

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE GOIÁS
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS III-CAMPUS
GOIÂNIA
ENGENHARIA DE TRANSPORTES

**Avaliação Superficial de Pavimentos, usando o método
IGG, (Índice de Gravidade Global):** Um estudo de caso,
em um trecho na Av. Anhanguera, em Goiânia, Goiás.

Lauro Lúcio Martins Silva

GOIÂNIA
NOVEMBRO, 2019

Lauro Lúcio Martins Silva

Avaliação Superficial de Pavimentos, usando o método IGG, (Índice de Gravidade Global): Um estudo de caso, em um trecho na Av. Anhanguera, em Goiânia, Goiás.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Transportes do Departamento de Áreas Acadêmicas III, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Goiânia, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes.

Orientador: Prof. Ricardo Freire Gonçalves, DSc.

GOIÂNIA
NOVEMBRO, 2019

- 381a Silva, Lauro Lúcio Martins.
Avaliação superficial de pavimentos, usando o método IGG, (Índice de Gravidade Global): um estudo de caso em um trecho na Av. Anhanguera, Goiânia, Goiás / Lauro Lúcio Martins Silva. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2019.
100 f.; il.
- Orientador: Prof. Dr. Ricardo Freire Gonçalves.
- TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Bacharelado em Engenharia de Transportes, Departamento de Áreas Acadêmicas III, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.
Incluem anexos.
1. Pavimentação – Goiânia (GO). 2. Método do IGG. 3. Faixas exclusivas para ônibus.
I. Gonçalves, Ricardo Freire (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. III. Título.
- CDD 625.8

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva Abreu CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

Lauro Lúcio Martins Silva

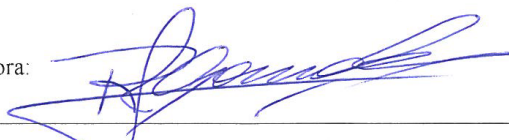
Avaliação Superficial de Pavimentos, usando o método IGG, (Índice de Gravidade Global), na Av. Anhanguera, em Goiânia, Goiás

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Transportes do Departamento de Áreas Acadêmicas III, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Goiânia, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes.

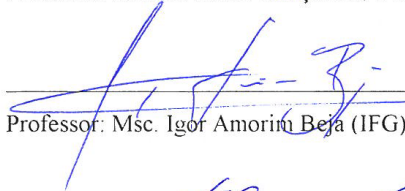
Orientador: Prof. Ricardo Freire Gonçalves, DSc.

Aprovado em: 20/11/19

Banca Examinadora:



Professor: Ricardo Freire Gonçalves, DSc. (Orientador - IFG)



Professor: Msc. Igor Amorim Beja (IFG)



Professor: Matheus Silva Oliveira (IFG)



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Lauro Lúcio Martins Silva

Matrícula: 20141011180261

Título do Trabalho: Avaliação Superficial de Pavimentos, usando o método IGG, (Índice de Gravidade Global): Um estudo de caso, em um trecho na Av. Anhanguera, em Goiânia, Goiás.

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2** ou **3**, marque a justificativa:

- ☒ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 20/11/2019.

Local Data

Lauro Lúcio Martins Silva

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Eu, Lauro Lúcio, dedico esse trabalho aos meus pais, Adélio da Silva (in memoriam) e Louracy Martins Silva, pelo carinho e por não medirem esforços para que eu chegasse até essa etapa da minha vida, a minha esposa Jakeline de Castro Freitas Martins, pelo apoio, carinho e por sempre acreditarem em mim, e também à meus filhos por estarem sempre ao meu lado, e a toda família e amigos, de maneira geral. A todos, muito obrigado pelo amor e cuidado. Amo todos vocês.

Agradecemos a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho, e em especial:

À Deus por ter nos dado saúde, força e determinação para superar as dificuldades do dia a dia.

Às nossas famílias, pela compreensão e apoio, e também aos amigos por todo o suporte no dia a dia.

Ao professor Ricardo Freire Gonsalves, por ter aceitado o convite de trabalhar conosco sobre o tema escolhido, além de toda a paciência e orientação.

À professora Luciana Azevedo Araújo, por todos os conselhos, ideias, correções e boa vontade de ajudar.

A todos os amigos e colegas que se dispuseram e contribuíram com a coleta de dados para a pesquisa.

E por fim, ao Instituto Federal Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Goiânia, por oferecer a oportunidade, e a estrutura para realizar o sonho de ser Engenheiro.

“Há uma força motriz no mundo mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade”.

Albert Einstein

RESUMO

As faixas exclusivas para ônibus são usadas em todo o Brasil para melhorar a operação do sistema de transporte público. Essas faixas exclusivas são muito solicitadas pelo carregamento dos veículos. O revestimento asfáltico se deteriora com o passar do tempo, devido principalmente ao tráfego intenso de veículos e às condições climáticas. Desta forma, ao longo do tempo, surgem patologias de vários tipos que impactam negativamente nas condições de rolamento da via. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, estabelece os parâmetros para a aplicação do método do IGG, Índice de Gravidade Global. Este método tem como finalidade chegar a um valor numérico para a condição em que se apresenta o pavimento cujo o índice varia de 0 (ótimo) a 160 (péssimo). O IGG avalia a ocorrência dos defeitos nas seções analisadas. Ele é um índice combinado de falhas que nos permite classificar um trecho homogêneo de pavimento, em razão da ocorrência dos defeitos de superfície, atribuindo um conceito de condição do pavimento em função do valor encontrado. A avaliação da condição do pavimento estabelece outros métodos possíveis de aplicação, e nesse trabalho escolhemos o IGG. Buscando a avaliação de um pavimento de um determinado trecho de uma via, o presente trabalho, aplicou-se em uma extensão de uma faixa exclusiva para ônibus, na Avenida Anhanguera, em Goiânia, Goiás. Foi necessário descrever os tipos de defeitos que ocorrem nos pavimentos, e consequentemente os métodos de restauração desses revestimentos asfálticos. Dividindo o trecho em faixas 1 e 2 e também em seções, foi feito o levantamento dos defeitos conforme indicado pelo método escolhido. Tendo esses dados foi possível chegar ao valor do IGG e assim, através das árvores de decisões, saber quais os tipos de manutenções são necessários na via. O método apontou para uma condição ruim de ambas as faixas de rolamento. Foi encontrado no trecho em estudo defeitos significativos, tais como trincas longitudinais, transversais, interligadas tipo “couro de jacaré”, afundamento de trilha de roda, remendos, panelas e escorregamento de revestimento betuminoso. A via precisa de reparos urgentes, tais como remendos, selagem de trincas, recapeamento e reconstrução de alguns trechos, e por isso o trabalho indica esses tipos de manutenções que podem ser aplicados na via.

Palavras-chave: Defeitos. Faixas Exclusivas para Ônibus. Método do IGG. Pavimentação. Tráfego. Via

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Eixo Anhanguera-Trindade-Goianira-Senador Canedo.	21
Figura 2.1 – Seção Transversal.	24
Figura 2.2 – Estrutura de um Pavimento Rígido.	25
Figura 2.3 – Estrutura de um Pavimento Flexível.	26
Figura 2.4 – Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos.	34
Figura 2.5 – Trincas no Pavimento.	39
Figura 2.6 – Trincas Transversais.	40
Figura 2.7 – Trincas Longitudinais.	40
Figura 2.8 – Trincas Interligadas Tipo “Couro de Jacaré”	41
Figura 2.9 – Trincas Tipo “Bloco”	42
Figura 2.10 – Patologia Tipo “Desgaste”	42
Figura 2.11 – Patologia Tipo “Buracos e Panelas”	43
Figura 2.12 – Patologia Tipo “Remendo”	44
Figura 2.13 – Patologia Tipo “Deformação Permanente”	45
Figura 2.14 – Patologia Tipo “Ondulação ou Corrugação”	46
Figura 2.15 – Patologia Tipo “Escorregamento”	47
Figura 2.16 – Patologia Tipo “Exsudação”	48
Figura 3.1 – O Sistema de Gerenciamento de Pavimentos.	53
Figura 3.2 – Fluxograma de um SGP com alternativas das estratégias de M&R.	56
Figura 3.3 – Ciclo de vida típico da condição do pavimento.	58
Figura 3.4 – Árvore de decisões para trincas em blocos.	60
Figura 3.5 – Árvore de decisões para trincas longitudinais.	61
Figura 3.6 – Árvore de decisões para trincas transversais.	61
Figura 3.8 – Árvore de decisões para remendos	62
Figura 3.8 – Árvore de decisões para painéis.	62
Figura 3.9 – Árvore de decisões para escorregamento de revestimento betuminoso.	63
Figura 3.10 – Árvore de decisões para deformações permanentes nas trilhas de roda.	63
Figura 4.1 – Metodologia Aplicada.	66
Figura 4.2 – Localização do Trecho em Estudo.	67
Figura 4.3 – Modelo Biarticulado operando na via exclusiva.	69

Figura 4.4 – Projeto Inicial Terminal Praça da Bíblia/Terminal do Dergo.....	69
Figura 4.5 – Projeto Inicial Terminal Padre Pelágio/Terminal Novo Mundo.....	70
Figura 4.6 – Estado de conservação do pavimento na Av. Anhanguera/Centro da Cidade de Goiânia.	70
Figura 5.1 – Faixas Estudadas	73
Figura 5.2 – Trincas Interligadas	74
Figura 5.3 – Afundamento de Consolidação.....	75
Figura 5.4 – Treliça para medição das flechas da trilha de roda.....	76
Figura 5.5 – Réguas Milimetradas.....	76
Figura 5.6 – Remendo, Afundamento Plástico e Trincas Longitudinais e Transversais.....	77
Figura 5.7 – Gráfico de frequência de Patologias da Faixa 1	79
Figura 5.8 – Gráfico de frequência de Patologias da faixa 2.	79
Figura 5.9 – Gráfico em porcentagem das Patologias da faixa 1.....	80
Figura 5.10 – Gráfico em porcentagem das Patologias da faixa 2.....	80
Figura 5.11 – Patologias na Faixa Exclusiva da Av. Anhanguera	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Valor do Fator de Ponderação.	35
Tabela 2.2 – Condição do Pavimento em função do IGG	37
Tabela 4.1 – Critérios para classificação dos fatores utilizados nas árvores de decisão.	72
Tabela 5.1 – Codificação das Patologias	78
Tabela 5.2 – Cálculo do IGG Faixa 1.	81
Tabela 5.3 – Cálculo do IGG Faixa 2.	81
Tabela 5.4 – Proposta de Intervenções na Faixa Exclusiva.	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

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

APL: Analisador de Perfil Longitudinal

ATC: Afundamento de Trilho de Roda

BIRD: Banco Mundial

BID: Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento

CBUQ: Concreto Betuminoso Usinado a Quente

CNT: Confederação Nacional dos Transportes

CPGP: Comissão Permanente de Gerência de Pavimentos

DERSP: Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo

DNER: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

HDM: *Highway Development and Management*

IGG: Índice de Gravidade Global

IGI: Índice de Gravidade Individual

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

IPR: Instituto de Pesquisas Rodoviárias

J: Trincas Interligadas Tipo “Jacaré”

M&R: Manutenção e Restauração

NTU: Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos

P: Panela

PBT: Peso Bruto Total

PCI: *Paviment Condition Index*

PSR: *Present Serviceability Rating*

PSI : *Present Serviceability Index*

QI: Quarter-car Index

R: Remendo

RMTC: Rede Metropolitana de Transportes Coletivos

SGP: Sistema de Gerenciamento de Pavimentos

SMA: *Stone Matrix Asphalt*

TTC: Trinca Transversal Curta

TTL: Trinca Transversal Longa

TLC: Trinca Longitudinal Curta

TLL: Trinca Longitudinal Longa

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
1.1 Contextualização	18
1.2 Objetivos	20
1.2.1 Objetivo geral	20
1.2.2 Objetivos específico	20
1.3 Justificativas	20
1.4 Hipótese	22
1.5 Estrutura do Trabalho	22
REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 Pavimentos	23
2.2 Classificação de Pavimentos	24
2.3 Estrutura do Pavimento.....	26
2.3.1 Subleito	26
2.3.2 Reforço do Subleito	26
2.3.1 Sub-base	27
2.3.2 Base	27
2.3.3 Revestimento	27
2.4 Avaliação de Pavimentos	27
2.4.1 Serventia do Pavimento	28
2.4.2 Desempenho do Pavimento	29
2.5 Avaliação Funcional do Pavimento	29
2.6 Avaliação Estrutural do Pavimento	31
2.7 Método IGG-Índice de Gravidade Global	33
2.8 Patologias em Pavimentos Asfálticos	37

2.8.1	Classificação das Patologias	37
2.8.1.1	Trincamento	38
2.8.1.2	Trinca Isolada Transversal	39
2.8.1.3	Trinca Isolada Longitudinal	40
2.8.1.4	Trinca Interligada Tipo “Couro de Jacaré”	41
2.8.1.5	Trinca Interliga Tipo “Bloco”	41
2.8.1.6	Desgaste	42
2.8.1.7	Buracos ou Panelas	42
2.8.1.8	Remendo	43
2.8.1.10	Afundamento ou Deformação Permanente	44
2.8.1.11	Ondulação e Corrugação	45
2.8.1.12	Escorregamento	46
2.8.1.13	Exsudação	47
2.9	Técnicas de Restauração Asfáltica	48
2.9.1	Drenagem	48
2.9.2	Microrrevestimento	49
2.9.3	Lama Asfáltica	49
2.9.4	Aplicação de Areia a Quente	49
2.9.5	Capa Selante	49
2.9.6	Remendo	50
2.9.7	Preenchimento de Buracos	50
2.9.8	Regularização	50
2.9.9	Recapeamento	50
2.9.10	Reciclagem	51
2.9.11	Reconstrução	51
	GERÊNCIA DE PAVIMENTOS	52
3.1	Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP)	52

3.2 Níveis de Decisão de Gerência de Pavimentos	54
3.3 Objetivos do Sistema de Gerência de Pavimentos	56
3.4 Implementação e Estrutura de um SGP	58
3.5 Árvores de Decisão	59
METODOLOGIA	65
4.1 Pesquisa Bibliográfica	66
4.2 Definição das Áreas de Estudo	67
4.3 Caracterização das Áreas de Estudo	68
4.4 Coleta de Dados	70
4.5 Aplicação do IGG	70
4.6 Análise de Dados	72
4.7 Meios de Manutenção a serem Aplicados na Via	72
ESTUDO DE CASO	73
5.1 Levantamento de Dados	73
5.2 Resultados	77
5.3 Proposta para Tratamento da Faixa Exclusiva para Ônibus	83
CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
6.1 Conclusões	85
6.2 Recomendações para Trabalhos Futuros	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	89

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Brasil em seu território, de dimensões continentais, necessita e depende de um transporte eficiente para locomover sua produção, pessoas, bens etc. De acordo com dados da CNT (Confederação Nacional dos Transportes), 2018, o país transporta por rodovias cerca de 60% de suas cargas, e 90% de seus passageiros. Sendo assim, o transporte rodoviário desempenha um papel importante na sociedade e na economia brasileira, visto que tem sido a principal alternativa para a movimentação de cargas e pessoas em todo o país.

Para que esse transporte seja realizado de forma eficiente, faz-se necessário que o pavimento das vias esteja em boas condições, oferecendo economia, segurança e conforto aos usuários. Apesar da importância do modal rodoviário no Brasil, tem-se observado que os investimentos para manutenção e construção dessa infraestrutura são insuficientes ou pouco efetivo. (BALBO, 2007).

Para o devido cumprimento da função do pavimento, torna-se necessária a execução de serviços de recuperação na malha viária de forma constante, requerendo a utilização de uma gama variada de recursos físicos e/ou humanos e um fluxo constante de recursos financeiros, tendo como prioridade as vias mais deterioradas. Essa avaliação é realizada, através de levantamento de dados coletados pelos órgãos competentes. (DNIT, 2005).

As vias exclusivas de ônibus são partes reservadas para o uso exclusivo dos veículos de transporte coletivo e separadas das áreas destinadas ao tráfego geral por meio de obstáculos físicos tais como canteiros, muretas, barreiras, grades, etc.

As faixas exclusivas, que visam priorizar o uso do transporte urbano em cidades, começaram a ser usadas, no início do século passado, nos Estados Unidos. A primeira via exclusiva para ônibus, foi feita na cidade de Chicago no ano de 1940, segundo a NTU (Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos).

Segundo a NTU (2012), nos últimos anos o Brasil começou a adotar mais vias exclusivas para ônibus do transporte coletivo nas cidades. Essas vias tem demonstrado uma melhora na qualidade e eficiência do transporte coletivo urbano por ônibus. Pode-se citar alguns benefícios da via exclusiva, tais como: aumento da velocidade operacional, a redução dos custos e a melhoria da qualidade dos serviços, etc. Porém se essas faixas exclusivas para ônibus, não forem dimensionadas para esta finalidade, sofrem com as cargas elevadas dos veículos, podendo apresentar graves patologias no pavimento. O tráfego canalizado, causa elevado desgaste no asfalto, trincas e rachaduras, buracos e pedregulhos soltos.

Conforme Valim e Câmara (2015), as patologias na faixa exclusiva de ônibus causam: desconforto aos usuários, os tempos em terminais, a velocidade diminui, ocorre atraso nas viagens, aumento nos tempos de viagem, quedas e acidentes dentro e fora dos coletivos, manutenção precoce da via pública e dos ônibus, prejuízos aos cofres públicos e às empresas do setor. As principais patologias em pavimentos asfálticos são: as trincas, deformações plásticas, desagregações, trilho de rodas, etc. No pavimento rígido pode-se citar: bombeamento, quebras de placas, fissuras, assentamento, etc.

