

Conforme apresentado por esse mesmo autor, a AASHTO estabelece que os pavimentos que se encontram dentro deste limite precisam ser reconstruídos. A necessidade desse tipo de intervenção ocorre devido a diversidade e quantidade de patologias identificadas durante o levantamento, as quais tem prejudicado as condições de trafegabilidade dos usuários da via.

Assim sendo, é necessário redimensionar as camadas do pavimento para que seja feita sua reconstrução com base no volume de tráfego da via e levando-se em consideração as recomendações técnicas abordadas para o dimensionamento de pavimentos.

6.4 Dimensionamento do Pavimento

O dimensionamento do pavimento foi feito com base nas condições e conceitos abordados no Manual de Pavimentação do DNIT (2006a) e Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006c). Para dar início ao dimensionamento foi necessário estabelecer o volume médio diário da via, que pode ser obtido por séries históricas ou contagens volumétricas.

6.4.1 Contagem Volumétrica Classificatória

Visto que o local em estudo não possui séries históricas de contagem volumétrica, foi necessário realizar a contagem para obter o volume médio diário. Essa contagem foi realizada próximo ao ponto cinco estabelecido na Figura 23, e o método utilizado foi a combinação do método manual ao método por videoteipe. Em relação ao método manual foram utilizadas as

fichas conforme modelo no **ANEXO C**, e em relação ao método por videoteipe foram utilizadas as imagens de uma câmera já instalada em um comércio desta rua, o que possibilitou a realização da contagem por apenas um observador e um maior nível de confiança nos levantamentos.

Foi proposto realizar uma contagem de vinte e quatro horas para estabelecer parâmetros de fator de expansão para serem aplicados em outras seis contagens de uma hora cada. Assim, foi iniciada a contagem em uma quarta-feira, dia 21/08/2019, onde foram levantados e classificados os veículos durante vinte e quatro horas conforme demonstrado na Tabela 3.

Com esses valores, foram calculados por meio da Equação 2, os fatores de expansão para cada uma das categorias, em relação ao horário de pico que foi das 17:00 às 18:00. Considerando que no dia 21/08/2019 foram contabilizados 5.425 veículos de passeio e que no horário de pico foram contabilizados 536 veículos dessa mesma categoria, é aplicado na Equação:

$$f_{Pd} = \frac{5.425}{536} \cong 10,1$$

Assim, o fator de expansão de uma hora de contagem para as vinte e quatro horas do dia dos veículos de passeio dessa via, é aproximadamente 10,1. De igual modo foi feito para cada uma das categorias de veículos.

Posteriormente foram realizadas as seis contagens de uma hora cada entre os dias 22 e 27/08, abrangendo assim todos os dias da semana, sendo considerado para tal, o mesmo horário de pico da primeira contagem. Com o resultado dessas contagens foi feita a expansão para as vinte e quatro horas, onde foi feito o produto entre o fator de expansão e o valor contabilizado de cada categoria. Os valores obtidos para o dia 22/08/2019 estão demonstrados na Tabela 4, e os demais no **APÊNDICE A**.

Em seguida, conforme representado pela Tabela 5, foi calculada a média entre os sete dias, para assim estabelecer o volume médio diário (VMD).

Tabela 3 - Contagem Volumétrica do dia 21/08/2019

Contagem Volumétrica Classificatória – Data: 21/08/2019 (Quarta-Feira)																				
Horário	Carros de Passeio e Utilitários		Ônibus		Caminhões			Semirreboques					Reboques					Motos/ Bicicletas		Total
	P	U	2C	3C	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	3D4	M	B	
00:00 - 01:00	25	8	3	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	0	48
01:00 - 02:00	13	5	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	24
02:00 - 03:00	10	3	4	0	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0	29
03:00 - 04:00	5	5	3	0	2	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	21
04:00 - 05:00	10	7	2	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	24
05:00 - 06:00	54	30	24	0	6	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	9	6	133
06:00 - 07:00	205	82	36	0	16	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	34	427
07:00 - 08:00	283	107	30	0	25	12	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	77	30	569
08:00 - 09:00	292	126	27	1	31	9	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	60	20	570
09:00 - 10:00	274	43	20	0	28	16	0	0	0	0	0	4	0	0	0	3	0	71	18	477
10:00 - 11:00	268	128	16	0	29	15	0	0	1	1	0	4	0	0	1	0	0	100	15	578
11:00 - 12:00	300	112	19	1	27	12	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	102	29	608
12:00 - 13:00	326	122	26		29	13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	128	27	672
13:00 - 14:00	337	117	22	1	21	13	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	92	32	640
14:00 - 15:00	334	117	21	0	32	12	0	0	1	1	0	4	0	0	0	0	0	95	23	640
15:00 - 16:00	346	106	20	2	34	10	0	0	2	0	0	7	0	0	0	0	0	70	26	623
16:00 - 17:00	372	122	25	4	32	7	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	100	21	685
17:00 - 18:00	536	123	29	1	31	7	0	0	2	1	1	4	0	0	1	1	1	154	63	955
18:00 - 19:00	448	127	32	1	23	15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	124	59	830
19:00 - 20:00	360	84	16	0	22	7	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	3	90	29	615
20:00 - 21:00	240	43	10	0	8	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	64	26	396
21:00 - 22:00	183	26	15	1	6	4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	56	28	321
22:00 - 23:00	128	25	12	0	4	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	42	11	225
23:00 - 00:00	76	22	12	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	1	132
Total	5425	1690	425	14	419	175	0	0	15	7	3	46	0	0	2	4	4	1515	498	10242

Fonte: Autoria Própria (2019)

Tabela 4 - Contagem Volumétrica do dia 22/08/2019

Contagem Volumétrica Classificatória – Data: 22/08/2019 (Quinta-feira)																				
Horário	Carros de Passeio e Utilitários		Ônibus		Caminhões			Semirreboques					Reboques					Motos/Bicicletas		Total
	P	U	2C	3C	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	3D4	M	B	
17:00 – 18:00	497	109	29	0	32	20	0	0	2	1	0	4	0	0	0	0	0	141	67	902
f_{Pd}	101	13,7	14,7	14,0	13,5	25,0	0,0	0,0	7,5	7,0	3,0	11,5	0,0	0,0	2,0	4,0	4,0	9,8	7,9	
Total	5031	1498	425	0	433	500	0	0	15	7	0	46	0	0	0	0	0	1388	530	9873

Fonte: Autoria Própria (2019)

