



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RODRIGO ROCHA LIMA

**AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS PELOS MÉTODOS
DO IGG E LVC - ESTUDO DE CASO NA AVENIDA SANTOS DUMONT E VIA
EXPRESSA**

SÃO LUÍS
2017

RODRIGO ROCHA LIMA

**AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS PELOS MÉTODOS
DO IGG E LVC - ESTUDO DE CASO NA AVENIDA SANTOS DUMONT E VIA
EXPRESSA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª Maria Teresinha de Medeiros Coelho.

SÃO LUÍS

2017

Lima, Rodrigo Rocha.

Avaliação da superfície de pavimentos flexíveis pelos métodos do IGG e LVC – estudo de caso na Avenida Santos Dumont e via expressa / Rodrigo Rocha Lima. – São Luís, 2017.

92 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Maria Teresinha de Medeiros Coelho.

1. Pavimentos flexíveis. 2. Avaliação superficial. 3. Métodos. I.
Título.

CDU 625.8(812.1)

RODRIGO ROCHA LIMA

**AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS PELOS MÉTODOS
DO IGG E LVC - ESTUDO DE CASO NA AVENIDA SANTOS DUMONT E VIA
EXPRESSA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 28 / 06 / 2017

BANCA EXAMINADORA



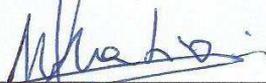
Profª. Drª. Maria Teresinha de Medeiros Coelho (Orientadora)

Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dr. Walter Canales Sant' Ana

Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dr. Milson Silva Monteiro

Universidade Estadual do Maranhão

São Luís

2017

Aos meus pais e amigos que sempre acreditaram em mim, e me apoiaram em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que até aqui tem me ajudado, desde a escolha do curso e em todos os momentos, mesmo nos mais simples esteve presente me direcionando para o caminho certo.

Aos meus pais, Francisco Tadeu Melo Lima e Raimunda Nonata da Rocha Lima pelo apoio, dedicação e amor incondicional. Aos meus irmãos, assim como todos os familiares que me apoiaram, incentivaram de alguma maneira ao longo de minha jornada de estudos.

Queria deixar aqui um agradecimento especial a minha namorada, Thamara Chaves Costa, que esteve sempre presente compartilhando os momentos de júbilo e de dificuldade, me apoiando e incentivando.

Agradeço a minha orientadora, Professora Dr^a Maria Teresinha de Medeiros Coelho, por sempre me auxiliar, tirando minhas dúvidas e me direcionando ao longo deste trabalho, me ensinando e oferecendo todo suporte necessário.

Aos meus amigos: Miquéias Bruno, Pedro Henrique, Matheus Victor, José Pedro, que me auxiliaram na execução dos levantamentos em campo deste trabalho. Agradeço também a todos os meus amigos e colegas de turma pelo companheirismo, ajuda e amizade, no decorrer do curso.

A esta Universidade, seu corpo docente, aos funcionários e a toda estrutura oferecida ao longo do período de formação acadêmica.

E a todos que fizeram parte da minha formação direta ou indiretamente, o meu muito obrigado.

“Eis a voz que clama: Preparai no deserto
o caminho do Senhor; endireitai no ermo
uma estrada para o nosso Deus”

Isaías:40.3

RESUMO

A avaliação da condição superficial de pavimentos flexíveis através da análise dos tipos de defeitos é fundamental para a elaboração de projetos de conservação, recuperação ou até mesmo restauração das vias, de modo a garantir que os recursos financeiros empregados em serviços de manutenção de pavimentos sejam utilizados de forma mais objetiva. O presente estudo avalia as condições da superfície de pavimentos flexíveis utilizando os métodos: Levantamento Visual Contínuo (LVC) e Método do Índice de Gravidade Global (IGG), tendo como estudos de caso a Avenida Santos Dumont e a Via Expressa. Para a Av. Santos Dumont obteve-se o conceito de degradação Ruim, pelo método do IGG, e Regular, pelo método do LVC. Já para Via Expressa o conceito de degradação foi Bom, pelo IGG e Ótimo pelo LVC. De acordo com os resultados obtidos conclui-se que para a Av. Santos Dumont deve haver intervenção de restauração em grande parte e de recuperação em trechos localizados do pavimento asfáltico. Para a Via Expressa, conclui-se que se faz necessária recuperação em apenas alguns pontos localizados do pavimento. Apesar das considerações feitas para a aplicação das metodologias em vias urbanas, constatou-se que os métodos são adequados à avaliação da condição superficial de pavimentos urbanos. Verificou-se ainda que o IGG mostrou-se mais completo, devido sua forma de avaliação, dos defeitos considerados e da sistemática de cálculo utilizada.

Palavras-Chaves: pavimentos flexíveis; defeitos; avaliação.

ABSTRACT

The evaluation of the surface condition of flexible pavements through the analysis of defect types is fundamental for the design of conservation projects, recovery or even restoration of roads, in order to ensure that the financial resources used in pavement maintenance services are used more objectively. The present study evaluates the conditions of the surface of flexible pavements using the methods: Continuous Visual Survey (CVS) and Global Severity Index Method (GSI), with Santos Dumont Avenue and Via Expressa as case studies. For Av. Santos Dumont, the concept of Bad degradation was obtained by the GSI method and Regular by the CVS method. Already for Via Expressa the concept of degradation was good, by GSI and Great by CVS. According to the results obtained, it is concluded that for Santos Dumont Av. There must be restoration intervention in large part and recovery in localized stretches of asphalt pavement. For the Via Expressa, it is concluded that it is necessary to recover at only a few points located on the pavement. Despite the considerations made for the application of the methodologies in urban ways, it was concluded that the methods are adequate to the evaluation of the surface condition of urban pavements. It was also verified that the GSI showed to be more complete, due to its form of evaluation, the defects considered and the systematic of calculation used.

Keywords: Flexible Pavement; Pathologies; Evaluation.