O estudo de caso será feito na faixa exclusiva da avenida Anhanguera, principal corredor de transporte coletivo da cidade, onde opera a linha 001, mais conhecida como Eixo Anhanguera. A frota de ônibus da METROBUS, é composta por 58 carros articulados e 29 biarticulados, adquiridos em 2011. Uma nova frota foi adicionada em 2014, e é composta por 46 ônibus articulados adquiridos para atender à extensão do eixo para Trindade, Goianira e Senador Canedo (METROBUS, 2016).

Deste modo, o presente trabalho visa realizar um estudo da degradação do pavimento de um trecho da faixa exclusiva para ônibus da avenida anhanguera da cidade de Goiânia, Goiás, o qual não teve qualquer manutenção desde sua construção, no ano de 1976. A partir de tal fato relatado acima, levanta-se o seguinte problema: a fim de avaliar a serventia do mesmo, qual a alternativa de intervenção na via para melhorar as condições de rolamento da via e aumentar a vida útil do pavimento?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é a aplicar, o método de avaliar os pavimentos, o Índice de Gravidade Global (IGG), na faixa exclusiva para ônibus, da Av. Anhanguera, em Goiânia, Goiás.

1.2.2 Objetivos Específicos

A partir da Avaliação Superficial do Pavimento, pode-se realizar as seguintes atividades abaixo:

- Descrever os tipos de pavimentos, conceituação, e as principais patologias, bem como técnicas de recuperação.
- Avaliar a condição do pavimento asfáltico em estudo, identificando os defeitos na superfície do mesmo, através do método do IGG.
- Citar as possíveis atividades de manutenção pertinentes às deficiências encontradas, propondo atividades de manutenção na via.

1.3 JUSTIFICATIVAS

O trabalho pretende estudar, o corredor exclusivo de ônibus de Goiânia, da Avenida Anhanguera, conhecido como Eixo Anhanguera. Foi escolhido esse local, devido ser a principal via do transporte coletivo da cidade e possuir uma demanda diária é de 230.000 passageiros, (METROBUS, 2018). É de amplo conhecimento, que o pavimento atual possui diversas patologias, e necessita de investimento em um plano de recuperação da estrutura da via. Dessa forma esse trabalho justifica-se pelo fato de que a via está deteriorada, e esses problemas são recorrentes em faixas exclusivas que usam este tipo de pavimento.

Atualmente, várias cidades brasileiras estão adotando vias exclusivas para ônibus, para melhorar a mobilidade urbana. Os congestionamentos causados pela grande quantidade de veículos nos grandes centros urbanos afetam seriamente a mobilidade urbana. Além de perdas econômicas, como os combustíveis e tempo gasto pela população no trânsito dessas cidades,

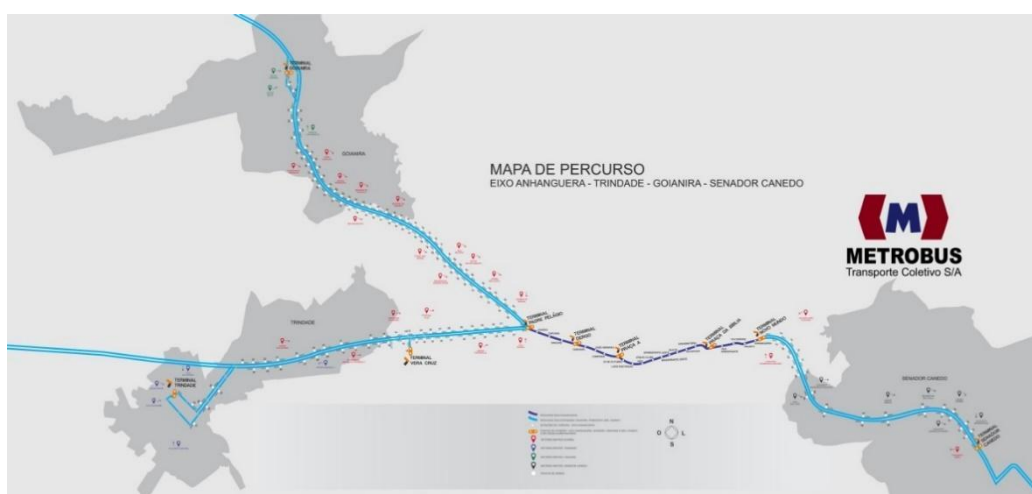
ainda geram outras consequências ambientais, tais com: poluição do ar e poluição sonora, acarretando, acidentes, conflitos entre veículos e pedestres, multas, etc.

Ainda que o dimensionamento e a execução dos pavimentos, transcorram da melhor forma e qualidade possíveis, existem fatores externos, como o clima, aumento da frota de veículos e sobrepeso das cargas, que acarretam na deterioração do pavimento (BALBO, 2007).

Com o fim de manter um planejamento de recuperação das vias, devem ser qualificados e quantificados os defeitos identificados, para que possa ser executada a melhor restauração dessas vias, fornecendo então, conforto e segurança para os seus usuários.

Na figura 1.1, pode-se visualizar o corredor do Eixo Anhanguera, e suas respectivas extensões para as cidades de Trindade, Goianira e Senador Canedo.

Figura 1.1 - Eixo Anhanguera-Trindade-Goianira-Senador Canedo



Fonte: METROBUS, (2019)

Quando se analisa uma obra de pavimentação, que afeta profundamente o meio ambiente e os diversos setores da sociedade, os benefícios não podem ser observados apenas do ponto de vista técnico. Também devem ser levados em consideração os pontos de vista socioeconômico e ambiental.

1.4 HIPÓTESE

Como as vias exclusivas são submetidas a grandes volumes de tráfego de ônibus articulados e biarticulados, causando diversas patologias no pavimento, diminuindo assim a qualidade do sistema de transportes, a avaliação superficial de pavimentos, é importante pois, através desse estudo, pode-se sugerir ações, para saber quais intervenções deverão ser realizadas.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho que pretende avaliar a condição da superfície do pavimento, em uma via exclusiva para ônibus, onde é analisado todo o histórico, método construtivo da via, e todas suas características físicas e geométricas. Dessa forma, este trabalho é dividido em seis capítulos.

- O primeiro capítulo consiste em uma introdução sobre o tema em estudo, citando os objetivos geral e específico, as justificativas, as hipóteses do problema e a estrutura do trabalho.
- O segundo capítulo descreve um referencial teórico, onde se abordará os conceitos fundamentais de pavimentos asfálticos e rígidos, e suas principais patologias e conservação de vias.
- O terceiro capítulo continua com o referencial teórico, e abordará sobre o SGP (Sistema de Gerência de Pavimentos).
- O quarto capítulo refere a metodologia aplicada no estudo de caso do trabalho, com enfoque no IGG (Índice de Gravidade Global).
- O quinto capítulo se destaca a análise e interpretação dos resultados obtidos da aplicação do método IGG. Apresenta-se, também, a avaliação da qualidade da condição do pavimento, os critérios para tomada de decisão, a análise de alternativas e definição de prioridades.
- O sexto capítulo, apresenta às conclusões do estudo, assim como sugestões para futuras pesquisas, relacionadas a avaliação superficial de pavimentos.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO

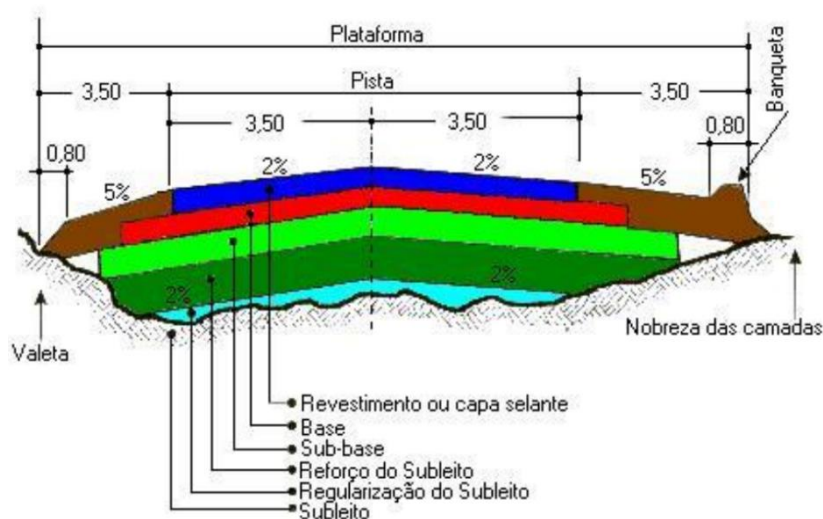
2.1 PAVIMENTOS

A construção de vias de transportes sempre foi uma preocupação e uma atividade importante desde a Antiguidade. As civilizações mais antigas já sabiam que pavimentar as vias era algo essencial para a adequação e preservação dos caminhos estratégicos, seja por razões econômicas, (BALBO, 2007).

A pavimentação das vias proporciona conforto aos usuários, melhores condições de tráfego dos veículos, permitindo assim mais segurança, velocidade e economia ao sistema de transportes.

O pavimento pode ser considerado uma estrutura não perene, composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e um custo possível, considerados diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação, (Balbo, 2007). Na Figura 2.1, apresenta uma seção típica de pavimento rodoviário

Figura 2.1 - Seção Transversal



Fonte: DNIT, (2006)

O pavimento tem determinadas funções, e podemos citar as seguintes:

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

O pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas sobre um semiespaço considerado infinito, denominado subleito, (DNIT, 2006).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

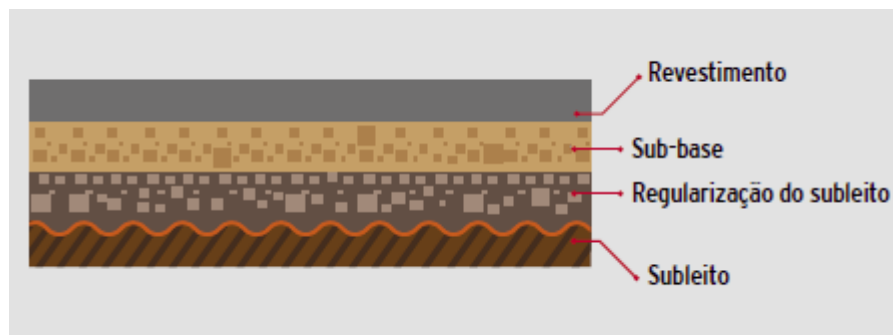
Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), de uma forma geral, os pavimentos são classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos:

- **Flexível:** aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

- **Semirrígido:** caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.
- **Rígido:** aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

Na figura 2.2, temos uma estrutura típica de um pavimento rígido:

Figura 2.2 – Estrutura de um Pavimento Rígido

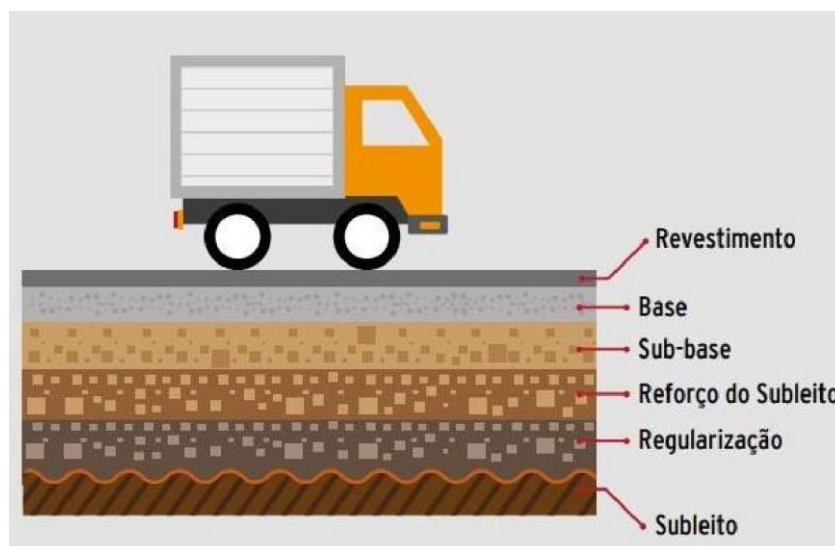


Fonte: (CNT, 2018)

2.3 ESTRUTURA DO PAVIMENTO

Na figura 2.3, mostra-se a estrutura típica de um pavimento flexível.

Figura 2.3 – Estrutura de um Pavimento Flexível



Fonte: (CNT, 2018)

De acordo com Manual de Pavimentação do DNIT, tem-se as seguintes definições das camadas do pavimento.

2.2.1 Subleito

É o terreno de fundação do pavimento.

2.2.2 Reforço do Subleito

É uma camada de espessura constante, posta por circunstâncias técnico-econômicas, acima da de regularização, com características geotécnicas inferiores ao material usado na camada que lhe for superior, porém melhores que o material do subleito.

2.2.3 Sub-base

É a camada complementar à base, quando por circunstâncias técnico econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre regularização.

2.2.4 Base

É a camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento.

2.2.5 Revestimento

É a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada a melhorá-la, quanto à comodidade e segurança e a resistir ao desgaste.

2.4 AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS

A utilização de métodos de avaliação da condição estrutural e funcional dos pavimentos, registros dos custos e dos serviços executados, além do desempenho dos pavimentos, está diretamente relacionada às obras prioritárias para a manutenção da rede viária. Um dos principais objetivos da utilização de métodos avaliativos e de manutenção preventiva de um pavimento é a obtenção do melhor retorno possível para os recursos investidos, provendo pavimentos seguros, confortáveis e econômicos aos usuários (FERNANDES JÚNIOR, 1996).

Os métodos devem possibilitar a melhoria da condição dos pavimentos e a redução dos custos de manutenção e reabilitação, e dos custos de operação de veículos. No entanto, tem-se constatado, frequentemente, a degradação precoce dos pavimentos reabilitados e, também dos novos, levando a vidas úteis menores, do que as inicialmente previstas, trazendo prejuízo ao estado e aos usuários. Isso ocorre, em parte, devido a aplicações de projetos inadequados para as vias, projetos que muitas vezes são elaborados sem um levantamento detalhado do pavimento

ou da situação em que o terreno se encontra. Em alguns casos ocorre que os métodos de avaliação são utilizados de forma inadequada ou ineficiente na avaliação do pavimento.

A avaliação de pavimentos, de acordo com Haas e Hudson (1978), é uma das principais etapas de um Sistema de Gerência de Pavimentos, pois é por meio dela que se pode verificar se o pavimento necessita manutenção, reconstrução, se foi bem construído e se está atendendo às especificações para as quais foi dimensionado em projeto. O objetivo principal da avaliação superficial, de acordo com Marcon (1996), é identificar os defeitos existentes. A caracterização dos defeitos é obtida por meio de três requisitos principais, sendo eles:

- Tipo do defeito: identificação do defeito e classificação conforme a sua origem (causa);
- Severidade: é o estágio atual da evolução do defeito, refletindo-se no estado de degradação da área do pavimento afetado pelo defeito;
- Dimensão dos defeitos: anotação da extensão ou área do pavimento afetada por cada tipo de defeito; em algumas metodologias é anotada diretamente a densidade de defeitos, representado a estimativa do percentual da área afetada por defeitos.

A avaliação da superfície consiste em aferir as condições funcionais e estruturais dos pavimentos por meio da identificação das patologias ou defeitos presentes na superfície do pavimento. É realizada por meio de procedimentos padronizados de medidas e inspeções.

2.4.1 Serventia do Pavimento

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), a serventia do pavimento é a propensão que o mesmo tem de proporcionar um nível determinado de desempenho funcional, ou seja, é a condição funcional do pavimento diante do ciclo de vida do projeto. Para avaliar a serventia de um pavimento, pode-se utilizar o método da AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), que qualifica o nível de serventia do pavimento de 0 a 5, com 5 transparecendo um pavimento ‘perfeito’ e 0 assinalando um pavimento ‘intransitável’.

Porém, este grau de perfeição do pavimento é avaliado subjetivamente, sendo denominado de PSR (*Present Serviceability Rating*). E, quando este índice é obtido por meio de correlações com defeitos de superfície ou com a irregularidade, é designado PSI (*Present Serviceability Index*), (GONÇALVES, 1999).

2.4.2 Desempenho do Pavimento

Entende-se como desempenho a variação da serventia ao longo do tempo, podendo ser quantificada através da área sob a curva de variação do PSI, ao longo do tempo. Também se deve considerar o desempenho estrutural do pavimento em projeto, ou seja, o tempo em que o pavimento resiste aos defeitos existentes e ao acúmulo de deformações plásticas, quando submetido ao tráfego esperado (GONÇALVES, 1999).

2.5 AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO

A avaliação funcional é a determinação do desempenho funcional momentâneo que o pavimento proporciona ao usuário quanto à qualidade de rolamento, referindo-se à capacidade do pavimento de fornecer superfície com serventia adequada, e à segurança (DNIT, 2006).

A avaliação de um pavimento compreende um conjunto de atividades destinadas à obtenção de dados, informações e parâmetros que permitam diagnosticar os problemas e interpretar o desempenho apresentado pelo pavimento, de modo a se poder detectar as suas necessidades atuais e futuras de manutenção e de se preverem as consequências da implementação de estratégias alternativas de manutenção. (GONÇALVES, 1999).

Os defeitos de superfície, para sua completa caracterização, devem ser descritos quanto aos seguintes parâmetros:

- Tipo de Defeito: dentre trincas, desgaste, exsudação de asfalto ou de água, escorregamento de massa, erosão de bordo, bombeamento de finos, remendos e painelas. As trincas podem ser classificadas quanto à sua configuração geométrica, a qual se

relaciona ao mecanismo que deu origem à trinca (couro-de-crocodilo, isoladas, interligadas em padrão irregular, longitudinais, transversais, de bloco);

- Intensidade: retrata o grau com que aquele defeito afeta a estrutura do pavimento ou compromete seu desempenho. É usual, em diversas metodologias, avaliá-la por meio de três níveis: baixa, média e elevada. No caso de trincas, por exemplo, esta avaliação depende da relação entre a soma total dos comprimentos das trincas existentes em uma determinada área e o valor dessa área;
- Gravidade: é a medida do grau de evolução do defeito. No caso de trincas, refere-se à sua abertura. É comum as metodologias não diferenciarem gravidade de intensidade, adotando um parâmetro único relacionado a ambas e denominado severidade;
- Frequência: é a distribuição da ocorrência do defeito ao longo de um segmento ou trecho da rodovia, sendo expressa pela relação percentual entre o número de estacas onde ocorre o defeito e o número total de estacas existente dentro do segmento;
- Extensão: ilustra a área ocupada pelo defeito em uma determinada estaca. No caso de trincas, tem-se a percentagem de área trincada, como exemplo desse parâmetro de medida.