Tabela 5 - Contagem Volumétrica - VMD

Contagem Volumétrica Classificatória – Volume Médio Diário - VMD																				
Data	Carros de Passeio e Utilitários		Ônibus		Caminhões			Semirreboques					Reboques					Motos/Bicicletas		Total
	P	U	2C	3C	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	3D4	M	B	
21/08/19	5425	1690	425	14	419	175	0	0	15	7	3	46	0	0	2	4	4	1515	498	10242
22/08/19	5031	1498	425	0	433	500	0	0	15	7	0	46	0	0	0	0	0	1388	530	9873
23/08/19	5223	1732	323	14	447	325	0	0	8	7	0	12	0	0	0	0	0	1152	419	9662
24/08/19	4484	1004	191	14	82	150	0	0	15	0	0	23	0	0	0	0	0	738	309	7010
25/08/19	4808	839	176	14	55	50	0	0	0	0	0	12	0	0	2	0	0	660	190	6806
26/08/19	4727	1883	425	14	257	275	0	0	0	0	3	35	0	0	0	0	4	1447	593	9663
27/08/19	4899	1883	396	14	474	250	0	0	8	14	0	58	0	0	0	4	0	1348	554	9902
VMD	4942	1504	337	12	310	246	0	0	9	5	1	33	0	0	1	1	1	1178	442	9023

Fonte: Autoria Própria (2019)

6.4.2 Definição do Número 'N' da Via

Considerando que o número médio de veículos comerciais foi de 956, ainda seria viável o uso do pavimento flexível, assim foi necessário estabelecer o número 'N' da via. Foi feito o cálculo desse fator considerando o disposto nos manuais do DNIT, por isso o volume de tráfego médio considerando um período de projeto de 10 anos a uma taxa de crescimento anual de 3% foi dado por:

$$V_m = \frac{9.023[2 + (10 - 1) \times 3/100]}{2} \cong 10.241 \text{ veículos}$$

Assim, o volume total de tráfego na via durante o período de projeto será:

$$V_t = 365 \times 10 \times 10241 \cong 3,74 \times 10^7$$

Considerando os pesos dos veículos por eixo do **ANEXO D** e o ábaco da Figura 22, foi calculado o fator de equivalência para cada uma das classes de veículos, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Fator de Equivalência por Classe

Classe	Composição	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	FEQUIV.
2CB	1 RS + 1 RD	0,25	3,00	-	-	-	-	-	3,25
3CB	1 RS + 1 TD	0,25	3,00	-	-	-	-	-	3,25
2C	1 RS + 1 RD	0,25	3,00	-	-	-	-	-	3,25
3C	1 RS + 1 TD	0,25	8,50		-	-	-	-	8,75
4C	1 RS + 1 TT	0,25	9,00			-	-	-	9,25
2S1	1 RS + 1 RD + 1 RD	0,25	3,00	3,00	-	-	-	-	6,25
2S2	1 RS + 1 RD + 1 TD	0,25	3,00	8,50		-	-	-	11,75
2S3	1 RS + 1 RD + 1 TT	0,25	3,00	9,00			-	-	12,25
3S2	1 RS + 1 TD + 1 TD	0,25	8,50		8,50		-	-	17,25
3S3	1 RS + 1 TD + 1 TT	0,25	8,50			9,00		-	17,75
2C2	1 RS + 1 RD + 1RD + 1 RD	0,25	3,00	3,00	3,00	-	-	-	9,25
2C3	1 RS + 1 RD + 1RD + 1 TD	0,25	3,00	3,00	8,50		-	-	14,75
3C2	1 RS + 1 TD + 1RD + 1 RD	0,25	8,50		3,00	3,00	-	-	14,75
3C3	1 RS + 1 TD + 1RD + 1 TD	0,25	8,50		3,00	8,50		-	20,25
3D4	1 RS + 1 TD + 1TD + 1 TD	0,25	8,50		8,50		8,50		25,75

Fonte: Autoria Própria (2019)

Esses fatores foram utilizados para calcular o fator de carga, demonstrados na Tabela 7, que também apresenta o cálculo dos fatores de eixo.

Tabela 7 - Fator de Eixo e Fator de Carga

Classe	Número de Eixos	Número de Veículos	%	FE	Fator de Equivalência	FC
P	2	4942	54,78	-	-	-
U	2	1504	16,67	-	-	-
M	2	1178	13,06	-	-	-
B	2	442	4,90	-	-	-
2C	2	337	3,74	7,476	3,25	12,149
3C	3	12	0,13	0,399	3,25	0,432
2C	2	310	3,43	6,862	3,25	11,151
3C	3	246	2,73	8,194	8,75	23,898
4C	4	0	0,00	0,000	9,25	0,000
2S1	3	0	0,00	0,000	6,25	0,000
2S2	4	9	0,10	0,386	11,75	1,135
2S3	5	5	0,06	0,277	12,25	0,679
3S2	5	1	0,01	0,047	17,25	0,164
3S3	6	33	0,37	2,204	17,75	6,520
2C2	4	0	0,00	0,000	9,25	0,000
2C3	5	0	0,00	0,000	14,75	0,000
3C2	5	1	0,01	0,032	14,75	0,093
3C3	6	1	0,01	0,076	20,25	0,256
3D4	7	1	0,01	0,089	25,75	0,326
Σ		9023	100,00	26,043	-	56,805

Fonte: Autoria Própria (2019)

Com o somatório dos fatores de eixo e de carga, é possível determinar o fator de veículos:

$$FV = \left(\left(\frac{26,043}{100} \right) * \left(\frac{56,805}{100} \right) \right) = 0,148$$

Assim, o número 'N' é dado por:

$$N = 3,74 \times 10^7 \times 0,148 = 5,5 \times 10^6$$

6.4.3 Definição do Índice de Suporte Califórnia

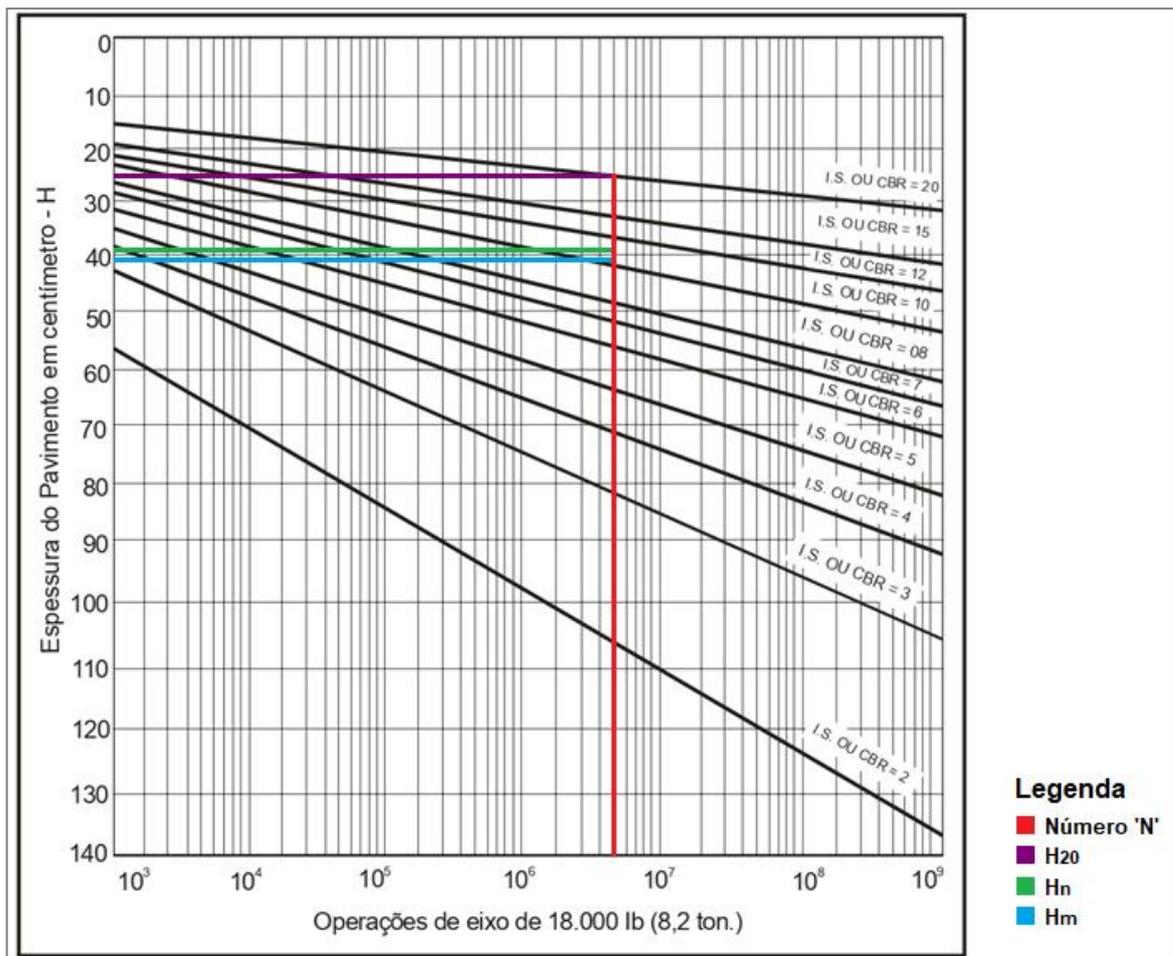
A fim de determinar o Índice de Suporte Califórnia do subleito foi coletada uma amostra de solo com aproximadamente 35 Kg em um terreno localizado na Rua Cabo Benedito Alves. Essa amostra foi encaminhada a um laboratório para realização do ensaio que visa determinar o ISC e as características do solo. Conforme relatório demonstrado no **ANEXO F**, o material ensaiado é um solo argiloso com ISC ou CBR de 10,6%.

Segundo as especificações mínimas estabelecidas no Quadro 2, para o reforço do subleito deve-se adotar um valor superior ao CBR do subleito, sendo assim, foi adotado o valor de 11% para essa camada, e na sub-base foi adotado um material que atenda aos requisitos mínimos deste mesmo quadro, dentre eles o CBR que deve ser no mínimo igual a 20%.

Com base nesses valores foi possível obter as espessuras sobre a camada imediatamente inferior à que está sendo calculada utilizando o ábaco do **ANEXO E** conforme demonstrado na Figura 33. Assim temos os seguintes valores:

- H_{20} (Espessura do pavimento sobre a sub-base) = 26 cm
- H_n (Espessura do pavimento sobre o reforço do subleito) = 39 cm
- H_m (Espessura do pavimento sobre o subleito) = 41 cm

Figura 33 - Espessura sobre as camadas



Fonte: Adaptado de Manual de Pavimentação do DNIT (2006a)

6.4.4 Definição do Coeficiente de Equivalência Estrutural (K)

O Coeficiente de Equivalência Estrutural (K), é dado pelo Quadro 3, onde foram encontrados os seguintes valores para cálculo:

- Base ou revestimento de concreto betuminoso → $K = 2,00$
- Camadas granulares → $K = 1,00$

6.4.5 Definição da Espessura do Revestimento

Considerando o Quadro 4 e o valor encontrado para o número 'N', a espessura do revestimento pelo método do DNIT, deve ser de 7,5 centímetros de concreto betuminoso. Cabe destacar que a espessura necessária para o dimensionamento do revestimento, conforme número 'N' identificado, é muito superior às espessuras identificadas na análise de campo, que foi em torno de 1,50 a 3,50 centímetros.

6.4.6 Definição da Espessura da Base

A espessura da base do pavimento foi obtida por meio da Equação 9 já apresentada. Como valor calculado foi inferior ao mínimo estabelecido para esta camada, deverá ser adotada a espessura de 15 cm.

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20}$$

$$7,50 \times 2 + B \times 1 \geq 26 \therefore B \geq 11 \text{ cm}$$

→ Adotar espessura mínima de 15 cm.

6.4.7 Definição da Espessura da Sub-base

A espessura da camada de sub-base do pavimento foi obtida por meio da Equação 10 já apresentada. Como valor calculado também foi inferior ao mínimo, deverá ser adotada a espessura de 15 cm para esta camada.

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S \geq H_n$$

$$7,50 \times 2 + 15 \times 1 + h_{20} \times 1 \geq 39 \therefore B \geq 9 \text{ cm}$$

→ Adotar espessura mínima de 15 cm.

6.4.8 Definição da Espessura do Reforço do Subleito

Foi verificado, por meio da Equação 11 já demonstrada, se existe a necessidade de uma camada complementar para reforçar o subleito do pavimento, no entanto, como o valor obtido nesta equação foi negativo, significa que essa camada pode ser dispensada.

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_n \times K_n \geq H_m$$

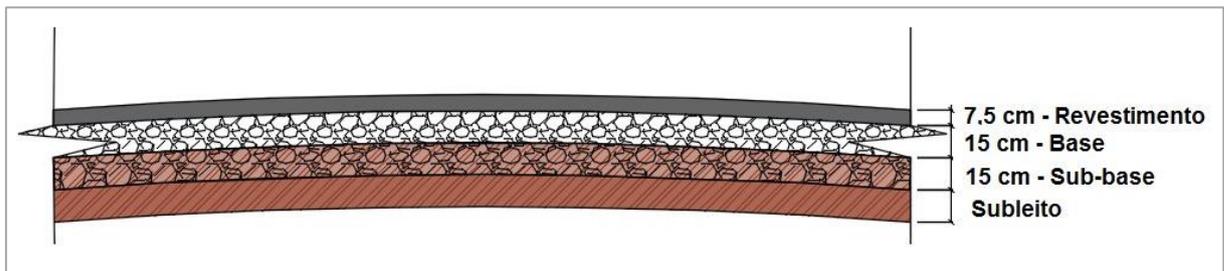
$$7,50 \times 2 + 15 \times 1 + 15 \times 1 + h_n \times 1 \geq 41 \therefore B \geq -4 \text{ cm}$$

→ A camada de reforço do subleito não é necessária.