LISTA DE SIGLAS

AASHTO - American Association State Highway and Transportation Officials;

AC - Afundamento de Consolidação;

ALC - Afundamento de Consolidação Local;

ALP - Afundamento Plástico Local;

AP - Afundamento Plástico;

ATC - Afundamento de Consolidação de Trilha de Roda;

ATP - Afundamento Plástico de Trilha de Roda;

Av. - Avenida;

CEM - Clube de Engenharia do Maranhão;

CNT - Confederação Nacional de Transporte;

CREA/MA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Maranhão;

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte;

Fa - Frequência Absoluta;

Fp - Fator de ponderação;

Fr - Frequência Relativa;

ICPF - Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis;

IES - Índice do Estado de Superfície do Pavimento;

IGG - Índice de Gravidade Global;

IGGE - Índice de Gravidade Global Expedito;

IGI - Índice de Gravidade Individual;

LVC - levantamento Visual Contínuo;

N - Número de estações inventariadas;

O - Ondulação/Corrugação;

OAE - Obras de Arte Especial

P - Panela;

R - Remendo;

SENGE/MA - Sindicato dos Engenheiros do Estado Maranhão;

TB - Trinca tipo Bloco

TBE - Trinca em bloco com erosão nas bordas;

TLC - Trinca Longitudinal Curta;

TLL - Trinca Longitudinal Longa;

TRR - Trinca de Retração;

TTC - Trinca transversal Curta;

TTL - Trinca transversal Longa;

VSA - Valor da Serventia Atual.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pavimento rígido de concreto	22
Figura 2 - Pavimento flexível	23
Figura 3- Trinca isolada - transversal longa (TTL).....	26
Figura 4 - Trinca isolada - longitudinal curta (TLC)	26
Figura 5 - Trinca interligada- tipo jacaré (JE)	27
Figura 6 - Trinca interligada- tipo bloco (TBE).....	28
Figura 7 - Trinca de retração (TRR)	28
Figura 8 - Afundamento plástico em trilha de roda (ATP)	29
Figura 9 - Afundamento por consolidação em trilha de roda (ATC)	30
Figura 10 - Corrugação (O)	31
Figura 11 - Escorregamento do revestimento (E).....	32
Figura 12 - Escorregamento de massa (E).....	32
Figura 13 - Detalhe de exsudação (EX)	33
Figura 14 - Desgaste (D).....	34
Figura 15 - Panela/buraco (P)	35
Figura 16 - Remendo mal executado (R)	36
Figura 17 - Remendo bem executado (R)	36
Figura 18 – Localização da Via Expressa	44
Figura 19 – Localização da Av. Santos Dumont.....	44
Figura 20 - Formulário de Inventário do estado da superfície do pavimento.....	45
Figura 21 - Quadro Resumo dos defeitos, codificação e classificação	46
Figura 22 - Treliça para medição das flechas da trilha de roda.....	47

Figura 23 - Exemplo de demarcação para pista simples.....	48
Figura 24 - Exemplo de demarcação para pista dupla	48
Figura 25 - Formulário para levantamento visual contínuo	52
Figura 26 – Ponto inicial das demarcações na Av. Santos Dumont.....	55
Figura 27 - Exemplo de estação demarcada na Av. Santos Dumont.....	56
Figura 28 - Medição da flecha na trilha de roda com treliça metálica.....	56
Figura 29 - Trincas tipo jacaré (JE) na estaca 24 e desgaste na estaca 86.....	57
Figura 30 – Ocorrência de Panela na estaca 54 e 56	57
Figura 31 - Ponto final do trecho em estudo na Av. Santos Dumont.....	58
Figura 32 - Modelo de demarcação para Via Expressa	59
Figura 33 - Ponto inicial das demarcações na Via Expressa	59
Figura 34 - Demarcação das estações de trabalho na Via Expressa.....	59
Figura 35 - Procedimento de Estaqueamento na Via Expressa.....	60
Figura 36 - Presença de obra de arte especial na Via Expressa.....	60
Figura 37 - Ocorrência de Panela próxima à 1ª ponte na Via Expressa	61
Figura 38 - Ocorrência de Remendos próxima à 2ª ponte na Via Expressa	61
Figura 39 - Ocorrência de trincas próxima à 3ª ponte na Via Expressa	61
Figura 40 - Ponto final das demarcações na Via Expressa.....	62
Figura 41 - Ponto inicial para o levantamento na Av. Santos Dumont	63
Figura 42 - Ponto final do levantamento na Av. Santos Dumont.....	63
Figura 43 - Km 0 da Via Expressa.....	64
Figura 44 - Velocidade de operação do veículo	64
Figura 45 - Comparação dos resultados do IGG e LVC para Av. Santos Dumont	72
Figura 46 - Comparação dos resultados do IGG e LVC para Via Expressa.....	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Condição do pavimento em função do IGG para Av. Santos Dumont.....	66
Gráfico 2 - Condição do pavimento em função do IGG para Av. Santos Dumont....	66
Gráfico 3 - Condição do pavimento em função do IGG para Via Expressa.....	68
Gráfico 4 - Condição do pavimento em função do IGG para Via Expressa.....	68
Gráfico 5 - Resultados do LVC para Av. Santos Dumont.....	70
Gráfico 6 - Resultado do LVC para Via Expressa	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nível de Serventia	41
Tabela 2 - Fator de Ponderação.....	50
Tabela 3 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG	51
Tabela 4 - Frequência de defeitos.....	52
Tabela 5 - Conceitos do IPCF	53
Tabela 6 - Determinação do Índice de Gravidade	54
Tabela 7 - Pesos para cálculo	54
Tabela 8 - Índice do Estado da Superfície do pavimento	55
Tabela 9 – Condição do pavimento em função do IGG para Av. Santos Dumont.....	65
Tabela 10 - Condição do pavimento em função do IGG para Via Expressa	67
Tabela 11 - Resultado do LVC para Av. Santos Dumont	69
Tabela 12 - Resultado do LVC para Av. Santos Dumont	70
Tabela 13 - Resultado do LVC para Via Expressa	71
Tabela 14 - Resultado do LVC para Via Expressa	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Justificativa	19
1.2 Objetivos	20
1.2.1 Objetivo Geral	20
1.2.2 Objetivos Específicos	20
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	21
2.1 Conceito de Pavimento	21
2.2 Pavimentos flexíveis	23
2.3 Defeitos em pavimentos asfálticos	24
2.3.1 Fendas	25
2.3.2 Afundamentos	29
2.3.3 Ondulação ou Corrugação	30
2.3.4 Escorregamento	31
2.3.5 Exsudação	32
2.3.6 Desgaste	33
2.3.7 Panela ou buraco	34
2.3.8 Remendo	35
2.4 Conservação de Pavimentos Asfálticos	37
2.5 Avaliação de Pavimentos Flexíveis	39
2.5.1 Avaliação Estrutural	40
2.5.2 Avaliação Funcional	40
2.5.3 Conceito de Serventia	41
2.5.4 Irregularidade de Superfície	42
3 MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1 Trechos de Estudo	43
3.2 Métodos de Avaliação dos Pavimentos	45
3.2.1 Método do índice de Gravidade Global - IGG	45
3.2.2 Levantamento Visual Contínuo - LVC	51
3.3 Aplicação do método IGG na Avenida Santos Dumont	55
3.4 Aplicação do método IGG na Via Expressa	58

3.5 Aplicação do método LVC na Av. Santos Dumont.....	62
3.6 Aplicação do método LVC na Via Expressa	63
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.1 Resultados do método IGG na Avenida Santos Dumont	65
4.2 Resultados do método IGG na Via Expressa	67
4.3 Resultados do método LVC na Avenida Santos Dumont.....	69
4.4 Resultados do método LVC na Via Expressa.....	70
4.5 Análise crítica das metodologias abordadas.....	73
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICES	79

1 INTRODUÇÃO

Para uma boa definição da qualidade de uma via, deve-se ter em mente além do conceito de conforto e segurança, é necessário também se ter eficiência econômica, tema que vem ganhando espaço cada vez mais no Brasil, pois o transporte rodoviário tem grande importância para o desenvolvimento socioeconômico de uma região, garantindo a mobilidade de mercadorias e de pessoas que precisam desse meio de transporte.