O levantamento de defeitos de superfície é direcionado para se avaliar as medidas de conservação necessárias para se evitar uma deterioração acelerada no futuro, ou para se determinar as medidas de restauração requeridas para se melhorar o pavimento. Este levantamento não tem por objetivo representar a resposta do usuário, embora esteja a ela relacionado, na medida em que os defeitos de superfície são a causa da perda de serventia atual e futura. (GONSALVES, 1997).

De acordo com o DNIT (2006), a avaliação funcional considera o levantamento visual contínuo do trecho em questão, objetivando a avaliação da superfície do pavimento existente, fazendo o levantamento de irregularidades na superfície longitudinal do pavimento e o simultâneo cadastro dos reparos superficiais e profundos, contendo:

- Características gerais do local estudado;
- Registro fotográfico;
- Descrição detalhada dos procedimentos utilizados;
- Análise de resultados obtidos;

- Cadastro contínuo de reparos superficiais e profundos existentes.

Um aspecto importante a ser considerado quando da avaliação funcional de um pavimento refere-se à variabilidade imposta na fase de sua construção, a qual pode ser representada pela irregularidade longitudinal oferecida quando da sua abertura ao tráfego, (QUEIROZ, 1984).

Quanto maior for essa irregularidade, maiores serão as solicitações dinâmicas a que o pavimento estará sujeito. A irregularidade longitudinal pode ser medida de duas formas: registrando-se o próprio perfil longitudinal da via por meio de perfilômetros, como o APL (Analisador de Perfil Longitudinal), ou por meio dos equipamentos tipo resposta, como o “*Maysmeter*”, que registram os picos das vibrações de maiores amplitudes em um veículo em movimento (“*Quarter-car Index*”, QI, em contagens/km).

A irregularidade transversal pode ser medida por meio de aparelhos caros e automatizados, como os que funcionam à base de sensores a laser, ou simplesmente utilizando-se a treliça da norma DNER PRO-08/78. No primeiro caso, tem-se um registro contínuo e confiável de todo o perfil transversal, enquanto que, no segundo, mede-se apenas os afundamentos nas trilhas de roda relativos às áreas da pista situadas nas adjacências, fora das trilhas de roda.

Alternativamente, pode-se utilizar um aparelho simples, formado por uma haste equipada com um ponteiro sobre rodas, que permite o registro contínuo do perfil transversal em papel milimetrado. O coeficiente de atrito, que indica a resistência à derrapagem em pista molhada, pode ser medido pelo Mu-meter, de forma contínua e rápida ao longo da pista, ou por meio de ensaios pontuais, como o pêndulo de atrito. (QUEIROZ, 1984).

2.6 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO

É a determinação da capacidade de desempenho estrutural, que por sua vez é a capacidade do pavimento de manter sua integridade estrutural. A avaliação estrutural de pavimentos consiste na análise das medidas de deslocamentos verticais recuperáveis da superfície do pavimento quando submetido a determinado carregamento. (DERSP, 2006).

Assim, um retrato completo da condição estrutural de um pavimento deve ser composto pelos seguintes elementos. (RODRIGUES, 1991):

- Parâmetros que descrevam a deformabilidade elástica ou viscoelástica dos materiais das camadas, sob as condições de solicitação impostas pelas cargas transientes dos veículos. São utilizados para se calcular as tensões e deformações induzidas pelas cargas do tráfego na estrutura do pavimento;
- Parâmetros que descrevam a resistência dos materiais ao acúmulo de deformações plásticas sob cargas repetidas, os quais são função da natureza do material, de sua condição (densidade, umidade) e do histórico de solicitações;
- Integridade das camadas asfálticas e cimentadas, expressa pelo grau de fissuramento.

A condição estrutural pode ser avaliada de duas formas complementares:

- Avaliação Destrutiva: Consiste da abertura de furos de sondagem para identificação da natureza e das espessuras das camadas do pavimento, bem como da abertura de poços de sondagem para coleta de amostras dos materiais que serão ensaiados em laboratório. Alguns ensaios “*in situ*” nas camadas de solos e de materiais granulares podem ser realizados, como o módulo de resiliência e determinações de umidade e densidade. Os ensaios de laboratório abrangem desde aqueles convencionais para caracterização geotécnica até ensaios especiais, como os que permitem a medida do módulo de resiliência;
- Avaliação Não Destrutiva: Consiste da realização de provas-de-carga para medida de parâmetros de resposta da estrutura às cargas de roda em movimento. Os deslocamentos verticais de superfície (“deflexões”) são os parâmetros de resposta cuja medida é mais simples e confiável, em comparação com tensões ou deformações, razão pela qual a quase totalidade dos equipamentos utilizados para ensaios não destrutivos são deflectômetros.

Uma condição estrutural inadequada ou uma capacidade estrutural insuficiente, para o tráfego atuante, acelerará a geração de defeitos de superfície (trincas de fadiga nas camadas asfálticas e cimentadas), bem como a queda do nível de serventia com o tempo (em decorrência da geração de afundamentos plásticos em trilha de roda e ondulações). Ao mesmo tempo, a existência de trincas no revestimento asfáltico permite a entrada de águas pluviais no pavimento, gerando bombeamento de finos e enfraquecimento do solo de subleito, o que

degrada a condição estrutural do pavimento, acelerando, por sua vez, a queda do nível de serventia e a própria deterioração superficial.

A condição estrutural de um pavimento indica, portanto, a velocidade com que a deterioração do pavimento está se processando, ou seja, a velocidade com que os defeitos estão surgindo e/ou aumentando de severidade. A época mais eficaz para se restaurar um pavimento é aquela imediatamente antes de a condição estrutural atingir um nível tal que a deterioração do pavimento passa a se processar a uma velocidade cada vez maior, (RODRIGUES, 1996).

2.7 MÉTODO DO IGG-ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL

A Norma DNIT 006/2003-PRO, Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, estabelece os parâmetros para a aplicação do método do IGG. Este método tem como finalidade chegar a um valor numérico para a condição em que se apresenta o pavimento aonde, varia de 0 (ótimo) a 160 (péssimo). O IGG avalia a ocorrência dos defeitos nas seções analisadas.

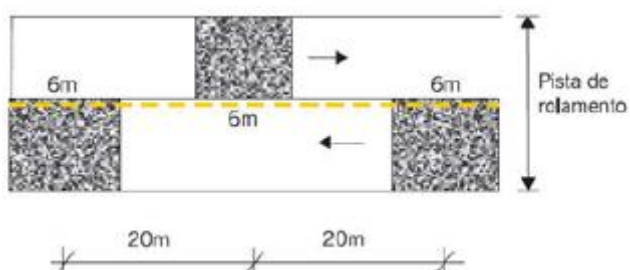
O Índice de Gravidade Global (IGG) é um índice combinado de falhas que nos permite classificar um trecho homogêneo de pavimento, em razão da ocorrência dos defeitos de superfície, atribuindo um conceito de condição do pavimento em função do valor encontrado, sendo regido pela norma DNIT 006/2003-PRO (BRASIL, 2003b). O processo de cálculo atribui fatores de ponderação a cada defeito mensurado, considerando a frequência relativa de estações com cada tipo de defeito (BRASIL, 2006).

Segundo Bernucci *et al.* (2008), o IGG não é determinado para toda a pista, mas sim, feito por amostragem, sendo está determinada por especificação do DNIT. Em caso de pista simples, as estações são inventariadas a cada 20 m, alternando-se a faixa a cada avaliação. No caso de pista dupla a cada 20 m, na faixa mais solicitada pelo tráfego, em cada uma das pistas.

A superfície de avaliação compreende 3,0 metros, antes e após a estaca demarcada, totalizando 6 m de comprimento e largura igual à da faixa avaliada. A metodologia de cálculo inicia-se pela multiplicação da frequência relativa de cada evento pelo seu respectivo fator de ponderação, a

fim de ser determinado o valor do Índice de Gravidade Individual (IGI). O somatório destes índices (IGI), fornece o IGG. A Figura 2.4 mostra um exemplo das estações em pista simples.

Figura 2.4 - Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos.



Fonte: Bernucci, *et al.* (2010).

Para cada uma das ocorrências inventariadas, o Índice de Gravidade Individual foi obtido por meio da equação abaixo, conforme Manual do DNIT (2003b):

$$\text{IGI} = \text{fr} - \text{fp}$$

Onde:

fr = frequência relativa;

fp = fator de ponderação.

Na tabela a seguir, temos os valores de ponderação de cada tipo de patologia.

Tabela 2.1 – Valor do Fator de Ponderação

Ocorrência/ Tipo	Codificação de Ocorrências de acordo com norma 005/2002-TER	Fator de Ponderação
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL E TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO - Adaptado

Para os afundamentos de trilho de rodas, devem ser calculados com os seguintes parâmetros, de acordo a norma DNIT 006/2003-PRO:

- Para as rodovias de pista simples, a média ($\bar{x}$) e a variância (s^2) das flechas medidas nas TRI e TRE de ambas as faixas de tráfego. No caso de “terceiras faixas”, estes parâmetros devem ser considerados separadamente;
- Para as rodovias de pista dupla, a média ($\bar{x}$) e a variância (s^2) das flechas medidas nas TRI e TRE das faixas de tráfego mais solicitadas de cada pista, separadamente.

As fórmulas para o cálculo da média e da variância dos valores das flechas TRI e TRE são as seguintes:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

em que:

$\bar{x}$ = média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

x_i = valores individuais;

s = desvio padrão dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

s^2 = variância.

Para a média aritmética das médias das flechas e para a média aritmética das variâncias das flechas, o fator de ponderação a utilizar depende do valor das médias aritméticas, conforme o critério a seguir estabelecido:

- Para valores de média aritmética das medidas das flechas menor ou igual a 30, o fator de ponderação equivale a 4/3, acima de 30 o IGI é igual a 40.
- Para valores de média das variâncias das flechas menor ou igual a 50, o fator de ponderação é igual a 1, acima de 50 o IGI é igual a 50.

O Índice de Gravidade Global (IGG) é calculado pela seguinte expressão:

$$\text{IGG} = \sum \text{IGI}$$

Em que:

IGG = Índice de Gravidade Global.

IGI = Índice de Gravidade Individual.

Obtendo-se o valor de IGG, é possível estabelecer a condição do pavimento por meio dos limites apresentados na Tabela 2, conforme DNIT (2003).

Tabela 2.2 - Condição do Pavimento em função do IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG \geq 160$

Fonte: Adaptado de DNIT (2003b).

2.8 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS ASFÁTICOS

O Manual de Restauração de Pavimentos Rodoviários (DNIT, 2006), tem como objetivo apresentar e discutir os elementos técnicos necessários à identificação, quantificação e análise das deteriorações existentes nos pavimentos asfálticos. Outro objetivo é apresentar um processo para a seleção da melhor estratégia de restauração dos pavimentos flexíveis.

Para que seja possível executar uma boa recuperação do pavimento, é necessário identificar qual foi a causa da deterioração específica ocorrida no local. Também é necessário se determinar qual o momento exato para intervir e qual a intervenção que será efetuada. Uma inter-relação entre desempenho dos pavimentos, estratégia de manutenção e reabilitação, (FERNANDES, JR. *et al.*, 2003).

2.8.1 Classificação das Patologias

Visando as intervenções de restauração, o (DNIT, 2006) leva em consideração os seguintes defeitos:

- Trincamento (principalmente por fadiga)
- Desgaste
- Buraco (Panela)
- Remendos
- Deformação permanente (afundamento nas trilhas de roda)
- Irregularidade funcional ('associa-se a' ondulação ou corrugação e escorregamento)
- Resistência à derrapagem ('associa-se a' exsudação)

Os quatro primeiros são denominados defeitos de superfície (embora possam abranger as camadas inferiores também). A deformação permanente e a irregularidade funcional envolvem deformações nas camadas inferiores. A resistência à derrapagem aparece no comprometimento no curso normal do tráfego e é função de problemas na textura do pavimento.

Os defeitos abaixo em pavimentos flexíveis e semirrígidos, foram retirados, do manual de restauração de pavimentos asfálticos, (DNIT, 2006) e Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos-Terminologia Norma DNIT 005/2003-TER.

2.8.1.1 Trincamento

O trincamento pode se apresentar em forma de fendas, fissuras, trincas isoladas longitudinais ou transversais, trincas interligadas (aparentando couro de jacaré) ou ainda trincas em bloco.

A fissura é uma fenda capilar existente no pavimento perceptível a uma distância inferior a 1,50m. Como não causa problemas funcionais ao revestimento não é considerada quanto à gravidade nos métodos de avaliação das condições do pavimento.

A trinca é uma fenda perceptível a uma distância superior a 1,50m, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada. Podem ser classificados como FC-1, FC-2, FC-3, dependendo das dimensões das mesmas. Esse tipo de defeito pode ser causado pelas seguintes ocorrências:

- tráfego atuante que, pelo ciclo de carregamento e alívio, promove tensões de tração na fibra interior do revestimento;
- alternância na mudança diária de temperatura, que acusam contrações do revestimento existente;
- reflexão no revestimento de trincas existentes em bases cimentadas (base de solo cimento) com bombeamento de finos.

Na figura 2.5, podemos observar exemplos de “Trincamentos no Pavimento”.

Figura 2.5 – Trincas no Pavimentos



Fonte: (CNT, 2018)

2.8.1.2 Trinca Isolada Transversal

É a trinca isolada que surge com direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Se sua extensão é inferior a 100 cm é chamada trinca transversal curta. Se sua extensão é superior a 100 cm é chamada trinca transversal longa. Na figura 2.6 pode-se observar exemplos das “Trincas Transversais”.

Figura 2.6 – Trincas Transversais



Fonte: (CNT, 2018)

2.8.1.3 Trinca Isolada Longitudinal

É a trinca isolada que surge com direção predominantemente paralela ao eixo da via. Se sua extensão é inferior a 100 cm é chamada trinca longitudinal curta. Se sua extensão é superior a 100 cm é chamada trinca longitudinal longa. Na figura 2.7, observa-se exemplos de “Trincas Longitudinais”.

Figura 2.7 – Trincas Longitudinais



Fonte: (CNT, 2018)

2.8.1.4 Trinca Interligada tipo “Couro de Jacaré”

É o conjunto de trincas, sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Pode apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas. Na figura 2.8, pode-se observar a patologia de trinca interligada tipo “Couro de Jacaré”.

Figura 2.8 – Trincas Interligadas Tipo “ Couro de Jacaré”



Fonte: (CNT, 2018)

2.8.1.5 Trinca Interligada tipo “Bloco”

É o conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos. Pode, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas. Na figura 2.9 pode-se visualizar exemplos da patologia tipo “Bloco”.

Figura 2.9 – Trincas Tipo “Bloco”



Fonte: (CNT, 2018)

2.8.1.6 Desgaste

O desgaste é a perda de agregados ou argamassa fina do revestimento asfáltico. Caracteriza-se pela aspereza superficial anormal, com perda do envolvimento betuminoso e arrancamento progressivo dos agregados, devido aos esforços tangenciais causados pelo tráfego. Na figura 2.10, observa-se a patologia de ‘Desgaste’.

Figura 2.10 – Patologia Tipo “Desgaste”



Fonte: (CNT, 2018)

2.8.1.7 Buracos ou Painelas

Buracos ou Painelas são cavidades formadas inicialmente no revestimento do pavimento e que possuem dimensões e profundidades variadas. Esse defeito é muito grave, pois afeta

estruturalmente o pavimento, permitindo o acesso das águas superficiais ao interior da estrutura. Também é grave do ponto de vista funcional, já que afeta a irregularidade longitudinal e, como consequência, a segurança do tráfego e o custo do transporte. Na figura 2.11, pode-se observar exemplos das patologias de “Buracos e Panelas”.

Figura 2.11 – Patologia Tipo “Buracos e Panelas”



Fonte: (CNT, 2018)

2.8.1.8 Remendo

Esse tipo de defeito pode ser definido como uma porção do pavimento onde o material original foi removido e substituído por outro (similar ou diferente). Seu surgimento advém de problemas estruturais ou superficiais do pavimento. Ocorre por diversos motivos, em geral oriundo de ação conjunta de tráfego e condições ambientais. Pode ser profundo, quando há substituição do revestimento e de uma ou mais camadas inferiores do pavimento, ou pode ser superficial, quando é localizado apenas na superfície do revestimento. Na figura 2.12, observa-se as patologias do tipo “Remendo”.

Figura 2.12 – Patologia Tipo “Remendo”



Fonte: (CNT, 2018)

2.8.1.9 Afundamento ou Deformação Permanente

É caracterizado por uma depressão na superfície do pavimento, com ou sem solevamento, apresentando-se sob a forma de:

- afundamento plástico, causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento; se sua extensão é de até 6 m é chamado de afundamento plástico local, se sua extensão é superior a 6 m é chamado de afundamento plástico de trilha de roda;
- afundamento de consolidação causado por consolidação diferencial de uma ou mais camadas de pavimento ou do subleito, sem estar acompanhado de solevamento; se sua extensão é de até 6 m é chamado de afundamento de consolidação local, se sua extensão é superior a 6 m é chamado de afundamento de consolidação de trilha de roda.