6.4.9 Projeto de Pavimento

Considerando as espessuras dimensionadas, foi representada a seção transversal deste pavimento na Figura 34, também foi feito um levantamento planimétrico para projeto de pavimentação, conforme demonstrando no **APÊNDICE B**.

Figura 34 - Seção Transversal do Pavimento



Fonte: Autoria própria (2019)

6.5 Orçamento

O orçamento da obra foi elaborado utilizando as composições e os valores de custo do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) de setembro de 2019. Como a tabela do SINAP possui valores somente para as capitais brasileiras, foi adotado como parâmetro os valores da cidade de Belo Horizonte, MG.

O índice de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), necessário para composição do orçamento foi adotado considerando os índices estabelecidos no acórdão nº 2.622/2013 do Tribunal de Contas da União (TCU). Para esse tipo de obra o valor máximo de BDI é de 24,23%.

Foram elaborados dois orçamentos para a obra, o primeiro apresentado no Quadro 5, considerou somente a remoção da camada asfáltica, sendo mantidas as camadas granulares. O segundo orçamento, apresentado no Quadro 6, considerou a remoção de todas as camadas do pavimento, bem como sua reconstrução.

Quadro 5 - Orçamento: Remoção e Aplicação de Revestimento

PLANILHA DE SERVIÇOS								
PAVIMENTAÇÃO DA RUA CABO BENEDITO ALVES								
Extensão: 3.100 m					Área de Pavimentação (m²)		37.019	
Espessura: 0,075 m					BDI (%)	24,23		
ITEM	CÓDIGO SINAPI	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL	PREÇO TOTAL COM BDI	
1	SERVIÇOS PRELIMINARES							
1.1	74209/001	Placa de obra em chapa de aço galvanizado	M²	4,50	R\$ 306,89	R\$ 1.381,02	R\$ 1.715,64	
Subtotal						R\$ 1.381,02	R\$ 1.715,64	
2	REMOÇÃO DO REVESTIMENTO EXISTENTE							
2.1	96002	Fresagem de pavimento asfáltico (profundidade até 5,0 cm), em locais com nível alto de interferência. Af_03/2017	M²	37.019	R\$ 6,47	R\$ 239.512,93	R\$ 297.546,91	
2.2	93592	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ (unidade: m³xkm). AF_04/2016	M³xKM	11.106	R\$ 1,10	R\$ 12.216,27	R\$ 15.176,27	
Subtotal						R\$ 251.729,20	R\$ 312.723,19	
3	PAVIMENTAÇÃO EM CBUQ							
3.1	96401	Execução de imprimação com asfalto diluído CM-30. AF_09/2017	M²	37.019	R\$ 6,24	R\$ 230.998,56	R\$ 286.969,51	
3.2	72942	Pintura de ligação com emulsão RR-1c	M²	37.019	R\$ 1,64	R\$ 60.711,16	R\$ 75.421,47	
3.3	95999	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento - exclusive transporte. Af_03/2017	M³	2.776	R\$ 998,98	R\$ 2.773.593,05	R\$ 3.445.634,64	
3.4	93592	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ (CBUQ). AF_04/2016	M³xKM	41.646	R\$ 1,10	R\$ 45.811,01	R\$ 56.911,02	
Subtotal						R\$ 3.111.113,78	R\$ 3.864.936,65	
TOTAL GERAL						R\$ 3.364.223,99	R\$ 4.179.375,47	

Fonte: Autoria Própria (2019)

Quadro 6 – Orçamento: Demolição e Reconstrução do Pavimento

PLANILHA DE SERVIÇOS							
PAVIMENTAÇÃO DA RUA CABO BENEDITO ALVES							
Extensão: 3.100 m					Área de Pavimentação (m²)		37.019
Espessura: 0,075 m					BDI (%)	24,23	
ITEM	CÓDIGO SINAPI	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL	PREÇO TOTAL COM BDI
1 SERVIÇOS PRELIMINARES							
1.1	74209/001	Placa de obra em chapa de aço galvanizado	M²	4,50	R\$ 306,89	R\$ 1.381,02	R\$ 1.715,64
Subtotal						R\$ 1.381,02	R\$ 1.715,64
2 DEMOLIÇÃO DO PAVIMENTO EXISTENTE							
2.1	92970	Demolição de pavimentação asfáltica com utilização de martelo perfurador, espessura até 15 cm, exclusive carga e transporte	M²	37.019	R\$ 12,10	R\$ 447.929,90	R\$ 556.463,31
2.2	93592	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ (demolição) (unidade: m³xkm). AF_04/2016	M³xKM	55.529	R\$ 1,10	R\$ 61.081,35	R\$ 75.881,36
Subtotal						R\$ 509.011,25	R\$ 632.344,68
3 PAVIMENTAÇÃO EM CBUQ							
3.1	72961	Regularização e compactação de subleito até 20 cm de espessura	M²	37.019	R\$ 1,28	R\$ 47.384,32	R\$ 58.865,54
3.2	72923	Sub-base de solo-brita (40/60), mistura em usina, compactação 100% proctor modificado, exclusive escavação, carga e transporte	M³	5.553	R\$ 71,22	R\$ 395.473,98	R\$ 491.297,32
3.3	93592	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ (sub-base) (unidade: m³xkm). AF_04/2016	M³xKM	55.529	R\$ 1,10	R\$ 61.081,35	R\$ 75.881,36
3.4	96396	Execução e compactação de base com brita graduada simples - exclusive carga e transporte. AF_09/2017	M³	5.553	R\$ 121,99	R\$ 677.392,17	R\$ 841.524,29
3.5	93592	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ (base) (unidade: m³xkm). AF_04/2016	M³xKM	55.529	R\$ 1,10	R\$ 61.081,35	R\$ 75.881,36
3.6	96401	Execução de imprimação com asfalto diluído CM-30. AF_09/2017	M²	37.019	R\$ 6,24	R\$ 230.998,56	R\$ 286.969,51
3.7	72942	Pintura de ligação com emulsão RR-1c	M²	37.019	R\$ 1,64	R\$ 60.711,16	R\$ 75.421,47
3.8	95999	Construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento - exclusive transporte. Af_03/2017	M²	2.776	R\$ 998,98	R\$ 2.773.593,05	R\$ 3.445.634,64
3.9	93592	Transporte com caminhão basculante de 14 m³ (CBUQ). AF_04/2016	M³xKM	41.646	R\$ 1,10	R\$ 45.811,01	R\$ 56.911,02
Subtotal						R\$ 4.353.526,95	R\$ 5.408.386,53
TOTAL GERAL						R\$ 4.863.919,21	R\$ 6.042.446,84