No entanto os defeitos encontrados nos pavimentos somados a ausência de manutenção influenciam diretamente na qualidade da via, no seu conforto e segurança, podendo acarretar sérios prejuízos econômicos.

Para a conservação e construção de novos pavimentos é necessária a movimentação de investimentos cada vez maiores. Além disso, existe também a degradação do pavimento relacionado com o crescimento abrupto do tráfego, verificado nos últimos anos.

De acordo com dados da Confederação Nacional de Transporte - CNT, (2016), em média, a cada ano a malha rodoviária cresce aproximadamente 1,5 %.

Este aumento no tráfego contribui para o aparecimento de diversos defeitos no pavimento. Vale ressaltar que o pavimento é a base do sistema rodoviário e por isso, requer uma atenção especial para o que diz respeito ao seu uso e manutenção.

Por isso faz-se necessário realizar avaliações dos pavimentos tanto de maneira objetiva, como também subjetiva dos defeitos que apresentam no decorrer da vida útil.

Existem vários tipos de defeitos nos pavimentos, que podem estar relacionados a inúmeros fatores. A utilização de métodos avaliativos para determinação das condições dos pavimentos tem como principal objetivo obter melhores retornos dos investimentos para essa modalidade de infraestrutura.

Existem diversos métodos de avaliação de pavimento: os funcionais que visam à caracterização da superfície do pavimento, seu estado de depreciação, considerando o levantamento de degradação superficial. Os estruturais, que tem

como objetivo avaliar os danos ligados a capacidade de carga da estrutura do pavimento, frente às solicitações impostas pelo tráfego e pelo clima. Nesse trabalho utiliza-se a avaliação funcional, onde contempla metodologias distintas, dentre elas o Método do Índice de Gravidade Global (IGG) e o Levantamento Visual Contínuo (LVC).

Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizadas pesquisas bibliográficas e estudos de caso. A pesquisa bibliográfica baseou-se em publicações científicas da área de pavimentação asfáltica e normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes DNIT.

Para os estudos de caso foram escolhidas duas vias urbanas, a Avenida Santos Dumont, que passou por uma reconstrução sendo reinaugurada em setembro de 2010 e a Via expressa que foi inaugurada em setembro de 2012. Essas vias apresentam características diferentes e foram selecionadas para aplicação das metodologias, pois representam duas vias de grande importância para mobilidade urbana da cidade. Em seguida, aplicou-se os métodos de acordo com as especificações das normas, DNIT 006/2003 - PRO- Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento e DNIT 008/2003 - PRO- Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos Procedimento.

Este trabalho de conclusão de curso estrutura-se em cinco capítulos, apresentando-se no primeiro a introdução com a justificativa e os objetivos. No segundo capítulo encontra-se o referencial teórico detalhando os defeitos que ocorrem nos pavimentos, que surgem com maior frequência e que afetam mais a segurança viária.

O terceiro capítulo apresenta o estudo de caso, com as definições de todos os métodos, materiais utilizados e localização da realização dos procedimentos e aplicação dos métodos. No capítulo quarto é apresentado o resultado da pesquisa com todas as análises realizadas. Por fim, o quinto capítulo apresenta as considerações finais.

1.1 Justificativa

A análise da condição superficial de um pavimento flexível é muito importante para a determinação de seu real estado de conservação e medidas de reabilitação dos pavimentos.

Segundo Bernucci et al. (2010), para a identificação das alternativas de restauração é fundamental a análise da condição do pavimento existente, através de avaliações superficiais por meio de levantamento e posteriormente análise dos defeitos de superfície.

Com a determinação das possíveis causas de defeitos é possível se estabelecer medidas de prevenção para o pavimento, que tem impactos diretos na elaboração de projetos de manutenção e conservação de pavimentos, proporcionando a aplicação dos recursos financeiros de forma mais objetiva (DNIT, 2006).

No tocante à avaliação objetiva, Bernucci et al. (2010) afirma que para o levantamento das condições de superfície de um pavimento asfáltico é fundamental que seja feita a análise de seus defeitos e causas, atribuindo indicadores numéricos que venham classificar seu estado geral.

De acordo com BALBO (2007), quando se proporciona melhores condições de rolamento a uma via, o resultado é uma redução significativa nos custos operacionais de manutenção, pois esses custos estão diretamente relacionados às condições superficiais dos pavimentos.

Além disso, com melhores qualidades nas vias urbanas, tem-se um retorno econômico maior para a sociedade em geral, pois a regularidade da via melhora a trafegabilidade dos usuários, gerando a diminuição no tempo de viagem (BALBO, 2007).

Pode se entender que a ausência de manutenção e reabilitação dos pavimentos urbanos acarreta danos no pavimento e trás transtornos e desconforto às vias urbanas, além de prejuízos econômicos.

Nesse contexto, o setor de pavimentação, sendo gerenciado pela administração pública tem como responsabilidades garantir, o zelo e a boa utilização e manutenção do pavimento, levando em conta o grande valor econômico que tem a construção, manutenção dos pavimentos e a sua grande importância à população.

A determinação da condição de superfície do pavimento das vias urbanas é fundamental para a elaboração de projetos adequados de medidas de conservação ou mesmo de recuperação das vias (DENIT, 2006).

Por isso, é fundamental a avaliação de superfície de pavimentos por meio da identificação dos defeitos presentes na superfície dos pavimentos para determinar a condição de degradação do pavimento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar as condições de superfície de pavimentos flexíveis utilizando os métodos: Levantamento Visual Contínuo (LVC) e Método do Índice de Gravidade Global (IGG), tendo como estudo de caso a Avenida Santos Dumont e a Via Expressa.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Aplicar os métodos de avaliação superficial IGG e LVC nos trechos delimitados como estudo de caso;
- Identificar os principais defeitos ocorridos nesses trechos;
- Analisar e comparar os resultados obtidos nos dois métodos aplicados para os dois trechos estudados.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Conceito de Pavimento

Para Pinto e Preussler (2002), o pavimento pode ser definido do ponto de vista do usuário e do engenheiro civil.

Na perspectiva do usuário o pavimento é uma superfície capaz de suportar o tráfego em condições de conforto e segurança.

Enquanto o engenheiro civil define o pavimento de uma maneira mais técnica:

O pavimento é uma estrutura constituída por uma ou mais camadas, com características para receber as cargas aplicadas na superfície e distribuí-las, de modo que as tensões resultantes fiquem abaixo das tensões admissíveis dos materiais que constituem a estrutura (PINTO e PREUSSLER, 2002, p. 11).