Na figura 2.13, observa-se a patologia de “Deformação Permanente”

Figura 2.13 – Patologia Tipo “Deformação Permanente”



Fonte: (CNT, 2018)

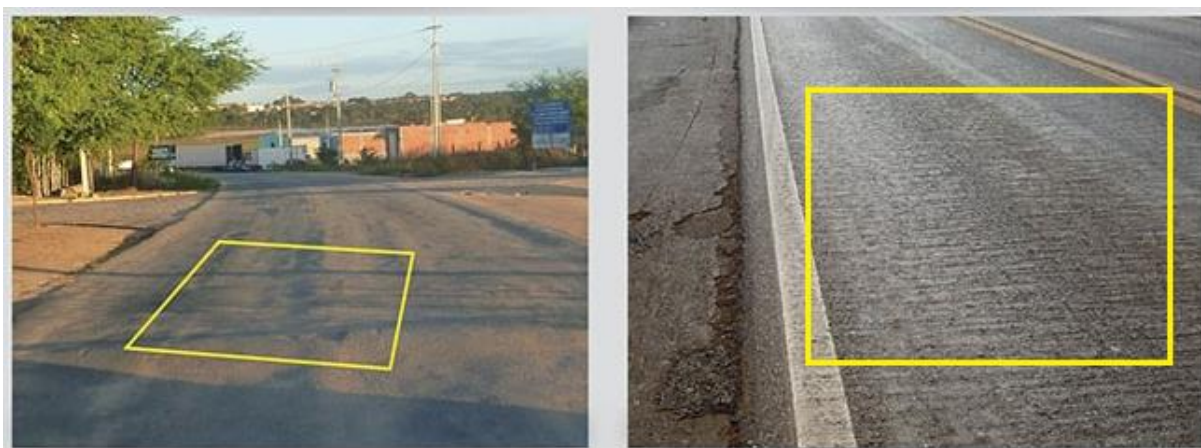
2.1.1.1 Ondulação ou Corrugação

É uma falha caracterizada pelo aparecimento de ondulações ou corrugações transversais, de caráter plástico e permanente, no revestimento asfáltico. Pode ser causada por:

- instabilidade na mistura betuminosa do revestimento ou da base;
- excesso de umidade das camadas subjacentes;
- contaminação da mistura por materiais estranhos;
- retenção de água na mistura asfáltica.

Na imagem 2.14, observa-se exemplos da patologia de “Ondulação ou Corrugação”.

Figura 2.14 – Patologia Tipo “Ondulação ou Corrugação”



Fonte: (CNT, 2018)

2.8.1.11 Escorregamento

É um movimento horizontal do revestimento, causado por esforços tangenciais transmitidos pelos eixos dos veículos (frenagem e aceleração), que produzem uma ondulação curta e abrupta no pavimento em forma de meia lua. Ocorre um deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento. Pode ser causado por:

- ligação inadequada entre revestimento e camada subjacente;
- inércia limitada do revestimento em virtude de espessura reduzida;
- compactação deficiente;
- fluência plástica em decorrência de temperaturas elevadas.

Na figura 2.15, pode-se observar exemplos da patologia tipo “Escorregamento”.

Figura 2.15 – Patologia Tipo “Escorregamento”



Fonte: (CNT, 2018)

2.8.1.12 Exsudação

É a formação de uma película ou filme de material betuminoso na superfície do pavimento e se caracteriza por manchas em variadas dimensões. O ligante em excesso surge na superfície do pavimento migrando através do revestimento. Pode ocorrer por:

- excesso de material utilizado na imprimação ou impermeabilização;
- dosagem inadequada da mistura asfáltica, acarretando teor excessivo de ligante ou índice de vazio muito baixo;
- temperatura do ligante acima da especificada no momento da mistura;
- erros de execução do revestimento (dosagem e aplicação).

Na figura 2.16 pode-se observar a patologia tipo “Exsudação”.

Figura 2.16 – Patologia Tipo “Escorregamento”



Fonte: (CNT, 2018)

2.9 TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO ASFÁLTICA

A partir da implantação de uma estrutura de pavimento, cabe ao órgão encarregado pelo seu gerenciamento detectar e realizar as atividades de manutenção necessárias, permitindo que o tráfego flua de forma segura, rápida, confortável e econômica. As práticas de manutenção são indispensáveis e visam conservar e/ou restaurar as condições da via, necessitando, portanto, ser iniciadas logo após o início do seu uso (GONÇALVES, 1999).

2.9.1 Drenagem

O principal objetivo desta técnica é proteger o pavimento das causas da infiltração de água na estrutura do pavimento. Para tal fim, pode-se colocar abaixo do revestimento uma camada de material granular com a finalidade de drenar a água infiltrada ou ainda instalar drenos ao longo da extensão da via (DNIT, 2006).

2.9.2 Microrrevestimento

É um processo que pode ser considerado a evolução da lama asfáltica, já que usa o mesmo princípio e concepção, contudo utiliza emulsões modificadas com polímeros a fim de aumentar sua vida útil. (BERNUCCI, *et al.*, 2008).

2.9.3 Lama Asfáltica

Esta técnica permite o tratamento de extensas superfícies, já que a mesma é um revestimento superficial de uma camada fina constituída de agregados miúdos e emulsões asfálticas especiais de cimento asfáltico espalhadas a frio. Deste modo, é um revestimento impermeável e é utilizado para o rejuvenescimento da pista de rolamento e para a correção do atrito, mas não permite nenhuma correção de irregularidades da via (GONÇALVES, 1999).

2.9.4 Aplicação de Areia a Quente

A mistura é composta por agregado miúdo, *filler* e cimento asfáltico, espalhada e comprimida a quente e consiste na aplicação de uma capa de massa asfáltica a fim de corrigir defeitos nas superfícies de rolamento. (DNIT, 2005)

2.9.5 Capa Selante

Consiste na aplicação de material betuminoso, seguida de imediata aplicação do agregado e tem como finalidade corrigir os revestimentos, combater o envelhecimento dos revestimentos ocasionados pela oxidação do ligante, restabelecer a impermeabilização da superfície do revestimento e servir como tratamento antiderrapante. Pode ser utilizada para selagem de juntas ou trincas, nas quais objetivam melhorar as características dos defeitos, aumentando, assim, a vida útil do pavimento (DNIT, 2005).

2.9.6 Remendo

Esta técnica envolve a retirada e recomposição de uma ou mais camadas do revestimento e pode ser executada com CBUQ ou pré-misturado a frio, mesmo este último tendo pequena durabilidade. O remendo superficial é adotado quando a correção necessária se restringe às camadas superficiais, tais como:

2.9.7 Preenchimento de Buracos

Para o tratamento das panelas, é necessário demarcar o perímetro da área degradada, cortar e remover o material comprometido, fazer a limpeza da caixa, aplicação da pintura de ligação, enchimento da caixa com material betuminoso, compactação da mistura e acabamento (DNIT, 2005).

2.9.8 Regularização

As intervenções visam principalmente o rejuvenescimento da camada de revestimento, sem caráter de reforço estrutural e são definidas em função da análise de trechos em questão (DNIT, 2005).

2.9.9 Recapeamento

Modalidade de intervenção sobre o pavimento já existente, que consiste na adequada sobreposição de uma ou mais camadas constituídas de material betuminoso e/ou cimento Portland. O principal objetivo desta interferência é conferir ao pavimento existente um melhor suporte estrutural ao novo ciclo de vida em questão, adequando-o às premissas técnico-econômicas (DNIT, 2005).

2.9.10 Reciclagem

Consiste no reaproveitamento de camadas betuminosas deterioradas, as quais através de processos específicos são devidamente recuperadas, em termos de granulometria e do ligante betuminoso. As vantagens deste processo, pode-se ressaltar a preservação do meio ambiente, conservação de agregados, ligantes e energia, além da manutenção das condições geométricas da via existentes (DNIT, 2005).

2.9.11 Reconstrução

São obras que objetivam reestruturar o pavimento, adicionando ou substituindo camadas estruturais ou o revestimento do pavimento, de tal forma que o resultado da intervenção suporte as cargas incidentes de forma segura e confortável ao usuário ao longo do novo período de projeto (DNIT, 2005). Gonçalves (1999) define que a reconstrução é utilizada quando:

- Os custos de outra intervenção no pavimento superam o da reconstrução do mesmo;
- Não há credibilidade suficiente para o desempenho do pavimento restaurado;
- Quando há uma mudança de tráfego na rodovia.

CAPÍTULO 3

GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

3.1 SISTEMA DE GERENCIA DE PAVIMENTOS (SGP)

O Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (SGP), foi criado e desenvolvido nos Estados Unidos, com seus conceitos e sua implantação, na metade dos anos de 1970, com a utilização de um banco de dados digital. A principal motivação para que o SGP fosse elaborado foi a necessidade de manter em bom estado de conservação das rodovias existentes da época.

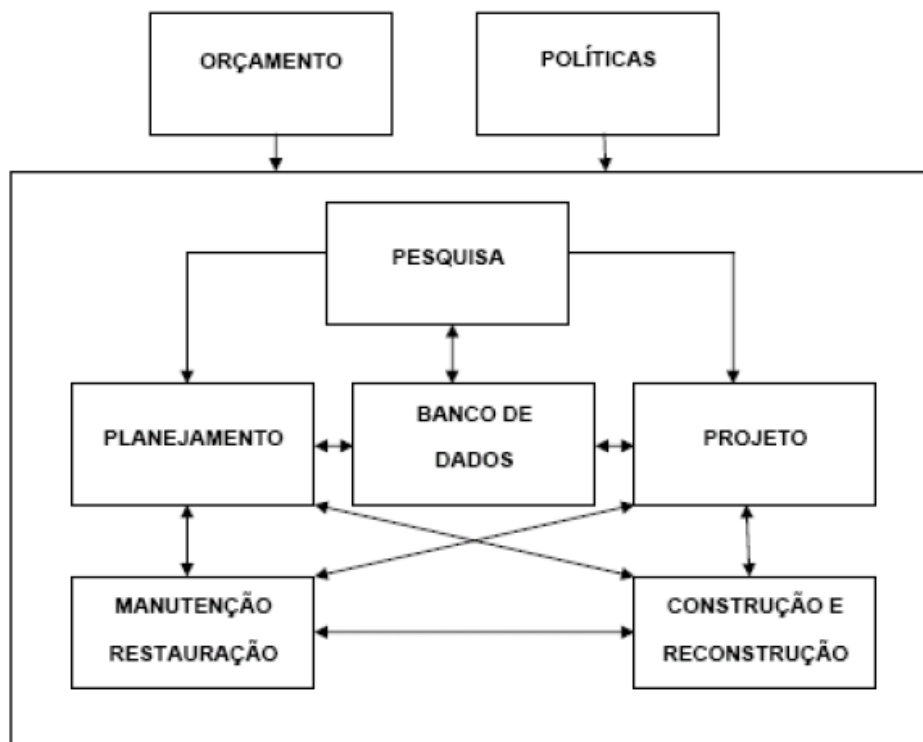
Para a construção de um pavimento em área urbana diversas dificuldades são encontradas, tais como: a falta de informação, escassez de dados e pesquisas técnico-científicas na área. É fato que os projetos de pavimentação urbana influenciam diretamente no desempenho dos pavimentos das cidades.

Sabe-se que quanto mais pesado é o eixo de um determinado veículo, maior será a sua capacidade de destruição do pavimento em relação a um eixo de menor peso, logo, menor será a durabilidade do pavimento e, este necessitará de manutenções com maior brevidade, conforme (BALBO 2007).

Os Sistemas de Gerência de Pavimento (SGP) representam uma possibilidade de se avançar de um esquema de manutenção tradicional, baseado quase sempre na correção de problemas, para um sistema de manutenção planejada, onde a atuação sobre a malha viária abrange não só a solução de seus problemas imediatos, mas, também, um trabalho de prevenção que prolongue sua vida útil e garanta padrões mínimos de serviço em toda a malha que está sendo gerenciada, (FERNANDES Jr. 2001).

Na figura 3.1, a seguir, ilustra adequadamente, a estrutura de um SGP, um fluxograma, onde o orçamento e as políticas usadas no SGP, serão de fundamental importância para se ter uma boa pesquisa, assim garantido um bom planejamento, um bando de dados completo, e como consequências, um projeto seguro a fim de determinar se será necessário fazer restauração ou uma reconstrução.

Figura 3.1- O Sistema de Gerenciamento de Pavimentos



Fonte: DNIT, 2011.

HUDSON *et. al.* (1979) relatam que um SGP utiliza procedimentos racionais, claramente estabelecidos, para avaliar estratégias alternativas ao longo de um período de análise específico e com base em valores previstos para atributos quantificáveis do pavimento. Envolve o tratamento integrado e coordenado de todas as áreas, sendo um processo dinâmico que incorpora a realimentação de vários atributos, critérios e restrições envolvidos no processo de otimização.

De acordo com o DNIT, 2011, o SGP deve utilizar, para elaboração da análise econômica de uma rodovia, ou de uma rede de rodovias, o Sistema HDM-4 *Highway Development and Management*, que é um sistema de uso frequente pelo DNIT e demais órgãos rodoviários do País, e que é aceito por entidades internacionais como o BIRD (Banco Mundial) e o BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento).

No Brasil, apesar da participação nas pesquisas para desenvolvimento das primeiras versões do HDM nos anos 1970 (HDM-I e HDM-II), a implantação de um SGP no DNER (atualmente DNIT) só se deu a partir de 1982, quando a direção do órgão, por iniciativa do Instituto de

Pesquisas Rodoviárias, IPR, criou a Comissão Permanente de Gerência de Pavimentos – CPGP (VISCONTI, 2000).

Inicialmente a CPGP utilizou o chamado Índice de Suficiência para priorizar projetos de restauração de pavimentos. Este índice não levava em conta fatores de ordem econômica, mas ponderava informações que refletiam as condições de conservação e de utilização da rodovia, sendo aceito na época pelo Banco Mundial (VISCONTI, 2000).

A implantação do SGP, para uma via exclusiva para ônibus, traz inúmeras melhorias para o sistema de transporte público, dentre elas pode-se citar: qualidade no sistema, condições operacionais, etc. Do ponto de vista técnico, o SGP inclui um banco de dados informatizado que armazena todas as informações do pavimento. Esse banco de dados facilita o acesso a dados da via, permitindo obter relatórios de informações disponíveis sobre a condição do pavimento da via em estudo.

3.2 NÍVEIS DE DECISÃO DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

O SGP, e os componentes do sistema, são caracterizados em dois níveis, nível de rede e nível de projeto. Após da implantação do SGP é estabelecido o uso de todos os dados disponíveis para a utilização na gerência de pavimentos, afim que se torne eficiente a tomada de decisão nesses dois níveis importantes de gerência.

A gerência em nível de rede indica os trechos prioritários da malha rodoviária que devem ser objeto de investimentos em manutenção, de forma que os recursos públicos alocados para um determinado período tenham o melhor retorno econômico. O conjunto das recomendações tem como principal objetivo permitir a elaboração de um Programa Plurianual de Investimentos, no qual estejam contemplados os projetos e as obras que serão realizadas em médio prazo, (DNIT, 2011).

O SGP em nível de rede tem como característica estudar uma área da malha viária. No tratamento, coleta e análise de dados, predomina a quantidade de informações sobre a rede

viária, conhecendo assim toda a malha a ser estudada, de forma a possibilitar uma melhor racionalização dos recursos disponíveis.

As atividades de coleta de dados em campo sobre a rede viária são importantes em um SGP, pois essas informações vão servir para futuras decisões de onde será investido os recursos futuros. Vale ressaltar que tais dados sobre o sistema viário, devem ser colhidos com objetivos traçados, dados atuais e confiáveis, e eles devem ser simples e rápidos nas suas obtenções.

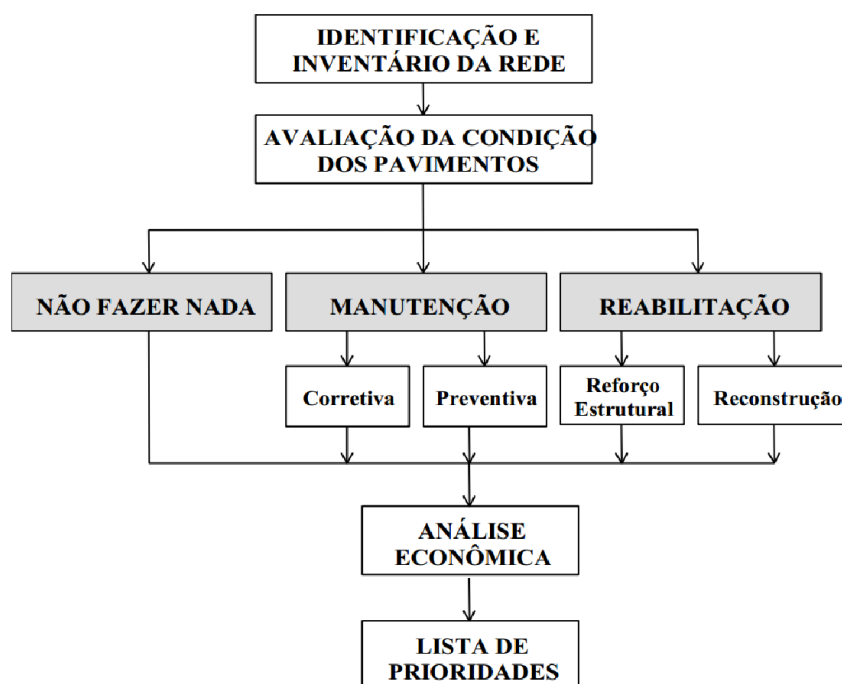
Já o SGP em nível de projeto envolve atividades detalhadas do próprio projeto e da execução de obras em um trecho específico da malha, atividades essas que deverão subsidiar orçamentos e programas de curto prazo. É claro que a otimização do Sistema de Gerência de Pavimentos requer a perfeita integração entre esses níveis de decisão, o que nem sempre é uma tarefa trivial, (DNIT, 2011).

