

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

DOUGLAS DO AMARAL ALVES

**AVALIAÇÃO SUPERFICIAL E PROPOSTA DE SOLUÇÃO DAS PATOLOGIAS DO
PAVIMENTO FLEXÍVEL NA AVENIDA XV DE NOVEMBRO LOCALIZADA NA
CIDADE DE ILCÍNEA – MG**

VARGINHA - MG

2019

DOUGLAS DO AMARAL ALVES

**AVALIAÇÃO SUPERFICIAL E PROPOSTA DE SOLUÇÃO DAS PATOLOGIAS
DO PAVIMENTO FLEXÍVEL NA AVENIDA XV DE NOVEMBRO LOCALIZADA
NA CIDADE DE ILICÍNEA – MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção de grau bacharel.

Orientação: Profa. Ms. Tiely Zurlo Mognhol

VARGINHA - MG

2019

DOUGLAS DO AMARAL ALVES

**AVALIAÇÃO SUPERFICIAL E PROPOSTA DE SOLUÇÃO DAS PATOLOGIAS DO
PAVIMENTO FLEXÍVEL NA AVENIDA XV DE NOVEMBRO LOCALIZADA NA
CIDADE DE ILICÍNEA – MG**

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

Aprovado em 03 / 12 / 2.019

Prof.^a Ms. Tiely Zurlo Mognhol

Prof.^a Esp. Luana Ferreira Mendes

Eng.^a Clélia Rosa

OBS.:

Dedico este trabalho aos meus pais que não mediram esforços para me apoiar e ajudar a chegar até esta etapa. A minha namorada, Natália, pela paciência e compreensão durante esses cinco anos de estudo. Aos meus avós e tio pelo apoio e motivação. E também ao restante da minha família e aos amigos próximos por todo o apoio, compreensão e ajuda durante o curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força e fé em acreditar e seguir, a minha orientadora, Tiely Zurlo Mognhol, pela ajuda fornecida para que este trabalho fosse concluído com o êxito esperado e também ao M. Sc. Antônio de Faria (*in memoriam*) por me dar inspiração para continuar lutando pelos meus objetivos, peço à Deus que ele esteja em paz e olhando sempre por nós. Agradeço também ao professor Armando Belato Pereira por me despertar o grande interesse na área de engenharia dos transportes. Continuo agradecendo a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho, especialmente ao meu amigo Eduardo Gonçalves e os demais colegas e familiares.

“Eu tentei 99 vezes e falhei. Mas na centésima tentativa eu consegui. Nunca desista de seus objetivos, mesmo que eles pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser a vitoriosa. ”

Albert Einstein

RESUMO

A situação das vias brasileira é considerada precária devido a fatores como a falta de manutenção adequada, crescimento elevado de veículos, dificuldade de impor boas condições para o tráfego e falta de investimentos para a recuperação da malha rodoviária. Esses fatores contribuem fortemente para o aumento das patologias nos pavimentos ao longo de sua vida útil. Neste contexto, o objetivo do trabalho é identificar as patologias do pavimento flexível e propor soluções para a Avenida XV de Novembro, em Ilícinea – MG. Para alcançar o objetivo proposto foi feito um levantamento, por meio de registro fotográfico, dos tipos de patologias e inadequações de conservação do pavimento na referida avenida. Em seguida, por meio do índice de Valor de Serventia Atual (VSA) foram avaliados trechos com extensão de 200 metros cada, atribuindo notas entre 0 e 5. Na sequência, utilizando o método de contagem manual, foi determinado o volume médio diário (VMD) de veículos que trafegam na avenida, para determinação do número “N”. Em seguida, adotando os conceitos normativos do DNIT e das IPs 02/2004 e 05/2004 da Prefeitura Municipal de São Paulo, são apresentadas duas propostas para recuperação do pavimento da Avenida XV de Novembro com finalidade de aumentar a vida útil do mesmo. Por fim, elaborou-se um levantamento dos custos dos materiais necessários para execução dessas propostas em comparação com os valores gastos pela Prefeitura Municipal nas intervenções feitas na via no período de vida útil do projeto.

Palavras-chave: Patologias. Valor de Serventia Atual (VSA). Contagem Volumétrica de Veículos. Número “N”. Dimensionamento de pavimento flexível.

ABSTRACT

The situation of the Brazilian roads is considered precarious due to factors such as lack of proper maintenance, high vehicle growth, difficulty in imposing good conditions for traffic and lack of investments to recover the road network. These factors contribute greatly to the increase of pathologies in pavements over their useful life. In this context, the objective of this work is to identify the pathologies of flexible pavement and to propose solutions for Avenida XV de Novembro, in Ilícinea - MG. To achieve the proposed objective, a survey was made, through photographic record, of the types of pathologies and inadequacies of pavement conservation on that avenue. Then, using the Current Servant Value Index (VSA), stretches of 200 meters each were evaluated, giving grades between 0 and 5. Subsequently, using the manual counting method, the average daily volume (VMD) of vehicles traveling on the avenue was determined to determine the "N" number. Then, adopting the normative concepts of DNIT and IPs 02/2004 and 05/2004 of the São Paulo City Hall, two proposals for the pavement recovery of Avenida XV de Novembro are presented with the purpose of increasing its useful life. Finally, a survey was made of the costs of materials needed to carry out these proposals in comparison with the amounts spent by the City Hall on road interventions during the project's lifetime.

Keywords: *Pathologies. Current Servant Value (VSA). Volumetric Counting of Vehicles. Number "N" Design of fleece floor.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição dos esforços nos pavimentos flexíveis e rígido.	25
Figura 2 - Camadas do pavimento flexível.....	26
Figura 3 - Agregados naturais (a- areia fina, b- areia média, c- pedrisco, d- pó de pedra).....	27
Figura 4 - Agregados artificiais (xisto expandido).	28
Figura 5 - Classificação dos agregados.	28
Figura 6 - Composição granulométrica dos tipos de misturas a quente.....	29
Figura 7 - Recomendação para manutenções do pavimento.	30
Figura 8 - Realização de tapa buraco.	31
Figura 9 - Recapeamento de uma via.	31
Figura 10 - Erosão na pista.	32
Figura 11 - Ondulação (O).	33
Figura 12 - Afundamento plástico local (ALP) e na trilha da roda (ATP).....	34
Figura 13 - Afundamento de consolidação da trilha da roda (ATC).	34
Figura 14 - Escorregamento (E).....	35
Figura 15 - Exsudação (EX).	35
Figura 16 - Desgaste (D).	36
Figura 17 - Panela ou Buraco (P).....	36
Figura 18 - Remendo profundo (RP) e superficial (RS).	37
Figura 19 - Fissuras.....	37
Figura 20 - Trinca isolada transversal curta (TTC) e longa (TTL).....	38
Figura 21 - Trinca isolada longitudinal curta (TLC) e longa (TLL).	39
Figura 22 - Trinca isolada de retração (TRR).....	39
Figura 23 - Trinca tipo "Couro de Jacaré" com erosão (JE) e sem erosão (J).....	40
Figura 24 - Trinca tipo "Bloco" com erosão (TBE) e sem erosão (TB).....	40
Figura 25 - Defeitos patológicos.....	43
Figura 26 - Tipos de trincas e afundamentos.....	43
Figura 27 - Ficha de avaliação de serventia.	46
Figura 28 - Relação entre VSA e tráfego ou tempo decorrido de utilização da via.	47
Figura 29 - Ficha de contagem volumétrica I.	49
Figura 30 - Ficha de contagem volumétrica II.....	49
Figura 31 - Dimensionamento do pavimento.	56
Figura 32 - Avenida XV de Novembro.....	58

Figura 33 - Avenida XV de Novembro por trechos.....	59
Figura 34 - Pavimentos do Trecho 6 e do Trecho 7.....	69
Figura 35 - Espessuras finais das camadas da primeira proposta de recuperação.....	82
Figura 36 - Espessuras finais das camadas da segunda proposta de recuperação.	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valor de Serventia Atual (VSA).	44
Quadro 2 - Conceitos de VSA.	45
Quadro 3 - Espessura mínima de revestimento asfáltico em relação ao número "N".	50
Quadro 4 - Classificação das vias e parâmetros de tráfego.	51
Quadro 5 - Fator de Equivalência Total (e).	52
Quadro 6 - Espessuras recomendadas e o tipo de material.	53
Quadro 7 - Coeficientes estruturais do revestimento.	54
Quadro 8 - Coeficientes estruturais em função das relações de CBR.	55
Quadro 9 - Determinação das espessuras do pavimento.	56
Quadro 10 - Patologias encontradas nos trechos.	61
Quadro 11 - VSA do trecho 1.	62
Quadro 12 - VSA do trecho 2.	63
Quadro 13 - VSA do trecho 3.	64
Quadro 14 - VSA do trecho 4.	65
Quadro 15 - VSA do trecho 5.	66
Quadro 16 - VSA do trecho 6.	67
Quadro 17 - VSA do trecho 8.	68
Quadro 18 - Valor médio do VSA da Avenida XV de Novembro.	70
Quadro 19 - Contagem volumétrica de veículos (Segunda-feira).	71
Quadro 20 - Contagem volumétrica de veículos (Terça-feira).	71
Quadro 21 - Contagem Volumétrica de Veículos (Quarta-feira).	72
Quadro 22 - Contagem Volumétrica de Veículos (Quinta-feira).	72
Quadro 23 - Contagem Volumétrica de Veículos (Sexta-feira).	73
Quadro 24 - Extrapolação do Volume Hora para um dia (24 horas).	73
Quadro 25 - Classificação da via.	74
Quadro 26 - Determinação do número "N".	75
Quadro 27 - Coeficiente de equivalência estrutural do revestimento e base da primeira proposta.	77
Quadro 28 - Coeficientes da sub-base e reforço do subleito.	78
Quadro 29 - Ábaco da base.	79
Quadro 30 - Ábaco da sub-base.	80
Quadro 31 - Ábaco do reforço do subleito.	81

Quadro 32 - Resumo das espessuras da primeira proposta.	81
Quadro 33 - Coeficiente de equivalência estrutural do revestimento e base da segunda proposta.	82
Quadro 34 - Coeficientes da sub-base e reforço do subleito.	83
Quadro 35 - Ábaco da base.....	84
Quadro 36 - Ábaco da sub-base.....	85
Quadro 37 - Ábaco do reforço do subleito.	86
Quadro 38 - Resumo das espessuras da segunda proposta.....	86
Quadro 39 - Área de pavimento da avenida XV de Novembro.....	88
Quadro 40 - Volume de CBUQ da primeira proposta de reconstrução.	88
Quadro 41 - Volume de BGS da primeira proposta de reconstrução.....	89
Quadro 42 - Volume de Bica Corrida da primeira proposta de reconstrução.	89
Quadro 43 - Volume de Solo Argiloso da primeira proposta de reconstrução.....	89
Quadro 44 - Custo dos materiais da primeira proposta.....	90
Quadro 45 - Volume de CBUQ da segunda proposta de reconstrução.....	90
Quadro 46 - Volume de BGTC da segunda proposta de reconstrução.	91
Quadro 47 - Volume de Bica Corrida da segunda proposta de reconstrução.....	91
Quadro 48 - Volume de Solo Argiloso da segunda proposta de reconstrução.	91
Quadro 49 - Custo dos materiais da segunda proposta.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das patologias (Codificação e Classificação).	41
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição das notas de VSA pelos trechos em estudo.	69
---	----

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ALC – Afundamento de consilidação local.

ALP – Afundamento plástico local.

ANP – Agência Nacional do Petróleo.

ATC – Afundamento de consolidação da trilha da roda.

ATP – Afundamento plástico da trilha da roda.

BGS – Brita graduada simples.

BGTC – Brita graduada tratada com cimento.

CAP – Cimento asfáltico de petróleo.

CBR – Índice de Suporte Califórnia.

CBRref – Índice de Suporte Califórnia do reforço do subleito.

CBRsb – Índice de Suporte Califórnia da sub base.

CBRsl – Índice de Suporte Califórnia do subleito.

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente.

CNT – Confederação Nacional dos Transportes de Rodovias.

D – Desgaste.

DEER/MG – Departamento de Edificação e Estradas de Rodagem de Minas Gerais.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte.

E – Escorregamento.

EX – Exsudação.

IP – Instrução de Projetos.

IPI – Índice de plasticidade.

J – Trinca tipo couro de jacaré sem erosão.

JE – Trinca tipo couro de jacaré com erosão.

KB- Coeficiente da base.

KR – Coeficiente do revestimento.

Kref – Coeficiente do reforço do subleito.

KS – Coeficiente da sub base.

LL – Limite de liquidez.

NBR – Normas técnicas.

O – Ondulações.

P – Panela ou buraco.

RP – Remendo profundo.

RS – Remendo superficial.

TB – Trinca tipo bloco sem erosão.

TBE – Trinca tipo bloco com erosão.

TLC – Trinca isolada longitudinal curta.

TLL – Trinca isolada longitudinal longa.

TTC – Trinca isolada transversal curta.

TTL – Trinca isolada transversal longa.

TRR – Trinca isolada de retração.

VMD – Volume médio diário.

VSA – Valor de Serventia Atual.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 OBEJTIVOS	21
2.1 Objetivo geral	21
2.2 Objetivos específicos	21
3 JUSTIFICATIVA	22
4 REFERÊNCIAL TEÓRICO	23
4.1 Planejamento de transporte	23
4.2 Revestimento asfáltico	23
4.2.1 CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo)	23
4.2.1.1 Tipos de CAP.....	24
4.3 Pavimento	24
4.3.1 Classificação dos pavimentos	25
4.4 Pavimentação asfáltica	26
4.4.1 Agregados	27
4.4.2 Classificação dos agregados	28
4.4.3 Misturas usinadas	28
4.4.4 Misturas a quente	29
4.4.4 Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)	30
4.5 Conservação da rodovia	30
4.5.1 Operação corretiva rotineira	31
4.5.2 Operação preventiva periódica	31
4.5.3 Operação de emergência.....	32
4.6 Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos	32
4.6.1 Corrugações e Ondulações (O)	32
4.6.2 Afundamento.....	33
4.6.2.1 Afundamento plástico.....	33
4.6.2.2 Afundamento de consolidação	34

4.6.3 Escorregamento (E).....	34
4.6.4 Exsudação (EX)	35
4.6.5 Desgaste (D)	35
4.6.6 Panela ou buraco (P).....	36
4.6.7 Remendo	36
4.6.8 Fendas.....	37
4.6.8.1 Fissuras	37
4.6.8.2 Trincas	38
4.6.8.2.1 Trincas isoladas	38
4.6.8.2.2 Trincas interligadas	39
4.7 Valor de serventia atual (VSA).....	44
4.8 Contagem volumétrica de veículos	47
4.8.1 Classificação das contagens.....	47
4.8.2 Contagem manual.....	48
4.9 Número “N”	50
4.10 Índice de Suporte Califórnia (CBR).....	52
5 METODOLOGIA	57
5.1 Classificação da Pesquisa	57
5.2 Planejamento da Pesquisa.....	57
5.3 Caracterização do estudo de caso	57
5.4 Etapas da Pesquisa	59
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
6.1 Avaliação do VSA por trecho na Avenida XV de Novembro	61
6.2 Trecho 1 – Avenida XV de Novembro.....	61
6.3 Trecho 2 – Avenida XV de Novembro.....	63
6.4 Trecho 3 – Avenida XV de Novembro.....	64
6.5 Trecho 4 – Avenida XV de Novembro.....	65
6.6 Trecho 5 – Avenida XV de Novembro.....	66
6.7 Trecho 6 – Avenida XV de Novembro.....	67
6.8 Trecho 8 – Avenida XV de Novembro.....	68

6.9 Estudo de Contagem Volumétrica de Veículos	70
6.10 Determinação do número “N”	74
6.11 Reconstrução da Avenida XV de Novembro	75
6.12 Levantamento de custos de materiais	87
7 CONCLUSÃO	93
REFERÊNCIAS	95
APÊNDICE A	97

1 INTRODUÇÃO

Segundo Bernucci *et al* (2008) o pavimento é uma estrutura construída sobre a terraplenagem com objetivo de proporcionar aos usuários economia, conforto e segurança, visto que as condições apresentadas sobre uma via têm como principal finalidade apresentar uma melhor qualidade de rolamento, rapassando para aos usuários uma condição de redução de custos operacionais dos veículos e redução do índice de acidentes.

Hoje no Brasil, várias vias encontram-se em situações precárias, em função do crescimento elevado de veículos que circulam no país, da dificuldade de impor boas condições nas vias, e na falta de investimentos para recuperação da malha rodoviária. Esses fatores contribuem fortemente para o aumento de patologias nos pavimentos ao longo de sua vida útil.

Segundo Bernucci *et al* (2008) principal finalidade da pavimentação é que toda a estrutura resista aos esforços verticais (peso dos veículos) e horizontais (desgaste), garantindo que a superfície de rolamento seja mais durável. No entanto, as as más condições das vias têm elevado os custos de operações nos serviços de transportes como fretes, custo de manutenção, entre outras.

Neste contexto, a garantia de segurança e eficiência operacional nas vias também significa economia nos custos de transportes. Como consequência, um sistema de transporte eficiente torna um país mais competitivo no mercado nacional e na exportação de seus produtos.

Em vista do exposto, este trabalho foi elaborado com intuito de analisar as patologias superficiais do pavimento flexível da Avenida XV de Novembro na cidade de Ilícinea – MG, por meio do método do Valor de Serventia Atual (VSA). O VSA tem como objetivo organizar, caracterizar e quantificar valores e dados sobre os principais defeitos encontrados no pavimento, além de dar subsídio ao profissional da área para propor a solução mais adequada, visando a melhoria funcional do pavimento asfáltico, especialmente nos casos em que a via não apresenta condições apropriadas para uma boa trafegabilidade.

2 OBEJTIVOS

2.1 Objetivo geral

Esse trabalho, tem como objetivo geral a análise das patologias encontradas nos trechos da Avenida XV de Novembro, incluindo a identificação das causas dessas patologias e apresentação de propostas para solução dos problemas a longo prazo.

2.2 Objetivos específicos

- Definir os trechos da via em estudo;
- Identificar as patologias encontradas em cada trecho estudado de acordo com Procedimento DNIT 005/2003 – TER;
- Estabelecer o VSA (Valor de serventia atual) de acordo com a Norma DNIT 009/2003-PRO;
- Classificar a via, o tráfego e identificar o número “N”, tomando como base a contagem volumétrica de veículos de acordo com o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006) e a (IP – 02/2004 Classificação de Vias) da Prefeitura do Município de São Paulo;
- Definir a melhor solução técnica para os problemas identificados, utilizando como base o método adotado pelo Manual de Pavimentação do DNIT (2006) e a Instrução de Projetos 05/2004 da Prefeitura do Município de São Paulo;
- Apresentar um levantamento de custos dos materiais para execução da solução proposta em comparação as medidas paliativas adotadas pela Prefeitura Municipal da cidade.

3 JUSTIFICATIVA

Segundo a Confederação Nacional dos Transportes de Rodovias (CNT, 2019) o setor rodoviário é responsável pela movimentação de mais de 60% das mercadorias e de mais de 90% dos passageiros no território brasileiro, mas enfrenta graves problemas com a baixa qualidade da infraestrutura do país, onde apenas 12,4% da malha rodoviária é pavimentada. Ainda segundo a Confederação Nacional dos Transportes de Rodovias (2019), frota de veículos por sua vez, aumentou 63,6% no período de 2009 a 2017, chegando a quase 100 milhões de veículos em circulação no Brasil.

Para Bruno Batista (CNT, 2019) diretor-executivo da Confederação Nacional dos Transportes de Rodovias, os índices de pavimentação são alarmantes e mostram que a solução passa, necessariamente, por investimentos em infraestrutura. Neste sentido, percebe-se a necessidade de expandir e melhorar a qualidade da malha rodoviária brasileira, a fim de atender a demanda por escoamento de mercadorias e demais usuários das rodovias.

Diante do exposto, é necessário maior investimento no setor rodoviário, especialmente no que se refere a análise funcional e estrutural do pavimento, aliado ao monitoramento das condições das vias, a fim de adotar a melhor tratativa de conservação e manutenção. Cabe ressaltar que as manutenções periódicas visam reduzir gastos com intervenções maiores, uma tendência para o caso de rodovias negligenciadas pelo poder público e expostas as condições climáticas e esforços estruturais do tráfego.

Portanto, este trabalho se justifica por dois motivos. O primeiro refere-se a importância da Avenida XV de Novembro que possui características como o tráfego elevado devido a sua localização geográfica dentro da cidade e por ser uma avenida cortada pela BR 265-MG para a ligação das cidades de Carmo do Rio Claro – MG, Guapé – MG e Boa Esperança – MG. O segundo motivo refere-se a condição econômica, tendo em vista que esta avenida é uma importante via de escoamento de mercadorias para rodovias de grande porte, como é o caso da Rodovia Fernão Dias (BR 381-MG). Cabe destaque para o fato de que a situação atual da avenida é preocupante, pois necessita de uma rápida intervenção para a solução das patologias identificadas e melhoria na superfície do pavimento, a fim de evitar transtornos com acidentes, reduzir a manutenção dos veículos que trafegam na via e melhorar a qualidade do tráfego.

4 REFERÊNCIAL TEÓRICO

4.1 Planejamento de transporte

De acordo com Campos (2013) planejamento de transporte se define em medidas ou em estratégias que podem variar de uma simples intervenção em um único sistema de transporte, como o aumento da frequência no sistema e a implantação de novos conceitos de transporte. Ainda segundo ela, um planejamento adequado tem a necessidade de se fazer uma estimativa da demanda de transporte, porque sem essa estimativa a medida mais conveniente a ser estabelecida visando as comodidades de seus usuários não seria possível.