Pode se dizer que os pavimentos são projetados e construídos de modo a garantir conforto, segurança e confiabilidade para seus usuários. Para isso deve ser capaz de resistir aos esforços que lhes são aplicados, sem perdas significativas de suas propriedades.

Segundo Balbo (2007), o pavimento é uma estrutura de várias camadas que se sobrepõem uma nas outras de diferentes materiais compactados, com o objetivo de resistir estruturalmente às cargas do tráfego de maneira eficiente e durável.

Dessa forma, entende-se que o pavimento é projetado para exercer funções específicas de forma eficiente, proporcionando conforto e segurança aos seus usuários.

Não é exagero afirmar que o pavimento, além de garantir todas as características funcionais e estruturais também deve ser economicamente viável.

Para Bernucci et al. (2010, p.09) pavimento é:

[...] uma estrutura de múltiplas camadas de espessura finitas, construída sobre a superfície final de terraplanagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, conforto, economia e segurança.

De acordo com Pinto e Preussler (2002), os pavimentos são classificados em rígido, semirrígidos e flexíveis:

- Rígido: Aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores, absorvendo assim grande parte dos esforços gerados pelo carregamento aplicado. Como por exemplo, mais comum: pavimento construído por lajes de concreto (PINTO e PREUSSLER, 2002). A Figura 1 apresenta um exemplo de pavimento em concreto.

Figura 1 - Pavimento rígido de concreto



Fonte: www.paulifresa.com.br

- Semirrígidos: são pavimentos com revestimento asfáltico, caracterizados por apresentarem em sua base ou sub-base materiais cimentada quimicamente (PINTO e PREUSSLER, 2002).
- Flexível: aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa, ou seja, a carga se distribui aproximadamente de forma igual em todas as camadas (PINTO e PREUSSLER, 2002). A Figura 2 apresenta um exemplo de pavimento asfáltico.

Figura 2 - Pavimento flexível



Fonte: <http://comtechengenharia.com>

O tipo de pavimento, objeto de estudo deste trabalho é o flexível. Dessa forma será mais detalhado a seguir.

2.2 Pavimentos flexíveis

Pavimentos flexíveis são aqueles em que todas as camadas sofrem deformação devido a um carregamento aplicado sobre a estrutura.

De acordo com Senço (1929, p.23), pavimentos flexíveis:

São aqueles em que as deformações, até um certo limite, não levam ao rompimento. São dimensionados normalmente a compressão e atração na flexão, provocado pelo aparecimento das bacias de deformação sob as rodas dos veículos, que levam a estrutura a deformações permanentes, e ao rompimento por fadiga.

Segundo Balbo (2007), em relação aos materiais que constituem a base do pavimento, se for de material flexível, matérias granulares, tais como: britas, graduadas, macadames hidráulicos, solo brita entre outros, a resposta mecânica será flexível.

O termo flexível refere-se às respostas estruturais dos materiais que compõem o pavimento como um todo, quando este é submetido a ações externas (PINTO e PREUSSLER, 2002).

Para Bernucci et al. (2010, p.337),

Os pavimentos flexíveis, em geral associados aos pavimentos asfálticos, são compostos por camada superficial asfáltica (revestimento), apoiada sobre camada de base, de sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes.

Conforme explicado pelos autores, os principais materiais utilizados para este tipo de pavimento são agregados graúdos, miúdo e material asfáltico.

2.3 Defeitos em pavimentos asfálticos

Os pavimentos, assim como uma edificação não são construídos com o objetivo de durarem para sempre, mas assim por um período de tempo determinado.

Segundo o DNIT, (2006), o pavimento tem sua previsão de duração definida, ou seja, são projetados para durarem apenas um período determinado. Esse período, também conhecido como “ciclo de vida”, os pavimentos começam com uma condição boa até chegarem a um estado ruim. A essa diminuição da condição do pavimento ao longo do tempo dá-se o nome de deterioração do pavimento.

Sendo assim, entende-se que os pavimentos asfálticos sofrem deterioração ao longo de sua via útil, que podem estar relacionadas a vários fatores.

Segundo Bernucci et al. (2010, p.414), “Os defeitos de superfície podem aparecer precocemente (devido a erros ou inadequações), a médio ou a longo prazo (devido à utilização pelo tráfego e efeitos das intempéries)”.

Ao se abordar cada defeito que ocorre nos pavimentos flexíveis, faz-se necessário a definição e classificação dos mesmos. Em relação os defeitos em pavimentos flexíveis, a NORMA DNIT 005/2003 – TER defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos, afirma que os defeitos podem ser classificados em:

- Trincas e Fissuras (fendas);
- Afundamentos;
- Ondulação ou Corrugação;
- Escorregamento;
- Exsudação;

- Desgaste;
- Panela ou Buraco;
- Remendos.

A norma DNIT 005/2003 – TER define os defeitos de superfície, as deformações permanentes e a irregularidade funcional que estão relacionadas às camadas inferiores.

O objetivo do Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT é mostrar e discutir os elementos técnicos necessários para a análise e quantificação das irregularidades e defeitos nos pavimentos.

Os defeitos encontrados nos pavimentos flexíveis podem ser correlacionados a possíveis causas, tais como: inadequações no projeto, na execução do pavimento ou devido a ações do tráfego e do clima que o pavimento está submetido. A seguir estão definidos e detalhados alguns defeitos, de acordo com a norma DNIT - 005/2003 -TER, (2003) e Fernandes Jr. et al. (2003).

2.3.1 Fendas

É um defeito que está relacionado com o aparecimento de aberturas na superfície asfáltica. As fendas podem ser classificadas como *fissuras* se a abertura for perceptível a olho nu a uma distância limite de 1,5 m da superfície e como trincas quando sua abertura superar à da fissura. A fenda tem suas subdivisões e classificações dependendo do seu tipo e da sua gravidade (BERNUCCI et al., 2010 e DNIT, 2003).

a) *trincas isoladas transversais*- dentro da classificação das trincas isoladas encontram-se as *trincas transversais* que se apresenta predominantemente ao longo do eixo na direção ortogonal em relação ao eixo da via. Podem ter sua origem devido ao resultado de contrações térmicas do revestimento e infiltrações de água nas camadas subjacentes. Quando apresenta comprimento de até 100 cm, é classificada como *trinca transversal curta* (TTC). Quando apresentar comprimento superior a 100 cm denomina-se *trinca transversal longa* (TLL). A Figura 3 retrata esse tipo de defeito.