Um SGP em nível de projeto, trata do estudo de um determinado trecho de uma via pavimentada, mais detalhadamente, os dados são coletados em todas as camadas do pavimento não ficando restrito ao revestimento. Assim pode-se determinar com mais precisão, as causas das patologias nos pavimentos, procurando avaliar e selecionar o tipo e data de execução do serviço de M&R (Manutenção e Restauração).

Para este nível de gerência, as tomadas de decisões, devem ser administrativas, técnicas e econômicas, incluindo a previsão de quanto tempo será a vida útil desse pavimento, após a execução de diferentes estratégias de M&R, para o trecho analisado.

Após ser realizada a avaliação das condições do pavimento, e se conhecer das patologias que o mesmo possui, saber-se-á qual a gravidade das mesmas. Com base no levantamento e na condição do pavimento, pode-se aplicar, diferentes estratégias, que relacionam M&R com outras etapas de um SGP, como mostra a figura 3.2, onde se faz o inventário, após isso avalia as condições do pavimento, e tomará uma decisão, em relação o que deve ser feito, fazer uma análise econômica e listar as prioridades do sistema:

Figura 3.2 - Fluxograma de um SGP com alternativas das estratégias de M&R.



Fonte: DNIT, 2011.

3.3 OBJETIVOS DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

O SGP constitui em uma ferramenta importante de apoio à decisão indispensável pelos órgãos responsáveis pela administração da via. Um SGP segue os princípios e conceitos fundamentais de todo SGP, visando a conservação e manutenção contínua dos pavimentos, de modo a prolongar sua vida útil, garantir a segurança viária, e otimizar os recursos disponíveis para as atividades de M&R, necessárias.

De acordo com FERNANDES Jr. (2001), a gerência de pavimentos depende da monitorização periódica do pavimento, responsável pela obtenção de informações confiáveis sobre as características físicas da estrada ao longo do tempo, e da administração dos dados obtidos. Um dos objetivos principais da gerência de pavimentos é fornecer respostas para questões do tipo:

- **O que** precisa ser feito num determinado tipo pavimento?
- **Quando** serão necessárias intervenções para evitar a ruptura e prolongar a vida em serviço do pavimento?

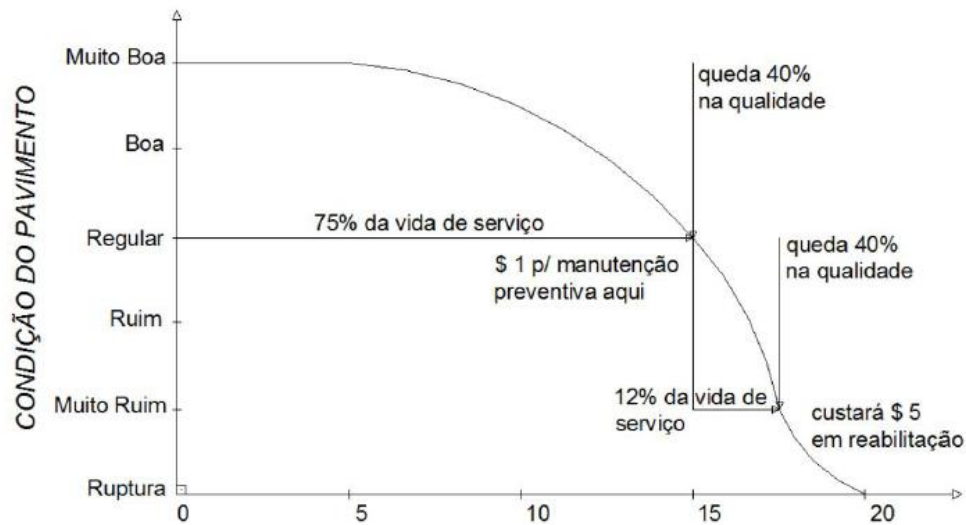
- **Onde** se localizam os projetos prioritários?
- **Como** devem ser executadas as atividades de manutenção e reabilitação dos pavimentos?

A vantagem de se implantar um SGP, é fornecer uma maneira mais eficiente de monitorar a condição do pavimento e sugerir planos futuros de manutenção e reabilitação adequada, e a uma racionalização dos custos. A possibilidade de analisar as futuras tendências de deterioração do pavimento, é também um benefício do SGP.

Com um SGP, é possível fazer uma previsão da qualidade do desempenho do pavimento, que preveem a evolução da condição do pavimento ao longo do tempo, permitindo localizar na via, quais locais que precisam de intervenção, e assim estabelecer prioridades e determinar a melhor solução com base em atividades de M&R que atendam aos critérios da melhor relação custo/benefício.

A Figura 3.3, apresenta um gráfico que descreve uma curva com uma vida útil do pavimento de vinte anos. A manutenção preventiva de um pavimento em bom estado de conservação, versus a reabilitação de um pavimento em mau estado é cinco vezes mais barata, segundo revelou, Zhang, *et. al.* (2010). Caso não existam atividades de M&R até o momento de 75% da vida útil do pavimento, a estrutura perde mais 40% da sua qualidade em apenas 12% do período projetado, e como consequência, o custo das intervenções executadas a partir desse período, pode ser cinco vezes maior.

Figura 3.3- Ciclo de vida típico da condição do pavimento.



Fonte: Zhang, *et. al.* (2010)

3.4 IMPLEMENTAÇÃO E ESTRUTURA DE UM SGP

A pré-implementação, a implementação da base de dados e a implementação de análises são as três etapas consideradas para a implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos (DOMINGUES, 1995). Na pré-implementação, são revistos os métodos dos procedimentos existentes, então é desenvolvido o plano de implementação. Nessa etapa, são acionados os meios de informação, para que se obtenha o necessário apoio dos órgãos envolvidos.

Na segunda etapa, implementa-se o banco de dados, gerando um relatório dos resultados. Na terceira etapa, será feita a análise dos resultados, e com o auxílio das árvores de decisões, saber quais intervenções serão necessárias na reabilitação e conservação dos pavimentos, assim racionalizando os recursos disponíveis.

A estrutura de um SGP é composta de quatro subsistemas, de acordo com, DOMINGUES, (1995):

- **Subsistema de informação:** fornece dados sobre o comprimento da estrada, o tipo de pavimento, os defeitos, a adequação estrutural, o tráfego e os custos, entre outros.
- **Subsistema de estratégias de manutenção:** simula as condições do ciclo de vida total, dos custos das diversas alternativas de manutenção de estradas, para trechos da rede.

- **Subsistema de otimização:** subsistema de otimização, se torna importante, toda vez que as necessidades de recursos, excederem os fundos disponíveis. Aqui as estradas são consideradas em conjunto, para priorização.
- **Subsistema de relatórios:** deve ser capaz de fornecer informações sobre o estado atual da estrada, sobre os programas prioritários de reabilitação, de reconstrução e de manutenção, sobre os efeitos dos diferentes níveis de orçamento nesses programas e, sobre os efeitos dos diferentes níveis de orçamento, no estado da rede.

3.5 ÁRVORES DE DECISÃO

Para se decidir qual decisão tomar em relação às quais atividades de manutenção, reabilitação ou reconstrução serão efetuadas, existem uma série de métodos de avaliação para estabelecimento dessas estratégias, dos quais alguns deles são, (ODA, 2016):

- Método da Matriz – que correlaciona um defeito específico com uma estratégia apropriada de M&R;
- Árvore de Decisão – são estudadas variáveis importantes para auxiliar na seleção de estratégias M&R;
- Método do Custo do Ciclo de Vida – que seleciona estratégias de M&R baseado nos custos do ciclo de vida de uma combinação de estratégia requerida em um período de análise (construção, manutenção, reabilitação etc);
- Método de Otimização – que relaciona a maximização dos benefícios aos usuários, a maximização do padrão de desempenho da rede e a minimização dos custos presentes totais.

Para avaliação do tipo de manutenção adequada para o Eixo Anhanguera, foi utilizada o método, da Árvore de decisão. Segundo, FERNANDES JR. e PANTIGOSO (1998) uma “árvore de decisão” para a seleção de atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos, leva em consideração fatores como os tipos de defeitos (nível de severidade e extensão) e o volume de tráfego (quando este influencia a ocorrência do defeito), sendo adotadas as seguintes atividades de manutenção e reabilitação.

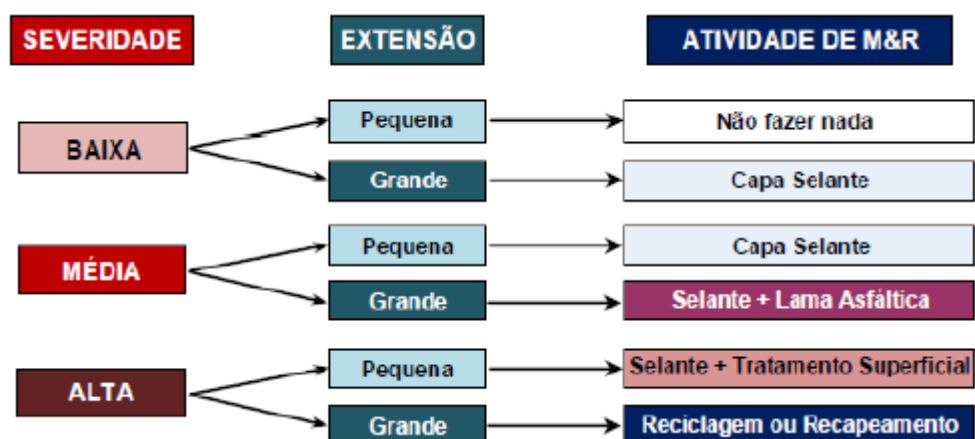
- Não fazer nada;

- Capa selante;
- Lama asfáltica;
- Tratamento superficial;
- Selagem de trincas;
- Preenchimento de buracos;
- Remendo;
- Regularização;
- Drenagem;
- Reciclagem;
- Recapeamento;
- Reconstrução;
- Recomposição do acostamento;
- Aplicação de areia quente.

A figura 3.4 exibe a árvore de decisão proposta para a patologia de trincas em Blocos, encontradas no trecho analisado da via em estudo.

Trincas em Blocos

Figura 3.4-Árvore de decisões para trincas em blocos



Fonte: Fonte: Fernandes Jr. e Pantigoso, 1998

A figura 3.5, exibe a árvore de decisão proposta para a patologia de trincas longitudinais, encontradas no trecho analisado da via em estudo.

Trincas Longitudinais

Figura 3.5 Árvore de decisões para trincas longitudinais

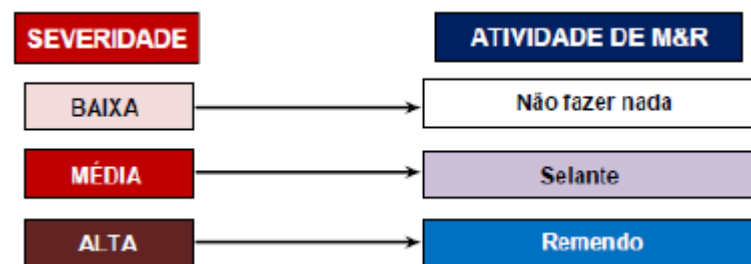


Fonte: Fonte: Fernandes Jr. e Pantigoso, 1998

A figura 3.6 exibe a árvore de decisão proposta para a patologia de trincas transversais, encontradas no trecho analisado da via em estudo.

Trincas Transversais

Figura 3.6 Árvore de decisões para trincas transversais

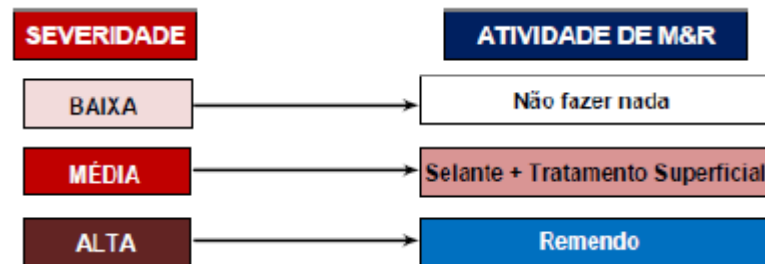


Fonte: Fonte: Fernandes Jr. e Pantigoso, 1998

A figura 3.7 exibe a árvore de decisão proposta para a patologia de remendos, encontradas no trecho analisado da via em estudo.

Remendos

Figura 3.7 Árvore de decisões para remendos

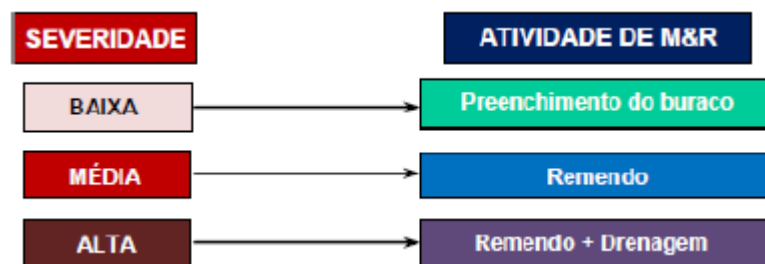


Fonte: Fonte: Fernandes Jr. e Pantigoso, 1998

A figura 3.8 exibe a árvore de decisão proposta para a patologia de panelas, encontradas no trecho analisado da via em estudo.

Panelas

Figura 3.8 Árvore de decisões para panelas

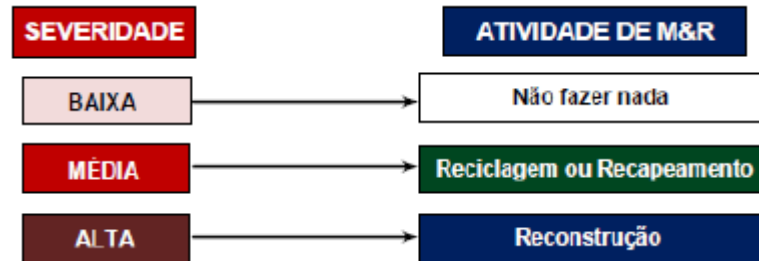


Fonte: Fonte: Fernandes Jr. e Pantigoso, 1998

A figura 3.9 exibe a árvore de decisão proposta para a patologia de escorregamento, encontradas no trecho analisado da via em estudo.

Escorregamento de Revestimento Betuminoso

Figura 3.9 Árvore de decisões para corrugação

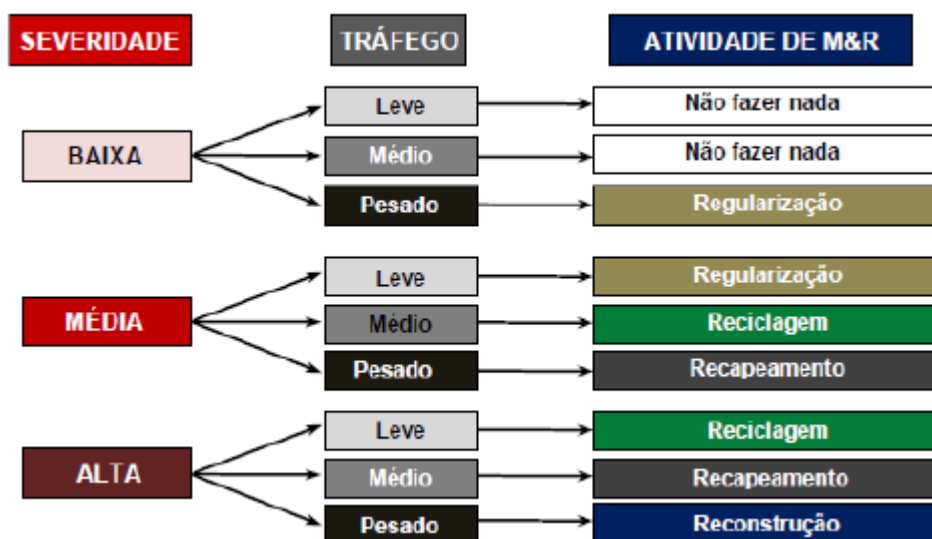


Fonte: Fonte: Fernandes Jr. e Pantigoso, 1998

A figura 3.10, exibe a árvore de decisão proposta para a patologia de trilho de roda, encontradas no trecho analisado da via em estudo.

Deformações Permanente nas Trilhas de Roda

Figura 3.10 Árvore de decisões para deformações permanentes nas trilhas de roda



Fonte: Fonte: Fernandes Jr. e Pantigoso, 1998

As árvores de decisões citadas acima proposta por Fernandes Jr. e Pantigoso (1998), sugerem a melhor atividade para cada tipo patologia, de acordo com suas características, fato este que, na prática, pode ser um limitante, já que é muito comum a existência de trechos com mais de um defeito.

No próximo capítulo, dar-se prosseguimento a nova etapa do estudo, que será a metodologia a ser empregada. Será feita uma inspeção no pavimento “*in loco*”, onde será feita uma avaliação superficial das condições do pavimento.