Campos (2013) cita ainda que as estimativas da demanda são feitas a partir de métodos de projeção ou modelos de planejamento de transporte, onde através dessas alternativas se busca modelar o comportamento do tráfego e definir qual se encaixa melhor para aquela realidade da região.

4.2 Revestimento asfáltico

Utiliza-se como revestimento no Brasil para execução de pavimentos uma mistura de agregados minerais de tamanhos distintos, podendo citar por exemplo a Brita Graduada Simples (BGS) que possuem ligantes asfálticos como o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), que de forma adequada proporciona os requisitos de estabilidade, flexibilidade, impermeabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem e resistência à fadiga, de acordo com o clima da região e o tráfego previsto para o local. (IME, 2008).

4.2.1 CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo)

De acordo com que diz Leite (2003) o CAP é um material composto por adesivo termoplástico, impermeável à água, viscoelástico e pouco reativo.

- Termoplástico – permite que seja realizado um manuseio a quente. Em seguida, o resfriamento retorna à condição de viscoelasticidade;
- Impermeável – evita que haja penetração de água (chuva) na estrutura do pavimento, fazendo com que força o escoamento para os dispositivos de drenagem;
- Viscoelástico – desperta o comportamento elástico sob aplicação de carga curta e o viscoso sob longos tempos de aplicação;

- Pouco reativo – em termos químicos, somente o contato com ar pode ocasionar uma oxidação lenta, mas pode ser acelerado pelo aumento da temperatura;

4.2.1.1 Tipos de CAP

Segundo Leite (2003) o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) pode ser classificado segundo a viscosidade e penetração, sendo utilizado em serviços a quente como o concreto asfáltico, pré-misturado, areia-asfáltica e tratamento superficial.

O CAP não deverá ser aquecido acima de 177° C, sob risco de oxidação e craqueamento térmico do ligante. O aquecimento deverá ser efetuado até obter-se a consistência adequada a sua aplicação, sendo a temperatura ideal de emprego obtida pela relação viscosidade/temperatura. Não deverá ser aplicado em dias de chuva, em superfícies molhadas e em temperaturas ambiente inferior a 10° C (STRATURA, 2019).

De acordo com a resolução ANP (Agência Nacional do Petróleo) nº19, que concebeu as novas especificações brasileiras dos Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP) designando que as penetrações provêm exclusivamente da classificação do asfalto a ser aplicado. No comércio há quatro tipos de CAP para aplicação, sendo eles:

- CAP 30/45;
- CAP 50/70;
- CAP 85/100;
- CAP 150/200.

4.3 Pavimento

A palavra pavimento segundo Bernucci *et al* (2008) significa uma estrutura onde se tem várias camadas disposta sobre a superfície final de terraplanagem, tendo como objetivo resistir aos esforços ocasionados pela movimentação de veículos. Superfícies essas que se definem em revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito.

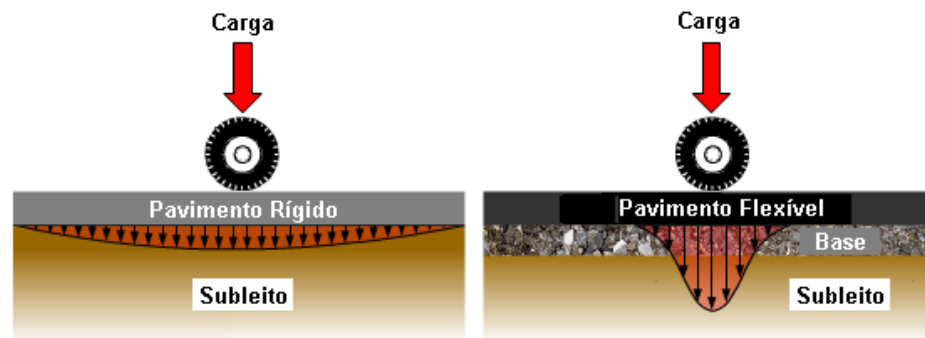
Pavimento também para o DNIT (2006, p.95) “ [...] é como uma superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assente sobre um semi-espaço considerado teoricamente finito, a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito”.

4.3.1 Classificação dos pavimentos

De acordo com DNIT (2006, p. 95), os pavimentos são classificados em pavimentos flexíveis, semirrígidos e rígidos.

- Flexível: é aquele em que as camadas sofrem deformações elásticas significativas sob o carregamento realizado e, assim, toda a carga se distribui nas camadas de forma quase equivalente;
- Semirrígido: sua característica é sua base cimentada por um aglutinante, podendo ser exemplificada por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica;
- Rígido: tem uma elevada rigidez nas camadas inferiores, portanto, absorve todas as tensões provenientes do carregamento aplicado em sua superfície;

Figura 1 - Distribuição dos esforços nos pavimentos flexíveis e rígido.



Fonte: (Balbo, 2011).

De acordo com a NBR 7207/1982 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pavimento é uma estrutura construída logo após execução do terraplenagem e destinada de maneira econômica de modo a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego, resistir aos esforços horizontais (desgaste) e melhorar as condições de rolamento diante da comodidade e segurança.

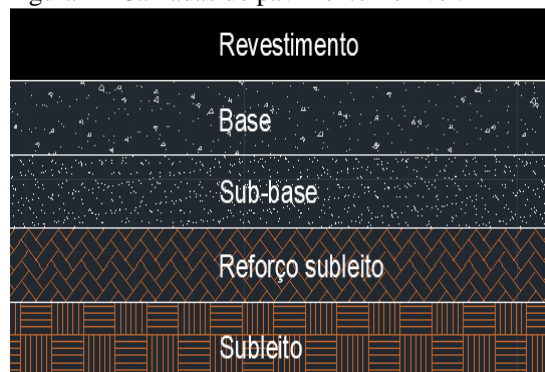
A NBR 7207/1982 ABNT diz que as camadas constituintes do pavimento são respectivamente:

- Subleito – é o terreno de fundação do pavimento;
- Reforço do subleito – é a camada com características geotécnicas inferiores ao material que será lançado superior a sub-base ou base, contudo suas condições apresentadas geotecnicamente são melhores que ao material do subleito.

- Sub-base – é a camada que complementar a base, quando por circunstâncias técnico-econômico não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização;
- Base – camada que tem como objetivo resistir e distribuir os esforços providos do tráfego;
- Revestimento – camada essa onde se passa todo o rolamento dos veículos que circulam na via, tem objetivo de transmitir conforto, segurança e resistência ao desgaste;

A figura 2 a seguir ilustra uma seção típica de pavimento flexível com as camadas de subleito, reforço-subleito, sub-base, base e revestimento.

Figura 2 - Camadas do pavimento flexível.



Fonte: (O Autor, 2019).

4.4 Pavimentação asfáltica

Conforme diz Bernucci *et al* (2008), a pavimentação asfáltica por proporcionar uma forte ligação entre os agregados de sua composição e dando uma flexibilidade controlada, uma alta impermeabilidade, grande durabilidade e uma boa resistência a ácidos é muito utilizada, podendo ser tanto a quente quanto a frio e com aditivos ou sem.

O asfalto é um dos mais antigos e versáteis materiais de construção utilizados pelo homem [...] O uso em pavimentação é um dos mais importantes entre todos e também um dos mais antigos. Na maioria dos países do mundo, a pavimentação asfáltica é a principal forma de revestimento. No Brasil cerca de 95% das estradas pavimentadas são de revestimento asfáltico, além de ser também utilizado em grande parte nas ruas. (Bernucci, 2008, p. 25).

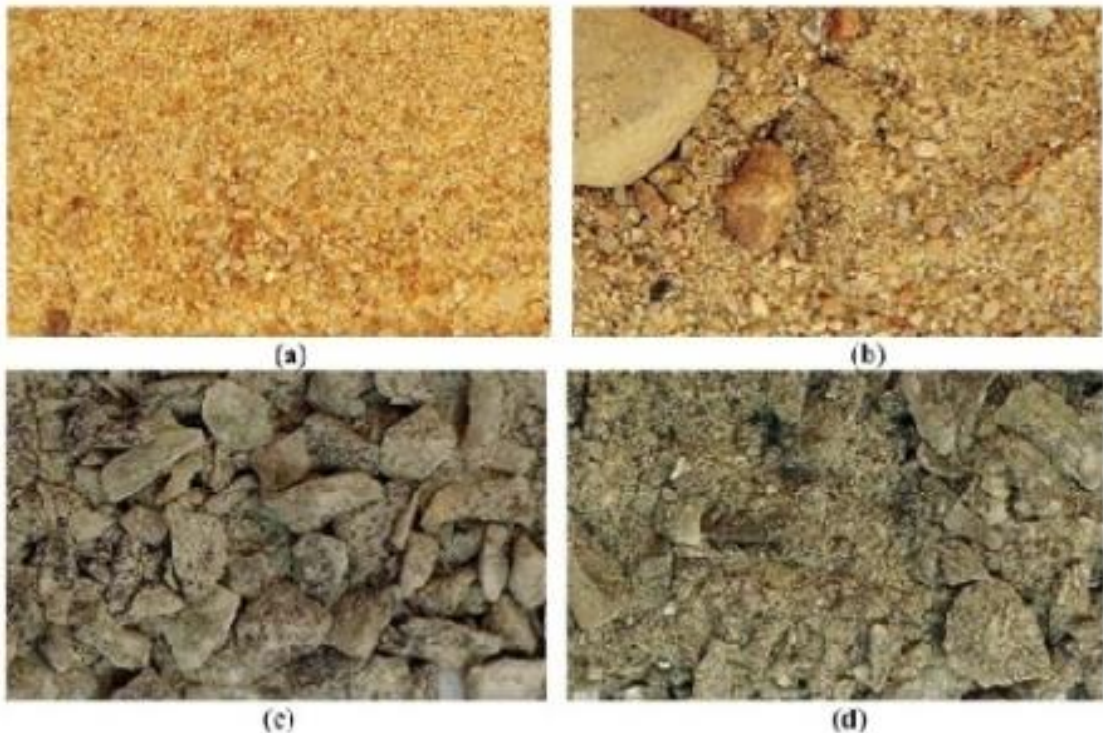
Bernucci *et al* (2008) afirma ainda que a referência do material asfalto é o betume, seu maior componente, que surgiu a partir da destilação do petróleo e possui características termoviscoplasticas, impermeáveis em relação a água e pouco reativo, mas mesmo assim ainda

sofre de envelhecimento provindo da oxidação lenta em contato com o ar e água que são os causadores de patologias ao longo da vida útil do pavimento.

4.4.1 Agregados

De acordo com Bernucci *et al* (2008) os agregados podem ser tanto naturais como artificiais. Nos agregados naturais, suas características são mantidas sendo utilizado da forma que é descoberto na natureza ou produzidos por procedimentos de britagem como seixos, areias, britas, pedregulhos. Já os agregados artificiais se definem como aqueles em que os grãos são oriundos de subprodutos de processo industrial por alteração física, química do material natural, como exemplo a argila expandida ou argila calcinada (DNIT, 2006). A figura 3 mostra os agregados naturais.

Figura 3 - Agregados naturais (a- areia fina, b- areia média, c- pedrisco, d- pó de pedra).



Fonte: (Engenharia civil para estudantes, 2014).

A figura 4 mostra um xisto expandido como exemplo de agregados artificiais.

Figura 4 - Agregados artificiais (xisto expandido).

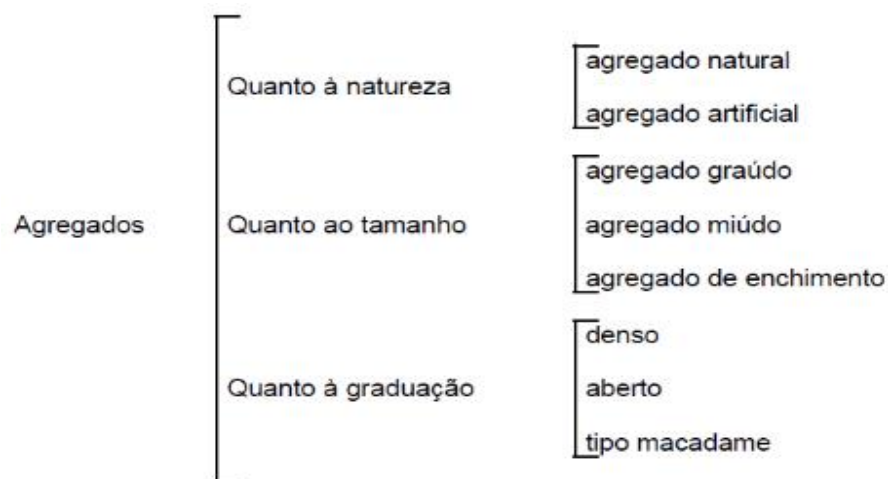


Fonte: (Engenharia civil para estudantes, 2014).

4.4.2 Classificação dos agregados

O DNIT (2006) diz que os agregados utilizados na pavimentação podem ser definidos de acordo com sua natureza, tamanho e distribuição dos grãos conforme a figura 5 mostra a seguir.

Figura 5 - Classificação dos agregados.



Fonte: (DNIT, 2006).

4.4.3 Misturas usinadas

Bernucci *et al* (2008) define essa mistura em combinações produzidas em usinas estacionárias onde, logo após a produção são levadas por um caminhão até o trecho e lançadas

por uma vibroacabadoras. Posteriormente são compactadas de maneira que atenda as exigências de projeto e as normas de qualidade. Este tipo de mistura por ser usinadas a quente e também pré-misturadas a frio.

4.4.4 Misturas a quente

Para Bernucci *et al* (2008) são misturas efetuadas em usinas de processo a quente onde devem ser classificadas de acordo com o padrão de granulometria, características mecânicas esperadas e também em função da aplicação destinada. O tipo mais utilizado dessa mistura no Brasil é a de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). Segundo ela esse tipo de mistura pode ser dividido em três tipos de graduação dos agregados.

- Graduação densa – curva granulométrica contínua e bem graduada, de forma a proporcionar um esqueleto mineral com poucos vazios visto que os agregados de dimensões menores preenchem os vazios dos maiores;
- Graduação aberta – curva granulométrica uniforme com agregados quase exclusivamente de um tamanho só, de forma a proporcionar um esqueleto mineral com muitos vazios interconectados, com insuficiência de material fino (menor que 0,075 mm) para preencher os vazios entre as partículas maiores, proporcionando assim um elevado volume de vazios com ar e drenando a água permitindo a percolação da mesma no interior da mistura asfáltica;
- Graduação descontínua – curva granulométrica com proporcionalidade dos grãos de maiores dimensões em quantidade dominante em relação aos grãos de dimensões intermediárias, completados por certa quantidade de finos de forma a ter uma curva descontínua em certas peneiras, com o objetivo de tornar o esqueleto mineral mais resistente a deformação permanente com o maior número de contatos entre os agregados graúdos.

Figura 6 - Composição granulométrica dos tipos de misturas a quente.



Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

4.4.4 Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)

Segundo o que diz Baldo (2007), o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) é a mistura mais comum utilizada para execução de revestimentos no país. Os materiais empregados em sua fabricação e os processos de controle exigidos para sua execução são fatores que contribuem para utilização. Possui uma mistura de agregados minerais (naturais, ou artificiais, britados ou em sua forma disponível) de material fino (pó de pedra, cimento Portland ou finos calcários) e de cimento asfáltico de petróleo (CAP), tendo a homogeneização a quente desses materiais em uma usina misturadora.

A norma NBR 7207/82 diz que a camada de revestimento deve ter algumas características, sendo elas:

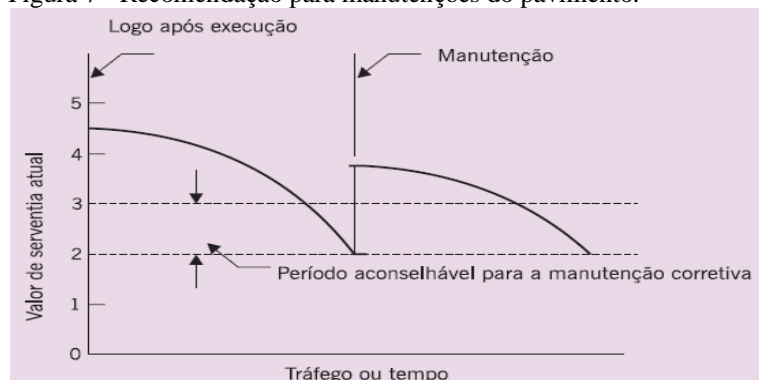
- Resistir diretamente as ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores;
- Ter a função de impermeabilizante no pavimento;
- Melhorar as condições de segurança do tráfego de veículos;
- Permitir o conforto aos usuários da via;

4.5 Conservação da rodovia

Diante do que fala o Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), a conservação rodoviária se define em um conjunto de operações corretivas rotineiras, periódicas e de emergências realizadas com o objetivo de preservar as características técnicas e físico-operacionais do sistema de tráfego e das instalações, dentro dos padrões estabelecidos.

Bernucci *et al* (2008) fala que o período para a manutenção dos pavimentos está diretamente ligado ao Valor de Serventia Atual (VSA) e o tráfego ou tempo, podendo ser ilustrado pela figura 7 a seguir.

Figura 7 - Recomendação para manutenções do pavimento.



Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

4.5.1 Operação corretiva rotineira

Tem como objetivo reparar ou sanar um defeito e restabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia, trazendo assim conforto e segurança ao usuário. Pode citar de operação a execução de tapa buracos, selagem de trincas, conforma mostra a figura 8.

Figura 8 - Realização de tapa buraco.



Fonte: (DNIT, 2016).

4.5.2 Operação preventiva periódica

Tem como objetivo evitar o surgimento ou agravamento de defeitos. Trata-se de tarefas feitas durante o ano, mas cuja a frequência de execução depende do trânsito, topografia e clima. Alguns exemplos que podem ser destacados são a execução de tapa buracos, remendo profundo com demolição parcial, recapeamento, entre outros. A figura 9 abaixo mostra o recapeamento de uma via.

Figura 9 - Recapeamento de uma via.



Fonte: (Vitor, 2016).

4.5.3 Operação de emergência

Tem como objetivo o serviço ou a recuperação dos trechos onde tenham sido seccionados, obstruídos ou danificados por um evento extraordinário ou até mesmo catastrófico em que ocasionou a interrupção do tráfego na rodovia. Exemplificando este tipo de operação, pode-se destacar erosão na pista, desmoronamento de aterro ou barranco, entre outros. A figura 10 mostra uma exemplificação de uma causa para operação de emergência.

Figura 10 - Erosão na pista.



Fonte: (Polícia Rodoviária Federal, 2017).

4.6 Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos

Diante do que fala a Norma DNIT 005/2003-TER, as patologias dos pavimentos possuem terminologias corretas e adequadas para a normatização de estudos e levantamentos, podendo ser classificadas como:

- Deformações na superfície (Corrugações e Afundamento);
- Panela;
- Escorregamento do revestimento betuminoso;
- Trincas e fissuras (Fendas);

4.6.1 Corrugações e Ondulações (O)

As corrugações segundo Bernucci *et al* (2008) são deformações transversais ao eixo da pista, em geral compensatórias, com depressões intercaladas de elevações com comprimento de onda entre duas cristas de alguns centímetros ou dezenas de centímetros.

As ondulações são definidas por Bernucci *et al* (2008) como também sendo deformações transversais com decorrências na maioria das vezes da consolidação diferencial do subleito, tendo a diferença da corrugação no comprimento da onda entre duas cristas da ordem de metros. As duas são classificadas pela letra (O) pela norma do DNIT 005/2003 – TER. A figura 11 mostra esse tipo de defeito. As principais causas são a compactação inadequada das camadas do pavimento ou acabamento deficiente, a sobrecarga provocada pelo tráfego ou ainda tráfego com alternância de direção, como em cruzamentos e rotatórias.

Figura 11 - Ondulação (O).



Fonte: (DNIT 005/2003 – TER, 2003).

4.6.2 Afundamento

Diante da codificação definida na PRO 008 e TER 01 do DNER (atual DNIT), os afundamentos são deformações plásticas (permanentes) assinalados por depressão longitudinal da superfície do pavimento e causadas pela ação do tráfego com as passagens das cargas de rodas dos pneus e intenso fluxo, podendo ser caracterizados em plásticos ou de consolidação.

4.6.2.1 Afundamento plástico

Segundo DNIT 005/2003-TER são afundamentos causados por fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito acompanhado do levantamento, quando sua extensão for de até 6 metros é denominado afundamento plástico local (ALP), se for maior que 6 metros se defini em afundamento plástico da trilha de roda (ATP). Esse tipo de afundamento ocorre geralmente quando há a ruptura por cisalhamento de uma ou mais camadas do pavimento, em função de sobrecarga ou perda da capacidade de suporte das camadas em função de saturação das camadas de solo ou calor excessivo incidindo sobre a camada betuminosa.

Figura 12 - Afundamento plástico local (ALP) e na trilha da roda (ATP).



Fonte: (DNIT 005/2003 – TER, 2003).

Fonte: (DNIT 005/2003 – TER, 2003).

4.6.2.2 Afundamento de consolidação

O DNIT 005/2003 – TER defini esse tipo de afundamento como sendo causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, não estando acompanhado do solevamento. Pode ser definido da mesma forma que o afundamento plástico, sendo o afundamento de consolidação local (ALC) quando a extensão da patologia não ultrapasse 6 metros e afundamento de consolidação da trilha de roda (ATC) quando for superior a 6 metros ao longo da trilha de roda.

Figura 13 - Afundamento de consolidação da trilha da roda (ATC).



Fonte: (Silva, 2008).

4.6.3 Escorregamento (E)

O DNIT 005/2003 – TER defini como sendo escorregamento o deslocamento do revestimento em relação a camada abaixo do pavimento, surgindo fendas em forma de meia-lua. Isso ocorre em pavimentos submetidos a calor excessivo o que provoca a fluência do CBUQ, também pode ser causado pelo emprego de massas asfálticas com excesso de CAP e escassez de vazios, ou em situações em que o CAP empregado era muito fluido em função do tráfego e do tipo de carregamento (locais de grande aceleração/frenagem ou com fluxo lento e canalizado), além disso, uma pintura de ligação inadequada também poderia causar escorregamentos.