Fonte: Autoria Própria (2019)

Embora o orçamento apresentado no Quadro 5 seja mais viável financeiramente, não se pode garantir sua durabilidade, pois não é possível afirmar se as espessuras das camadas granulares atendem aos valores mínimos calculados. É possível destacar também que a capacidade de suporte desses materiais granulares pode ter sido prejudicada devido a percolação da água evidenciada pela presença das patologias identificadas. Sendo assim, mesmo o valor orçado no Quadro 6 sendo aproximadamente 44,58% maior, a melhor solução, conforme proposto é realizar a remoção de todo pavimento e sua reconstrução, garantindo a qualidade deste pelo período de projeto de, pelo menos, dez anos.

7 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou compreender as diversas temáticas sobre o pavimento, tais como os tipos existentes, composição de sua estrutura, as patologias que estão submetidos, as formas de intervenção, bem como o tipo de intervenção recomendado com base no valor de serventia, e ainda o método de dimensionamento dos pavimentos flexíveis. Além disso, também permitiu a realização de um estudo de caso para avaliar, por meio do método subjetivo de atribuição do valor de serventia atual, a condição do pavimento flexível da rua Cabo Benedito Alves que tem apresentado diversas patologias que tem causado transtornos aos usuários da via.

Em toda extensão do trecho analisado, foram encontrados variados tipos de patologias no pavimento asfáltico, as quais foram registradas e classificadas. Diversas dessas patologias estão somente no revestimento, no entanto também foram identificadas patologias que atingem camadas inferiores, prejudicando ainda mais as condições de trafegabilidade na via. Além disso, o trecho apresenta problemas nos dispositivos de drenagem, e o revestimento possui espessura delgada nos trechos onde foi possível mensurar.

Essa condição é devido ao intenso fluxo de veículos nessa via que é muito significativa para o transporte na cidade pois possibilita diversos acessos, inclusive a outros municípios. Outro fator que contribuiu nessa condição é a quantidade de remendos que foi realizada após a colocação da tubulação para instalação de uma estação de tratamento de esgoto.

Considerando todas as condições diagnosticadas, foi atribuído o valor de serventia atual para cada um dos trechos, com a finalidade de obter a média para a via, onde verificou-se que a condição do pavimento se classifica como péssima, sendo necessária sua reconstrução. Por conseguinte, foi realizada a contagem volumétrica da via, para definição do número 'N', e posterior dimensionamento das camadas.

De acordo com os cálculos realizados, o revestimento dessa via precisa ter 7,5 centímetros de concreto betuminoso, no entanto, atualmente apresenta espessura entre 1,50 e 3,50 centímetros, o que evidencia a necessidade de intervenção e justifica a ocorrência das diversas patologias. Ainda de acordo com os cálculos realizados, as camadas de base e sub-base precisam ter espessura mínima de 15 centímetros cada, não sendo necessário o uso de reforço do subleito. Também foi elaborado orçamento para execução considerando duas condições, sendo a primeira, a remoção somente da camada asfáltica e a segunda, a remoção de todas as camadas do pavimento. Apesar de a primeira opção orçada ter sido mais viável economicamente, somente na segunda opção é possível garantir a qualidade do pavimento pelo

período de projeto desejado, por isso foi indicada como sendo a melhor solução para a via em estudo. Diante desses resultados os objetivos propostos foram alcançados.

Os livros e manuais abordados possibilitaram a realização do estudo de caso, pois embasaram a classificação das patologias, permitiram avaliar e definir a condição da via, e ainda propor a forma mais adequada para reestabelecer a qualidade da trafegabilidade da rua.

Tendo em vista a importância do assunto apresentado e os efeitos da percolação da água nos pavimentos, sugere-se realizar um estudo para estabelecer as demandas de drenagem apresentadas na via, e avaliar se os dispositivos existentes são capazes de atender a essas demandas, bem como propor a desobstrução desses dispositivos por meio de varrições semanais.

REFERÊNCIAS

AKISHINO, Pedro. **Apostila do curso de graduação em engenharia civil da universidade federal do Paraná:** Estudos de tráfego. Curitiba, 2005. Disponível em: <http://www.tecnologia.ufpr.br/portal/dtt/wp-content/uploads/sites/12/2018/02/PlanejTranspCap06.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2019.

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

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

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão nº 2.622/2013.** Brasília: Tribunal de Contas da União, 25 set. 2013.

BROCHADO, Matheus Matos Lapesqueur. **Estudo da viabilidade do asfalto pré-misturado.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/6383/1/20968850.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte Rodoviário:** por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram? Brasília: CNT, 2017. Disponível em: http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_pavimentos_ao_duram.pdf. Acesso em: 7 Mar. 2019.

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

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

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação.** IPR. Publ.719. Rio de Janeiro. 2006a.

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

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

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES; UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Elaborar Diretrizes Técnicas e Parâmetros Operacionais para que o DNIT Execute Projetos de Monitoramento de Tráfego na Malha Rodoviária Federal:** Projeto II – Projeto Trienal de

Coleta de Tráfego - Fase 1 – Análise e Concepção Produto 1 – Relatório de Análise e Concepção. Florianópolis. 2008. Disponível em:
<http://www.dnit.gov.br/download/rodovias/operacoes-rodoviaras/convenios-com-a-ufsc/convenio-00562007-p2-f1-produto-1.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2019.

FILHO, José Moacir de Mendonça; ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, v. 02, ed. 06, p. 146-163, jun. 2018. 146-163 p. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimentos-flexivel>. Acesso em: 12 Mar. 2019.

GOOGLE MAPS. **Rua Cabo Benedito Alves em Três Corações, MG**. Disponível em:
<https://www.google.com/maps/place/R.+Cabo+Benedito+Alves,+Três+Corações+MG>. Acesso em: 14 mai. 2019.

MARINHO, Fabrício Oliveira. **Relatório de Ensaio: Caracterização do subleito. Três Corações: 2019.**

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

SANTANA, Humberto. **Manual de Pré-misturados a Frio**. Rio de Janeiro: IBP, 1993.