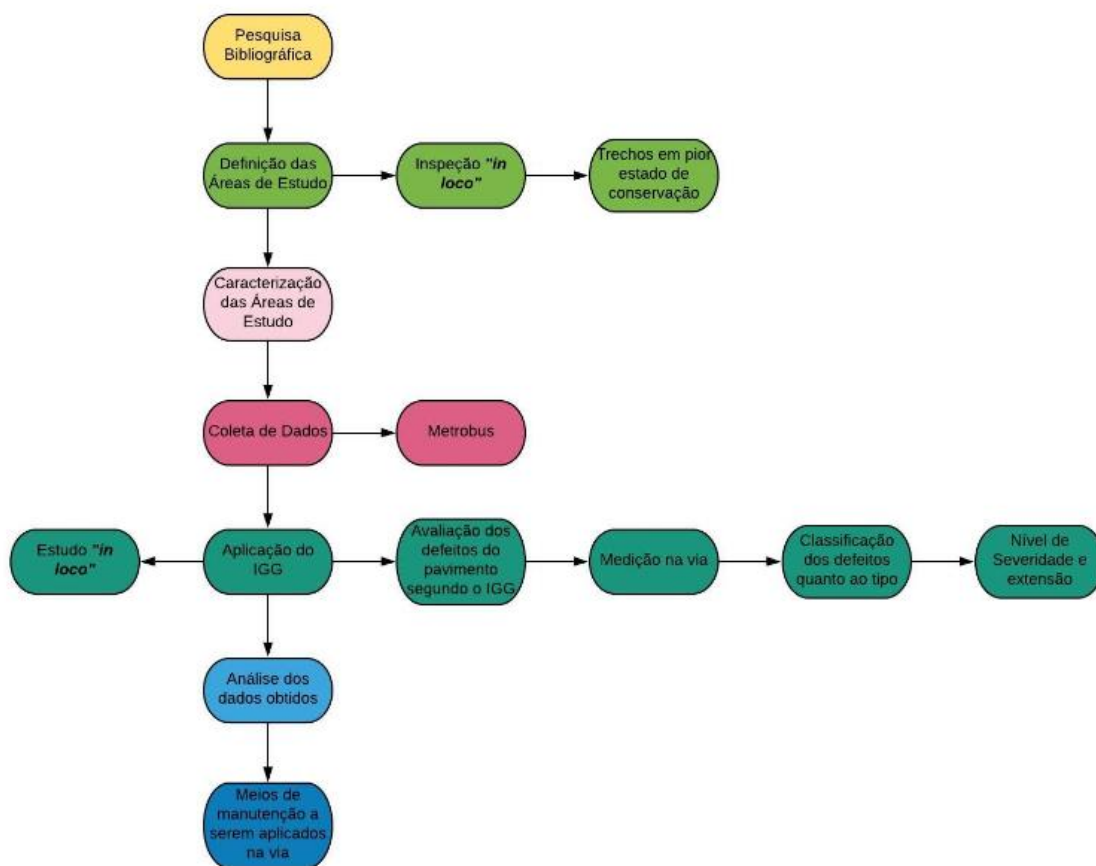
CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

Este estudo teve como propósito fazer uma avaliação superficial do pavimento de um trecho viário de uma faixa exclusiva de ônibus, na cidade de Goiânia, utilizando o método IGG, Índice de Gravidade Global. A pesquisa foi de ordem qualitativa, pois através de uma classificação das patologias do pavimento, serão utilizadas notas, a fim de permitir diagnosticar o estado de conservação do pavimento.

A metodologia consistiu na aplicação do IGG. A partir daí foi feita uma inspeção no local registrando todas as patologias e a gravidade das mesmas em uma ficha de inspeção onde consta todos os dados do trecho analisado. O levantamento manual foi executado por uma equipe técnica composta por três pessoas que caminhavam pelo pavimento a ser avaliado e, através do uso de ferramentas simples como trena e régua, identificando o tipo de defeito, sua extensão e sua severidade. O esquema na figura 4.1 sintetiza a metodologia aplicada.

Figura 4.1 Metodologia Aplicada



Fonte: O Autor, (2019)

A seguir, cada uma das fases apresentadas na Figura 4.1 será descrita detalhadamente.

4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

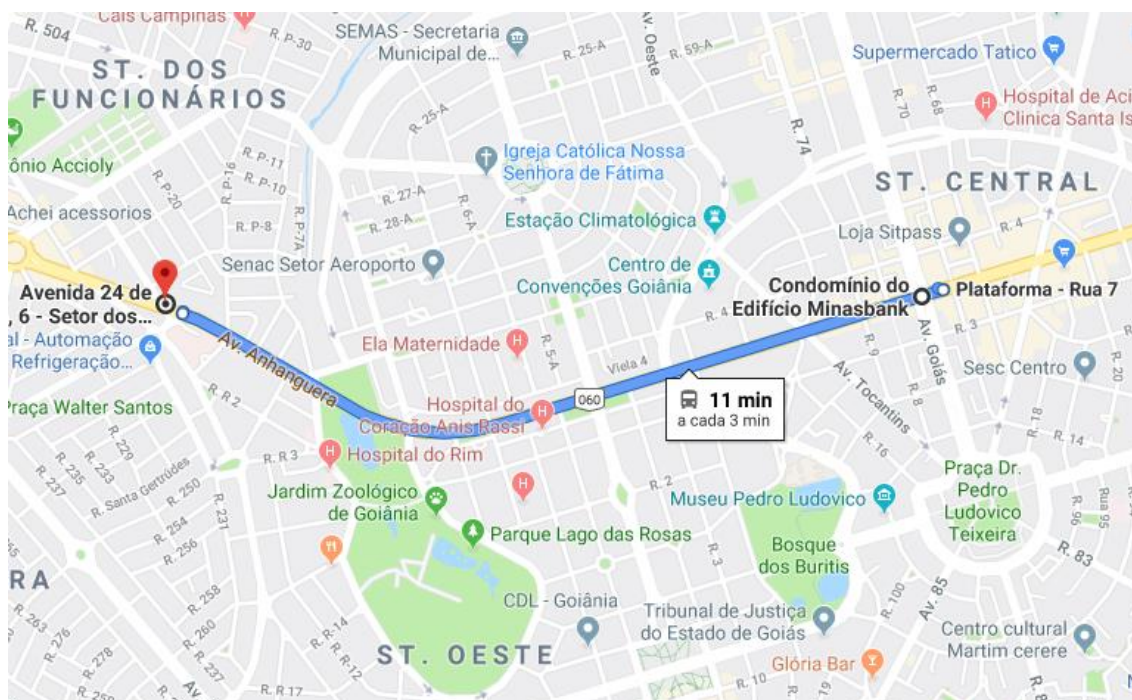
Foi feita, uma pesquisa bibliográfica sobre o tema em estudo, analisando toda a bibliografia sobre o conteúdo de conceitos de pavimentos; avaliação superficial de pavimentos; técnicas de recuperação de pavimentos; método IGG; e gerência de pavimentos.

4.2 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Nessa fase, foi definida qual a área de estudo, e onde se localizará o trecho da pesquisa, para o presente trabalho. Foi escolhida a Avenida Anhanguera, na cidade de Goiânia, Goiás, devido a via ter uma faixa exclusiva para transporte coletivo, onde foi constatado em uma inspeção visual “*in loco*”, que a mesma possui inúmeras patologias no pavimento, em função do intenso tráfego de ônibus.

O trecho estudado foi na Av. Anhanguera, na faixa exclusiva para ônibus, com uma extensão de 2,0 km. O trecho se localiza com início no cruzamento da Av. Goiás com a Av. Anhanguera, no Centro da cidade, até o cruzamento da Av. Anhanguera com a Av. 24 de Outubro, no bairro de Campinas. O trecho foi dividido em faixa 1 e faixa 2. A faixa 1 compreende o sentido Leste-Oeste, Terminal Novo Mundo/Terminal Padre Pelágio, e a faixa 2 o sentido Oeste-Leste, Terminal Padre Pelágio/ Terminal Novo Mundo Na figura 4.2, o mapa mostra a localização geográfica da via em estudo.

Figura 4.2 Localização do Trecho em Estudo



Fonte: Google Maps (2019)

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Localizada no centro-sul do Estado de Goiás, Goiânia é uma cidade que foi planejada e construída para ser a capital política e administrativa de Goiás. Situada no Planalto Central, dista da capital federal, Brasília, 209 quilômetros e possui área de aproximadamente 739 km². Sua população é estimada em 1.516.113 habitantes, sendo a região metropolitana de Goiânia habitada por população estimada de 2.540.133 habitantes (Estimativa, IBGE, 2019).

O Eixo Anhanguera é o maior eixo de transporte coletivo da Rede Metropolitana de Goiânia, de acordo com dados da RMTC (Rede Metropolitana de Transportes Coletivos). Atualmente, o eixo Anhanguera conta com um corredor de ônibus, que opera com prioridade de circulação em faixa exclusiva. Sua implantação ocorreu em 1976, tendo sido uma das intervenções pioneiras neste campo no Brasil. Anos depois, em 1998, o corredor foi objeto de intervenções de melhoria, envolvendo renovação de frota e alteração do modelo da infraestrutura exclusiva de circulação dos ônibus.

A importância deste eixo de transporte coletivo pode ser avaliada pela sua demanda. De acordo com dados da METROBUS, 2018, o carregamento máximo é da ordem de 12.000 passageiros/hora/sentido, com uma frequência média no seu segmento mais carregado de 70 ônibus articulados por hora. Ambas as informações relativas à hora de pico da manhã. Como é um eixo diametral, possui demanda bidirecional, com elevada renovação da ocupação dos veículos, o que lhe permite transportar 230 mil passageiros em dias úteis.

Os veículos que operam na via exclusiva são modelos articulados e biarticulados da Volvo. O peso bruto total (PBT) de um veículo articulado é de 28 toneladas e de um biarticulado é de 40,5 toneladas em sua lotação máxima. Os veículos devem obedecer aos limites indicados pelo fabricante, constituído da soma da tara (peso próprio do veículo) mais a lotação máxima, considerando 06 (seis) passageiros em pé por m², 65 kg por pessoa, não somando as áreas de degraus, catraca, posto do motorista e área ocupada pelos pés dos passageiros. O Eixo Anhanguera em seus 13,5 km de extensão, possui 24 locais de embarque/desembarque, sendo cinco deles em importantes terminais de integração: dois de extremidade e três no percurso.

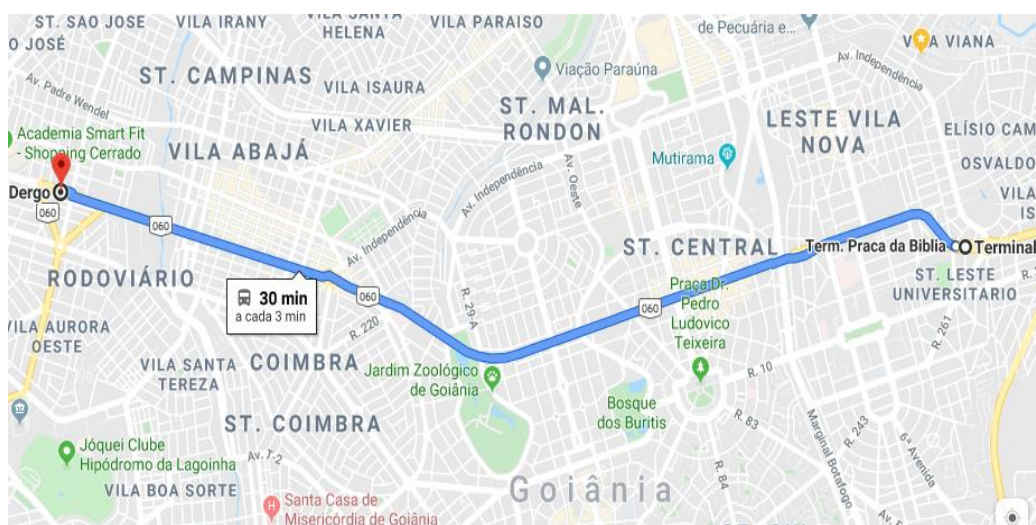
Figura 4.3 Modelo Biarticulado operando na via exclusiva



Fonte: Metrobus, 2018

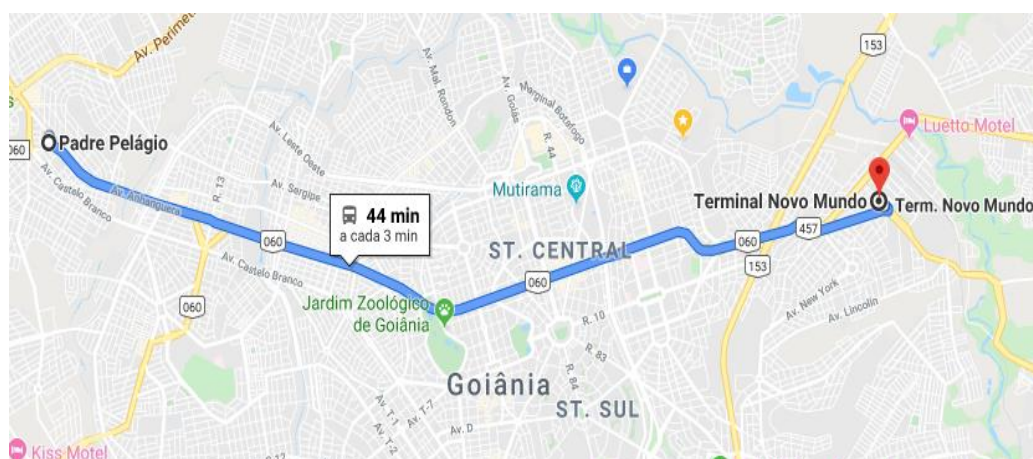
O projeto inicial estabelecido era entre os terminais Dergo e Praça da Bíblia, segundo figura 4.4. O corredor foi posteriormente estendido até o terminal Padre Pelágio, a oeste, e Novo Mundo, a leste, totalizando 13,5 km, segundo pode ser observado na figura 4.5. Em 1998, após 22 anos de sua inauguração, a infraestrutura do corredor foi totalmente renovada, porém desde então a via e os terminais de embarque e desembarque tiveram apenas manutenções pontuais.

Figura 4.4 Projeto Inicial Terminal Praça da Bíblia/Terminal do Dergo



Fonte: O Autor

Figura 4.5 Projeto Inicial Terminal Padre Pelágio/Terminal Novo Mundo



Fonte: O Autor

4.4 COLETA DE DADOS

Os dados iniciais também foram coletados na empresa, que opera o Eixo Anhanguera, METROBUS S/A. Os dados coletados, são de todo o sistema que opera a via em análise, como: quantidade de veículos que operam no sistema; tipo de veículos; quantidade de passageiros que são transportados diariamente; os horários de pico do sistema; frequência dos ônibus; dados referentes a construção da via; trechos críticos, etc.

O pavimento utilizado na via é o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), e após vários anos sem manutenção adequada, o mesmo se encontra em mal estado conservação. O sistema de drenagem existente na via é precário, não suportando o volume das águas pluviais.

4.5 APLICAÇÃO DO IGG

O presente estudo se deu em uma via urbana, onde devido sua extensão, as características não são uniformes, por isso se faz necessário, dividir o trecho em seções. A extensão total da Av. Anhanguera é de 13,5 km, sendo que foi escolhido um trecho de 2,0 km.

Na figura 4.6, mostra uma foto tirada na região central da cidade, mostrando nas proximidades de uma plataforma de embarque e desembarque, o estado de conservação do pavimento.

Figura 4.6 Estado de conservação do pavimento na Av. Anhanguera/Centro da Cidade de Goiânia.



Fonte: O Autor, (2019).

O levantamento *in loco* dos dados e ocorrências dos trechos selecionados seguiu o seguinte procedimento:

Na aplicação do método IGG, como a via estudada não terá variações na sua largura, aplica-se o método da rodovia de pista simples, as estações serão inventariadas a cada 20m, alternando entre faixas, portanto, em cada faixa a cada 40m. Para a obter os dados referentes ao método IGG, foi realizada uma análise prévia de forma a subdividir a via em segmentos que possuam as mesmas características ou defeitos. A norma do DNIT 006/2003-PRO, descreve os defeitos que foram analisados pelo método.

Após o cálculo do IGG, poderá tomar uma decisão, e caso seja necessária uma intervenção na via, existem árvores de decisão. A árvore de decisão é proposta para a seleção de atividades de manutenção e reabilitação do pavimento, considerando fatores como tipos de defeitos (severidade e extensão) e volume de tráfego (quando este influencia na ocorrência do defeito) e tem como principal função padronizar as decisões a serem tomadas em um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (GONÇALVES, 2007).

Para as árvores de decisão serem utilizadas de maneira correta, precisam seguir os critérios de definição dos níveis de severidade, extensão e tráfego indicados na figura 4.6.

Tabela 4.1 – Critérios para classificação dos fatores utilizados nas árvores de decisão

Nível de Severidade			
	1	2	3
Severidade	Baixa	Média	Alta
Nível de Extensão de Defeito			
	1		2
Extensão	Pequena (< 50%)		Grande (>50%)
Nível de Tráfego			
VDM (x1000)	1 – Leve	2 – Médio	3 – Pesado
Tráfego	<1	1 – 5	>5

Fonte: Shahin (2005).

Para cada defeito do pavimento são feitas árvores de decisão, Fernandes Jr. (2006). De posse dos dados advindos do IGG, do tráfego, associados a árvore de decisões, foi possível determinar as intervenções relacionadas a cada seção e, ao analisá-las também foi possível sugerir intervenções de manutenção ao longo do trecho, e se possível ao longo de toda a via.

4.6 ANÁLISE DE DADOS

Os defeitos identificados no campo foram digitalizados em uma planilha de cálculo de forma a se obter o valor do IGG.

4.7 MEIOS DE MANUTENÇÃO A SEREM APLICADOS NA VIA

Os dados coletados foram analisados e depois catalogados em relatórios referentes a situação da via. Com esses dados pode-se saber qual o tipo de manutenção será mais apropriado para a intervenção na via. Com essas informações, foi possível determinar as intervenções que serão feitas em cada seção e, ao analisá-las, será possível sugerir a manutenção adequada para a via.

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será apresentada a aplicação prática da metodologia proposta no capítulo 4. Neste sentido, busca-se demonstrar os resultados obtidos da aplicação de tal método.

5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

O trecho em estudo foi escolhido, devido ser um importante corredor de transporte coletivo em Goiânia, e como o pavimento desta via passou por apenas manutenções rotineiras, o mesmo apresenta várias patologias. Sabe-se que essas patologias existentes na via, afetam a diretamente a qualidade do sistema de transporte de passageiros nessa via. Dessa forma, empregou-se nesse trabalho, o método do índice de gravidade global, (DNIT 006/2003-PRO), a fim de se conhecer o estado real de conservação desse pavimento.

O trecho analisado, foi feita nas duas faixas de tráfego da via. Na figura 5.4, temos uma imagem do local.