Figura 3- Trinca isolada - transversal longa (TTL)

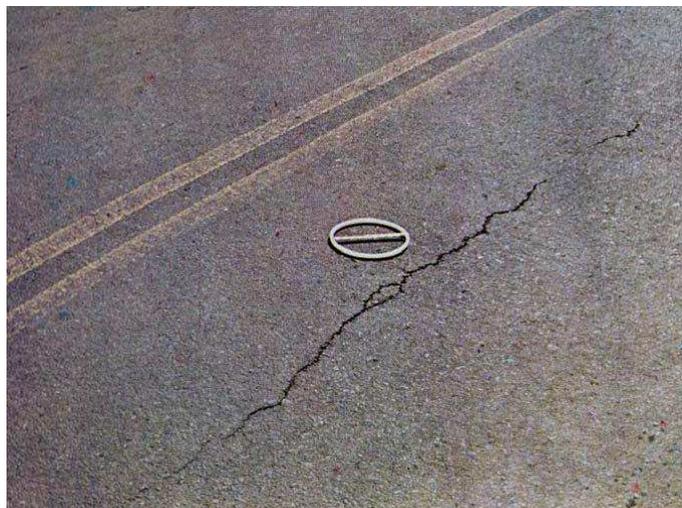


Fonte: DNIT (2003).

Para a realização da medição desse tipo de defeito, são levantados dados quantitativos do número de ocorrências e extensão em metros das trincas.

b) As *trincas isoladas longitudinais* surgem na direção paralela ao eixo da via. Com sua localização bem definida, pode apresentar-se dentro ou fora das trilhas de roda. Quando apresenta comprimento de até 100 cm, é classificada como *trinca longitudinal curta*. Quando apresentar comprimento superior a 100 cm denomina-se *trinca longitudinal longa*. A presença desse defeito pode provocar problemas nas camadas inferiores do pavimento, acelerando assim a deterioração do mesmo, devido à infiltração de água através das trincas na camada superficial do pavimento. A Figura 4 apresenta esse tipo de defeito.

Figura 4 - Trinca isolada - longitudinal curta (TLC)



Fonte: DNIT (2003).

A medição das trincas longitudinais deve ser feita de forma quantitativa levando-se em conta a sua extensão em metros.

c) *Trinca tipo “Couro de Jacaré”* (J) é conjunto de trincas interligadas apresentando-se como pequenos blocos irregulares conectados, com a forma semelhante ao couro de jacaré. Geralmente com espaçamento inferior a 0,3 m. As trincas interligadas tipo couro de jacaré (JE) apresentam erosão junto às bordas. A Figura 5 apresenta esse tipo de defeito.

Figura 5 - Trinca interligada- tipo jacaré (JE)



Fonte: Bernucci et al. (2010).

Esse defeito pode ocorrer devido á fadiga provocada por esforço repetitivo aplicado ao pavimento, ou quando o pavimento é submetido a cargas maiores que as cargas de projeto (BERNUCCI et al., 2010).

d) As *Trincas tipo “Bloco”* (TB) são formas por um conjunto de trincas interligas em formatos aproximadamente retangulares com lados bem definidos, podendo ou não apresentar erosão acentuada nas bordas (TBE). A Figura 6 mostra um exemplo desse tipo de defeito.

Figura 6 - Trinca interligada- tipo bloco (TBE)



Fonte: DNIT (2003).

Esse tipo de defeito pode ser causado por da variação do teor de umidade nas camadas inferiores ou pode ser de origem térmica nas camadas superficiais do pavimento (BERNUCCI et al., 2010).

e) *Trinca isolada de retração* (TRR) - Trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado (DNIT, 2003), conforme mostra a Figura 7.

Figura 7 - Trinca de retração (TRR)



Fonte: Bernucci et al. (2010).

As trincas por envelhecimento ocorrem quando o ligante betuminoso perde alguns de seus elementos e torna-se cada vez mais suscetível a rompimento,

deixando assim de suportar as deformações oriundas das mudanças de temperaturas que ocorrem ao longo do dia (DNIT, 2006).

As trincas por reflexão são provocadas devido às tensões nas proximidades das trincas existentes, diminuindo assim a vida de fadiga do revestimento (DNIT, 2006).

2.3.2 Afundamentos

Os afundamentos ou deformação permanentes são caracterizados pela depressão na superfície do pavimento, com ou sem a presença de solevantes (DNIT, 2003).

Segundo Bernucci et al. (2010), os afundamentos podem ocorrer na superfície do revestimento asfáltico ou de suas camadas subjacentes, incluindo o subleito. Podem ser classificados como: afundamento por consolidação (AC), quando sua extensão não passa de 6m, sendo localizado (ALC); ou longitudinal nas trilhas de roda (ALC), quando excede 6m de extensão; ou afundamento plástico (AP). O afundamento plástico pode ocorrer de maneira localizada (ALP) ou longitudinal nas trilhas de roda (ATP).

a) *Afundamento Plástico* é causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento. Para extensões de até 6 m denomina-se afundamento plástico local- ALP; Para extensões superiores a 6 m e quando estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda - ATP (DNIT, 2003). A Figura 8 apresenta esse defeito.

Figura 8 - Afundamento plástico em trilha de roda (ATP)



Fonte: Bernucci et al. (2010).

Esse tipo de defeito pode ser causado por falhas no processo de dosagem das misturas asfáltica como, por exemplo, excesso de ligante, erro no dimensionamento do revestimento para cargas de solicitação (BERNUCCI *et al.*,2010).

b) *Afundamento de Consolidação (AC)* é provocado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito com ausência de sollevamento Para extensões de até 6 m denomina-se afundamento de consolidação local - ALC; Para extensões superiores a 6 m e quando estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento consolidação da trilha de roda - ATC (DNIT, 2003) a Figura 9 apresenta esse tipo de defeito.

Figura 9 - Afundamento por consolidação em trilha de roda (ATC)



Fonte: DNIT (2003).

O afundamento por consolidação em geral tem por causas, o aumento do volume, ou ruptura por cisalhamento de camadas inferiores ao revestimento. Pode ocorrer o deslocamento da camada de asfáltica em relação ao agregado. Geralmente, tem-se o desenvolvimento de trincas no interior das trilhas de roda ao em suas bordas, como se observa na Figura 09. (BERNUCCI *et al.*,2010).

2.3.3 Ondulação ou Corrugação

É uma deformação que se caracteriza pelas ondulações ou corrugações transversais de caráter plástico e permanente na superfície do pavimento. Pode ter suas causas por instabilidade na mistura asfáltica da camada de revestimento; muita

umidade nas camadas inferiores; materiais estranhos presentes na mistura asfáltica; retenção de água na mistura asfáltica. Geralmente a ocorrência desse defeito é notada em locais de intensas frenagens e aceleração, tem seu agravamento nas trilhas de roda em especial. (DNIT, 2006 e DNIT, 2003). A Figura 10 apresenta esse tipo de defeito.

Figura 10 - Corrugação (O)



Fonte: DNIT 2003 (2003).

As ondulações e corrugações são classificadas segundo a norma brasileira com a mesma nomenclatura, ainda que sejam decorrentes de fenômenos diferentes (BERNUCCI *et al.*, 2010).