SENÇO, Wlastemiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. São Paulo: Pini, v. 2, 2001.

SINAPI – SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Sistema de Preços, Custos e Índices**: Belo Horizonte, MG. Disponível em:
<https://www.sipci.caixa.gov.br/SIPCI/servlet/TopController?processo=insumos&acao=LoginInternetPublicoI&login=S&pageNumber=1>. Acesso em 19 out. 2019.

SOUZA, Maurício José de. **Patologias em Pavimentos Flexíveis**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil com ênfase Ambiental) - Universidade Anhembimorumbi, São Paulo, 2004. Disponível em:
<https://engucm.files.wordpress.com/2016/04/patologia-pavimentos-flexivel.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2019.

TRÊS CORAÇÕES (MG). **História de Três Corações**. Três Corações: 2014. Disponível em:
<https://www.trescoracoes.mg.gov.br/index.php/2014-12-30-11-10-09/5188-historia-de-tres-coracoes>. Acesso em: 01 ago. 2019.

TRÊS CORAÇÕES (MG). **Mapa de Três Corações: Bairros**. Três Corações: 2017. 1 mapa. Escala 1:1.

APÊNDICE A – Contagem volumétrica dos dias 23 a 27/08/2019

Contagem Volumétrica Classificatória – Data: 23/08/2019 (Sexta-feira)																				
Horário	Carros de Passeio e Utilitários		Ônibus		Caminhões			Semirreboques					Reboques					Motos/Bicicletas		Total
	P	U	2C	3C	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	3D4	M	B	
17:00 – 18:00	516	126	22	1	33	13	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	117	53	884
<i>f_{pd}</i>	10,1	13,7	14,7	14,0	13,5	25,0	0,0	0,0	7,5	7,0	3,0	11,5	0,0	0,0	2,0	4,0	4,0	9,8	7,9	
Total	5223	1732	323	14	447	325	0	0	8	7	0	12	0	0	0	0	0	1152	419	9662

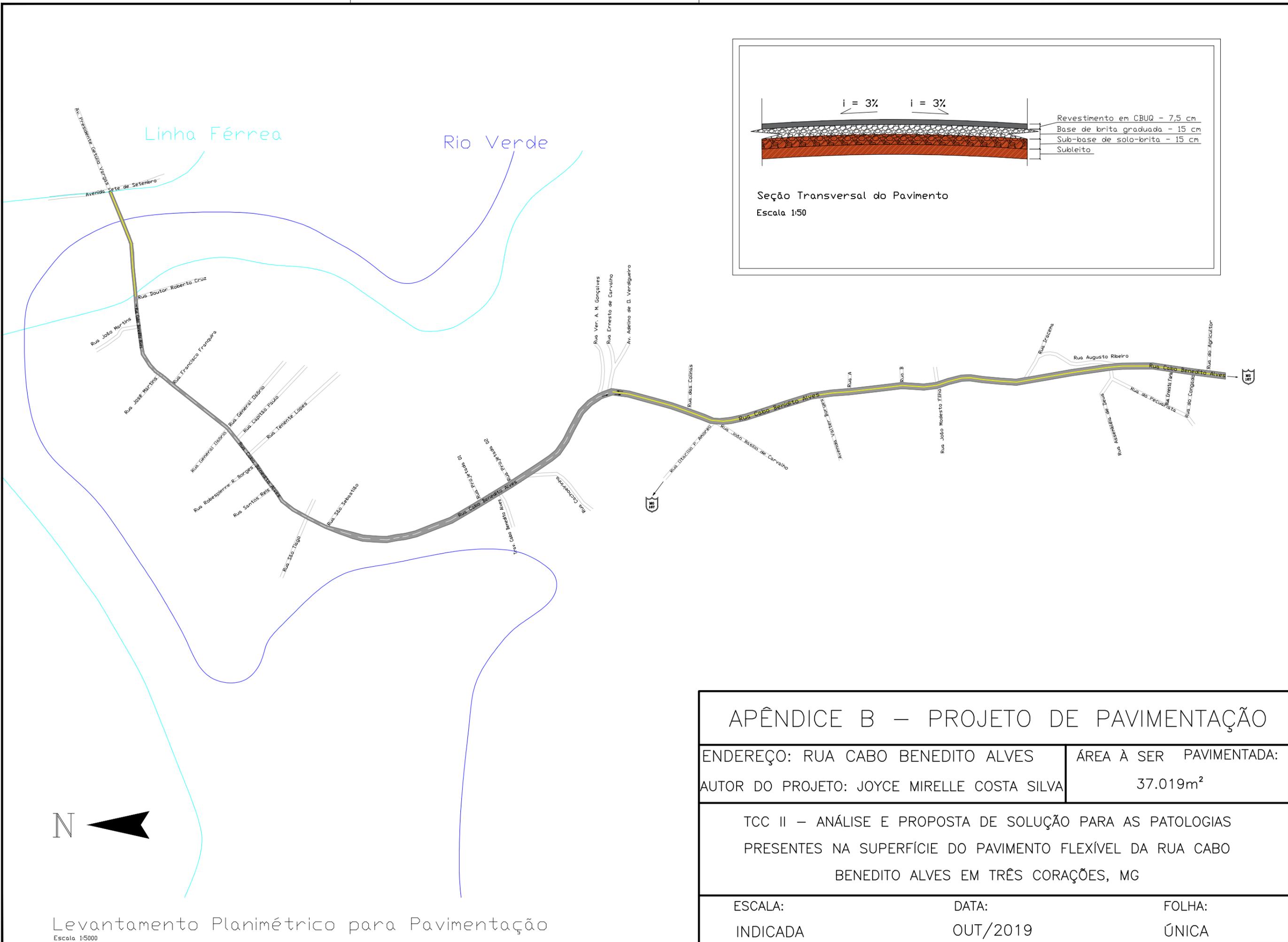
Contagem Volumétrica Classificatória – Data: 24/08/2019 (Sábado)																				
Horário	Carros de Passeio e Utilitários		Ônibus		Caminhões			Semirreboques					Reboques					Motos/Bicicletas		Total
	P	U	2C	3C	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	3D4	M	B	
17:00 – 18:00	443	73	13	1	6	6	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	75	39	660
<i>f_{pd}</i>	10,1	13,7	14,7	14,0	13,5	25,0	0,0	0,0	7,5	7,0	3,0	11,5	0,0	0,0	2,0	4,0	4,0	9,8	7,9	
Total	4484	1004	191	14	82	150	0	0	15	0	0	23	0	0	0	0	0	738	309	7010