Figura 5.1 Faixas Estudadas



Fonte: Google Earth Adaptado

O trecho total analisado foi de 2,0 km, porém como em várias partes desse trecho existem plataformas de embarque e desembarque de passageiros, e, as mesmas possuem pavimento rígido, tais locais não foram analisados. O local analisado foi dividido em 100 seções, das quais, 50 na faixa 1 e 50 na faixa 2, apenas no pavimento flexível.

Os dados levantados estão na planilha de inventário do estado da superfície do pavimento, que se encontra no anexo 1. Na faixa 1, das 50 seções analisadas, apenas uma não apresentou defeito, enquanto as outras 49, apresentou algum tipo de patologia. Já a faixa 2, apresentou um total de 3 seções sem defeitos, no restante das 47, foram encontrados alguns tipos de patologias no pavimento.

Tanto na faixa 1, como na faixa 2, uma das patologias observadas foi a de Trincas Interligadas, tipo “couro de jacaré”, sem erosão acentuada nas bordas das trincas. Na figura 5.2 abaixo, pode-se observar tal patologia.

Figura 5.2 Trincas Interligadas



Fonte: O Autor

Outra patologia recorrente na faixa 1 e na faixa 2, foi o afundamento de consolidação do trilho de roda, devido a consolidação diferencial que ocorre em camadas do pavimento ou do subleito. Na figura 5. abaixo, observamos esse tipo de patologia na via

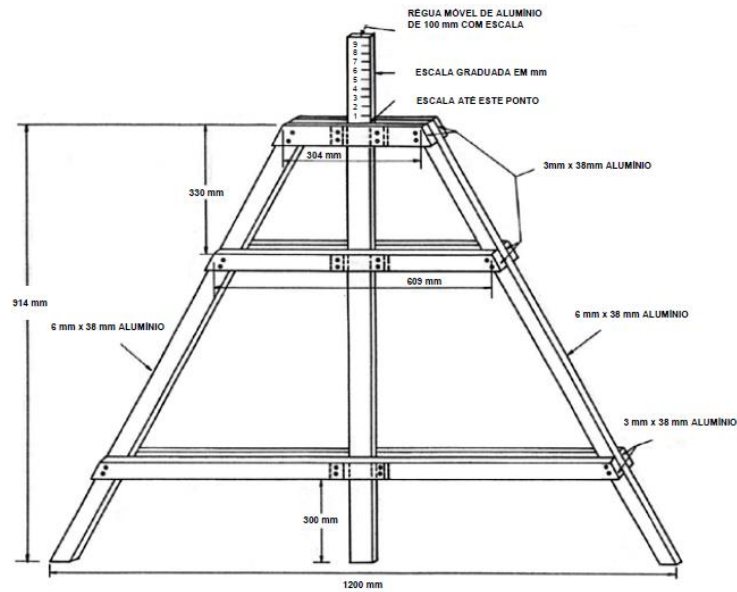
Figura 5.3 Afundamento de Consolidação



Fonte: O Autor

Ressalta-se que a NORMA DNIT 006/2003 – PRO descreve que para a medição da flecha do trilho de roda, deve-se utilizar uma treliça de alumínio, padronizada, tendo 1,20m de comprimento na base, dotada de régua móvel instalada em seu ponto médio. Porém por dificuldade de obter tal aparelho, a medida das deflexões do pavimento foi realizada por duas réguas milimetradas, produzidas pelo próprio autor. As figuras 5.4 e 5.5 apresentam, respectivamente, a treliça adotada pela norma no DNIT, e a régua milimetrada confeccionada para a pesquisa.

Figura 5.4 Trelça para medição das flechas da trilha de roda



Fonte: NORMA DNIT 006/2003 – PRO

Figura 5.5 Régua Milimetrada



Fonte: O Autor

Pode-se observar durante todo o trecho analisado, que as outras patologias apareceram em uma quantidade menor de frequência. Na figura 5.6, observa-se que existem locais onde existem mais de uma patologia, tal como o remendo, afundamento plástico, trincas longitudinais e transversais.

Figura 5.6 Remendo, Afundamento Plástico e Trincas Longitudinais e Transversais



Fonte: O Autor

5.2 RESULTADOS

Na faixa exclusiva da Av. Anhanguera, como já dito anteriormente o pavimento utilizado é o flexível com revestimento em CBUQ. Observações feitas no local, no dia da pesquisa realizada no dia 21 de setembro de 2019, é que havia muitas patologias no pavimento. No dia citado a temperatura máxima, foi de 37,8°C de acordo com dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Nesse mesmo dia fez-se a medida da temperatura do revestimento. Foi utilizado um termômetro digital a laser. Foram feitas 6 medidas, no turno da tarde, observando-se que a mínima foi de 59,1°C e a máxima de 62,3°C.

Uma das patologias mais observadas foi a de afundamento plástico, causado pela frequência de veículos e seu alto carregamento. Essa patologia é agravada pelas temperaturas elevadas, causando deformações permanentes no revestimento.

Outras patologias observadas no local foi a de escorregamento de revestimento asfáltico, trincas longitudinais, transversais, remendos, panelas, etc. As causas que podem gerar estes tipos de patologias, podem ser falhas executivas, recalques diferenciais, e a própria ação do tráfego pesado dos veículos.

Como foi descrito na Metodologia, capítulo 4 deste trabalho, para o cálculo do IGG, é preciso fazer a contagem da frequência de cada defeito. A tabela 5.1, descreve cada codificação, referente a cada patologia encontrada na pesquisa.

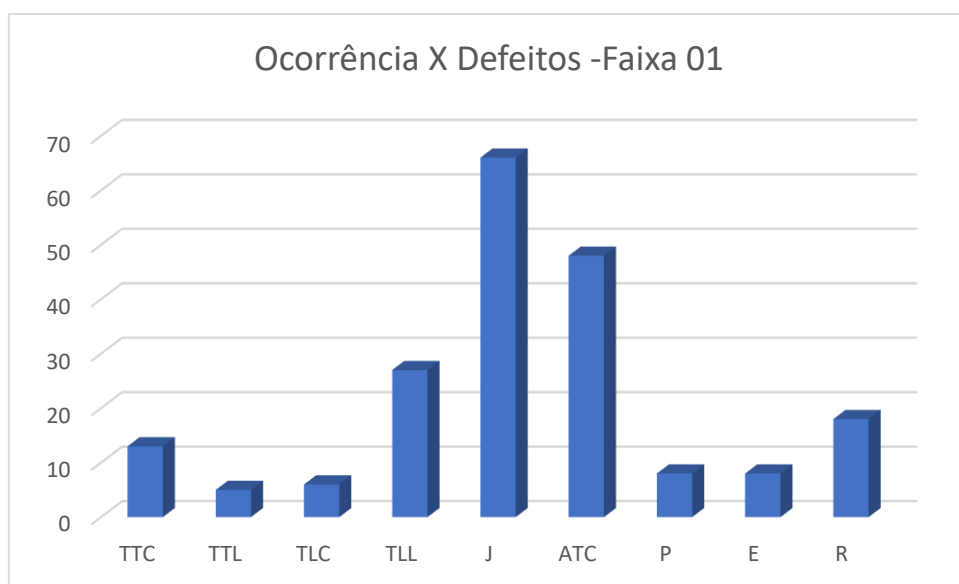
Tabela 5.1- Codificação das Patologias

TTC	Trinca Transversal Curta
TTL	Trinca Transversal Longa
TLC	Trinca Longitudinal Curta
TLL	Trinca Longitudinal Longa
J	Trincas Interligadas Tipo “Jacaré”
ATC	Afundamento de Trilho de Roda
P	Panela
E	Escorregamento
R	Remendo

Fonte: O Autor

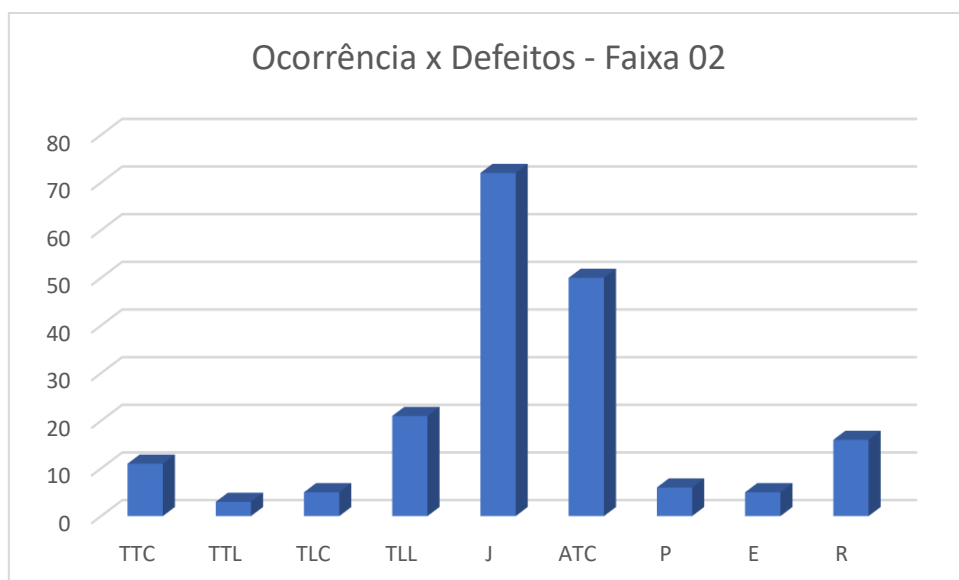
Foram analisadas 100 estações, sendo que cada estação possuía 20,0m de comprimento, alternando as faixas de tráfego ao longo dos 2,0 km de extensão do trecho analisado. Os dados brutos da pesquisa, se encontram no anexo deste trabalho. Na figura 5.7 e 5.8 pôde-se observar que não houve grandes diferenças no comportamento do pavimento, e isso se retrata nas patologia encontradas e nas suas frequências.

Figura 5.7 Gráfico de frequência de Patologias da Faixa 1



Fonte: O Autor

Figura 5.8 Gráfico de frequência de Patologias da faixa 2

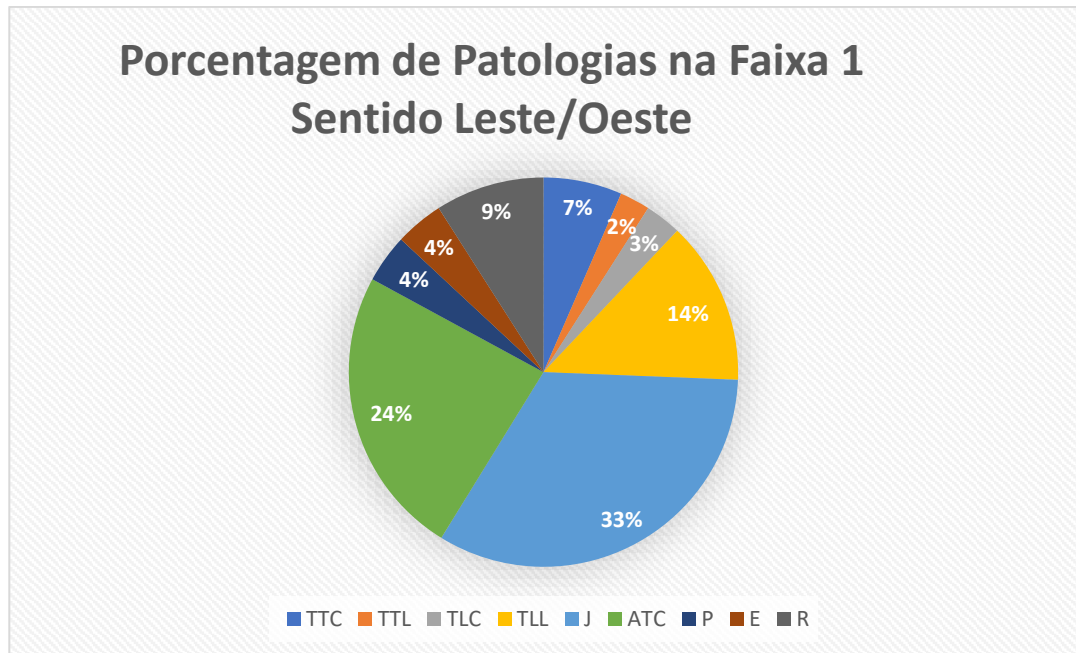


Fonte: O Autor

Pode-se observar pelos gráficos acima, que a distribuição das patologias em ambas as faixas é semelhante, ou seja possuem os mesmos defeitos.

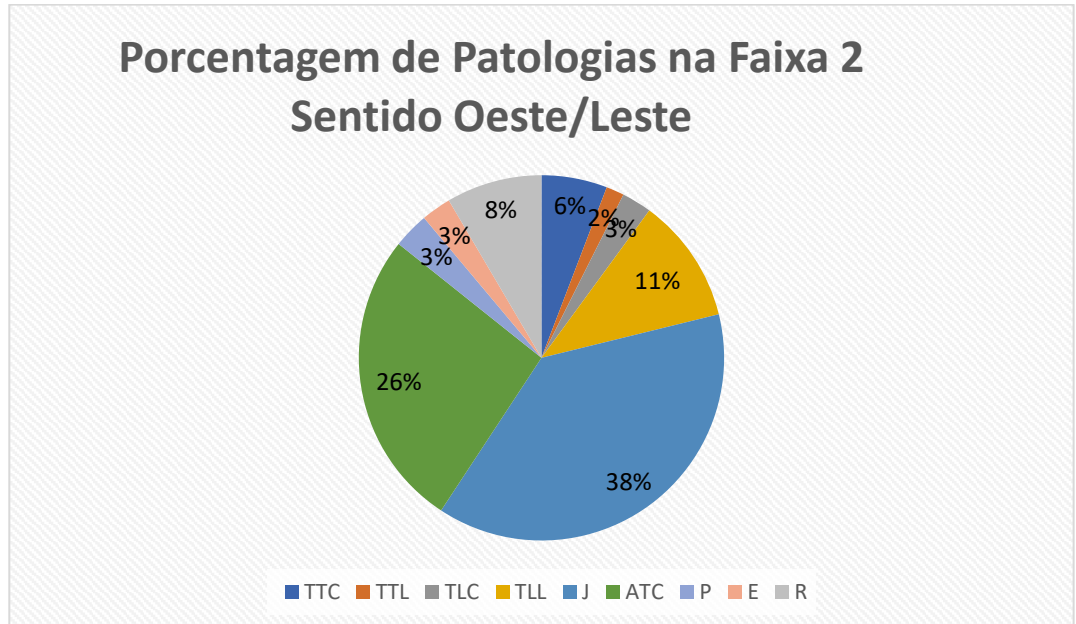
Nas figuras 5.9 e 5.10, é mostrada uma comparação das faixas 1 e 2, com as respectivas patologias verificadas in loco.

Figura 5.9 Gráfico em porcentagem das Patologias da faixa 1



Fonte: O Autor

Figura 5.10 Gráfico em porcentagem das Patologias da faixa 2



Fonte: O Autor

As principais patologias verificadas foram praticamente as mesmas em ambas as faixas. A faixa 1 foram observadas a trinca interligada tipo “jacaré”, em uma maior ocorrência 33% dos defeitos. Já a trinca transversal longa a menos recorrente, com 2%. Na faixa 2 o defeito mais

verificado foi a trinca interligada tipo “jacaré” com 38% das patologias, e a trinca transversal longa com apenas 2% dos defeitos.

Sabendo-se a ocorrência relativa, foi possível encontrar o IGI de cada tipo de defeito multiplicando-se a ocorrência relativa pelo fator de ponderação, apresentado nas tabelas 5.2 e 5.3. O IGG é o somatório de cada IGI. Foi calculado a média do TRI e TRE das flechas dos trilhos de roda, e suas respectiva variância, desvio padrão e média das variâncias.

Tabela 5.2- Cálculo do IGG Faixa 1

CÁLCULO IGG FAIXA 1											
Defeitos	TRINCAS					Afundamentos	Outros Defeitos			Trilho de Roda	
	Isoladas				Interligadas						
	TTC	TTL	TLC	TLL	J		ATC	P	E	R	Média
Ocorrência	13	5	6	27	66	48	8	8	18	Variância	304,77
FR	13	5	6	27	66	48	8	8	18	D. Padrão	17,46
FP	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,9	1	1	0,6	Média das	13,51
IGI	2,6	1	1,2	5,4	33	43,2	8	8	10,8	Variâncias	
IGG	142,4										

Fonte: O Autor

Tabela 5.3- Cálculo do IGG Faixa 2

CÁLCULO IGG FAIXA 2											
Defeitos	TRINCAS					Afundamentos	Outros Defeitos			Trilho de Roda	
	Isoladas				Interligadas						
	TTC	TTL	TLC	TLL	J		ATC	P	E	R	Média
Ocorrência	11	3	5	21	72	50	6	5	16	Variância	554,96
FR	11	3	5	21	72	50	6	5	16	D. Padrão	23,56
FP	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,9	1	1	0,6	Média das	20,47
IGI	2,2	0,6	1	4,2	36	45	6	5	9,6	Variâncias	
IGG	149,6										

Fonte: O Autor

A tabela 5.4 refere-se aos conceitos de degradação do pavimento em função do IGG segundo a norma DNIT 006/2003-PRO. O IGG da faixa 1 foi de 142,40, que segundo classificação do próprio método o classifica como ruim. Na faixa 2 o IGG foi de 149,6, também ruim.

O pavimento da via analisado tem 21 anos de vida e durante todos esses anos houveram alguns reparos pontuais na pista, e como mostra figura 5.12. Pôde ser observado em alguns trechos a presença de diversos defeitos. O dimensionamento para o pavimento foi de 10 anos, de acordo com dados de projeto, ou seja, já se passaram mais de 11 anos de sua vida útil. Levando em consideração que os trechos analisados possuem um volume constante de ônibus articulados e biarticulados e com alta frequência, pode-se concluir, através das pesquisas realizadas, a necessidade de reparos o mais rápido possível.