2.3.4 Escorregamento

O escorregamento é resultado de fluência do revestimento asfáltico, é o deslocamento do revestimento em relação às camadas inferiores do pavimento devido aos esforços tangenciais provenientes do tráfego de veículos (frenagem e aceleração) que produzem uma ondulação curta e abrupta na superfície do pavimento em forma de meia lua. O escorregamento pode ser causado por deficiências na imprimação ou pintura de ligação, falta de compactação nas misturas asfálticas ou fluência plástica do revestimento (DNIT, 2006; DNIT, 2003). As Figuras 11 e 12 apresentam esse tipo de defeito.

Figura 11 - Escorregamento do revestimento (E)



Fonte: Bernucci et al. (2010).

A Figura 11 mostra o escorregamento do revestimento asfáltico ocasionado por falhas construtivas, enquanto na Figura 12 é mostrado o escorregamento de massa asfáltica por fluência decorrente de excesso de ligante (BERNUCCI *et al.*,2010).

Figura 12 - Escorregamento de massa (E)



Fonte: DNIT (2003).

O escorregamento pode ser encontrado com frequência em locais de aceleração e desaceleração, como: curvas, com pequenos raios e próximo à parada de ônibus (DNIT, 2006).

2.3.5 Exsudação

Provocado por excesso de material betuminoso na superfície do pavimento, caracterizando-se por manchas escurecidas de varias dimensões que comprometem seriamente a aderência do revestimento, principalmente em dias chuvosos. A exsudação pode ocorrer por duas razões: dosagem inadequada da mistura asfáltica

que pode refletir em teor excessivo do ligante e/ou índice de vazios muito baixo; temperatura do ligante muito acima da especificada no momento da mistura, provocando a dilatação do asfalto e a ocupação irreversível dos vazios entre as partículas (DNIT, 2006; DNIT, 2003) a Figura 13 apresenta esse tipo de defeito.

Figura 13 - Detalhe de exsudação (EX)



Fonte: Bernucci et al. (2010).

Devido à ação do tráfego e a ocorrência de temperaturas elevadas, ocorre uma expansão no cimento asfáltico que passa a preencher os vazios não preenchidos. Com isso tem-se a migração do ligante para a superfície do revestimento. A exsudação é mais comumente encontrada nas trilhas de rodas, pois com a passagem das cargas nas trilhas de rodas a uma diminuição do volume de vazios da mistura asfáltica naquele ponto, aumentando assim a ocorrência do defeito (DNIT, 2006).

2.3.6 Desgaste

O desgaste é o resultado do arrancamento progressivo do agregado da superfície do pavimento ou perda da mástique junto aos agregados, provocando assim a aspereza na superfície do revestimento (DNIT, 2006; DNIT, 2003).

Segundo o DNIT (2006), o desgaste pode ocorrer pelos seguintes motivos:

- Redução da ligação existente entre o agregado e o ligante devido à oxidação do ligante e pela ação combinada do tráfego e dos agentes intempéricos;
- Perda de coesão entre agregado e ligante devido á presença de poeira ou sujeira no momento da construção;

- Execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis;
- Presença de água no interior do revestimento que originam sobrepressões hidrostáticas capazes de provocar o descolamento da película betuminosa;
- Deficiência localizada de ligante asfáltico nos serviços por penetração decorrentes de entupimento dos bicos ou má regulagem da barra espargidora.

O desgaste pode ocorrer em toda área da superfície do pavimento. A Figura 14 apresenta esse tipo de defeito.

Figura 14 - Desgaste (D)



Fonte: DNIT (2003).

O desgaste é um defeito de superfície porque tem sua origem e desenvolvimento na camada do revestimento, mas não implica que os demais componentes da estrutura do pavimento não tenham influência no seu desenvolvimento (DNIT, 2006).

2.3.7 Painela ou buraco

As painelas ou buracos são cavidades na superfície do revestimento, com diferentes dimensões, que podem progredir para camadas inferiores do pavimento, comprometendo estruturalmente o pavimento, pois permitem assim a penetração da água superficial para o interior das camadas por isso é considerado um defeito muito grave. Além disso, do ponto de vista funcional provoca desconforto e compromete a segurança dos usuários e o custo do transporte. As principais causas desse defeito podem estar relacionadas à trincamento por fadiga ou desintegração localizada na

superfície do pavimento. (DNIT, 2006; DNIT, 2003). A Figura 15 apresenta esse tipo de defeito.

Figura 15 - Panela/buraco (P)



Fonte: DNIT 2003 (2003).

As panelas, comumente chamadas de buracos, é um defeito que pode atingir inicialmente a camada superficial do pavimento e posteriormente as camadas inferiores, como podemos observar na Figura 15, atingido a camada da base.

2.3.8 Remendo

Mesmo estando relacionado a uma conservação da superfície do pavimento, o remendo é caracterizado como um defeito devido ao incremento na irregularidade longitudinal da via gerado por ele provocando desconforto. O remendo é uma porção do revestimento onde o material original foi removido, devido à ocorrência de panela ou buraco, e substituído por outro material similar ou diferente (DNIT, 2006; DNIT, 2003; BERNUCCI *et al.*,2010).

Segundo o DNIT, (2003) o remendo pode ocorrer de duas maneiras:

a) *Remendo Profundo* é aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento, usualmente apresenta forma retangular.

b) *Remendo superficial* é a correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa. (Figura 16).

Figura 16 - Remendo mal executado (R)



Fonte: Bernucci et al. (2010).

Os remendos estão sujeitos, assim como o pavimento, as ações provenientes do tráfego e do clima, que inevitavelmente geram deterioração nos remendos, que se localizam em regiões isoladas do pavimento (DNIT, 2006).

Figura 17 - Remendo bem executado (R)



Fonte: Bernucci et al. (2010).

Na Figura 16, é representado um remendo mal executado, onde apenas a extensão da panela recebeu preenchimento com massa asfáltica, observa-se uma deterioração nas bordas do remendo resultado de uma falta de técnica na execução do reparo. Enquanto na Figura 17, é representado um remendo bem executado.

De acordo com Bernucci et al. (2010) existem outros defeitos, que não são levado em consideração pelo método do Índice de Gravidade Global (IGG), mas que

são importantes e devem ser levados em consideração para fins de análise e solução de restauração.

Para aplicação dos métodos do Índice de Gravidade Global - IGG e o Levantamento Visual Contínuo - LVC, estudados neste trabalho, será utilizado como referência normativa para classificação dos defeitos o DNIT 005/2003 – TER Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos.

2.4 Conservação de Pavimentos Asfálticos

A conservação da condição superficial de pavimentos tem o objetivo de reparar os defeitos gerados pela ação do tráfego, garantindo a segurança, conforto e economia aos usuários.