Figura 14 - Escorregamento (E).

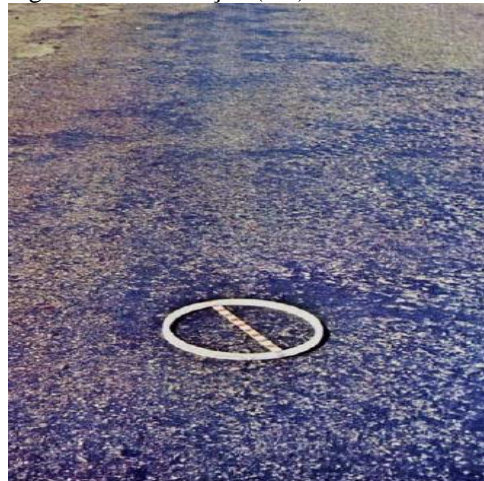


Fonte: (DNIT 005/2003 – TER, 2003).

4.6.4 Exsudação (EX)

Para DNIT 005/2003 – TER exsudação é o excesso de ligante betuminoso na parte superior do pavimento causado pelo deslocamento do betume através do revestimento. Isso pode ocorrer em função do calor excessivo que provoca fluência do CBUQ, do emprego de massas com excesso de CAP e escassez de vazios, do emprego de CAP muito fluido e ainda em função da granulometria inadequada do CBUQ. Em dias quentes, um pavimento que sofreu exsudação parece molhado ao ser observado de longe, em função do reflexo da luz, ao se aproximar do ponto em questão se percebe o defeito.

Figura 15 - Exsudação (EX).



Fonte: (DNIT 005/2003 – TER).

4.6.5 Desgaste (D)

Conforme a norma do DNIT 005/2003 – TER, desgaste é o efeito da perda progressiva do agregado do pavimento, sendo caracterizado por ter a superfície aspreza e sendo provocado por esforços tangenciais vindos pelo tráfego.

Figura 16 - Desgaste (D).



Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

4.6.6 Panela ou buraco (P)

Segundo a norma do DNIT 005/2003 – TER a panela ou buraco tem como característica uma cavidade formada na superfície do pavimento, podendo chegar nas demais camadas inferiores, causadas principalmente por falta de aderência entre camadas superpostas provocando a desagregação das camadas do pavimento.

Figura 17 - Panela ou Buraco (P).



Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

4.6.7 Remendo

Diante do que diz o DNIT 005/2003 – TER, define-se remendo como sendo a panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapaburaco”, podendo ser:

- Remendo profundo (RP): substituição do revestimento e, eventualmente de uma ou mais camadas inferiores do pavimento.
- Remendo superficial (RS): Correção da área do pavimento pela aplicação de uma camada betuminosa.

Podem ser resultado de uma operação “tapa-buraco” como dito acima, buscando minimizar os efeitos de placas já existentes, ou ainda, serem resultado de alguma intervenção de natureza não estrutural no pavimento, como por exemplo, em casos de vias em que o sistema de esgoto passa sob o pavimento, eventualmente, pode ser necessário “abrir” o pavimento para possíveis manutenções da tubulação, após finalização do serviço, o pavimento é refeito através de um remendo.

Figura 18 - Remendo profundo (RP) e superficial (RS).



Fonte: (O autor, 2019).

Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

4.6.8 Fendas

Segundo Bernucci *et al* (2008) fendas se definem como aberturas na superfície asfáltica e podem ser classificadas como fissuras, abertura que pode ser notável a olho nu com a distância inferior a 1,50 metros, e também como trincas onde a abertura é maior que a fissura.

4.6.8.1 Fissuras

A norma 005/2003 – TER do DNIT caracteriza como fenda de largura capilar no pavimento, no sentido longitudinal, transversal ou obliquamente da via, podendo ser visto somente a uma distância menor ou igual a 1,50 metros como citado acima.

Figura 19 - Fissuras.



Fonte: (SINTRALOG, 2018).

4.6.8.2 Trincas

Como diz a norma do DNIT 005/2003 – TER trincas são fendas existentes no pavimento podendo ser facilmente visualizada, como dito no texto acima tem aberturas superiores á da fissura, podendo se apresentar sob forma de trinca isolada ou interligada.

4.6.8.2.1 Trincas isoladas

- Trincas isoladas transversais – Segundo a norma do DNIT 005/2003 – TER são trincas que apresentam direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Tendo a sua extensão até 100 centímetros é classificada como sendo trinca transversal curta, superior a isto denomina-se trinca transversal longa. São geralmente causadas por retração térmica do CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente) ou da base cimentada, pela retração plástica da base cimentada ou ainda por recalques diferenciais.

Figura 20 - Trinca isolada transversal curta (TTC) e longa (TTL).



Fonte: (O autor, 2019).

Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

- Trincas isoladas longitudinais – A norma do DNIT 005/2003 – TER define como sendo a trinca que se apresenta na direção predominantemente paralela ao eixo da via, sendo sua extensão de até 100 centímetros denominada trinca longitudinal curta e quando maior que 100 centímetros trinca longitudinal longa. São geralmente sinais de um princípio de degradação por fadiga, de um possível escorregamento/rastejo de maciços ou ainda serem reflexo de uma junta construtiva mal executada.

Figura 21 - Trinca isolada longitudinal curta (TLC) e longa (TLL).



Fonte: (DNIT 005/2003 – TER, 2003).

Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

- Trinca isolada de retração (TRR) – Diante do que diz o DNIT na norma 005/2003 – TER, trincas de retração não são atribuídas aos fenômenos de fadiga e sim de retração térmica, que pode ser do material do revestimento, da base rígida ou da semirrígida abaixo ao revestimento trincado.

Figura 22 - Trinca isolada de retração (TRR).



Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

4.6.8.2.2 Trincas interligadas

- Trinca tipo “Couro de Jacaré” – Conforme a norma do DNIT 005/2003 – TER couro de jacaré são um conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando ao aspecto de couro de jacaré, podendo apresentar ou não erosão acentuada nas bordas. Essa trinca é reflexo de um estágio avançado de fadiga, a partir desse ponto, se não for executado correções, muitas panelas passarão a surgir no pavimento. Quando o defeito chega a esse ponto o pavimento passa a ter baixa capacidade de distribuição de esforços e elevadas deflexões. Quando muito precoce, pode indicar falhas construtivas como oxidação do CAP, ou tráfego além do considerado em projeto.

Figura 23 - Trinca tipo "Couro de Jacaré" com erosão (JE) e sem erosão (J).



Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

- Trinca tipo “Bloco” – A norma 005/2003 – TER do DNIT classifica esse tipo de trinca como sendo um conjunto de trincas bem definidas, podendo ou não apresentar erosão acentuada nas bordas com a caracterização de blocos. Essas trincas podem ser causadas por processo avançado de fadiga em bases cimentadas, bem como por reflexão de fissuras quando a camada de revestimento for aplicada sobre um pavimento de blocos pré-existente.

Figura 24 - Trinca tipo "Bloco" com erosão (TBE) e sem erosão (TB).



Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

A tabela 1 a seguir mostra de forma resumida os tipos de patologias com suas codificações e classificações de acordo com a norma 005/2003 – TER do DNIT.

Tabela 1 - Resumo das patologias (Codificação e Classificação).

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

Fonte: (Adaptado de DNIT 005/2003-TER, 2003).

Continuação da tabela 1 - Resumo das patologias (Codificação e Classificação).

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

NOTA 1 - Classes das Trincas Isoladas

FC-1 são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.

FC-2 são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas. FC-3 são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

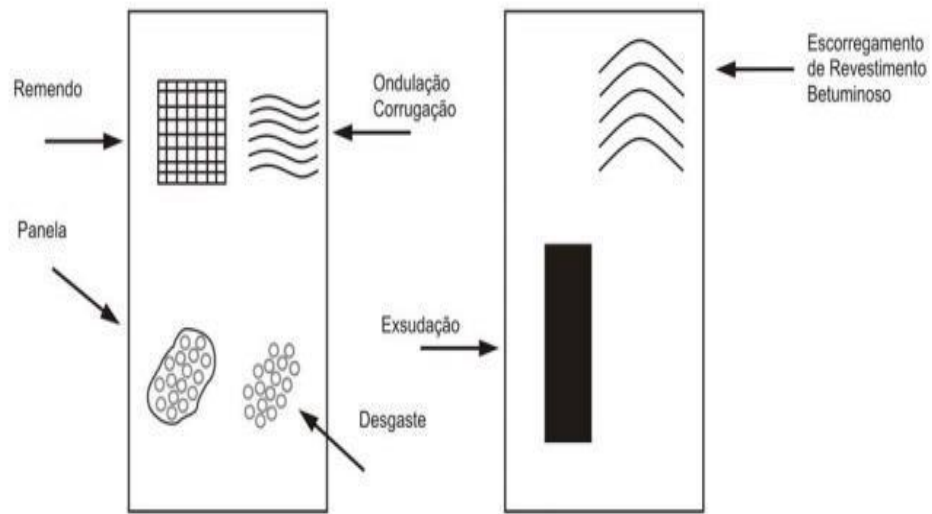
NOTA 2 - Classe das Trincas Interligadas

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

Fonte: (Adaptado de DNIT 005/2003-TER, 2003).

A figura 25 ilustra alguns defeitos patológicos.

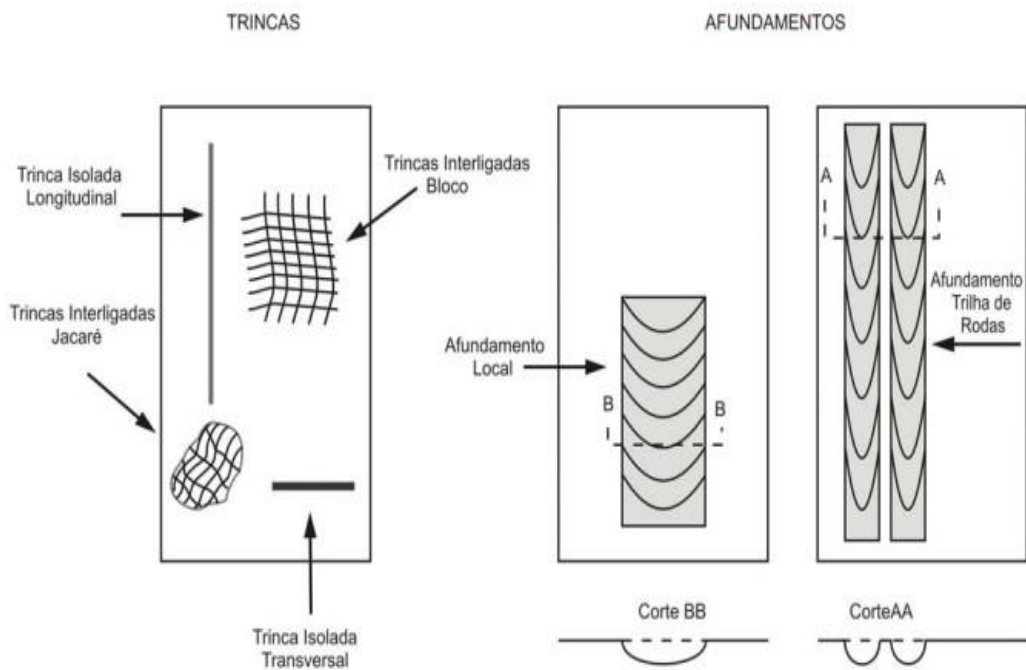
Figura 25 - Defeitos patológicos.



Fonte: (DNIT 005/2003 – TER, 2003).

Conforme a figura 26 abaixo os tipos de trincas e afundamentos.

Figura 26 - Tipos de trincas e afundamentos.



Fonte: (DNIT 005/2003 – TER, 2003).

4.7 Valor de serventia atual (VSA)

De acordo com a norma 009/2003 – PRO do DNIT, valor de serventia atual é uma medida subjetiva das condições de superfície de um pavimento, determinada por um grupo de avaliadores que percorreram o/os trecho (os) de análise, anotando suas opiniões sobre a capacidade do pavimento de atender às exigências do tráfego presente, quanto à suavidade e também ao conforto que a via proporciona.

Bernucci *et al* (2008) explica também que o VSA pode ser descrito por uma atribuição numérica que está dentro de uma escala de 0 a 5, concebida por uma média de notas vindas dos avaliadores citados pela norma 009/2003 – PRO do DNIT, sendo essa escala de ordem decrescente, onde 5 é o valor mais alto de serventia do pavimento e 0 mais baixo, como mostra o quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Valor de Serventia Atual (VSA).

PADRÃO DE CONFORTO AO ROLAMENTO	AValiação (FAIXA DE NOTAS)
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: (Adaptado de DNIT 009/2003 – PRO, 2003).

A norma 009/2003 – PRO diz ainda que o grupo responsável pela avaliação do Valor de Serventia Atual (VSA) deve ser de cinco membros onde todos tenham entendimento dos propósitos da norma citada acima.

O quadro 2 mostra também conceitos pré-estabelecidos pela norma do DNIT 008/2003 que podem ser utilizados pelos avaliadores em sua efetuação de notas para cada trecho analisado.

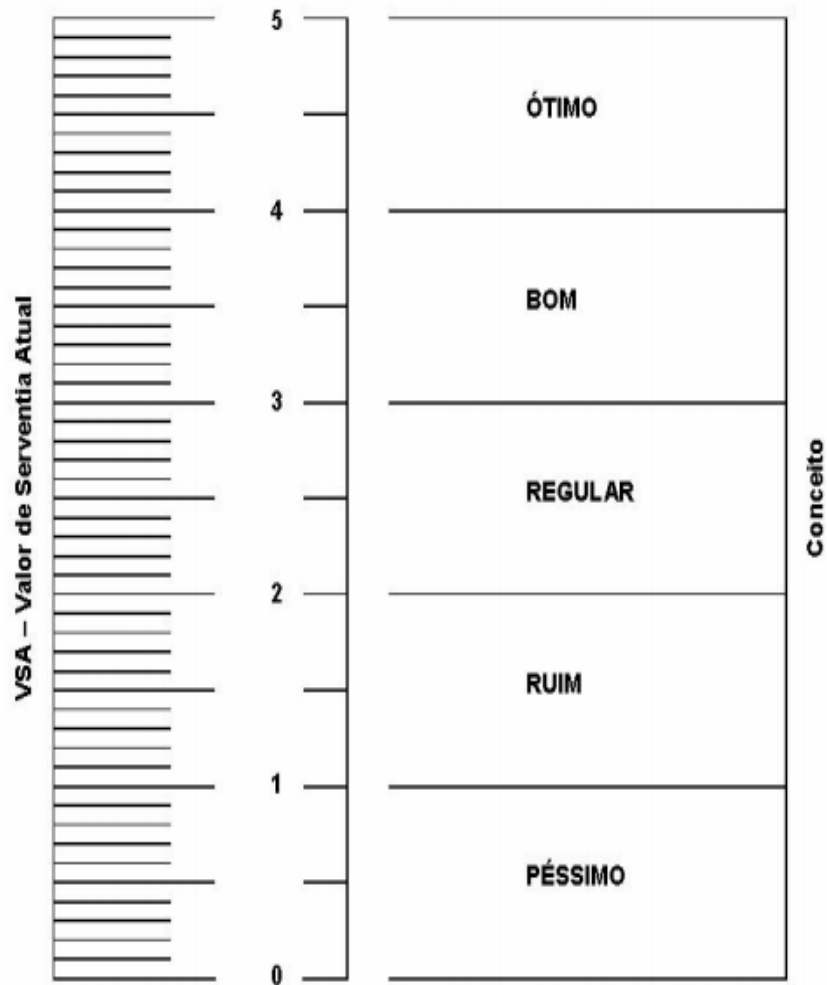
Quadro 2 - Conceitos de VSA.

CONCEITO	DESCRIÇÃO	VSA
Ótimo	Necessita apenas de conservação rotineira.	4 a 5
Bom	Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não extensas.	3 a 4
Regular	Pavimento trincado, com “panelas” e remendos poucos frequentes e com irregularidade longitudinal e transversal.	2 a 3
Ruim	Defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas – remendos superficiais e profundos.	1 a 2
Péssimo	Defeitos generalizados com correções prévias em toda a sua extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas, infiltração de água e descompactação da base.	0 a 1

Fonte: (Adaptado de DNIT 008/2003 – PRO, 2003).

Para efeito da avaliação, os integrantes do grupo de avaliadores devem registrar suas notas para cada trecho percorrido, anotando em uma ficha determinada pelo DNIT 009/2003 – PRO, indicando o valor em escala de 0,0 a 5,0 e posteriormente classificando de péssimo a ótimo, como mostra a figura 27 abaixo.

Figura 27 - Ficha de avaliação de serventia.



Fonte: (DNIT 009/2003 – PRO, 2003).

O Valor de Serventia Atual segundo a norma do DNIT 009/2003 – PRO deve ser relacionado separadamente para cada trecho, podendo ser calculado pela seguinte equação:

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

Sendo:

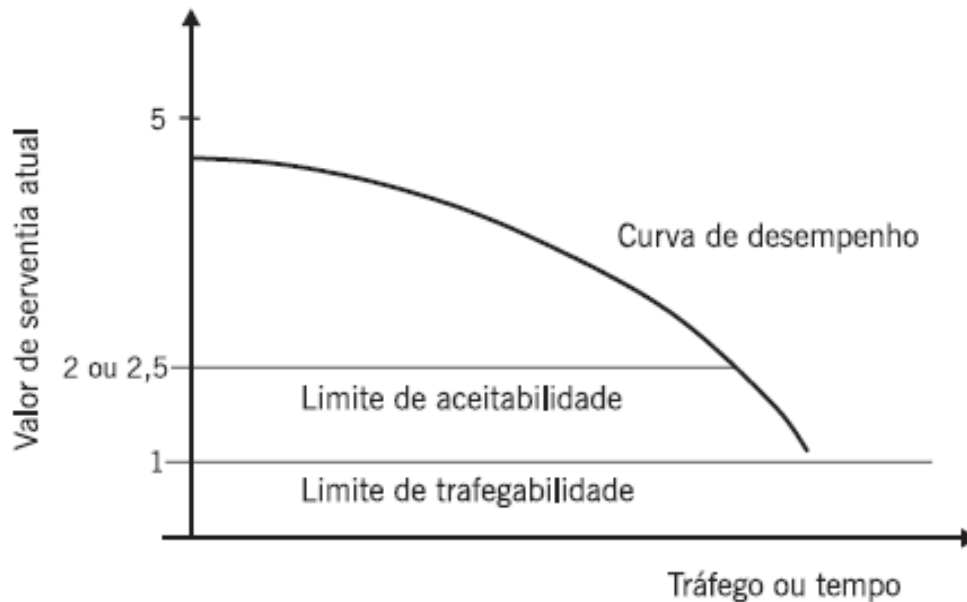
VSA = Valor de Serventia Atual.

X = Valores de Serventia Atual individuais atribuídos por cada membro do grupo.

n = Número de membros do grupo de avaliação.

A figura 28 a seguir mostra a relação do valor final do VSA com o tráfego ou tempo decorrido da utilização da via em estudo.

Figura 28 - Relação entre VSA e tráfego ou tempo decorrido de utilização da via.



Fonte: (Bernucci *et al*, 2008).

4.8 Contagem volumétrica de veículos

Segundo o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006) as Contagens Volumétricas têm o objetivo de determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos selecionados do sistema viário, em uma determinada unidade de tempo. Todas essas informações serão usadas na análise do dimensionamento do pavimento, nos projetos de canalização do tráfego e outras melhorias.

O Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006) diz que os trechos entre interseções e nas interseções de vias são os locais básicos para a contagem, sendo que a contagem entre interseções tem como objetivo identificar os fluxos de uma determinada via e as contagens em interseções levantar fluxos das vias que se interceptam e dos seus ramos de ligação.

4.8.1 Classificação das contagens

Conforme o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006) as contagens podem ser classificadas de acordo com a finalidade de estudo, podem ser:

- Contagem Global – é registrado o número de veículos que circulam por um trecho de via, independentemente de seu sentido, sendo agrupados geralmente pelas suas diversas classes. Emprega-se esse tipo de contagem para o cálculo de volumes diários, na preparação de mapas de fluxo e na determinação de tendências do tráfego;
- Contagem Direcionais – são aquelas em que é registrado o número de veículos por sentido do fluxo e são empregadas para cálculos de capacidade, na determinação de intervalos de sinais, em justificação de controles de trânsito, nos estudos de acidentes, na previsão de faixas adicionais em rampas ascendentes, etc;
- Contagem Classificatórias – são os registros dos volumes para os vários tipos ou classes de veículos. São empregadas para o dimensionamento estrutural e projeto geométrico de rodovias e interseções, cálculo de capacidade, cálculo de benefícios aos usuários e determinação dos fatores de correção para as contagens mecânicas;

4.8.2 Contagem manual

De acordo Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006) contagem manual são feitas por pesquisadores, com auxílio de fichas e contadores manuais. São ideais para a classificação de veículos, análise de movimentos em interseções e contagens em rodovias com muitas faixas. Para contagens em vias urbanas é comum adotar um critério de grupamento de veículos com base em características semelhantes de operação (automóveis, ônibus e caminhões).

O Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006) traz dois modelos de fichas para a contagem volumétrica de veículos, sendo elas:

- Ficha I – é mais adequada para trechos com baixo volume de tráfego, e deverá incluir os tipos de veículos previstos no trecho. Prevê-se contagem manual, que poderá ser feita com traços a lápis para cada veículo e totalizada por sentido, para cada intervalo de tempo escolhido;
- Ficha II – prevê a utilização de contadores manuais mecânicos, escrevendo-se os totais de cada intervalo horário, para cada tipo de veículo e preenchendo uma ficha para cada sentido. Esta ficha costuma também ser preparada trocando as posições dos veículos com os períodos de contagem;

A figura 29 a seguir mostra como é a ficha de contagem volumétrica I usada pelo Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006).