Figura 5.11- Patologias na Faixa Exclusiva da Av. Anhanguera



Fonte: O autor

5.3 PROPOSTA PARA TRATAMENTO DA FAIXA EXCLUSIVA PARA ÔNIBUS

Pôde-se observar nas sete patologias analisadas no trecho em estudo, todas elas se enquadram na severidade alta, devido tráfego constante de veículos pesados na via. Uma das medidas propostas que podem ser adotadas para tratar ou minimizar as patologias na via exclusiva, é a execução de fresagem no pavimento, remoção do pavimento com sua devida regularização, antes da execução de um novo revestimento dando origem a uma superfície aparentemente uniforme.

Outra alternativa seria a execução de um novo revestimento, pois conforme evidenciado no local, existem trechos precários. É indicado pavimento rígido nos pontos onde ocorrem frenagens e acelerações mais bruscas, nas curvas horizontais e nos cruzamentos semaforizados. Nos dias atuais somente as paradas de ônibus possuem pavimento rígido.

Para a restauração dos pavimentos em faixas em corredores exclusivos para ônibus, outra opção seria a substituição da camada do revestimento, com mistura asfáltica convencional, por outra com outro tipo de mistura como a utilização do SMA (Stone Mastic Asphalt). Segundo Bernucci *et al* (2008), as misturas asfálticas densas convencionais em geral resistem pouco à reflexão de trincas e à deformação permanente, o que é retardado na solução de SMA.

As misturas asfálticas tipo SMA, apresentam maior resistência quanto às deformações permanentes, evitando assim o afundamento nas trilhas de rodas, diminuindo o trincamento e a oxidação do revestimento.

Com base nas árvores de decisões de Fernandes Jr. e Pantigoso, (1998), propõe as seguintes tomadas de decisões para intervenção na via estudada, de acordo com a tabela 5.4. Essa proposta sugere nível de severidade alto para aplicação na via.

Tabela 5.4- Proposta de Intervenções na Faixa Exclusiva

	Severidade	
Trincas Longitudinais	Baixa	Não fazer nada
	Média	Selante
	Alta	Remendo
Trincas Transversais	Baixa	Não fazer nada
	Média	Selante
	Alta	Remendo
Trincas Interligadas Tipo “Jacaré”	Baixa	Não fazer nada
	Média	Capa Selante
	Alta	Capa Selante
Escorregamento	Baixa	Não Fazer Nada
	Média	Recapeamento
	Alta	Reconstrução
Remendo	Baixa	Não Fazer Nada
	Média	Capa Selante + Tratamento superficial
	Alta	Remendo
Panela	Baixa	Preenchimento do Buraco
	Média	Remendo
	Alta	Remendo + Drenagem
Afundamento de Trilho de Roda	Baixa	Regularização
	Média	Recapeamento
	Alta	Reconstrução

CAPITULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse capítulo expõe as principais contribuições do tema analisado. São apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros, com o intuito de aprofundar as análises e abordar os temas aqui apresentados (Métodos para Avaliação Superficial de Pavimentos e Sistema de Gerência de Pavimentos) em contextos diferenciados.

6.1 CONCLUSÕES

A Av. Anhanguera em Goiânia, é uma das principais vias da cidade, onde se tem uma faixa exclusiva para transporte coletivo. Estudar a qualidade do pavimento dessa faixa exclusiva de ônibus é importante, pois isso interfere diretamente na qualidade do sistema de transporte público. A alta frequência de veículos pesados, é um fator agravante da deterioração do pavimento, deste modo, é necessário que se façam manutenções e restaurações periódicas ao longo da via, para que o pavimento sempre esteja em boas condições de tráfego.

O objetivo do trabalho foi alcançado e aplicou-se o Método do IGG para fazer uma avaliação da condição do pavimento. A aplicação do método levou a análise do tipo, extensão e severidade dos defeitos existentes ao longo das seções estudadas. A avaliação funcional da qualidade do pavimento, apontou que as seções em sua maioria apresentam afundamento plástico, trincas longitudinais e transversais, desgastes, remendos, painéis e escorregamento de capa, que em muitos dos casos de alta severidade, caracterizando, assim, um pavimento em condições ruins, conforme o valor calculado do IGG.

De posse dos dados advindos da aplicação do Método do IGG, foi possível fazer a aplicação das árvores de decisão, com o objetivo de padronizar as possíveis atividades de manutenção pertinentes. Para a utilização desta ferramenta desenvolvida por Fernandes Jr. (2006), pôde-se verificar que parte da via precisa ser regularizada e recapeada. As árvores de decisão se mostram aplicáveis para o caso, já que normatizam o procedimento de escolha das intervenções a serem realizadas por toda a via, facilitando a aplicação futura de um Sistema de Gerência de Pavimentos.

Deste modo, conclui-se que deve ser feita uma intervenção no trecho de estudo. É importante ressaltar que, caso seja utilizado este método para se decidir qual tipo de intervenção deve ser aplicado no trecho, deve-se fazer um levantamento mais detalhado com mais seções a serem analisadas, com uma varredura em toda via, para se ter conhecimento aprofundado das patologias existentes.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações para trabalhos futuros destaca-se:

- Testar a metodologia do PCI- *Paviment Conditions Index*, no mesmo trecho e fazer uma comparação;
- Comparar as seções alternadas do método do IGG aplicado no trecho, com seções contínuas;
- Executar de forma periódica de ensaios “*in situ*”, que avaliem a condição funcional do pavimento, por exemplo, o afundamento plástico, permitindo elaborar propostas de intervenção em longo prazo, otimizando a utilização dos recursos financeiros disponíveis;
- Desenvolver um SGP integral para a via analisada;
- Estudar pavimentos rígidos para faixas exclusivas para ônibus;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. Oficina de texto, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani, **MOTA**, Laura Maria Goretti, **CERATTI**, Jorge Augusto Pereira, **SOARES**, Jorge Barbosa. Pavimentação Asfáltica, 2008. Formação Básica para Engenheiros.

CARVALHO, M. D. (2007) "Pavimento de Concreto: reduzindo o custo social", http://www.abcp.org.br/sala_de_imprensa/arquivos_arquivos_pdf/pav_artigo2007.pdf. Outubro.

CNT, Confederação Nacional dos Transportes, 2018.

DER-SP, Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo, 2006.

DNIT. Manual de Gerência de Pavimentos. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2011.

DNIT. Manual de Pavimentação. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006.

DNIT. Manual de Conservação Rodoviária. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2005.

DNIT. Manual de Gerência de Pavimentos. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2011.

DOMINGUES, 1995. Sistema de Gerencia de Pavimentos de Estradas Florestais.

NORMA DNIT 006/2003 – PRO. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento.

FERNANDES JR., J. L. Investigação dos Efeitos das Solicitações do Tráfego sobre o Desempenho de Pavimentos. Tese de Doutorado em Engenharia de Transportes – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

FERNANDES JR., J. L. Sistemas de Gerência de Pavimentos para Cidades de Médio Porte. Tese de Livre Docência – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001, 109 p.

FERNANDES JR., J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F. Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006, Reimpressão, 101 p.

FERNANDES Jr., J. L.; PANTIGOSO, J. F. G. Compatibilização da gerência de pavimentos urbanos com as concessionárias de serviços públicos com o uso de SIG. In: XI ANPET – Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro, 1997.

GONÇALVES, Fernando José Pugliero. O diagnóstico e a manutenção dos pavimentos. Passo Fundo, 1999, b.

GONÇALVES, F. P. – “Utilização de Expert Systems na Manutenção de Pavimentos”. Tese M.Sc., ITA, São José dos Campos, 1997.

GONÇALVES, F. J. P. Diagnóstico e manutenção de pavimentos: ferramentas auxiliares. Passo Fundo: Ed. Universidade, 2007.

HAAS, R.; HUDSON, W. Pavement Management Systems. New York: Mcgraw-Hill, 1978.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019.

METROBUS, Transporte Coletivo, S/A, 2018.

NTU (Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos), 2012.

NORMA DNIT 005/2003 – TER. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia.

ODA, S. Apostila Sistema de gerência de pavimentos, Escola de engenharia de São Carlos, 2016.

QUEIROZ, C. A. V. - “Modelos de Previsão de Desempenho para a Gerência de Pavimentos no Brasil”. GEIPOT, Brasília, 1984.

RODRIGUES, R.M. - “Estudo do Trincamento dos Pavimentos”. Tese DSc, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1991.

RODRIGUES, R. M. - “Projeto e Gerência de Pavimentos”. Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA - São José dos Campos, 1996.

SHAHIN M. Y. (1982). Airfield Pavement Distress Measurement and Use in Pavement Management. Transportation Research Record. Washington D.C., n. 893, p. 59-63.

SHAHIN, M. Y.; KHON, S. D. (2005). Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets, and Parking Lots. Vol.2 – Distress Identification Manual. CERL-TR-M-268. U.S.

VALIM, Gerson Luiz de Assis.; **CÂMARA** Antônio Carlos. Estudo e Análise do Pavimento Flexível nas Faixas Exclusivas de Ônibus e sua substituição por Pavimento Rígido no Município de São Paulo. 2015. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Transporte Terrestre) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. Faculdade de Tecnologia do Tatuapé – Victor Civita, São Paulo, 2015.

VISCONTI, T. S. O sistema gerencial de pavimentos do DNER. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Divisão de Apoio Tecnológico, Brasil, 84 p, 2000.

ZHANG, Z. et al. (2010). Pavement Preservation – Performance Goal and Its Implications. Transportation Research Record. Washington D.C., n. 2150, p. 28-35.

ANEXOS

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE FAIXA 1 SENTIDO LESTE/OESTE

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																												
RODOVIA:														OPERADOR:												FOLHA:		
TRECHO:														REVESTIMENTO TIPO:										ESTACA OU QUILOMETRO		ESTACA OU QUILOMETRO		
SUBTRECHO:														DATA:														
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS											AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS								TRINCAS RODAS		Observações:
			ISOLADAS							INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID												
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC - 2		FC - 3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE				
			1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	TBE 3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm				
1				1	1		1									2							60	58				
3									4							2							07	09				
5									1																			
7							3									2							30	32				
9									2							2							43	47				
11							1									2							72	60				
13									2																			
15									2																			
17						3										2							52	48				
19																												
21				1														1										
23				1														1										
25							1		1							2							36	38				
27					2		1									2							30	27				
29									3							2					1		45	47				
31									2																			
33				2																	2							
35									3																			
37									1																			
39									4							2						1	53	44				

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE FAIXA 1 SENTIDO LESTE/OESTE

[illegible]

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE FAIXA 1 SENTIDO LESTE/OESTE

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																											
RODOVIA:										OPERADOR:														FOLHA:			
TRECHO:										REVESTIMENTO TIPO:										ESTACA OU QUILOMETRO				ESTACA OU QUILOMETRO			
SUBTRECHO:										DATA:																	
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS								TRINCAS RODAS		Observações:
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID												
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC - 2		FC - 3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE			
			1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	TBE 3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm			
79							2		3							2									19	19	
81							2																				
83				1			1										2										
85							2																				
87																											
89				2			2		2																		
91				1			1		2						2						2		45	47			
93					1		1		1						2		2	4			2		56	40			
95							1		1						2		1				2		55	54			
97							1		3						2								31	27			
99									2						2								61	60			
Total				13	5	6	27		66						48		8	8			18						

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE FAIXA 2 SENTIDO OESTE/LESTE

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA:										OPERADOR:												FOLHA:			
TRECHO:										REVESTIMENTO TIPO:										ESTACA OU QUILOMETRO		ESTACA OU QUILOMETRO			
SUBTRECHO:										DATA:															
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:		
			ISOLADAS						INTERLIGADAS		PLASTICO		CONSOLID								TRI mm	IRE mm			
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC -2		FC -3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX				D	R
			1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	TBE 3	4	4	4	4	5	5	5	6				7	8
2							1		1						2								12	11	
4									4																
6									4														65	65	
8									2						2								79	78	
10									4						2		2						45	45	
12									2						2		3						75	74	
14							2																		
16									3						2						1		86	80	
18									2						2						3		45	51	
20						1			5						2								45	63	
22									5														30	28	
24									1																
26							1		1																
28				1			2		3						2						2		34	64	
30									2																
32									2						2								38	40	
34									2												2				
36									1																
38									1						2			1			1		95	92	
40									2						2						2		55	58	

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE FAIXA 2 SENTIDO OESTE/LESTE

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																											
RODOVIA:														OPERADOR:												FOLHA:	
TRECHO:														REVESTIMENTO TIPO:										ESTACA OU QUILOMETRO		ESTACA OU QUILOMETRO	
SUBTRECHO:														DATA:													
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS								TRINCAS RODAS		Observações:		
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID												
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC - 2		FC - 3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE			
			1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	TBE 3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm			
42									2							2							1	44	45		
44									3							2		2						60	54		
46									1																		
48									1							2								36	38		
50					1																						
52					1				2								2										
54							1																				
56						3																					
58																											
60									1																		
62							1											1									
64																											
66							1														1						
68									1						2			1					12	16			
70								2																			
72					1																						
74					2															1							
76					1			1						2								45	41				
78					1			1						2								34	31				
80			1			1		1						2								38	40				

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE FAIXA 2 SENTIDO OESTE/LESTE

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																											
RODOVIA:										OPERADOR:												FOLHA:					
TRECHO:										REVESTIMENTO TIPO:										ESTACA OU QUILOMETRO		ESTACA OU QUILOMETRO					
SUBTRECHO:										DATA:																	
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS								TRINCAS RODAS		Observações:
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID												
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC - 2		FC - 3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE			
			1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	TBE 3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm			
82									1							2								11	10		
84					1		2		1							2							45	46			
86																											
88				2			1								2								97	55			
90						1			2																		
92				4			1		2						2			2					135	55			
94									1											1							
96							1		2						2							65	63				
98							1								2					1		70	68				
100				3			2								2							22	20				
Total				11	3	5	21		72						50		6	5			16						

Anexo D (normativo)

Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

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

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

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

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

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

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

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

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

**CÁLCULOS DAS MÉDIAS DAS DEFLEXÕES NO PAVIMENTO,
VARIÂNCIA, DESVIO PADRÃO**

FAIXA 01				MEDIA	VARIAÇÃO	AO QUADRADO	RAIZ
SEÇÕES	DEFLEXÕES		MÉDIA				
	TRI	TRE					
1	60	58	59	47,24	11,76	138,30	11,76
3	7	9	8	47,24	-39,24	1539,78	39,24
7	30	32	31	47,24	-16,24	263,74	16,24
9	43	47	45	47,24	-2,24	5,02	2,24
11	72	60	66	47,24	18,76	351,94	18,76
17	52	48	50	47,24	2,76	7,62	2,76
25	36	38	37	47,24	-10,24	104,86	10,24
27	30	27	28,5	47,24	-18,74	351,19	18,74
29	45	47	46	47,24	-1,24	1,54	1,24
39	53	44	48,5	47,24	1,26	1,59	1,26
41	58	61	59,5	47,24	12,26	150,31	12,26
47	25	30	27,5	47,24	-19,74	389,67	19,74
49	65	66	65,5	47,24	18,26	333,43	18,26
55	77	56	66,5	47,24	19,26	370,95	19,26
65	71	82	76,5	47,24	29,26	856,15	29,26
67	72	68	70	47,24	22,76	518,02	22,76
69	45	55	50	47,24	2,76	7,62	2,76
79	19	19	19	47,24	-28,24	797,50	28,24
91	45	47	46	47,24	-1,24	1,54	1,24
93	56	40	48	47,24	0,76	0,58	0,76
95	55	44	49,5	47,24	2,26	5,11	2,26
97	31	27	29	47,24	-18,24	332,70	18,24
99	61	60	60,5	47,24	13,26	175,83	13,26
						SOMATÓRIO	310,78
						MÉDIA DAS VARIANCIAS	13,51
MÉDIA	47,24						
VARIÂNCIA	304,77						
DESVIO PADRÃO	17,46						

FAIXA 02				MÉDIA	VARIAÇÃO	AO QUADRADO	RAIZ
SEÇÕES	DEFLEXÕES		MÉDIAS				
	TRI	TRE					
2	12	11	11,5	50,91	-39,41	1552,94	39,41
6	65	65	65	59,91	5,09	25,91	5,09
8	79	78	78,5	59,91	18,59	345,59	18,59
10	45	45	45	59,91	-14,91	222,31	14,91
12	75	74	74,5	59,91	14,59	212,87	14,59
16	86	80	83	59,91	23,09	533,15	23,09
18	45	51	48	59,91	-11,91	141,85	11,91
20	45	63	54	59,91	-5,91	34,93	5,91
22	30	28	29	59,91	-30,91	955,43	30,91
28	34	64	49	59,91	-10,91	119,03	10,91
32	38	40	39	59,91	-20,91	437,23	20,91
38	95	92	93,5	59,91	33,59	1128,29	33,59
40	55	58	56,5	59,91	-3,41	11,63	3,41
42	44	45	44,5	59,91	-15,41	237,47	15,41
44	60	54	57	59,91	-2,91	8,47	2,91
48	36	38	37	59,91	-22,91	524,87	22,91
68	12	16	14	59,91	-45,91	2107,73	45,91
76	45	41	43	59,91	-16,91	285,95	16,91
78	34	31	32,5	59,91	-27,41	751,31	27,41
80	38	40	39	59,91	-20,91	437,23	20,91
82	11	10	10,5	59,91	-49,41	2441,35	49,41
84	45	46	45,5	59,91	-14,41	207,65	14,41
88	97	55	76	59,91	16,09	258,89	16,09
92	135	55	95	59,91	35,09	1231,31	35,09
96	65	63	64	59,91	4,09	16,73	4,09
98	70	68	69	59,91	9,09	82,63	9,09
100	22	20	21	59,91	-38,91	1513,99	38,91
						SOMATÓRIO	552,69
						MÉDIA DAS VARIÂNCIAS	20,47
MÉDIA	50,91						
VARIÂNCIA	554,96						
DESVIO PADRÃO	23,56						