Segundo o Manual de Restauração de Pavimento Asfálticos do DNIT (2006, p. 29) a conservação de uma via é:

O conjunto de operações rotineiras, periódicas e de emergência desenvolvido com o objetivo de preservar as características técnicas e física-operacionais do sistema rodoviário e das instalações físicas, dentro dos padrões de serviço pré-estabelecidos e compatíveis com os preceitos de otimização técnico-econômico.

De acordo com esse manual, o processo de conservação deve ser continuado, de forma a alcançar assim o seu objetivo que é a preservação das condições da via. Esse é o motivo pelo qual é importante frisar esse ponto, uma vez que, a interrupção dessas operações pode comprometer o funcionamento dos componentes da via.

A qualidade da pavimentação é determinada por avaliações realizadas nas vias, essas avaliações apresentam relatórios sobre as condições de conservação da pavimentação.

Segundo dados de uma pesquisa realizada em 2015 pela Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2015), mostraram que 65% de toda extensão da malha rodoviária do Maranhão apresenta algum tipo de deficiência.

Além disso, uma pesquisa realizada em 2016, pela CNT, sobre a real qualidade da situação das rodovias do Brasil mostra que 67,1% das rodovias

apresentam algum tipo de deficiência, seja no pavimento, na geometria ou sinalização (CNT, 2016).

Os problemas encontrados na pavimentação podem estar relacionados ao projeto, execução e os materiais usados na sua construção e a falta de manutenção.

Segundo Notícias (2016), onde consta relatório apresentado no Seminário “Qualidade de Obras e Serviços Públicos de Engenharia e da Agronomia no Estado do Maranhão”, promovido pelo Sindicato dos Engenheiros do Estado Maranhão (SENGE/MA), Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Maranhão (CREA/MA) e Clube de Engenharia do Maranhão (CEM), a falta de atendimento às características técnicas relacionadas à capacidade de suporte das camadas e na qualidade dos materiais empregados no revestimento e a falta de manutenções periódicas, agravam as condições das rodovias tornando as camadas asfáltica menos duráveis.

Podemos entender assim que a observância a todos as exigências técnicas e a realização de manutenção preventiva e corretiva são imprescindíveis para sucesso de uma pavimentação com melhores condições.

Conforme Bernucci et al. (2010, p.406), “caso não haja manutenção ou esta seja inadequada o pavimento pode atingir o limite de trafegabilidade, situação na qual se torna necessário sua reconstrução”.

A reconstrução de um pavimento é uma medida mais complicada se comparada à medida de manutenção, visto que deve ser realizada a remoção e substituição de toda estrutura do pavimento. Para corrigir os defeitos e preservar o investimento garantindo assim a durabilidade do pavimento, são realizadas atividades de manutenção e reabilitação. (DNIT, 2006).

Ainda de acordo com o DNIT, (2006), a conservação de uma via se divide em três modalidades: Corretiva Rotineira, Preventiva Periódica e de Emergência.

- a) *Manutenção Corretiva*: manutenção corretiva (ou de rotina) é um conjunto de ações sistemáticas e programadas de forma continuada que venha oferecer ao usuário, permanentemente, um tráfego econômico, confortável

e seguro. Fazem parte deste serviço os remendos superficiais, reparos localizados e outras ações de baixo custo (DNIT, 2006).

- b) *Manutenção Preventiva*: manutenção preventiva periódica é o conjunto de operações de conservação realizadas periodicamente com o objetivo de evitar o aparecimento ou agravamento de defeitos (DNIT, 2006).

- c) *Manutenção de Emergência*: é o conjunto de operações a serem eventualmente realizadas com o objetivo de restaurar, reconstituir os trechos que por um evento extraordinário ou catastrófico tenha sido danificados obstruídos, colocando em risco o desenvolvimento do tráfego ou ocasionando sua interrupção (DNIT, 2006).

Dessa forma, percebemos que a manutenção da condição do pavimento é fundamental para o bom funcionamento do tráfego. Com a manutenção rotineira adequada, mais a manutenção periódica oportuna do pavimento evita-se a degradação do pavimento, até chegar ao mau estado, quando é necessária a restauração ou mesmo a reconstrução do pavimento (DNIT, 2006).

2.5 Avaliação de Pavimentos Flexíveis

A avaliação da superfície de pavimentos asfálticos é uma atividade que através de procedimentos metodológicos padronizados, tem como objetivo a determinar as condições funcionais e estruturais do pavimento (FERNANDES Jr. et al. (2003).

Segundo o DNIT, (2006), a avaliação de pavimentos flexíveis é a avaliação das condições de degradação provocados pelo meio ambiente e tráfego. Essa avaliação é realizada com base em parâmetros estabelecidos por norma.

Como bem nos assegura Bernucci et al. (2010), avaliação de pavimentos tem como conceito associado a qualidade do pavimento, no que se refere aos aspectos para qual foi construído em relação ao conforto e segurança.

O objetivo da avaliação do pavimento é o fornecimento de informações técnicas para a melhor escolha de medidas de manutenção e restauração do pavimento. O critério para a avaliação pode ser estrutural ou funcional.

Para Marcon (1996), o objetivo principal da avaliação da superfície de pavimentos é identificar os defeitos existentes.

A avaliação do pavimento pode ser estrutural e funcional, abordadas a seguir.

2.5.1 Avaliação Estrutural

A avaliação estrutural está relacionada aos danos ligados a capacidade de carga da estrutura do pavimento, tendo como objetivo avaliar essa capacidade de resposta frente às solicitações impostas pelo tráfego e pelo clima.

Para Bernucci et al. (2010, p.442), “A avaliação estrutural, por sua vez, está relacionada ao conceito de capacidade de carga, que pode ser vinculado diretamente ao projeto do pavimento e ao dimensionamento”.

2.5.2 Avaliação Funcional

A avaliação funcional refere-se às características da superfície do pavimento, seu estado depreciação, levando se em conta o levantamento de degradação superficial.

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006), apresenta duas técnicas para a avaliação superficial:

- a) *Avaliação subjetiva*: a avaliação subjetiva permite a definição do estado de restauração do pavimento a partir de conceitos qualitativos (alfanuméricos), com base em inspeção “in loco”. No Brasil, a avaliação subjetiva foi oficializada no Procedimento DNIT 008/2003-PRO.

- b) *Avaliação objetiva*: a avaliação objetiva permite expressar a restauração do pavimento mediante a quantificação numérica e da distribuição de severidade das diversas manifestações de ruína. Para a avaliação objetiva do estado da superfície do pavimento foi elaborado um inventário das degradações o Procedimento DNIT 006/2003-PRO.

Nesse estudo aborda-se a avaliação funcional para caracterizar a superfície do pavimento flexível com base no levantamento das ocorrências de defeitos.

2.5.3 Conceito de Serventia

A serventia é um conceito que está relacionado com o estado de apreciação da superfície do pavimento.

Conforme Pinto e Preussler (2002, p. 32), “um pavimento bem projetado e construído, apresenta ao usuário, logo após sua conclusão, um alto *grau de serventia* traduzido pelo binômio: segurança e conforto”.