Figura 29 - Ficha de contagem volumétrica I.

CONTAGEM VOLUMÉTRICA

ESTADO: _____ RODOVIA: _____ COD. PRV: _____ TRECHO: _____ **A** _____ **B**

POSTO: _____ LOCAL DA CONTAGEM: MARCO QUILOMÉTRICO _____ DATA DA CONTAGEM: _____ HORA INÍCIO: _____ HORA TÉRMINO: _____ SENTIDO: $\begin{matrix} \text{A} \rightarrow \text{B} \\ \text{B} \rightarrow \text{A} \end{matrix}$

PERÍODO (min)	VEÍCULOS LEVES		ÔNIBUS				CAMINHÕES											OUTROS	TOTAL							
	Autos	Camionetas	2C	3C	2C	3C	4C	251	252	253	352	353	3C2	3C3	3C2	3C3	3C3			3C3	3C3	3C3	3C3	3C3	3C3	3C3

OBSERVAÇÕES: _____ CONTADOR: _____

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

A figura 30 abaixo mostra a ficha de contagem volumétrica II utilizada pelo DNIT.

Figura 30 - Ficha de contagem volumétrica II.

CONTAGEM VOLUMÉTRICA

ESTADO: _____ RODOVIA: _____ COD. PRV: _____ TRECHO: _____ **A** _____ **B**

POSTO: _____ LOCAL DA CONTAGEM: MARCO QUILOMÉTRICO _____ DATA DA CONTAGEM: _____ HORA INÍCIO: _____ HORA TÉRMINO: _____ SENTIDO: $\begin{matrix} \text{A} \rightarrow \text{B} \\ \text{B} \rightarrow \text{A} \end{matrix}$

VEÍCULO	PERÍODO (min)																								TOTAL	
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24		
BUSÃO																										
CARRO DE PASSAGEIRO																										
CAMINHÃO																										
ÔNIBUS																										
2C																										
3C																										
2C																										
3C																										
4C																										
C																										
A																										
M																										
E																										
H																										
H																										
G																										
E																										
S																										
2C2																										
3C2																										
3C2																										
3C3																										
3C3																										
3C3																										
3C3																										
OUTROS																										
TOTAL																										

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

4.9 Número “N”

Conforme dito no Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), o número “N” é o fator de dimensionamento para o pavimento flexível, e se define como sendo o número teórico de passadas de um veículo padrão que leva a via a exaustão, estabelecido para representar características do tráfego, tendo seu valor por eixo padrão definido como 8,2 t (18.000 lb ou 80 KN). Esse fator pode ser utilizado para indicar a espessura mínima de revestimento asfáltico para a via em questão, podendo ser identificado a partir do quadro 3 a seguir que foi elaborado pelo DNIT para a simplificação dos cálculos.

Quadro 3 - Espessura mínima de revestimento asfáltico em relação ao número "N".

NÚMERO “N”	ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: (Manual de estudo de tráfego do DNIT, 2006).

Segundo o que diz a Instrução de Projetos 02/2004 (Classificação das Vias) – Prefeitura do Município de São Paulo, as vias urbanas que serão pavimentadas deverão ser classificadas para fins de dimensionamento do pavimento, de acordo com tráfego previsto para as mesmas.

A classificação da via pode ser:

- Tráfego leve – ruas de características essencialmente residenciais, para as quais não é previsto o tráfego de ônibus, podendo existir ocasionalmente passagens de caminhões e ônibus em número não superior a 20 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número "N" típico de 10^5 solicitações do eixo simples padrão (80 KN) para o período de projeto de 10 anos;
- Tráfego médio – ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 21 a 100 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de 5×10^5 solicitações do eixo simples padrão (80 KN) para o período de 10 anos;
- Tráfego meio pesado – para as quais é prevista a passagem de caminhões ou ônibus em número 101 a 300 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de 2×10^6 solicitações do eixo simples padrão (80 KN) para o período de 10 anos.

- Tráfego pesado – ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou ônibus em número de 301 a 1000 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de 2×10^7 solicitações do eixo simples padrão (80 KN) para o período de projeto de 10 anos a 12 anos;
- Tráfego muito pesado – ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou ônibus em número de 1001 a 2000 por dia, na faixa de tráfego mais solicitada, caracterizada por número "N" típico superior a 5×10^7 solicitações do eixo simples padrão (80 KN) para o período de 12 anos.

De acordo com o quadro 4 a seguir, desenvolvido pela Prefeitura do Município de São Paulo, os parâmetros adotados para a classificação das vias são:

Quadro 4 - Classificação das vias e parâmetros de tráfego.

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente / Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/ Ônibus			
Via local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	10^5
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	5×10^5
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^5$ a $3,1 \times 10^5$	2×10^5
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	2×10^7
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	5×10^7
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3×10^5 (1)	10^7
	VOLUME PESADO	12		> 500		5×10^7	5×10^7

N = valor obtido com uma taxa de crescimento de 5% ao ano, durante o período de projeto.

Notas:

(1) Majorado em função do tráfego (excesso de frenagem e partidas)

(2) Números de solicitações adotadas:

$$N = 365 \times 10 \times V_o \times 1,25 \times e = 4560.V_o.e$$

$$N = 365 \times 12 \times V_o \times 1,30 \times e = 5690.V_o.e$$

Considerando somente o volume de caminhões e ônibus e taxa de crescimento de 5% a.a.

(3) Equivalente expresso em n^2 de solicitações do eixo padrão de 82 kN (equivalência do DNIT).

(4) O período de projeto adotado é de 10 anos, em função da duração máxima da camada asfáltica de revestimento (oxidação de ligante), sendo o período recomendado pelo método de dimensionamento do DER/SP (667122), DNIT, e embasado no método da AASHTO.

(5) Para o tráfego muito pesado e corredores de ônibus adotou-se o período de 12 anos, em função de apresentar estruturas robustas e criteriosamente dimensionadas, levando-se em conta estudos mecanicistas das camadas do pavimento, bem como em alguns casos a adoção de estruturas cimentadas.

Fonte: (IP 02/2004, Prefeitura do Município de São Paulo, 2004).

Para o cálculo do número "N", segundo a Instruções de Projetos 02/2004 (Classificação das vias) – Prefeitura do Município de São Paulo deve-se considerar um fator de equivalência total (e) usado na fórmula de número de solicitações adotadas, como mostra o quadro 5 a seguir.

Quadro 5 - Fator de Equivalência Total (e).

VALORES FINAIS ADOTADOS	Equivalências
(I) Vias Urbanas Típicas	e = 1,50
(II) Vias Urbanas com Indústrias e depósitos	e = 2,30
(III) Vias com Ligação às Rodovias Marginais	e = 5,90

Fonte: (IP 02/2004, Prefeitura do Município de São Paulo, 2004).

4.10 Índice de Suporte Califórnia (CBR)

O ensaio de Índice de Suporte Califórnia ou CBR, foi desenvolvido no Estados Unidos, pelo Departamento de Estradas de Rodagens da Califórnia tendo como objetivo avaliar a resistência dos solos (Fortes, 2015).

Conforme descreve o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), o Índice de Suporte Califórnia ou simplesmente dito CBR é um ensaio que consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão em um corpo de prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração em uma brita padronizada. O valor desta relação, expressa em porcentagem permite determinar por meio de equações empíricas, a espessura do pavimento flexível necessária em função do tráfego.

Fortes (2015) afirma que no ensaio CBR avalia-se a resistência de um solo saturado a penetração pelo método Proctor. Com isso, um pistão de seção transversal de 3 polegadas penetra na amostra com velocidade controlada de 0,05 pol/min.

Ainda segundo Fortes (2015), o resultado da resistência a penetração é expressado por uma porcentagem, advinda da relação entre a amostra ensaiada e uma amostra de brita graduada de alta qualidade, que é o padrão de referência. Para Donisete (2016), o ensaio de CBR é um dos mais importante aliados na garantia da qualidade e economia no piso industrial. O autor ressalta que o valor do ensaio em relação ao custo total da obra é irrelevante e que o tempo para entrega dos resultados é razoável, porém, ainda assim, tal ensaio é muitas vezes negligenciado, preferindo-se assumir um risco de entregar uma piso de baixa qualidade em detrimento de sua realização.

A Instrução de Projetos 05/2004 (Dimensionamento de pavimentos flexíveis tráfego meio pesado, pesado, muito pesado e faixa exclusiva de ônibus) – Prefeitura do Município de São Paulo relata que as características dos materiais empregados nas diversas camadas do pavimento deve obter:

- Materiais para o subleito: CBR maior que 2% e expansão menor que 2%;

- Materiais para reforço do subleito: CBR maior que o do subleito e expansão menor ou igual a 1%;
- Materiais para sub-base: CBR maior que 30%, índice de Grupo = 0 e expansão menor ou igual a 1%;
- Materiais para base: CBR maior ou igual a 80%, expansão menor ou igual a 0,5% e limite de liquidez menor ou igual 25%;
- Índice de Plasticidade (IP) menor ou igual a 6% e caso o LL seja superior a 25% e o IPI seja superior a 6% pode-se empregar este material na base desde que na realização do ensaio de equivalente de areia o resultado não seja superior a 30%.

A camadas de pavimento executadas de acordo com as Diretrizes Executivas de Serviços da Prefeitura do Município de São Paulo, são adotados os coeficientes de equivalência estrutural apresentados no Quadro .

As espessuras máximas e mínimas das camadas de base e sub-base e o tipo de material recomendado pela Instrução de Projetos 05/2004 (Dimensionamento de pavimentos flexíveis tráfego meio pesado, pesado, muito pesado e faixa exclusiva de ônibus) – Prefeitura do Município de São Paulo é determinada de acordo com o número “N” e também o tipo de tráfego característico da via, como mostra o quadro 6 a seguir.

Quadro 6 - Espessuras recomendadas e o tipo de material.

TRÁFEGO	N	BASE		SUB-BASE	
		MATERIAL	ESPESSURA MÍNIMA (cm)	MATERIAL	ESPESSURA MÍNIMA (cm)
Meio Pesado	2×10^6	Granular	15,0	Granular	10,0
		Granular Tratado com Cimento	15,0		
Pesado	2×10^7	Granular Tratado com Cimento	15,0	Granular	10,0
Muito Pesado	5×10^7	Granular Tratado com Cimento	20,0	Granular	10,0
Faixa Exclusiva De Ônibus Volume Médio	10^7	Granular	15,0	Granular	10,0
		Granular Tratado com Cimento	15,0		
Faixa Exclusiva de Ônibus Volume Pesado	5×10^7	Granular Tratado com Cimento	20,0	Granular	10,0

Notas:

(1) Para "N" < 9×10^5 , poderá ser usada base granular ou base tratada com cimento (BGTC). Para "N" $\geq 10^7$ utilizar somente base cimentada, com a finalidade de evitar a fadiga prematura nas camadas betuminosas.

(2) A "base invertida" poderá ser adotada como solução de projeto.

Fonte: (IP 05/2004, Prefeitura do Município de São Paulo, 2004).

O Manual de Pavimentação do DNIT (2006) define que as espessuras máximas e mínimas de compactação das camadas granulares são de 10 cm e 20 cm, e que as espessuras mínimas construtivas destas camadas deve ser de 15 cm.

Conforme é mostrado no Manual de Pavimentação do DNIT (2006), os coeficientes de equivalência estrutural se definem como sendo:

- Revestimento – KR;
- Base – KB ;
- Sub-base – KS;
- Reforço – Kref.

Os coeficientes de equivalência estrutural do revestimento e da base são definidos de acordo com o material a ser executado, como evidenciado pela IP-05/2004, da Prefeitura do município de São Paulo e demonstrado pelo quadro 7.

Quadro 7 - Coeficientes estruturais do revestimento.

CAMADA DO PAVIMENTO	COEFICIENTE ESTRUTURAL (K)
Base ou Revestimento de Concreto Asfáltico	2,00
Base ou Revestimento de Concreto Magro/Compactado com Rolo	2,00
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Quente, de Graduação Densa / BINDER	1,80
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Frio, de Graduação Densa	1,40
Base ou Revestimento Asfáltico por Penetração	1,20
Paralelepípedos	1,00
Base de Brita Graduada Simples, Macadame Hidráulico e Estabilizadas Granulometricamente	1,00
Sub-bases Granulares ou Estabilizadas com Aditivos	≤ 1,00
Reforço do Subleito	≤ 1,00
Base de Solo-Cimento ou BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, superior a 4,5 MPa	1,70
Base de BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, entre 2,8 e 4,5 MPa	1,40
Base de Solo-Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,8 e maior ou igual a 2,1 MPa	1,20
Base de Solo melhorado com Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,1 MPa	1,00

Fonte: (IP 05/2004, Prefeitura do Município de São Paulo, 2004).

A determinação dos coeficientes de equivalência estrutural dos materiais constituintes das camadas de sub-base e reforço do subleito são feitas de acordo com as equações e também de acordo com quadro a seguir, desenvolvido pela IP-05/2004 da Prefeitura do Município de São Paulo.

$$K_{SB} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{SB}}{3CBR_{SL}}} \leq 1 \quad \text{e} \quad K_{REF} = \sqrt[3]{\frac{CBR_{REF}}{3CBR_{SL}}} \leq 1$$

Onde:

- Os CBR_{SB} , CBR_{REF} e CBR_{SL} são os Índices de suporte califórnia da sub-base, reforço do subleito e subleito, respectivamente.

Destas equações resultam os coeficientes de equivalência estruturais, apresentados no quadro 8 em função das relações CBR_{SB}/CBR_{SL} e CBR_{REF}/CBR_{SL} .

Quadro 8 - Coeficientes estruturais em função das relações de CBR.

RELAÇÃO DE CBR	K
1,1	0,72
1,2	0,75
1,3	0,76
1,4	0,78
1,5	0,80
1,6	0,82
1,7	0,83
1,8	0,85
1,9	0,86
2,0	0,88
2,1	0,90
2,2	0,91
2,3	0,92
2,4	0,94
2,5	0,95
2,6	0,96
2,7	0,97
2,8	0,98
2,9	0,99
> 3,0	1,00

Fonte: (Adaptado de IP 05/2004, Prefeitura do Município de São Paulo, 2004).

As espessuras das camadas do pavimento são obtidas a partir das fórmulas elaboradas pelo Manual de Pavimentação do DNIT, 2006.

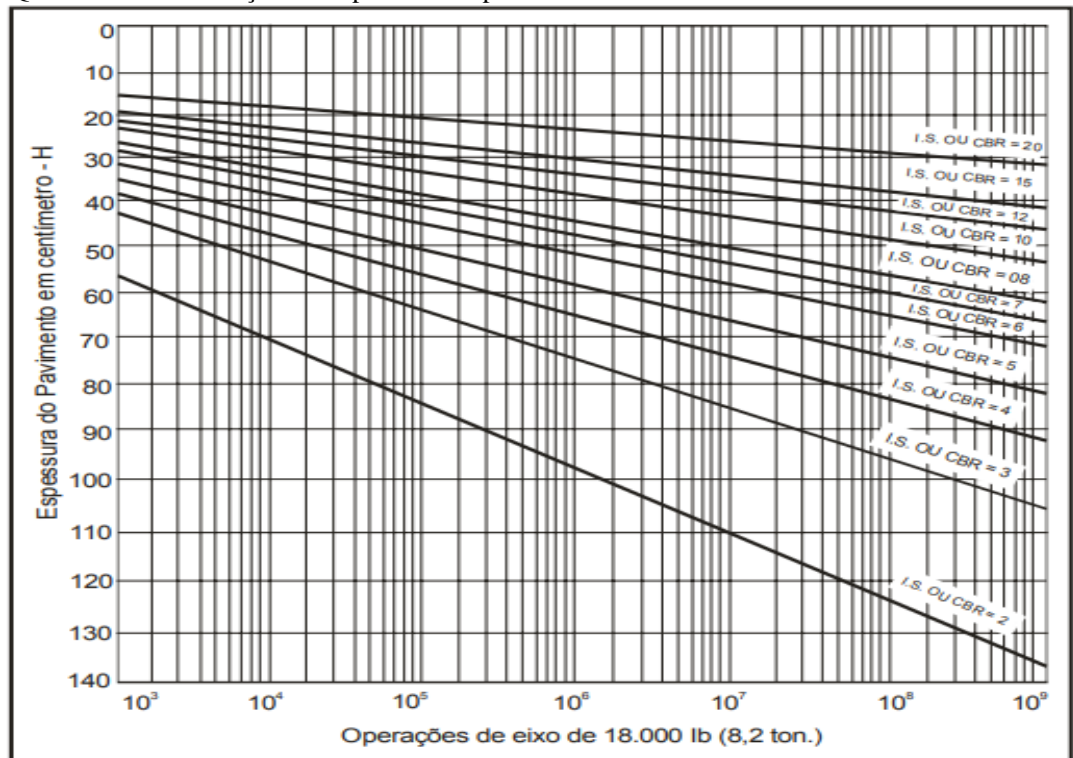
$$RK_r + BK_b \geq H_{20} \quad (2)$$

$$RK_r + BK_b + h_{20} K_s \geq H_n \quad (3)$$

$$RK_r + BK_b + h_{20} K_s + h_n K_{Ref} \geq H_m \quad (4)$$

O quadro 9 representa um ábaco, cuja determinação da espessura do pavimento é determinada pelo número N, procedendo-se verticalmente até a reta com o valor do CBR, seguindo-se horizontalmente até o valor da espessura total do pavimento (Manual de Pavimentação do DNIT, 2006).

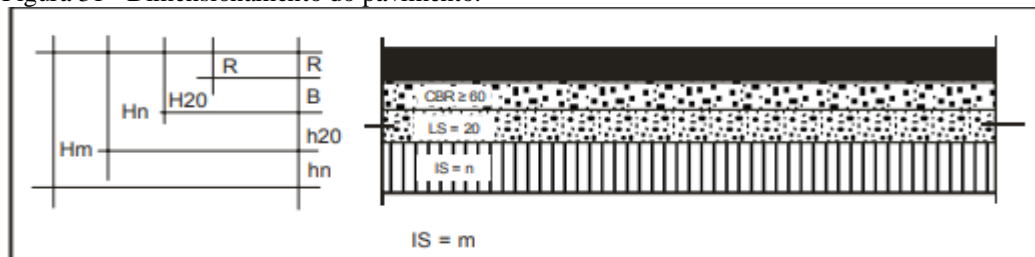
Quadro 9 - Determinação das espessuras do pavimento.



Fonte: (Manual de Pavimentação do DNIT, 2006).

Os símbolos utilizados para determinação das espessuras do pavimento, apresentados na figura encontra-se o “Hm”, definindo a espessura total do pavimento para proteger o material com CBR = m; “Hn”, definindo a espessura total do pavimento para proteger o material com CBR = n; “H20” e “h20”, definindo a espessura total do pavimento para proteger o material com CBR = 20%, uma vez que mesmo que o CBR da sub-base seja superior a 20%, a espessura do pavimento necessário para protegê-la é determinada como se este valor fosse 20%. Os símbolos “B” e “R” representam as espessuras da base e revestimento, respectivamente. (PINTO, PREUSSLER, 2010). A figura 31 a seguir mostra a divisão das camadas do pavimento.

Figura 31 - Dimensionamento do pavimento.



Fonte: (Manual de Pavimentação do DNIT, 2006).

5 METODOLOGIA

5.1 Classificação da Pesquisa

Este trabalho se classifica como estudo de caso, tomando como referência os processos e métodos padronizados pela norma de Técnicas para Elaboração de Trabalhos Acadêmicos da ABNT, no qual são estabelecidos critérios para a obtenção de dados estudados em campo, além de uma base teórica em pesquisas bibliográficas retiradas de normas, livros, manuais e trabalhos científicos.

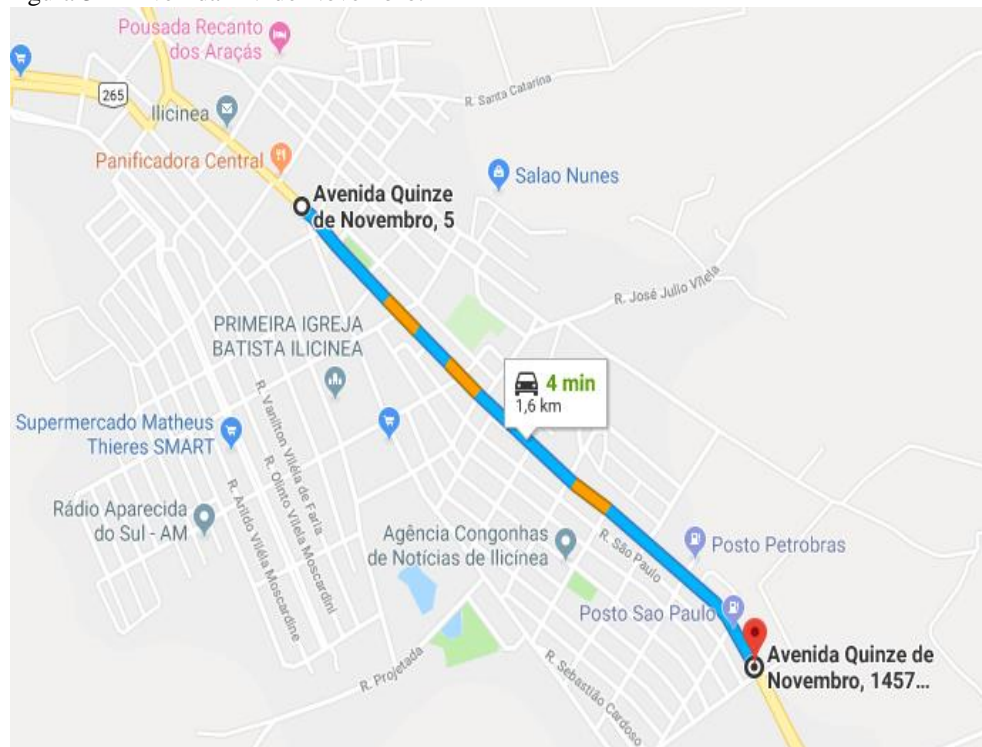
5.2 Planejamento da Pesquisa

Esse trabalho envolve a coleta de dados que serão registrados e organizados em planilhas, tabelas, gráficos e fotografias. Esses registros terão grande relevância para a base fundamental e análise teórica das características de patologias existentes no pavimento flexível da avenida XV de Novembro. A análise dos dados inicia com a avaliação das patologias existentes no pavimento da via, seguido pela definição do Valor de Serventia Atual (VSA) da via e determinação do volume médio diário (VMD) de veículos que transitam na mesma. Posteriormente, com o VMD conhecido, o número “N” equivalente da via é determinado para a elaboração das propostas de solução para a condição do pavimento, sendo obtido dois estudos para dimensionamento, a título de pré-projeto. Por fim, é apresentado o levantamento dos custos de materiais a serem utilizados em cada estudo para efeito de comparação com os gastos já praticados pela Prefeitura Municipal de Ilícinea na manutenção corretiva do pavimento da avenida.