Contagem Volumétrica Classificatória – Data: 25/08/2019 (Domingo)																				
Horário	Carros de Passeio e Utilitários		Ônibus		Caminhões			Semirreboques					Reboques					Motos/Bicicletas		Total
	P	U	2C	3C	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	3D4	M	B	
17:00 – 18:00	475	61	12	1	4	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	67	24	648
<i>f_{pd}</i>	10,1	13,7	14,7	14,0	13,5	25,0	0,0	0,0	7,5	7,0	3,0	11,5	0,0	0,0	2,0	4,0	4,0	9,8	7,9	
Total	4808	839	176	14	55	50	0	0	0	0	0	12	0	0	2	0	0	660	190	6806

Contagem Volumétrica Classificatória – Data: 26/08/2019 (Segunda-feira)																				
Horário	Carros de Passeio e Utilitários		Ônibus		Caminhões			Semirreboques					Reboques					Motos/Bicicletas		Total
	P	U	2C	3C	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	3D4	M	B	
17:00 – 18:00	467	137	29	1	19	11	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	147	75	891
f_{Pd}	10,1	13,7	14,7	14,0	13,5	25,0	0,0	0,0	7,5	7,0	3,0	11,5	0,0	0,0	2,0	4,0	4,0	9,8	7,9	
Total	4727	1883	425	14	257	275	0	0	0	0	3	35	0	0	0	0	4	1447	593	9663

Contagem Volumétrica Classificatória – Data: 27/08/2019 (Terça-feira)																				
Horário	Carros de Passeio e Utilitários		Ônibus		Caminhões			Semirreboques					Reboques					Motos/Bicicletas		Total
	P	U	2C	3C	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3	2C2	2C3	3C2	3C3	3D4	M	B	
17:00 – 18:00	484	137	27	1	35	10	0	0	1	2	0	5	0	0	0	1	0	137	70	910
f_{Pd}	10,1	13,7	14,7	14,0	13,5	25,0	0,0	0,0	7,5	7,0	3,0	11,5	0,0	0,0	2,0	4,0	4,0	9,8	7,9	
Total	4899	1883	396	14	474	250	0	0	8	14	0	58	0	0	0	4	0	1348	554	9902

Fonte: Autoria Própria (2019)



APÊNDICE B – PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

ENDEREÇO: RUA CABO BENEDITO ALVES	ÁREA À SER PAVIMENTADA:
AUTOR DO PROJETO: JOYCE MIRELLE COSTA SILVA	37.019m ²

TCC II – ANÁLISE E PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA AS PATOLOGIAS PRESENTES NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO FLEXÍVEL DA RUA CABO BENEDITO ALVES EM TRÊS CORAÇÕES, MG

ESCALA:	DATA:	FOLHA:
INDICADA	OUT/2019	ÚNICA

ANEXO A – Quadro resumo dos defeitos: codificação e classificação

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	“Jacaré”	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	“Bloco”	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
	OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO	
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP			
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP			
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC			
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC			
Ondulação/Corrugação – Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O		
Escorregamento (do revestimento betuminoso)					E		
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento					EX		
Desgaste acentuado na superfície do revestimento					D		
“Painéis” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P		
Remendos		Remendo Superficial			RS		
		Remendo Profundo			RP		
<p>NOTA 1: Classe das trincas isoladas</p> <p>FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.</p> <p>FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.</p> <p>FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.</p> <p>NOTA 2: Classe das trincas interligadas</p> <p>As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.</p>							

Fonte: DNIT (2003a)

ANEXO B – Ficha de avaliação do VSA

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">VSA – Valor de Serventia Atual</p>	5	Conceito
	4	
	3	
	2	
	1	
	0	
		ÓTIMO
		BOM
		REGULAR
		RUIM
		PÉSSIMO

Rodovia: _____

Observações: _____

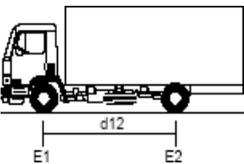
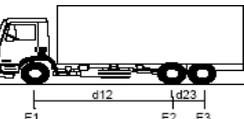
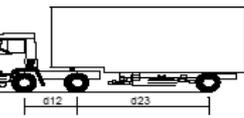
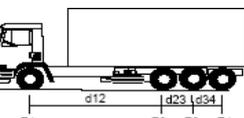
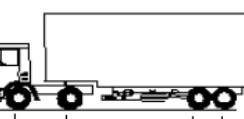
Nº do Avaliador: _____

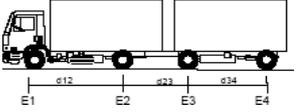
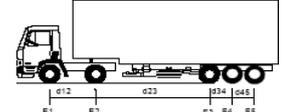
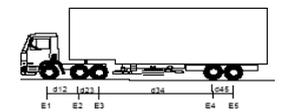
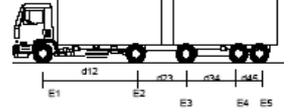
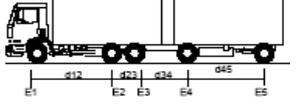
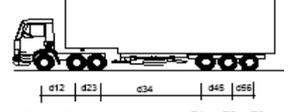
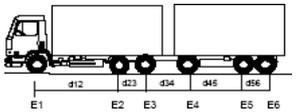
Data: ____/____/____

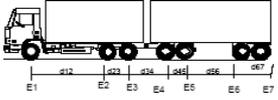
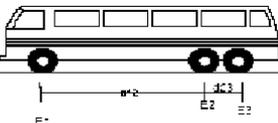
_____ / Índice geral

Fonte: DNIT (2003b)