5.3 Caracterização do estudo de caso

O objeto de estudo é a Avenida XV de Novembro, localizada na cidade de Ilícinea – MG. Esse via é considerada de fundamental importância para o desenvolvimento econômico da cidade, por se tratar de uma via coletora e haver inúmeros pontos comerciais localizados em toda a sua extensão. A figura 32 apresenta a localização da Avenida XV de Novembro dentro da cidade de Ilícinea – MG.

Figura 32 - Avenida XV de Novembro.

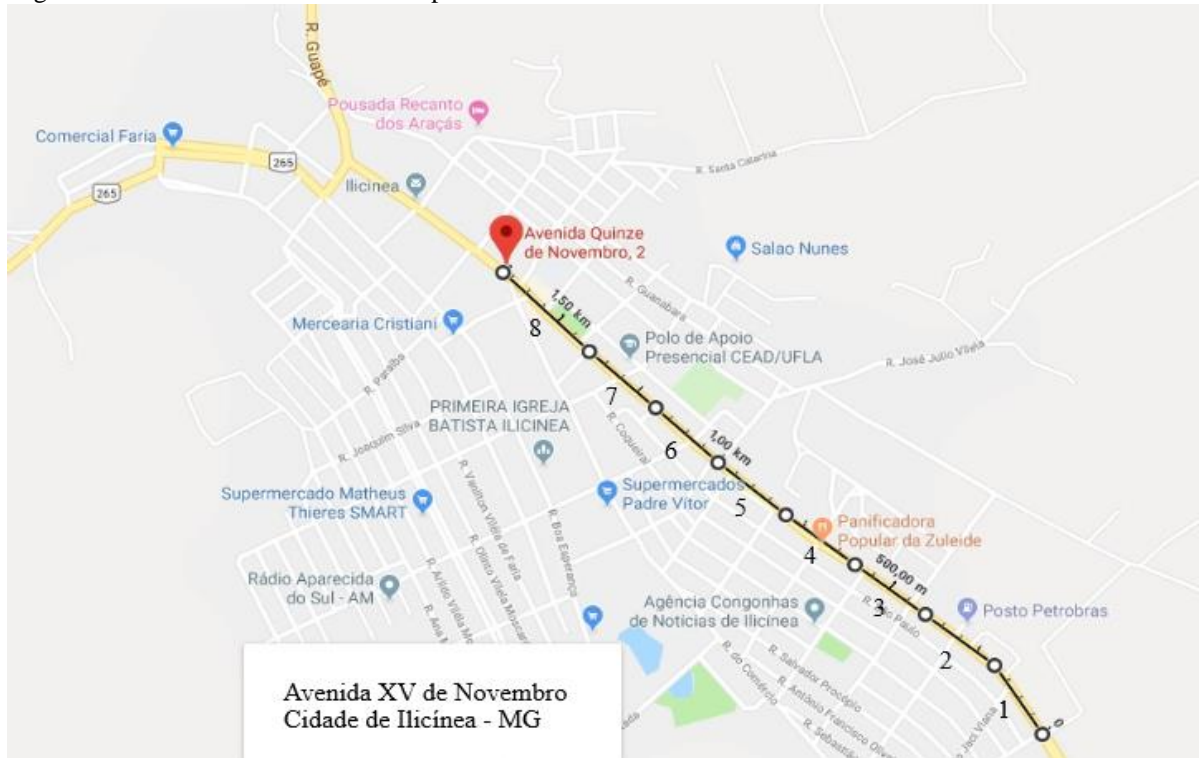


Fonte: (Google Maps, 2019).

A Avenida XV de Novembro é uma via coletora que possibilita o acesso de veículos as cidades da região. Com início na Praça Sete de Setembro, no centro da cidade, e término na BR 265 – MG, na saída para a cidade de Boa Esperança – MG, a avenida tem, aproximadamente 1.600 metros de comprimento. Cabe ressaltar que todo o tráfego de veículos oriundos de Carmo do Rio Claro – MG e Guapé – MG com destino a Boa Esperança e/ou outras cidades do mesmo sentido passam por essa avenida. A via possibilita ainda um encurtamento de distâncias para acessos à outras cidades da região com os grandes centros urbanos, como é o caso das cidades de Belo Horizonte – MG, São Paulo – SP, Rio Janeiro – RJ, entre outras.

Para a elaboração desse estudo de caso, o comprimento da avenida foi dividido em trechos de 200 metros, resultando em oito trechos como apresentado na figura 33 a seguir.

Figura 33 - Avenida XV de Novembro por trechos.



Fonte: (Google Maps, 2019).

5.4 Etapas da Pesquisa

Para a elaboração das soluções de recuperação do pavimento em estudo, este trabalho foi realizado em cinco etapas fundamentais:

- **1º Etapa:** Foram identificadas, de acordo com a Norma 005/2003 do DNIT, as patologias por trecho do pavimento da Avenida XV de Novembro. Em seguida, foi calculado o nível de serventia com a metodologia do Valor de Serventia Atual (VSA). Esta análise foi importante para determinar o tipo de intervenção necessária para solução dos problemas identificados na via;
- **2º Etapa:** Contagem volumétrica de veículos foi feita de modo manual, tomando como base o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006);
- **3º Etapa:** Nesta etapa do trabalho, após o estudo da contagem volumétrica de veículos, ocorreu a classificação da via de acordo com o seu tráfego, tomando como base o método da Instrução de Projetos 02/2004 (Classificação das Vias) da Prefeitura do Município de São Paulo, para determinação do número “N”;

- **4º Etapa:** Foi definida a solução para recuperação do pavimento existente, de acordo com as ocorrências de defeitos identificados pelo método VSA e também pelo número “N” definido pela IP 02/2004 da Prefeitura do Município de São Paulo;
- **5º Etapa:** Logo após definida a espessura mínima de pavimento dada por meio do número “N”, foi calculado as propostas de recuperação do pavimento da avenida, de acordo com Manual de Pavimentação do DNIT (2006) e a IP 05/2004 da Prefeitura do Município de São Paulo, depois desenvolvido um levantamento de custos de materiais, considerando apenas valores relacionados aos materiais das camadas estruturais.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Avaliação do VSA por trecho na Avenida XV de Novembro

Como definido na norma 009/2003 – PRO do DNIT, para avaliação do Valor de Serventia Atual (VSA) deve-se utilizar cinco profissionais conhecedores dos propósitos desta norma, mas, para efeito desse trabalho e tratando-se de um estudo para anteprojeto, foi utilizado somente um avaliador, que percorreu todos os trechos, com vistas a identificar e destacar as patologias para definição da nota final do VSA.

Para efeito da avaliação dos trechos foram seguidas as recomendações da norma 009/2003 – PRO do DNIT, que norteia os critérios de avaliação das patologias, bem como o peso para cálculo da nota final do VSA de cada trecho e também determina que a análise do VSA desconsidera irregularidades na geometria da pista, tais como alinhamento, largura do acostamento e largura do revestimento.

As patologias identificadas em cada trecho definido na figura 33, foram registradas e quantificadas em quadros, destacando a nota da avaliação do Valor de Serventia Atual (VSA) definido pelo avaliador. O quadro 10 apresenta um resumo das patologias e a quantidade de ocorrência em cada trecho analisado.

Quadro 10 - Patologias encontradas nos trechos.

Patologias/ Trecho	Trinca Isolada Transversal	Trinca Isolada Longitudinal	Trinca de Retração	Trinca Couro de Jacaré com Erosão	Trinca Tipo Bloco com Erosão	Desgaste do Pavimento	Buraco ou Panela	Remendo
1	0	0	0	15	0	25	22	20
2	5	0	0	10	0	21	16	15
3	4	0	0	14	0	18	15	13
4	7	0	0	11	0	16	8	12
5	10	6	0	9	0	22	11	15
6	0	0	0	0	0	8	2	7
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	20	16	1	11

Fonte: (O autor, 2019).

6.2 Trecho 1 – Avenida XV de Novembro

O quadro 11 a seguir apresenta as patologias de maior destaque identificadas no trecho 1, sendo elas as maiores causadoras de desconforto aos usuários segundo o avaliador, portanto obteve-se por dar nota 1 para o mesmo.

Quadro 11 - VSA do trecho 1.





VALOR DE SERVENTIA ATUAL (VSA)				
Avenida XV de Novembro / Ilíciena - MG				
Análise de Patologias				
Avaliador:	Douglas do Amaral Alves	Extensão do Trecho 200 m	Trecho:	1
Extensão Total (m):	1.600		Data:	Junho-2.019
				
Patologia	Buraco ou Panela	Patologia	Trinca tipo "Bloco" c/erosão	
				
Patologia	Trinca couro de jacaré c/erosão	Patologia	Remendo superficial	
Patologias da Avenida		(0 a 5) - VSA		
Trinca Isolada Transversal				
Trinca Isolada Longitudinal				
Trinca de Retração				
Trinca Couro de Jacaré Com Erosão		X		
Trinca Couro de Jacaré Sem Erosão				
Trinca Tipo Bloco com Erosão				
Trinca Tipo Bloco sem Erosão				
Desgaste do Pavimento		X		
Buraco ou Panela		X		
Remendo		X		
		1		

Fonte: (O Autor, 2019).

6.3 Trecho 2 – Avenida XV de Novembro

Já para o trecho 2 como mostra o quadro 12, a identificação de patologias consideradas as mais impactantes pelo avaliador diminuiu, mas ainda há números altos de defeitos, por isso qualificou-se o mesmo com a nota 1,30.

Quadro 12 - VSA do trecho 2.





VALOR DE SERVIENTIA ATUAL (VSA)					
Avenida XV de Novembro / Ilíciêna - MG					
Análise de Patologias					
Avaliador:	Douglas do Amaral Alves	Extensão do Trecho 200 m	Trecho:	2	
Extensão Total (m):	1.600		Data:	Junho-2.019	
					
Patologia	Trinca isolada trasnversal	Patologia	Trinca couro de jacaré c/erosão		
					
Patologia	Desgaste do pavimento	Patologia	Buraco ou Panela		
Patologias da Avenida		(0 a 5) - VSA			
Trinca Isolada Transversal					X
Trinca Isolada Longitudinal					
Trinca de Retração					
Trinca Couro de Jacaré Com Erosão					X
Trinca Couro de Jacaré Sem Erosão					
Trinca Tipo Bloco com Erosão					
Trinca Tipo Bloco sem Erosão					
Desgate do Pavimento					X
Buraco ou Panela					X
Remendo		X			
		1,30			

Fonte: (O Autor, 2019).

6.4 Trecho 3 – Avenida XV de Novembro

Como mostra o quadro 13, o trecho 3 houve uma melhora nos números de patologias em seu pavimento, mas segundo o avaliador, os defeitos existentes ainda causam desconforto aos usuários, obtendo assim na nota 1,65.

Quadro 13 - VSA do trecho 3.





VALOR DE SERVIENTIA ATUAL (VSA)				
Avenida XV de Novembro / Ilíciena - MG				
Análise de Patologias				
Avaliador:	Douglas do Amaral Alves	Extensão do Trecho 200 m	Trecho:	3
Extensão Total (m):	1.600		Data:	Junho-2.019
				
Patologia	Buraco ou Panela	Patologia	Desgaste do pavimento	
				
Patologia	Trinca isolada transversal	Patologia	Remendo superficial	
Patologias da Avenida		(0 a 5) - VSA		
Trinca Isolada Transversal	X	1,65		
Trinca Isolada Longitudinal				
Trinca de Retração				
Trinca Couro de Jacaré Com Erosão	X			
Trinca Couro de Jacaré Sem Erosão				
Trinca Tipo Bloco com Erosão				
Trinca Tipo Bloco sem Erosão				
Desgaste do Pavimento	X			
Buraco ou Panela	X			
Remendo	X			

Fonte: (O Autor, 2019).

6.5 Trecho 4 – Avenida XV de Novembro

O trecho 4, houve uma diminuição dos números de patologias no seu pavimento, mas ainda não oferece condições aceitáveis para que os usuários trafeguem sobre ele com suavidade e segurança. Sendo assim, para o avaliador o trecho é merecedor de nota 2,00 como mostra o quadro 14 a seguir.

Quadro 14 - VSA do trecho 4.




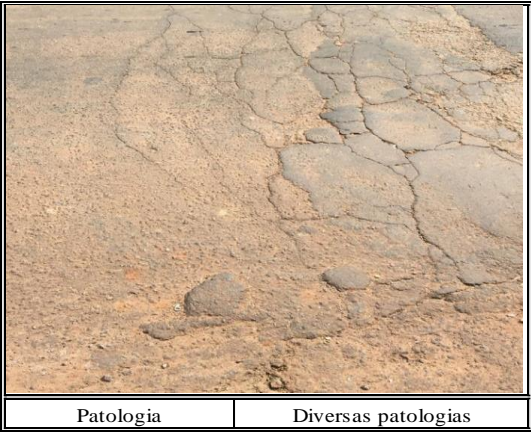
VALOR DE SERVENTIA ATUAL (VSA)				
Avenida XV de Novembro / Ilícena - MG				
Análise de Patologias				
Avaliador:	Douglas do Amaral Alves	Extensão do Trecho 200 m	Trecho:	4
Extensão Total (m):	1.600		Data:	Junho-2.019
				
Patologia	Buraco ou Panela	Patologia	Desgaste do pavimento	
				
Patologia	Remendo superficial	Patologia	Trinca isolada transversal	
Patologias da Avenida		(0 a 5) - VSA		
Trinca Isolada Transversal		X	2,00	
Trinca Isolada Longitudinal				
Trinca de Retração				
Trinca Couro de Jacaré Com Erosão		X		
Trinca Couro de Jacaré Sem Erosão				
Trinca Tipo Bloco com Erosão				
Trinca Tipo Bloco sem Erosão				
Desgaste do Pavimento		X		
Buraco ou Panela		X		
Remendo		X		

Fonte: (O Autor, 2019).

6.6 Trecho 5 – Avenida XV de Novembro

No quadro 15 a seguir identificou as patologias mais frequentes encontradas no trecho 5. Assim o avaliador considerou que os defeitos citados no quadro 10 para o trecho em questão não proporciona as condições ideais de tráfego aos usuários, obtendo uma nota de 1,50.

Quadro 15 - VSA do trecho 5.





VALOR DE SERVIENTIA ATUAL (VSA)				
Avenida XV de Novembro / Ilíciena - MG				
Análise de Patologias				
Avaliador:	Douglas do Amaral Alves	Extensão do Trecho 200 m	Trecho:	5
Extensão Total (m):	1.600		Data:	Junho-2.019
				
Patologia	Trinca isolada transversal	Patologia	Conjunto de patologias	
				
Patologia	Trinca isolada longitudinal	Patologia	Diversas patologias	
Patologias da Avenida				
Trinca Isolada Transversal		X	(0 a 5) - VSA	
Trinca Isolada Longitudinal		X		
Trinca de Retração			1,50	
Trinca Couro de Jacaré Com Erosão		X		
Trinca Couro de Jacaré Sem Erosão				
Trinca Tipo Bloco com Erosão				
Trinca Tipo Bloco sem Erosão				
Desgaste do Pavimento		X		
Buraco ou Panela		X		
Remendo		X		

Fonte: (O Autor, 2019).

6.7 Trecho 6 – Avenida XV de Novembro

O trecho 6 foi o que teve na interpretação do avaliador a melhor condição de pavimento considerando os demais trechos, mas em todo seu comprimento de 200 metros pouca parte dessa metragem é de pavimento flexível. Diante disso, para o responsável de avaliar o trecho estudado a nota obtida foi de 3,00 como mostra o quadro 16 a seguir.

Quadro 16 - VSA do trecho 6.





VALOR DE SERVIENTIA ATUAL (VSA)					
Avenida XV de Novembro / Ilíciéna - MG					
Análise de Patologias					
Avaliador:	Douglas do Amaral Alves	Extensão do Trecho 200 m	Trecho:	6	
Extensão Total (m):	1.600		Data:	Junho-2.019	
					
Patologia	Remendo superficial	Patologia	Buraco ou Panela		
					
Patologia	Desgaste do pavimento	Patologia	Remendo superficial		
Patologias da Avenida		(0 a 5) - VSA 3,00			
Trinca Isolada Transversal					
Trinca Isolada Longitudinal					
Trinca de Retração					
Trinca Couro de Jacaré Com Erosão					
Trinca Couro de Jacaré Sem Erosão					
Trinca Tipo Bloco com Erosão					
Trinca Tipo Bloco sem Erosão					
Desgaste do Pavimento					X
Buraco ou Panela					X
Remendo		X			

Fonte: (O Autor, 2019).

6.8 Trecho 8 – Avenida XV de Novembro

O oitavo trecho como mostra o quadro 17 a seguir, mesmo contendo poucas patologias considerando as demais demarcações citadas neste trabalho, obteve a nota 1,95 por se tratar de um localidade central da cidade, onde deveria proporcionar a melhor condição possível de trafegabilidade segundo o avaliador.

Quadro 17 - VSA do trecho 8.

VALOR DE SERVIENTIA ATUAL (VSA)					
Avenida XV de Novembro / Ilíciena - MG					
Análise de Patologias					
Avaliador:	Douglas do Amaral Alves	Extensão do Trecho 200 m	Trecho:	8	
Extensão Total (m):	1.600		Data:	Junho-2.019	
					
Patologia	Buraco ou Panela	Patologia	Trinca tipo "Bloco" c/erosão		
					
Patologia	Desgaste do pavimento	Patologia	Remendo superficial		
Patologias da Avenida		(0 a 5) - VSA 1,95			
Trinca Isolada Transversal					
Trinca Isolada Longitudinal					
Trinca de Retração					
Trinca Couro de Jacaré Com Erosão					
Trinca Couro de Jacaré Sem Erosão					
Trinca Tipo Bloco com Erosão					X
Trinca Tipo Bloco sem Erosão					X
Desgate do Pavimento					X
Buraco ou Panela					X
Remendo		X			

Fonte: (O Autor, 2019).

Para a realização do Valor de Serventia Atual (VSA) da Avenida XV de Novembro, foram desconsiderados os trechos desprovidos de pavimento flexível, como é o caso dos trechos 6 e 7. O trecho 6 tem sua superfície composta de pavimento flexível e blocos hexagonais de concreto e, para análise das patologias e definição do VSA, foi considerado somente a superfície de pavimento flexível. Já o trecho 7 tem sua superfície composta integralmente por blocos do tipo paralelepípedo, sendo totalmente desconsiderado para a análise de patologias e definição do VSA. A figura 34 a seguir apresenta a condição do pavimento nos trechos 6 e 7.

Figura 34 - Pavimentos do Trecho 6 e do Trecho 7.

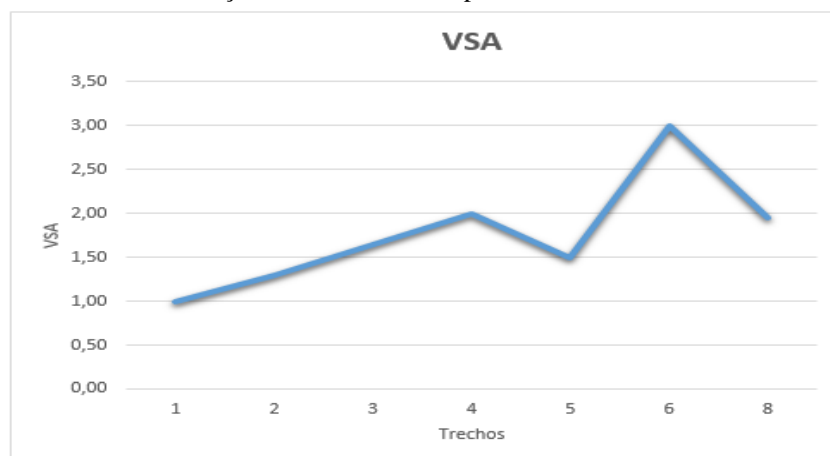


Fonte: (O autor, 2019).

Fonte: (O autor, 2019).

O gráfico 1 apresenta os resultados obtidos em campo, bem como a distribuição das notas do VSA de acordo com a divisão dos trechos.

Gráfico 1 - Distribuição das notas de VSA pelos trechos em estudo.



Fonte: (O Autor, 2019).

De acordo com os dados de Valor de Serventia Atual (VSA) coletados em cada trecho, foi levantado o valor de serventia médio para a avenida em estudo, apresentado no quadro 18 a seguir.

Quadro 18 - Valor médio do VSA da Avenida XV de Novembro.

Média do Valor de Serventia Atual do Pavimento		
Trecho:	Avenida XV de Novembro	
Extensão:	1.600 metros	
Trecho		VSA
1		1,00
2		1,30
3		1,65
4		2,00
5		1,50
6		3,00
7		0,00
8		1,95
Média do VSA do Trecho Total		
1,77		

Fonte: (O Autor, 2019).

A média do Valor de Serventia Atual (VSA) da Avenida XV de Novembro foi de 1,77, o que remete a um conceito “ruim”, sinalizando a necessidade de reparos na estrutura do pavimento flexível.

6.9 Estudo de Contagem Volumétrica de Veículos

As contagens volumétricas de veículos foram feitas na praça João Lorenço Leite, no centro da cidade de Ilícinea – MG, onde se inicia a avenida XV de Novembro. Essas contagens foram feitas em um período de cinco dias sequenciais e em um intervalo entre 13:00 horas à 14:00 horas na segunda-feira, e entre 13:15 horas à 14:15 horas nos demais dias.

Após definir o volume de veículos no período descrito, foi feita uma média semanal com a subdivisão das classes de veículos extrapolando-se a média da semana do período de uma hora para o período de vinte e quatro horas (um dia). Mesmo sabendo que, em certos horários do dia, o volume de veículos difere do período de contagem, a extrapolação dos dados subsidia a análise para fins de anteprojeto. Os quadros 19, 20, 21, 22 e 23 demonstram os volumes médios diários finais de veículos na avenida, em cada um dos cinco dias analisados.

Quadro 19 - Contagem volumétrica de veículos (Segunda-feira).

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS - AVENIDA XV DE NOVENBRO (ILICÍNEA-MG)										
CLASSE/PERÍODO	CARRO	CAMIONETA	ÔNIBUS	MOTO	CAMINHÃO TOCO	CAMINHÃO TRUCK	CAMINHÃO C/ 4 EIXOS	CARRETAS	BI-TREM	CAMINHÃO ARTICULADO (JULIETA)
13:00 - 13:15	44	7	2	18	14	1	0	1	0	0
13:15 - 13:30	35	1	1	14	5	4	0	1	0	0
13:30 - 13:45	43	2	1	16	0	8	0	1	0	0
13:45 - 14:00	52	1	3	13	9	2	0	1	1	0
TOTAL DE VEÍCULOS	174	11	7	61	28	15	0	4	1	0
DIA DE CONTAGEM	SEGUNDA-FEIRA 19/08/2019									
CONTADOR	DOUGLAS DO AMARAL ALVES									

Fonte: (O autor, 2019).

Quadro 20 - Contagem volumétrica de veículos (Terça-feira).

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS - AVENIDA XV DE NOVENBRO (ILICÍNEA-MG)										
CLASSE/PERÍODO	CARRO	CAMIONETA	ÔNIBUS	MOTO	CAMINHÃO TOCO	CAMINHÃO TRUCK	CAMINHÃO C/ 4 EIXOS	CARRETAS	BI-TREM	CAMINHÃO ARTICULADO (JULIETA)
13:15 - 13:30	46	5	2	17	1	3	0	0	0	0
13:30 - 13:45	79	2	0	24	14	2	0	0	0	0
13:45 - 14:00	120	1	0	27	6	3	0	2	1	0
14:00 - 14:15	130	3	0	33	6	4	0	1	0	0
TOTAL DE VEÍCULOS	375	11	2	101	27	12	0	3	1	0
DIA DE CONTAGEM	TERÇA-FEIRA 20/08/2019									
CONTADOR	DOUGLAS DO AMARAL ALVES									

Fonte: (O autor, 2019).

Quadro 21 - Contagem Volumétrica de Veículos (Quarta-feira).

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS - AVENIDA XV DE NOVEMBRO (ILICÍNEA-MG)										
CLASSE/PERÍODO	CARRO	CAMIONETA	ÔNIBUS	MOTO	CAMINHÃO TOCO	CAMINHÃO TRUCK	CAMINHÃO C/ 4 EIXOS	CARRETAS	BI-TREM	CAMINHÃO ARTICULADO (JULIETA)
13:15 - 13:30	111	0	0	26	9	7	1	1	0	1
13:30 - 13:45	106	0	4	32	9	1	0	0	3	0
13:45 - 14:00	87	0	0	28	6	2	0	1	0	0
14:00 - 14:15	112	0	0	26	9	3	0	0	0	0
TOTAL DE VEÍCULOS	416	0	4	112	33	13	1	2	3	1
DIA DE CONTAGEM	QUARTA-FEIRA 21/08/2019									
CONTADOR	DOUGLAS DO AMARAL ALVES									

Fonte: (O autor, 2019).

Quadro 22 - Contagem Volumétrica de Veículos (Quinta-feira).

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS - AVENIDA XV DE NOVEMBRO (ILICÍNEA-MG)										
CLASSE/PERÍODO	CARRO	CAMIONETA	ÔNIBUS	MOTO	CAMINHÃO TOCO	CAMINHÃO TRUCK	CAMINHÃO C/ 4 EIXOS	CARRETAS	BI-TREM	CAMINHÃO ARTICULADO (JULIETA)
13:15 - 13:30	98	3	3	41	14	1	1	1	0	1
13:30 - 13:45	96	1	5	28	6	4	0	1	0	0
13:45 - 14:00	120	3	1	35	10	5	1	2	0	0
14:00 - 14:15	92	0	2	43	12	0	1	2	0	0
TOTAL DE VEÍCULOS	406	7	11	147	42	10	3	6	0	1
DIA DE CONTAGEM	QUINTA-FEIRA 22/08/2019									
CONTADOR	DOUGLAS DO AMARAL ALVES									

Fonte: (O autor, 2019).

Quadro 23 - Contagem Volumétrica de Veículos (Sexta-feira).

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS - AVENIDA XV DE NOVEMBRO (ILICÍNEA-MG)										
CLASSE/PERÍODO	CARRO	CAMIONETA	ÔNIBUS	MOTO	CAMINHÃO TOCO	CAMINHÃO TRUCK	CAMINHÃO C/ 4 EIXOS	CARRETAS	BI-TREM	CAMINHÃO ARTICULADO (JULIETA)
13:15 - 13:30	125	4	4	50	12	5	2	2	0	2
13:30 - 13:45	117	2	2	38	7	3	1	3	2	0
13:45 - 14:00	95	1	0	40	8	4	0	5	2	0
14:00 - 14:15	88	2	0	36	5	2	0	1	1	0
TOTAL DE VEÍCULOS	425	9	6	164	32	14	3	11	5	2
DIA DE CONTAGEM	SEXTA-FEIRA 23/08/2019									
CONTADOR	DOUGLAS DO AMARAL ALVES									

Fonte: (O autor, 2019).

Quadro 24 - Extrapolação do Volume Hora para um dia (24 horas).

EXTRAPOLAÇÃO DO VOLUME HORA PARA 1 DIA (24 HORAS)										
CLASSE/DIA	CARRO	CAMIONETA	ÔNIBUS	MOTO	CAMINHÃO TOCO	CAMINHÃO TRUCK	CAMINHÃO C/ 4 EIXOS	CARRETAS	BI-TREM	CAMINHÃO ARTICULADO (JULIETA)
SEGUNDA - FEIRA	174	11	7	61	28	15	0	4	1	0
TERÇA - FEIRA	375	11	2	101	27	12	0	3	1	0
QUARTA - FEIRA	416	0	4	112	33	13	1	2	3	1
QUINTA - FEIRA	406	7	11	147	42	10	3	6	0	1
SEXTA - FEIRA	425	9	6	164	32	14	3	11	5	2
MÉDIA DA SEMANA	359	8	6	117	32	13	1	5	2	1
EXTRAPO LAÇÃO P/ 1 DIA	8621	182	144	2808	778	307	34	125	48	19

Fonte: (O autor, 2019).

Fazendo a somatória dos volumes médios diários dos veículos considerados pesados do quadro 24, como é o caso de ônibus, caminhão toco, caminhão truck, caminhão com 4 eixos, carreta, bi-trem e caminhão articulado (romeu e julieta), chega-se a um volume de 1.455 veículos/dia.

6.10 Determinação do número “N”

Definido volume médio diário de veículos pesados (1.455 por dia) que trafegam na avenida, classificou-se a via pela classe de tráfego característico, como explica a Instrução de Projetos 02/2004 (Classificação das vias) – Prefeitura do Município de São Paulo, chegando em um tráfego muito pesado, em que o número de passagens de caminhões e ônibus dessa classe é de 1.001 a 2.000 veículos por dia.

Usando o quadro 25 de classificação das vias e parâmetros de tráfego da IP-02/2004 (Prefeitura Municipal de São Paulo) e com base no número de veículos pesados que trafegam na avenida (1.455 por dia) chega-se em um “N” característico de 5×10^7 .

Quadro 25 - Classificação da via.

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente / Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/ Ônibus			
Via local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,70 \times 10^7$ a $1,40 \times 10^5$	10^5
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	5×10^5
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^5$ a $3,1 \times 10^5$	2×10^5
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	2×10^7
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	5×10^7
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3×10^5 (1)	10^7
	VOLUME PESADO	12		> 500		5×10^7	5×10^7

N = valor obtido com uma taxa de crescimento de 5% ao ano, durante o período de projeto.

Notas:

(1) Majorado em função do tráfego (excesso de frenagem e partidas)

(2) Números de solicitações adotadas:

$$N = 365 \times 10 \times V_0 \times 1,25 \times e = 4560 \cdot V_0 \cdot e$$

$$N = 365 \times 12 \times V_0 \times 1,30 \times e = 5690 \cdot V_0 \cdot e$$

Considerando somente o volume de caminhões e ônibus e taxa de crescimento de 5% a.a.

Fonte: (IP 02/2004, Prefeitura do Município de São Paulo, 2004).

Em seguida, usando o número “N” característico, majora-se esse valor em função do excesso de frenagem e partidas, conforme especificado na IP-02/2004, chegando no seguinte N:

$$N = 5690 \times 1455 \times 5,90$$

$$N = 48.845.805 \text{ ou } 4,88 \times 10^7$$

A determinação da espessura mínima de revestimento betuminoso a ser utilizado para a revitalização da avenida XV de Novembro foi feita de acordo com o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), em que o número “N” de $4,88 \times 10^7$ equivale a uma espessura de 10,0 cm, conforme definido no quadro 26.

Quadro 26 - Determinação do número "N".

NÚMERO “N”	ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento betuminoso com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N < 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: (Manual de estudo de tráfego do DNIT, 2006).

6.11 Reconstrução da Avenida XV de Novembro

De acordo com as análises dos dados obtidos nesse estudo, somando com os relatos do engenheiro civil da Prefeitura Municipal de Ilicínea, foi possível concluir que a avenida XV de Novembro necessita de uma revisão estrutural das camadas do pavimento, dada a natureza das patologias identificadas. Além disso, ficou evidente a inexistência do projeto executivo do pavimento atual para verificação das camadas que recebem o tráfego que hoje passa pela via, para fins de comparação com a estrutura necessária para suportá-lo e que a espessura existente de revestimento betuminoso visto em campo não corresponde ao que foi dado no cálculo do número “N”.

Diante disto, foi elaborado um estudo para anteprojeto do dimensionamento do pavimento flexível da avenida, com intuito de eliminar os problemas relacionados a patologias e obter uma melhor eficiência para trafegabilidade dos usuários.

Para solução das patologias da via foram elaboradas duas propostas para reconstrução da avenida baseada no dimensionamento das camadas, a saber:

- Primeira proposta: Revestimento (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), Base (Brita Graduada Simples), Sub-base (Bica Corrida), Reforço do Subleito (Solo Argiloso) e o Subleito (Solo Argiloso).

Para a primeira proposta foram recomendados materiais que possam ser encontrados na região do estudo. Já para a segunda proposta, também foram ditos materiais que possam ser encontrados nas proximidades, porém para a camada de base o material de brita graduada tratada com cimento pode oferecer uma melhor eficiência em relação ao tráfego e também é o recomendado pela IP 05/2004 – Prefeitura do Município de São Paulo como destacado neste trabalho.

Por falta de dados, os CBRs usados nas camadas de base, sub-base e subleito das duas propostas foram os mínimos citados no Manual de Pavimentação do DNIT (2006) e também na Instrução de Projetos 05/2004 – Prefeitura do Município de São Paulo. Já para o reforço do subleito, foi feita uma análise inversa do cálculo, com o objetivo de chegar a um CBR que possibilite a menor espessura para a camada de reforço, sem aumentar a espessura da camada de sub-base. Essa premissa envolve redução de custos de execução, mantando o suporte estrutural das camadas.

Na primeira proposta os CBRs foram os seguintes:

- Base = CBR 80%;
- Sub-base = CBR 30%;
- Reforço do subleito = CBR 6%;
- Subleito = CBR 2%.

Na segunda proposta os CBRs foram:

- Base = CBR 80%;
- Sub-base = CBR 30%;
- Reforço do subleito = CBR 5%;
- Subleito = CBR 2%.

Defindo o número “N” de $4,88 \times 10^7$, a espessura do revestimento betuminoso de 10 cm e os tipos de materiais a serem utilizados no projeto da primeira proposta, é necessário definir os coeficientes de equivalência estrutural das camadas pavimento. O quadro 27 apresenta os coeficientes adotados, sendo que o destaque em preto é o coeficiente estrutural do revestimento betuminoso e o destaque em roxo é o coeficiente estrutural da camada de base.

Quadro 27 - Coeficiente de equivalência estrutural do revestimento e base da primeira proposta.

CAMADA DO PAVIMENTO	COEFICIENTE ESTRUTURAL (K)
Base ou Revestimento de Concreto Asfáltico	2,00
Base ou Revestimento de Concreto Magro/Compactado com Rolo	2,00
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Quente, de Graduação Densa / BINDER	1,80
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Frio, de Graduação Densa	1,40
Base ou Revestimento Asfáltico por Penetração	1,20
Paralelepípedos	1,00
Base de Brita Graduada Simples, Macadame Hidráulico e Estabilizadas Granulometricamente	1,00
Sub-bases Granulares ou Estabilizadas com Aditivos	≤ 1,00
Reforço do Subleito	≤ 1,00
Base de Solo-Cimento ou BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, superior a 4,5 MPa	1,70
Base de BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, entre 2,8 e 4,5 MPa	1,40
Base de Solo-Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,8 e maior ou igual a 2,1 MPa	1,20
Base de Solo melhorado com Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,1 MPa	1,00

Fonte: (IP 05/2004, Prefeitura do Município de São Paulo, 2004).

Para as camadas de sub-base e reforço do subleito da primeira proposta foram feitas as relações dos CBRs. Para a sub-base a relação CBR_{SB}/CBR_{SL} e para o reforço do subleito CBR_{REF}/CBR_{SL} . Os resultados podem ser observados nos cálculos das relações dos CBRs abaixo.

Para $K_{SB} - 30\%/2\% = 15,0$.

Para $K_{REF} - 6\%/2\% = 3,0$.

Assim, chega-se nos coeficientes de equivalência estruturais de $K_{SB}=1,00$ e $K_{REF}=1,00$, como mostra o quadro 28 a seguir.

Quadro 28 - Coeficientes da sub-base e reforço do subleito.

RELAÇÃO DE CBR	K
1,1	0,72
1,2	0,75
1,3	0,76
1,4	0,78
1,5	0,80
1,6	0,82
1,7	0,83
1,8	0,85
1,9	0,86
2,0	0,88
2,1	0,90
2,2	0,91
2,3	0,92
2,4	0,94
2,5	0,95
2,6	0,96
2,7	0,97
2,8	0,98
2,9	0,99
> 3,0	1,00

Fonte: (Adaptado de IP 05/2004, Prefeitura do Município de São Paulo, 2004).

Definidos os coeficientes estruturais K das camadas do pavimento, efetuou-se o cálculo para a determinação das espessuras, conforme as fórmulas de correlações e também os ábacos descritos no Manual de Pavimentação do DNIT, 2006.

- Cálculo da base

R=10,0 cm;

Kr=2,00;

B=?;

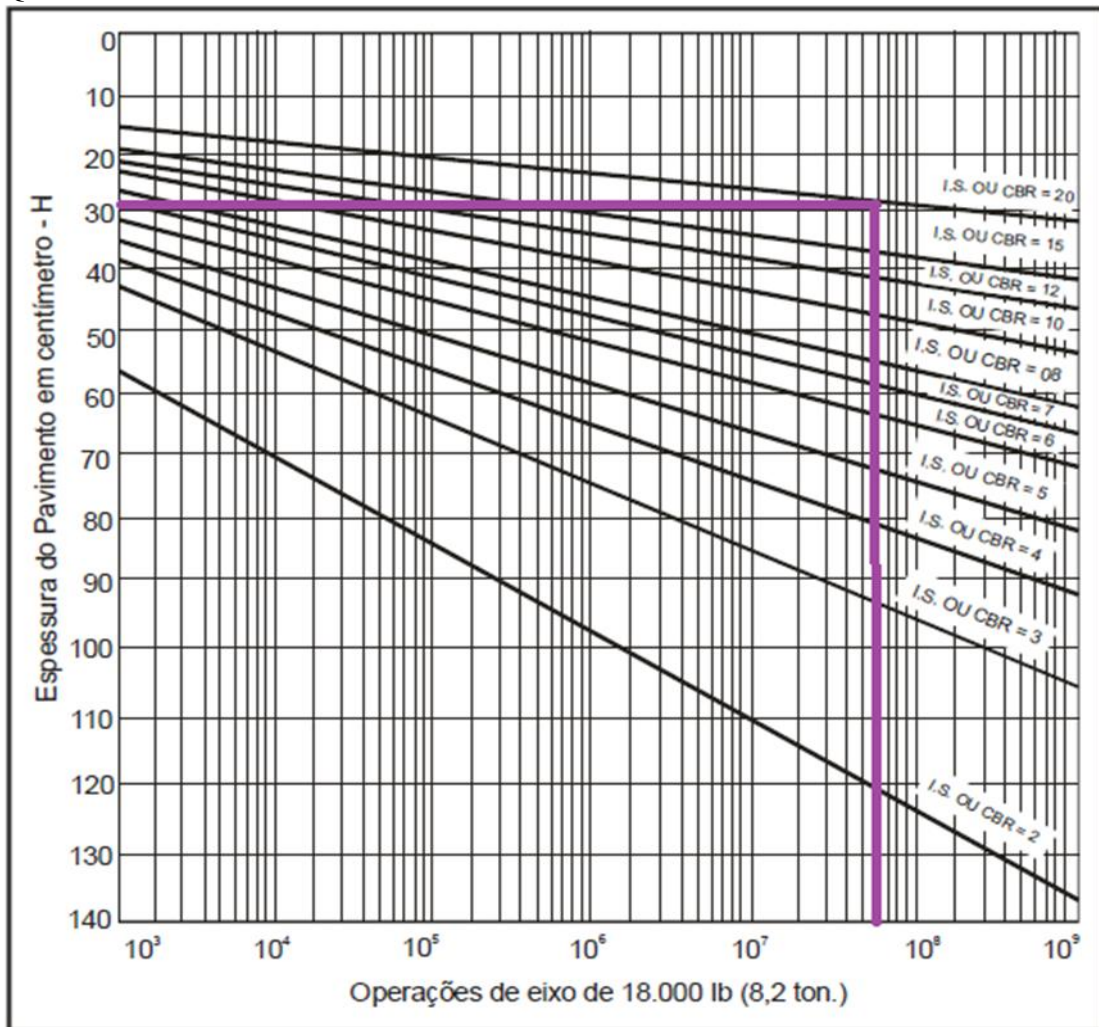
Kb=1,00;

A espessura mínima para a camada de base, segundo o quadro 6 da IP 05/2004 – Prefeitura do Município de São Paulo, que descreve as espessuras recomendadas e o tipo de material a ser utilizado, é de 20 cm para via com tráfego muito pesado.

$$RK_r + BK_b \geq H_{20}$$

$$(10 \times 2,00) + (B \times 1,00) \geq 28 \text{ cm} \rightarrow B \geq 8 \text{ cm} \rightarrow B_{\text{adot}} = 20 \text{ cm.}$$

Quadro 29 - Ábaco da base.



Fonte: (Manual de Pavimentação do DNIT, 2006).