ANEXO D – Veículos adotados na classificação do DNIT

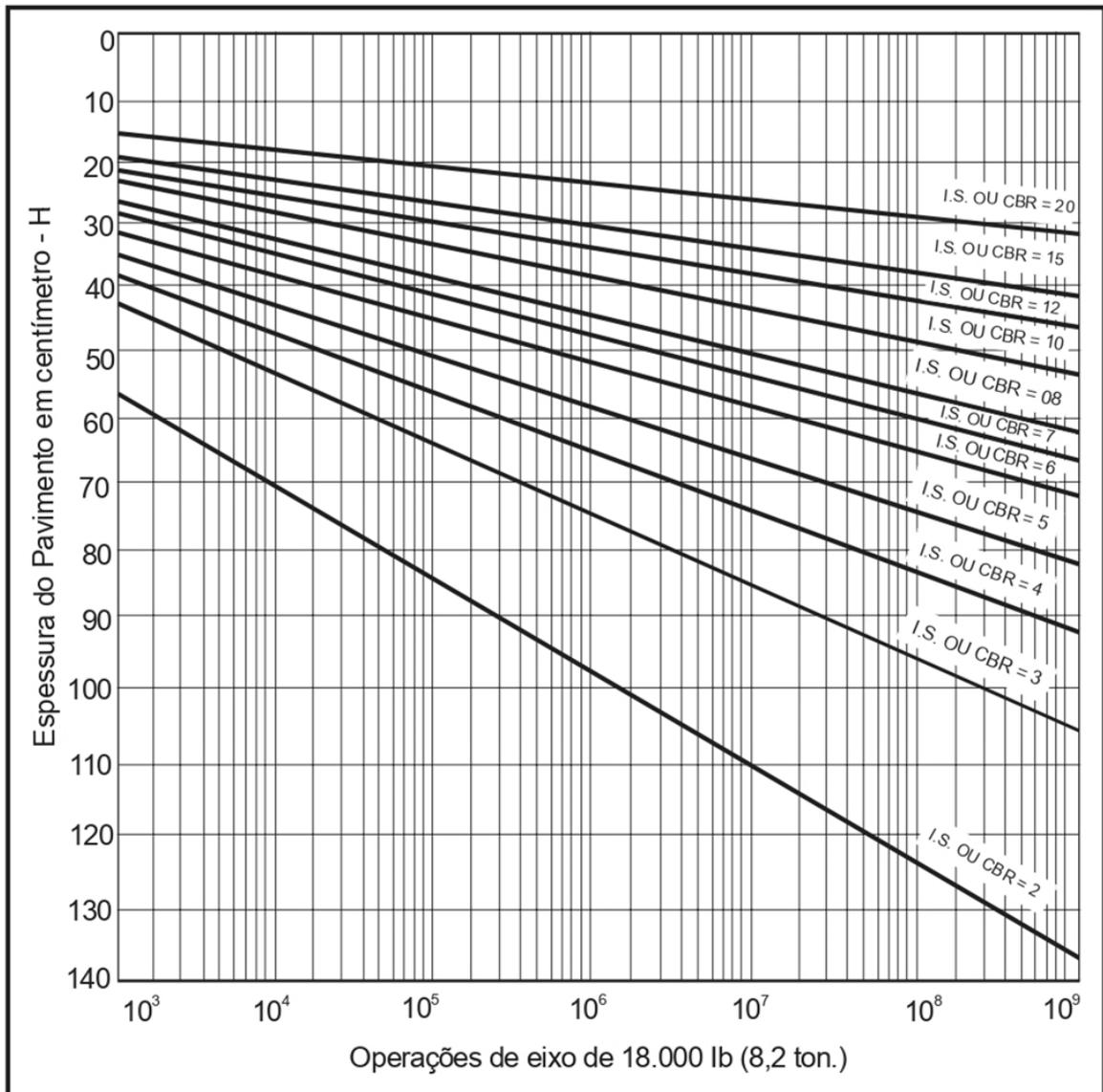
SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	2	16(16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples (ES), rodagem simples (RS), carga máxima (CM) = 6t ou capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ES, rodagem dupla (RD), CM = 10t $d12 \leq 3,50m$	2C
	3	23(24,2)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = ES, RS, CM = 6t E2E3 = ES, conjunto de eixos em tandem duplo TD, CM = 17t $d12 > 2,40m$ $1,20m < d23 \leq 2,40m$	3C
	3	26(27,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM = 6t E2 = ED, RD, CM = 10t E3 = ED, RD, CM = 10t $d12, d23 > 2,40m$	2S1
	4	31,5(33,1)	CAMINHÃO SIMPLES E1 = ES, RS, CM 6t E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo TT; CM = 25,5t $d12 > 2,40$ $1,20m < d23, d34 \leq 2,40m$	4C
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3E4 = TD, CM = 17t $d12, d23 > 2,40m$ $1,20m < d34 \leq 2,40m$	2S2
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t $d12, d34 > 2,40m$ $1,20m < d23 \leq 2,40m$	3S1

	4	36(37,8)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10m d12, d23, d34 > 2,40m	2C2
	5	41,5(43,6)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD CM10t E3E4E5 = TT, CM 25,5t d12, d23 > 2,40m 1,20m d34, d45 ≤ 2,40m	2S3
	5	40(42)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM17t E4E5 = TD, CM 17t d12, d34 > 2,40m 1,20m < d23, d45 ≤ 2,40m	3S2
	5	43(45,2)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2C3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3C2
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5E6 = TT, CM 25,5t d12, d34, > 2,40m 1,20m < d23, d45, d56 ≤ 2,40m	3S3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3C3

	7	57(59,9)	ROMEU E JULIETA(caminhão trucado + reboque) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67 ≤ 2,40m	3D4
	2	16(16,8)	ÔNIBUS E1 = ES, RS, CM 6t ou a capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ED, RD, CM 10t d12 ≤ 3,50m	2CB
	3	19,5(20,5)	ÔNIBUS TRUCADO E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos, carga máxima 13,5t d12 > 2,40m 1,20 < d23 ≤ 2,40m	3CB

Fonte: Adaptado de DNIT (2006c)

ANEXO E – Ábaco para dimensionamento das espessuras do pavimento



Fonte: Manual de Pavimentação do DNIT (2006a)

ANEXO F – Caracterização do Subleito

WBM		RESUMO DE ENSAIOS	
Data:	08/10/2019		
Obra:	PAVIMENTAÇÃO DA RUA CABO BENEDITO ALVES		
Cliente:	JOYCE MIRELLE COSTA SILVA		
Tipo estudo:	CARACTERIZAÇÃO DE SUBLEITO		
Próctor:	NORMAL		
PENEIRAMENTO			
PENEIRAS (POLEGADAS)			% PASSANDO
Granulometria % Passando	# 2"	100,0%	
	# 1"	100,0%	
	# 3/8"	98,1%	
	# Nº 4	95,1%	
	# Nº 10	90,3%	
	# Nº 40	82,6%	
	# Nº 200	59,0%	
CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA			
	Limite de Liquidez	39,3%	
	Índice de Plasticidade	10,2%	
	Índice de Grupo	4,9	
	Classificação T.R.B.	A-6	
	% Retido # 4		
	Pedregulho : Acima 4,8 mm	4,9	
	Areia Grossa : Acima 4,8 - 2,0	4,9	
	Areia Média : 2,0 - 0,42 mm	7,6	
	Areia Fina : Nº 40 - 200	23,6	
	Passando Nº 200	59,0	
	Total	100,0	
	Retido: Nº 10 - 200	31,2	
12 NORMAL	Dens. Máx Laboratório	1.499	
	Umid. Ótima Laboratório	24,4	
	C.B.R.	10,6%	
	Expansão	0,53	
RESUMO DA COMPOSIÇÃO DA MISTURA DOS AGREGADOS			
% DE PROJETO DE ARGILA			100%
LABORATORISTA: Fabrício Marinho			