- Cálculo da sub-base

R=10,0 cm;

Kr=2,00;

B=20 cm;

Kb=1,00;

h20=?;

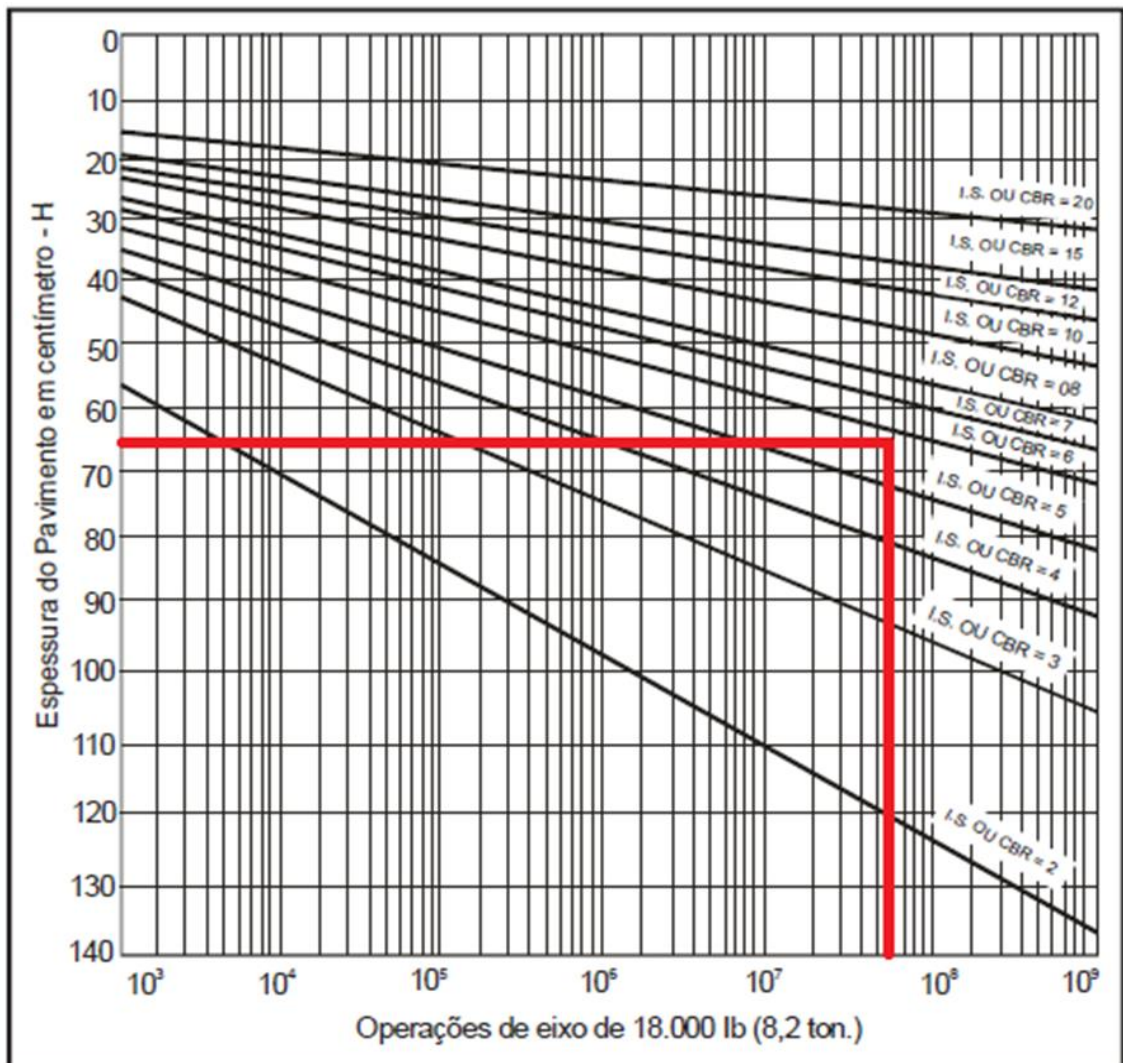
Ks=1,00;

Hn=65 cm.

$$RKr+BKb+h20 Ks \geq Hn$$

$$(10 \times 2,00) + (20 \times 1,00) + (h20 \times 1,00) \geq 65 \text{ cm} \rightarrow h20 \geq 25 \text{ cm} \rightarrow h20_{\text{adot}} = 25 \text{ cm.}$$

Quadro 30 - Ábaco da sub-base.



Fonte: (Manual de Pavimentação do DNIT, 2006).

- Cálculo do reforço do subleito

$R=10,0$ cm;

$K_r=2,00$;

$B=20$ cm;

$K_b=1,00$;

$h_{20}=25$;

$K_s=1,00$;

$h_n=?$;

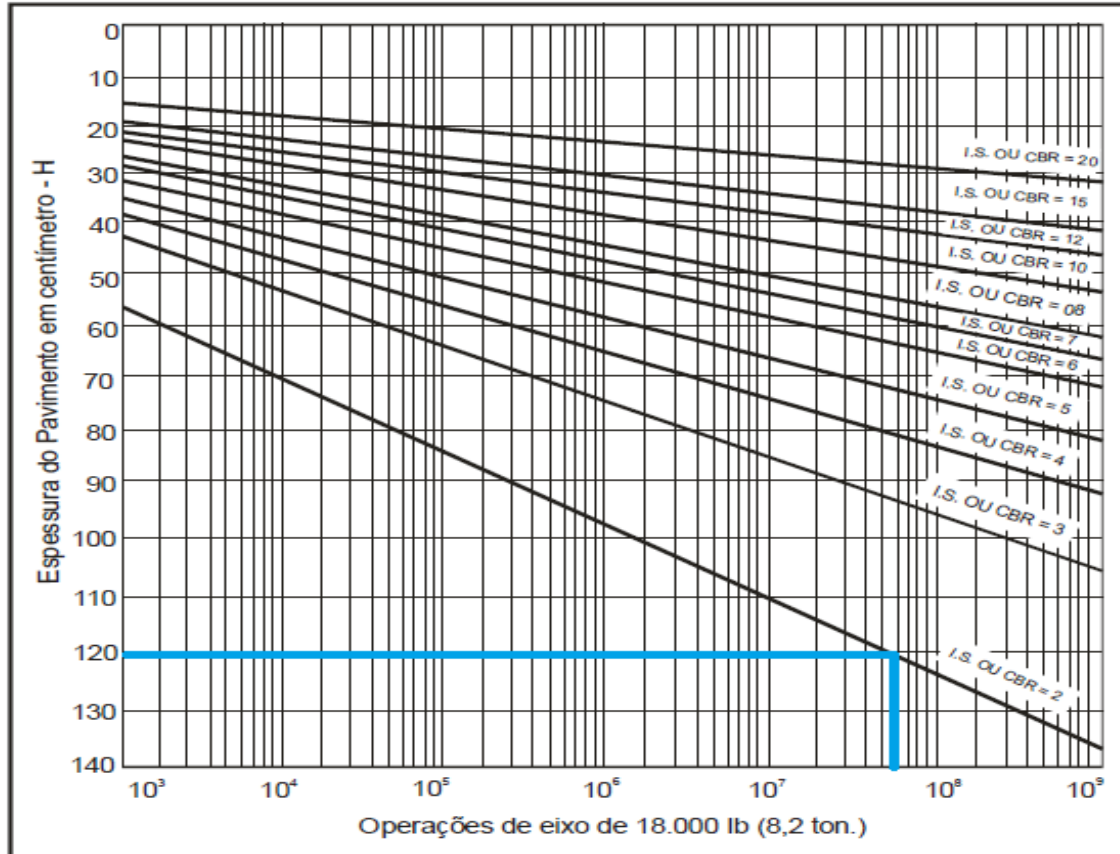
$K_{Ref}=1,00$;

$H_m=120$ cm.

$$RKr+BKb+h20Ks+hnKRef \geq Hm$$

$$(10 \times 2,00) + (20 \times 1,00) + (25 \times 1,00) + (hn \times 1,00) \geq 120 \text{ cm} \rightarrow hn \geq 55 \text{ cm} \rightarrow hn_{\text{adot}} = 55 \text{ cm.}$$

Quadro 31 - Ábaco do reforço do subleito.



Fonte: (Manual de Pavimentação do DNIT, 2006).

O quadro 32 apresenta as espessuras das camadas estruturais do pavimento flexível da Avenida XV de Novembro, sendo essa a primeira proposta.

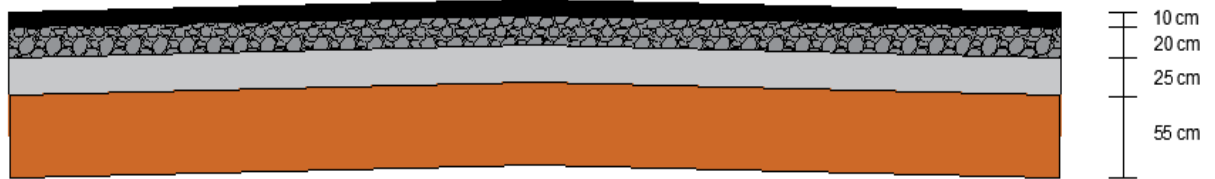
Quadro 32 - Resumo das espessuras da primeira proposta.

1º proposta para recuperação do pavimento da avenida XV de Novembro (Espessuras e tipo de materiais)			
Espessura do revestimento	10	cm	CBUQ
Espessura da base	20	cm	BGS
Espessura da Sub-base	25	cm	Bica corrida
Espessura do Reforço do Subleito	55	cm	Solo argiloso

Fonte: (O autor, 2019).

A figura 35 a seguir mostra como ficou as espessuras por camadas da primeira proposta de reconstrução do pavimento flexível da avenida XV de Novembro, sendo que a primeira camada equivale ao revestimento betuminoso usinada a quente (CBUQ), a segunda camada é de base granular simples (BGS), a terceira é de subbase em bica corrida e a quarta camada é o reforço do subleito em solo argiloso.

Figura 35 - Espessuras finais das camadas da primeira proposta de recuperação.



Fonte: (O autor, 2019).

O quadro 33 apresenta os coeficientes estruturais adotados para a segunda proposta, sendo que o destaque em preto é o coeficiente estrutural do revestimento betuminoso e o destaque em roxo é o coeficiente estrutural da camada de base.

Quadro 33 - Coeficiente de equivalência estrutural do revestimento e base da segunda proposta.

CAMADA DO PAVIMENTO	COEFICIENTE ESTRUTURAL (K)
Base ou Revestimento de Concreto Asfáltico	2,00
Base ou Revestimento de Concreto Magro/Compactado com Rolo	2,00
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Quente, de Graduação Densa / BINDER	1,80
Base ou Revestimento de Pré-Misturado a Frio, de Graduação Densa	1,40
Base ou Revestimento Asfáltico por Penetração	1,20
Paralelepípedos	1,00
Base de Brita Graduada Simples, Macadame Hidráulico e Estabilizadas Granulometricamente	1,00
Sub-bases Granulares ou Estabilizadas com Aditivos	≤ 1,00
Reforço do Subleito	≤ 1,00
Base de Solo-Cimento ou BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, superior a 4,5 MPa	1,70
Base de BGTC, com resistência à compressão aos 7 dias, entre 2,8 e 4,5 MPa	1,40
Base de Solo-Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,8 e maior ou igual a 2,1 MPa	1,20
Base de Solo melhorado com Cimento, com resistência à compressão aos 7 dias, menor que 2,1 MPa	1,00

Fonte: (IP 05/2004, Prefeitura do Município de São Paulo, 2004).

Para a segunda proposta utilizou-se do mesmo conceito da primeira, ou seja, para as camadas de sub-base e reforço do subleito, utilizando as relações dos CBRs, foram obtidos os seguintes resultados para os coeficientes de equivalência estrutural.

Para $K_{SB} - 30\%/2\% = 15,0$.

Para $K_{REF} - 5\%/2\% = 2,5$.

Com base nos resultados das relações dos CBRs e adotando o quadro de coeficientes de equivalência estruturais da sub-base e reforço do subleito obtém-se os coeficientes $K_{SB}=1,00$ e $K_{REF}=0,95$, como mostra o quadro 34 a seguir.

Quadro 34 - Coeficientes da sub-base e reforço do subleito.

RELAÇÃO DE CBR	K
1,1	0,72
1,2	0,75
1,3	0,76
1,4	0,78
1,5	0,80
1,6	0,82
1,7	0,83
1,8	0,85
1,9	0,86
2,0	0,88
2,1	0,90
2,2	0,91
2,3	0,92
2,4	0,94
2,5	0,95
2,6	0,96
2,7	0,97
2,8	0,98
2,9	0,99
> 3,0	1,00

Fonte: (Adaptado de IP 05/2004, Prefeitura do Município de São Paulo, 2004).

Depois da retirada dos coeficientes estruturais K das camadas do pavimento, calculou-se as espessuras das mesmas, conforme as fórmulas de correlações e ábacos descritos no Manual de Pavimento do DNIT, 2006.

- Cálculo da base

R=10,0 cm;

Kr=2,00;

B=?;

Kb=1,40;

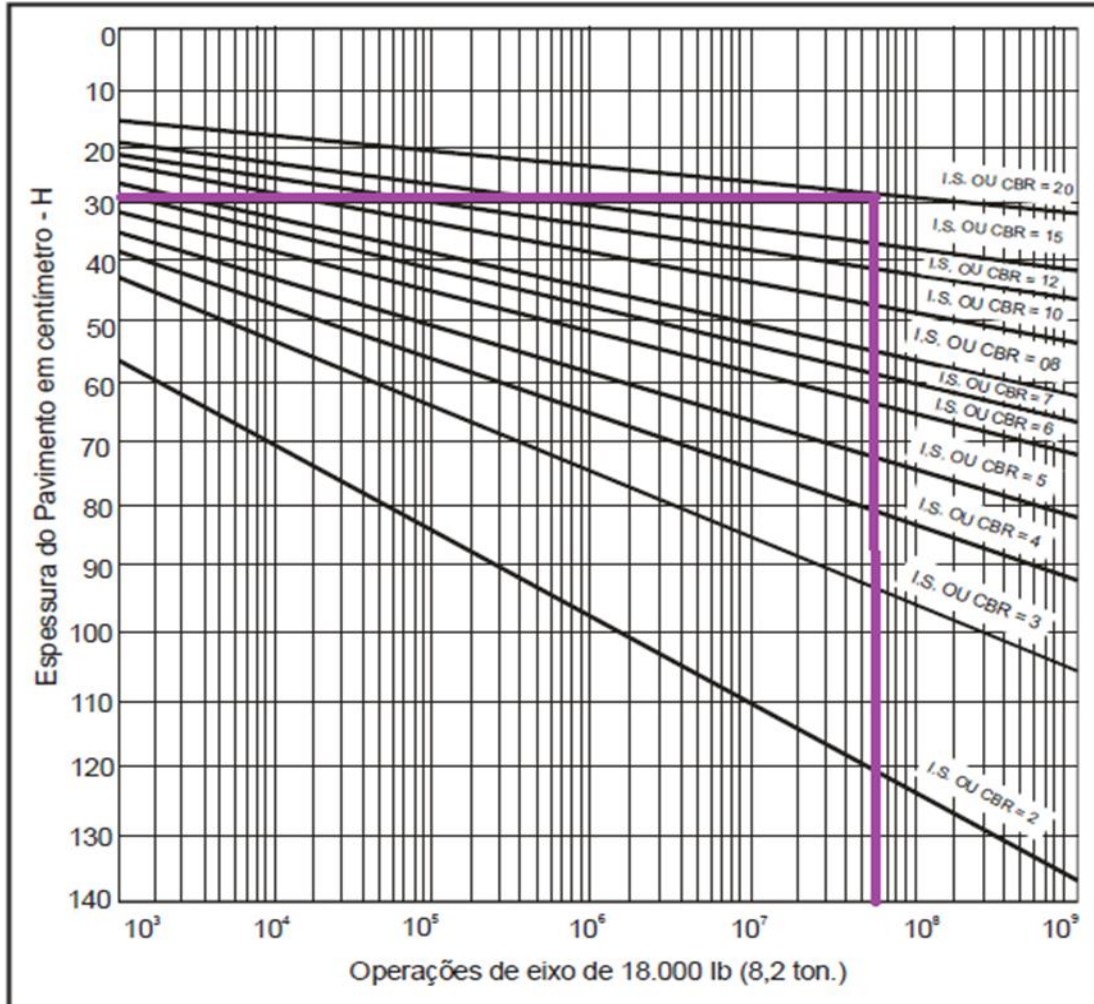
H20=28 cm.

A espessura mínima para a camada de base, segundo o quadro 6 da IP 05/2004 – Prefeitura do Município de São Paulo, que descreve as espessuras recomendadas e o tipo de material a ser utilizado, é de 20 cm para via com tráfego muito pesado.

$$R K_r + B K_b \geq H_{20}$$

$$(10 \times 2,00) + (B \times 1,40) \geq 28 \text{ cm} \rightarrow B \geq 5,71 \text{ cm} \rightarrow \text{Badot} = 20 \text{ cm.}$$

Quadro 35 - Ábaco da base.



Fonte: (Manual de Pavimentação do DNIT, 2006).

- Cálculo da sub-base

R=10,0 cm;

K_r=2,00;

B=20 cm;

K_b=1,40;

h₂₀=?;

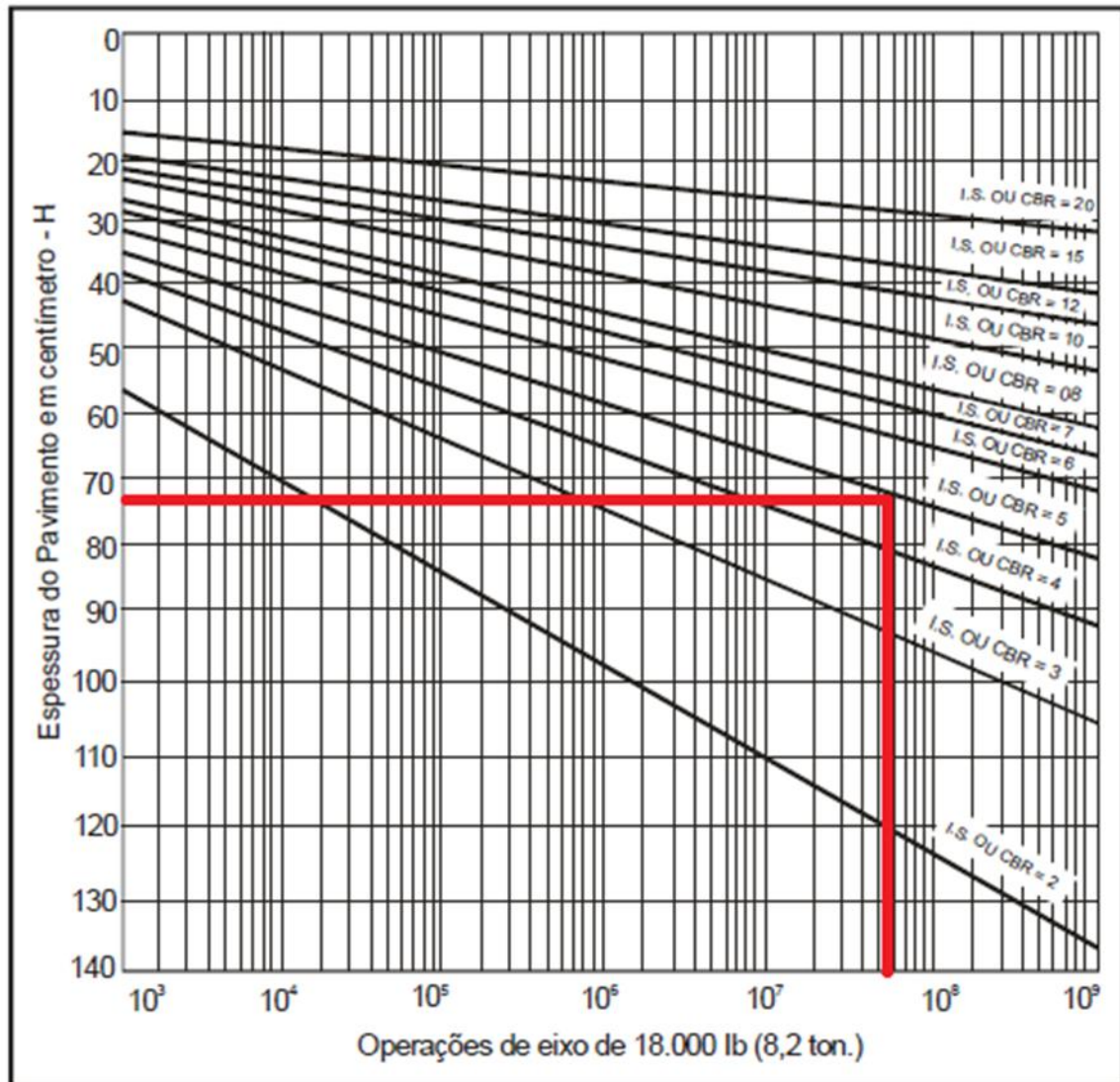
K_s=1,00;

H_n=73 cm.

$$RK_r + BK_b + h_{20}K_s \geq H_n$$

$$(10 \times 2,00) + (20 \times 1,40) + (h_{20} \times 1,00) \geq 73 \text{ cm} \rightarrow h_{20} \geq 25 \text{ cm} \rightarrow h_{20 \text{ adot}} = 25 \text{ cm.}$$

Quadro 36 - Ábaco da sub-base.



Fonte: (Manual de Pavimentação do DNIT, 2006).

- Cálculo do reforço do subleito

R=10,0 cm;

K_r=2,00;

B=20 cm;

K_b=1,40;

h₂₀=25 cm;

K_s=1,00;

h_n=?;

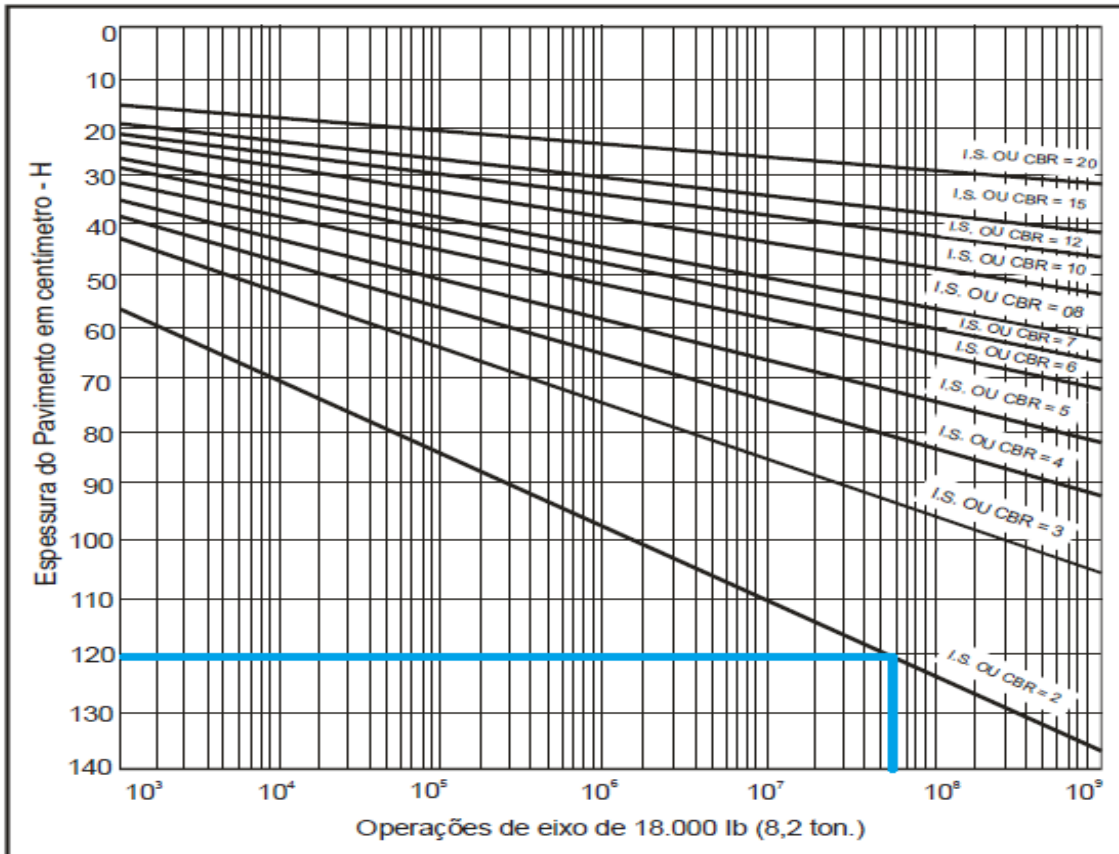
$K_{Ref}=1,00$;

$H_m=120$ cm.

$$R_{Kr}+B_{Kb}+h_{20}K_s+h_nK_{Ref}\geq H_m$$

$$(10 \times 2,00) + (20 \times 1,40) + (25 \times 1,00) + (h_n \times 0,95) \geq 120 \text{ cm} \rightarrow h_n \geq 49,47 \text{ cm} \rightarrow h_{n\dot{a}} = 50 \text{ cm}.$$

Quadro 37 - Ábaco do reforço do subleito.



Fonte: (Manual de Pavimentação do DNIT, 2006).

O quadro 38 apresenta as espessuras das camadas estruturais do pavimento flexível da Avenida XV de Novembro, sendo essa a segunda proposta.

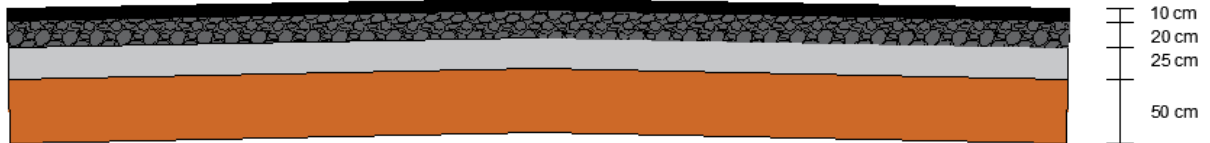
Quadro 38 - Resumo das espessuras da segunda proposta.

2º proposta para recuperação do pavimento da avenida XV de Novembro (Espessuras e tipo de materiais)			
Espessura do revestimento	10	cm	CBUQ
Espessura da base	20	cm	BGTC
Espessura da Sub-base	25	cm	Bica corrida
Espessura do Reforço do Subleito	50	cm	Solo argiloso

Fonte: (O autor, 2019).

A figura 36 a seguir mostra como ficou a espessura por camada da segunda proposta para a reconstrução do pavimento flexível da avenida XV de Novembro, sendo que a primeira camada equivale ao revestimento betuminoso usinada a quente (CBUQ), a segunda camada é de base granular tratada com cimento (BGTC), a terceira é de subbase em bica corrida e a quarta camada é o reforço do subleito em solo argiloso.

Figura 36 - Espessuras finais das camadas da segunda proposta de recuperação.



Fonte: (O autor, 2019).

Vale ressaltar que para a execução deste estudo para anteprojeto devem ser seguidas as recomendações descritas no Manual de Pavimentação do DNIT (2006), aspectos como o grau de compactação ideal para as camadas, a umidade ótima, entre outros, a fim de garantir uma maior eficiência do pavimento.

6.12 Levantamento de custos de materiais

Após definição das duas propostas, a título de anteprojeto, visando a reconstrução do pavimento da avenida XV de Novembro, foram levantados os custos dos materiais necessários para execução do serviço de pavimentação, excluindo os custos com transportes, funcionários, etc.

A avenida XV de Novembro, segundo o secretário de obras da cidade de Ilícinea – MG, recebe, em média, seis manutenções corretivas para minizar os efeitos das patologias do pavimento flexível, durante o período de um ano, com um consumo médio de 30 toneladas por manutenção a um valor de R\$660,00 a tonelada. Sendo assim, o custo anual com manutenção do pavimento flexível dessa avenida gira em torno de R\$118.800,00 e R\$1.425.600,00 para um período de doze anos, mesmo período de projeto adotado para definição das propostas de reconstrução.

A via tem uma extensão de aproximadamente 1.600 metros, tendo os trechos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 com 8 metros em média de largura. No trecho 7, a avenida tem duas faixas de rolamento de tráfego com canteiro central, e uma largura média de 6 metros por faixa. Já no trecho 8, há uma largura de 8 metros por faixa de rolamento, chegando a uma largura total de 16 metros. Com base nesses dados, o quadro 39 apresenta o quantitativo da área total de pavimentação.

Quadro 39 - Área de pavimento da avenida XV de Novembro.

Cálculo da área da Avenida XV de Novembro				
Trecho	Extensão (m)	Estilo de faixa	Largura (m)	Área (m ²)
1	200	Simple	8	1600
2	200	Simple	8	1600
3	200	Simple	8	1600
4	200	Simple	8	1600
5	200	Simple	8	1600
6	200	Simple	8	1600
7	200	C/ canteiro	12	2400
8	200	Simple	16	3200
Total (m ²)				15200

Fonte: (O autor, 2019).

Para o levantamento dos custos de materiais a serem utilizados na reconstrução do pavimento da avenida XV de Novembro foram utilizados os valores unitários da tabela referencial de preços do Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais – DEER/MG referente ao mês de agosto de 2019.

Para a primeira proposta, multiplicando as áreas dos trechos da avenida pelas espessuras finais calculadas para as camadas estruturais do pavimento flexível, obtém-se o volume de material a ser utilizado para execução (Quadros 40, 41, 42 e 43).

Quadro 400 - Volume de CBUQ da primeira proposta de reconstrução.

Volume de revestimento CBUQ para a reconstrução da Avenida XV de Novembro				
Trecho	Área do trecho (m ²)	Material Utilizado	Espessura final do agregado (m)	Volume de material (m ³)
1	1600	CBUQ	0,10	160
2	1600	CBUQ	0,10	160
3	1600	CBUQ	0,10	160
4	1600	CBUQ	0,10	160
5	1600	CBUQ	0,10	160
6	1600	CBUQ	0,10	160
7	2400	CBUQ	0,10	240
8	3200	CBUQ	0,10	320
Total de revestimento CBUQ (m ³)				1520

Fonte: (O autor, 2019).

Quadro 411 - Volume de BGS da primeira proposta de reconstrução.

Volume de Brita Granular Simples para a reconstrução da Avenida XV de Novembro				
Trecho	Área do trecho (m ²)	Material Utilizado	Espessura final do agregado (m)	Volume de material (m ³)
1	1600	BGS	0,20	320
2	1600	BGS	0,20	320
3	1600	BGS	0,20	320
4	1600	BGS	0,20	320
5	1600	BGS	0,20	320
6	1600	BGS	0,20	320
7	2400	BGS	0,20	480
8	3200	BGS	0,20	640
Total de BGS (m ³)				3040

Fonte: (O autor, 2019).

Quadro 422 - Volume de Bica Corrida da primeira proposta de reconstrução.

Volume de Bica Corrida para a reconstrução da Avenida XV de Novembro				
Trecho	Área do trecho (m ²)	Material Utilizado	Espessura final do agregado (m)	Volume de material (m ³)
1	1600	Bica Corrida	0,25	400
2	1600	Bica Corrida	0,25	400
3	1600	Bica Corrida	0,25	400
4	1600	Bica Corrida	0,25	400
5	1600	Bica Corrida	0,25	400
6	1600	Bica Corrida	0,25	392
7	2400	Bica Corrida	0,25	600
8	3200	Bica Corrida	0,25	800
Total de Bica Corrida (m ³)				3792

Fonte: (O autor, 2019).

Quadro 433 - Volume de Solo Argiloso da primeira proposta de reconstrução.

Volume de Solo Argiloso para a reconstrução da Avenida XV de Novembro				
Trecho	Área do trecho (m ²)	Material Utilizado	Espessura final do agregado (m)	Volume de material (m ³)
1	1600	Solo Argiloso	0,55	880
2	1600	Solo Argiloso	0,55	880
3	1600	Solo Argiloso	0,55	880
4	1600	Solo Argiloso	0,55	880
5	1600	Solo Argiloso	0,55	880
6	1600	Solo Argiloso	0,55	880
7	2400	Solo Argiloso	0,55	1320
8	3200	Solo Argiloso	0,55	1760
Total de Solo Argiloso (m ³)				8360

Fonte: (O autor, 2019).

Os volumes foram convertidos para toneladas, adotando os pesos específicos compactados aproximados de cada material, para posterior multiplicação pelos valores

unitários da tabela referencial de preços do DEER/MG do mês de agosto de 2.019. O quadro 44 apresenta o resultado de custo dos materiais para execução da primeira proposta.

Quadro 444 - Custo dos materiais da primeira proposta.

LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DE MATERIAIS UTILIZADOS NA RECONSTRUÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL					
LOCAL	Avenida XV de Novembro (Ilhéua-MG).				
DADOS COMPLEMENTARES	Primeira Proposta / Valores unitários retirados da tabela de preços do DEER - MG de agosto de 2.019				
DATA	dez/19				
MATERIAL	VOLUME (m³)	PESO ESPECÍFICO (t/m³)	TONELADA (t)	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
CBUQ FAIXA III DER C/CAP	1520	2,40	3648	R\$ 290,54	R\$ 1.059.889,92
BGS	3040	1,48	4499,2	R\$ 23,97	R\$ 107.845,82
BICA CORRIDA	3792	1,48	5612,16	R\$ 19,49	R\$ 109.381,00
SOLO ARGILOSO	8360	1,80	15048	R\$ 12,35	R\$ 185.842,80
VALOR TOTAL DA PRIMEIRA PROPOSTA					R\$ 1.462.959,54

Fonte: (O autor, 2019).

Como pode ser visto no quadro 44, o valor final estimado dos materiais da primeira proposta foi de R\$ 1.462.959,54.

A segunda proposta seguiu os passos da primeira e volume final de material a ser utilizado para reconstrução da via são apresentados nos quadros 45, 46, 47 e 48 a seguir.

Quadro 455 - Volume de CBUQ da segunda proposta de reconstrução.

Volume de revestimento CBUQ para a reconstrução da Avenida XV de Novembro				
Trecho	Área do trecho (m²)	Material Utilizado	Espessura final do agregado (m)	Volume de material (m³)
1	1600	CBUQ	0,10	160
2	1600	CBUQ	0,10	160
3	1600	CBUQ	0,10	160
4	1600	CBUQ	0,10	160
5	1600	CBUQ	0,10	160
6	1600	CBUQ	0,10	160
7	2400	CBUQ	0,10	240
8	3200	CBUQ	0,10	320
Total de revestimento CBUQ (m³)				1520

Fonte: (O autor, 2019).

Quadro 466 - Volume de BGTC da segunda proposta de reconstrução.

Volume de Brita Granular Tratada com Cimento para a reconstrução da Avenida XV de Novembro				
Trecho	Área do trecho (m ²)	Material Utilizado	Espessura final do agregado (m)	Volume de material (m ³)
1	1600	BGTC	0,20	320
2	1600	BGTC	0,20	320
3	1600	BGTC	0,20	320
4	1600	BGTC	0,20	320
5	1600	BGTC	0,20	320
6	1600	BGTC	0,20	320
7	2400	BGTC	0,20	480
8	3200	BGTC	0,20	640
Total de BGTC (m ³)				3040

Fonte: (O autor, 2019).

Quadro 477 - Volume de Bica Corrida da segunda proposta de reconstrução.

Volume de Bica Corrida para a reconstrução da Avenida XV de Novembro				
Trecho	Área do trecho (m ²)	Material Utilizado	Espessura final do agregado (m)	Volume de material (m ³)
1	1600	Bica Corrida	0,25	400
2	1600	Bica Corrida	0,25	400
3	1600	Bica Corrida	0,25	400
4	1600	Bica Corrida	0,25	400
5	1600	Bica Corrida	0,25	400
6	1600	Bica Corrida	0,25	400
7	2400	Bica Corrida	0,25	600
8	3200	Bica Corrida	0,25	800
Total de Bica Corrida (m ³)				3800

Fonte: (O autor, 2019).

Quadro 488 - Volume de Solo Argiloso da segunda proposta de reconstrução.

Volume de Solo Argiloso para a reconstrução da Avenida XV de Novembro				
Trecho	Área do trecho (m ²)	Material Utilizado	Espessura final do agregado (m)	Volume de material (m ³)
1	1600	Solo Argiloso	0,50	800
2	1600	Solo Argiloso	0,50	800
3	1600	Solo Argiloso	0,50	800
4	1600	Solo Argiloso	0,50	800
5	1600	Solo Argiloso	0,50	800
6	1600	Solo Argiloso	0,50	800
7	2400	Solo Argiloso	0,50	1200
8	3200	Solo Argiloso	0,50	1600
Total de Solo Argiloso (m ³)				7600

Fonte: (O autor, 2019).

Seguindo o mesmo critério da primeira proposta, os volumes foram convertidos para toneladas, adotando os pesos específicos compactados aproximados de cada material, para posterior multiplicação pelos valores unitários da tabela referencial de preços do DEER/MG do mês de agosto de 2.019. O quadro 49 apresenta o resultado de custo de materiais para execução da segunda proposta.

Quadro 49 - Custo dos materiais da segunda proposta.

LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DE MATERIAIS UTILIZADOS NA RECONSTRUÇÃO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL					
LOCAL	Avenida XV de Novembro (Ilínea-MG).				
DADOS COMPLEMENTARES	Segunda Proposta / Valores unitários retirados da tabela de preços do DEER - MG de agosto de 2.019				
DATA	dez/19				
MATERIAL	VOLUME (m³)	PESO ESPECÍFICO (t/m³)	TONELADA (t)	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
CBUQ FAIXA III DER C/CAP	1520	2,40	3648	R\$ 290,54	R\$ 1.059.889,92
BGTC	3040	1,48	4499,2	R\$ 67,11	R\$ 301.941,31
BICA CORRIDA	3800	1,48	5624	R\$ 19,49	R\$ 109.611,76
SOLO ARGILOSO	7600	1,80	13680	R\$ 12,35	R\$ 168.948,00
VALOR TOTAL DA SEGUNDA PROPOSTA					R\$ 1.640.390,99

Fonte: (O autor, 2019).

Portanto, como é visto no quadro 49 o valor final estimado de materiais para segunda proposta foi de R\$ 1.640.390,99.

7 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos a partir da avaliação superficial das patologias mostram com clareza que Avenida XV de Novembro não recebe manutenção adequada de conservação e necessita urgentemente de reconstrução em sua estrutura, visto que a situação real está relacionada também aos dados do Valor de Serventia Atual (VSA), que indicam que a avenida está em uma situação crítica, expondo os usuários a risco de acidente, falta de conforto e prejuízos econômicos.

O Valor de Serventia Atual médio define claramente como está a situação da avenida, e o resultado de 1,77 remete a um conceito “ruim” na ficha de avaliação de serventia da norma 009/2003 – PRO do DNIT. Cabe destacar que os principais defeitos apresentados na via são trincas, buracos superficiais, irregularidades longitudinal e transversal e desgaste do pavimento.

Diante desta realidade e por meio de consultas nas entidades responsáveis pela avenida, notou-se a necessidade de implantação de um projeto de pavimentação para a via em questão, pois não há um tratamento adequado para a conservação dessa via, tampouco as camadas estruturais existentes suportam o tráfego atual.

Pelas contagens volumétricas executadas no local e também pela determinação do número “N” da via, elaborou-se duas propostas para a reconstrução da avenida com objetivo de sanar as ocorrências de patologias e desconforto aos usuários. Assim, ao final da elaboração das propostas de pavimentação com vida útil de doze anos, chegou-se aos valores de materiais para a primeira proposta de R\$ 1.462.959,54 e para a segunda proposta de R\$ 1.640.390,99, além do cálculo dos custos da Prefeitura Municipal de Ilicínea com a manutenção corretiva da via, executada seis vezes por ano, representando um montante em torno de R\$ 1.425.600,00 para o mesmo período de doze anos.

A partir dos dados de custo, é possível concluir que, mesmo os valores finais de materiais das duas propostas de reconstrução da via estarem acima dos gastos que a Prefeitura Municipal tem com as reustarações do pavimento, ainda é viável a reconstrução, por dois motivos. O primeiro refere-se ao fato de que para os cálculos das espessuras das camadas estruturais foram adotados dados que simulam a pior situação para as condições do CBR do subleito, conduzindo para o aumento das espessuras dessas camadas. Sobre esse ponto, cabe destacar que pode haver uma melhora no consumo final de materiais para as duas propostas depois de conhecido o CBR real do subleito da via. Outro motivo está relacionado a periódica ocorrência de patologias na via, que pode ocasionar desconforto aos usuários, acidentes de trânsito, aumento no tempo das viagens, transtornos aos moradores que possuem casas nas

margens da avenida e gastos recorrentes com restaurações. Portanto, optar pela reconstrução significa aumentar a vida útil da via por, pelo menos, 12 anos.

Portanto, a execução de uma nova via adotando as boas práticas de projeto, seguindo as determinações citadas pelo Manual de Pavimentação do DNIT (2006) e/ou as Instruções de Projeto 02/2004 e 05/2004 da Prefeitura do Município de São Paulo chega-se em um pavimento de qualidade, o que reduz o desconforto dos usuários que trafegam pela via, os custos com manutenção dos veículos e estimula a economia da região.

REFERÊNCIAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo, **Asfalto: Resolução ANP nº19/2005**, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 7207/1982** – Terminologia e classificação de Pavimentação, Rio de Janeiro, 1982.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, projeto e restauração**. São Paulo, Oficina de textos, 2007.

BERNUCCI, L.B. **Pavimentação Asfáltica: formação para engenheiros**, Rio de Janeiro, Petrobrás, 2008.

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa, **Planejamento de Transporte: conceitos e modelos**, 1º edição, Rio de Janeiro, 2013.

CNT – Confederação Nacional de Transporte, **Malha Rodoviária Brasileira**, Brasília, 2018.

DONISETE, Eng. Igor. **Ensaio de Índice de Suporte Califórnia – CBR. 2016**. Disponível em: <<http://Ipe.tempsite.ws/blog/index.php/ensaio-de-indicie-de-suporte-california-cbr/>> Acesso em: 02-outubro-2019.

DEER/MG – Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais, **Tabela referencial de preços, agosto de 2.019**, Belo Horizonte, 2.019.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, DNIT 009/2003 – PRO**, Rio de Janeiro, 2003.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, **Defeitos nos pavimentos flexíveis, e semirrigidos, DNIT 005/2003 – TER**, Rio de Janeiro, 2003.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Ministério de Infraestrutura, **DNIT recupera pavimento da BR 222 no Maranhão**, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://transportes.gov.br/ultimas-noticias/3629-dnit-recupera-pavimento-da-br-222-no-maranh%C3%A3o.html>>. Acessado em: 29-março-2019.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos Procedimentos, DNIT 008/2003 – PRO**, Rio de Janeiro, 2003.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, **Manual de Conservação Rodoviária**, Rio de Janeiro, 2005.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, **Manual de Estudo de Tráfego**, Rio de Janeiro, 2006.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, **Manual de Pavimentação**, Rio de Janeiro, 2006.

FORTES, Rita Moura. **Índice de Suporte Califórnia (ISC) ou CBR (Califórnia)**. Disponível em: <<http://www.latersolo.com.br/wp-content/uploads/2015/02/4-CAPACIDADE-DE-SUPORTE-CBR.pdf>> . Acesso em: 02-outubro-2019.

Google Maps, **Avenida XV de Novembro**, Illicínea, 2019. Disponível em: <www.google.com.br/maps> . Acessado em: 15-maio-2019.

Meon, Notícias, **Erosão Interditada Parcialmente Pista Da Rio Santos em Ubatuba**, Ubatuba, 2017. Disponível em: <<http://www.meon.com.br/noticias/regiao/erosao-interditada-parcialmente-pista-da-rio-santos-em-ubatuba>>. Acessado em: 29-março-2019.

O Estudante, Engenharia Civil Virtual, **Agregados**, Lisboa, 2019. Disponível em: <www.engenharia-civil-virtual.blogspot.com/2012/10/agregados.html>. Acessado em: 01-abril-2019.

PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto Simões. **Pavimentação Rodoviária - Conceitos Fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Synergia: IBP, 2010.

PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo, **IP 02/2004 Classificação das Vias**, São Paulo, 2004.

PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo, **IP 05/2004 Dimensionamento de pavimentos flexíveis tráfego meio pesado, pesado, muito pesado e faixa exclusiva de ônibus**, São Paulo, 2004.

Sinralog – Sindicato das Empresas de Transporte de Cargas e Logística de Santa Rosa, **Conheça os 13 defeitos principais do pavimento das rodovias**, Santa Rosa, 2018. Disponível em: <www.sinralog.com.br/noticias/conheca-os-13-principais-defeitos-do-pavimento-das-rodovias>. Acessado em: 12-abril-2019.

Vitor, Marcel Gustavo, **Avaliação Superficial das Patologias do Pavimento Flexível Localizada na Rodovia BR – 267: Trecho Cambuquira / Conceição Rio Verde-MG**, Varginha, 2016.