Devido às ações do tráfego e das intempéries do meio ambiente ao longo do tempo, o pavimento sofre degradações e isso afeta seu grau de serventia.

Segundo Bernucci et al. (2010, p.404),

O valor de serventia atual é uma atribuição numérica compreendida em uma escala de 0 a 5, dada pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um determinado trecho, em um dado momento da vida do pavimento.

Assim, o estado de serventia de um pavimento é informado pelo usuário de forma subjetiva.

O Valor da Serventia Atual – VSA é então determinado de acordo com as notas dos avaliadores conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Nível de Serventia

Conceito	Avaliação
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: Bernucci et al (2010).

Em outras palavras serventia é a capacidade que um pavimento tem para servir ao tráfego, de acordo com Medina (1997, p. 261), o índice de serventia é:

Número obtido através de equações de regressão, que fornece uma estimativa de avaliação de serventia a partir de características físicas que traduzem os defeitos acumulados; tais como: irregularidades superficiais, trincas, afundamentos de trilhas de rodas, remendos e textura superficial.

Desta forma, a avaliação funcional está ligada ao conceito de serventia no que diz respeito ao conforto e segurança do pavimento. E o primeiro método sistemático, estabelecido para a avaliação funcional foi justamente o da serventia. (BERNUCCI et al.,2010).

2.5.4 Irregularidade de Superfície

Outro fator muito importante ligado à avaliação de pavimento flexível é a irregularidade de superfície. Pois os movimentos e esforços provocados pela irregularidade longitudinal, afetam as condições de conforto e segurança.

O conceito de irregularidade longitudinal de um pavimento é o somatório dos desvios da superfície se comparado a um plano de referência, modificando assim a dinâmica dos veículos (PINTO e PREUSSLER, 2002).

Pode assim dizer, que a irregularidade tem suas origens na ondulação, corrugação e escorregamento, que são defeito de superfície.

Alem disso, outras causas podem ser responsáveis pelo aparecimento da irregularidade na superfície dos pavimentos:

A irregularidade é um fenômeno que pode ter origem congênita, ou seja, decorrer de imperfeições no processo executivo, assim como pode resultar de problemas ocorridos após a construção, como resultado do tráfego, clima e outros fatores (PINTO e PREUSSLER, 2002, p. 39).

É importante entender as causas que provocam o aparecimento de irregularidade na via, pois devem ser evitar tais imperfeições para uma boa qualidade de rolamento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi dividido em três partes. Inicialmente foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre os métodos de avaliação superficial de pavimentos Levantamento Visual Contínuo – LVC; Índice de Gravidade Global – IGG e sobre os tipos de defeitos encontrados em pavimentos flexíveis.

A segunda parte do trabalho é caracterizada pelo levantamento dos dados em campo. Primeiramente fez-se o estaqueamento e demarcação das vias escolhidas para o estudo e em seguida a avaliação objetiva utilizando os métodos estabelecidos no trabalho.

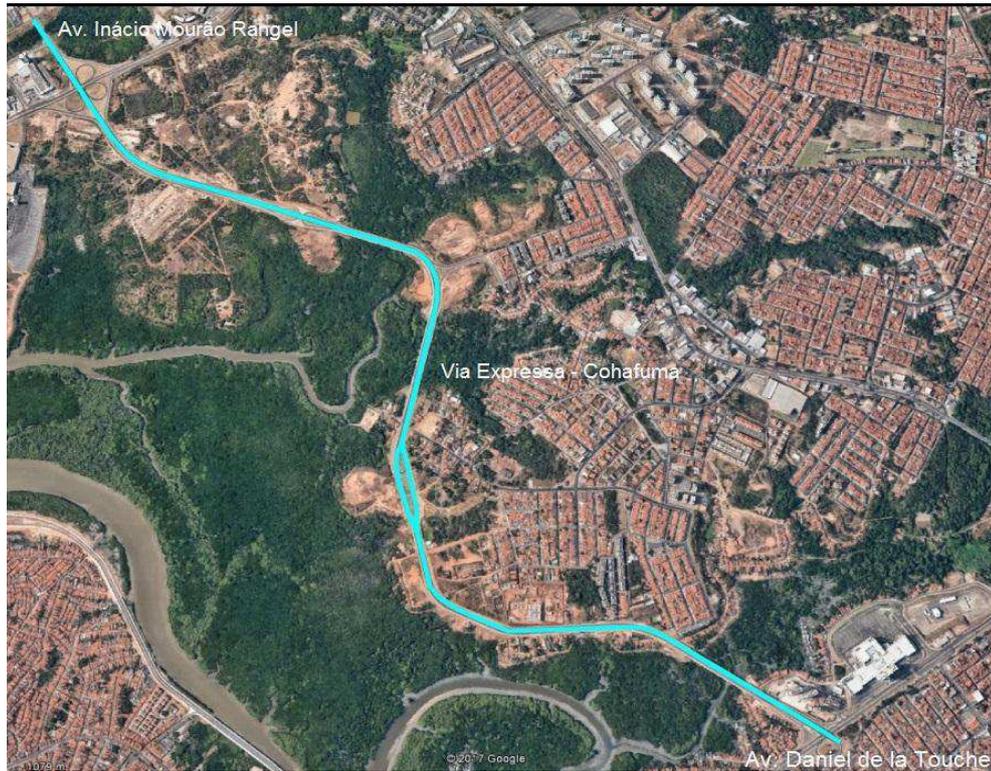
A terceira etapa e não menos importante, foi realizado o processamento dos dados levantados em campo, para a realização dos cálculos, obtenção dos resultados e posteriormente análise dos mesmos.

3.1 Trechos de Estudo

Dentre diversas vias foram selecionadas duas vias do município de São Luís para aplicação do estudo de caso e coleta dos dados para verificação das condições superficiais dos pavimentos asfálticos. Como exposto esta pesquisa tem como objetivo a avaliação da funcional de pavimentos flexíveis. Para tanto, escolheu-se a Av. Santos Dumont, que passou por uma reconstrução sendo reinaugurada em setembro de 2010, localizada no bairro do Tirirical e a Via Expressa no Cohafuma a que foi inaugurada em setembro de 2012. Essas vias apresentam características diferentes e foram selecionadas para aplicação das metodologias, pois representam duas vias de grande importância para mobilidade urbana da cidade. Essa escolha se justifica, pelo fato de atender ao objetivo de analisar uma via que já sofreu intervenção e uma em que ainda não passou por medidas preventivas.

O ponto inicial do estaqueamento da Via Expressa está localizado no seu quilometro zero, no cruzamento com a Av. Inácio Mourão Rangel e o ponto final das demarcações está localizado próximo ao viaduto que interliga a Via Expressa com a Av. Daniel de la Touche, tendo o trecho de estudo uma extensão total de 4,74 km. A Figura 18 apresenta a localização da via.

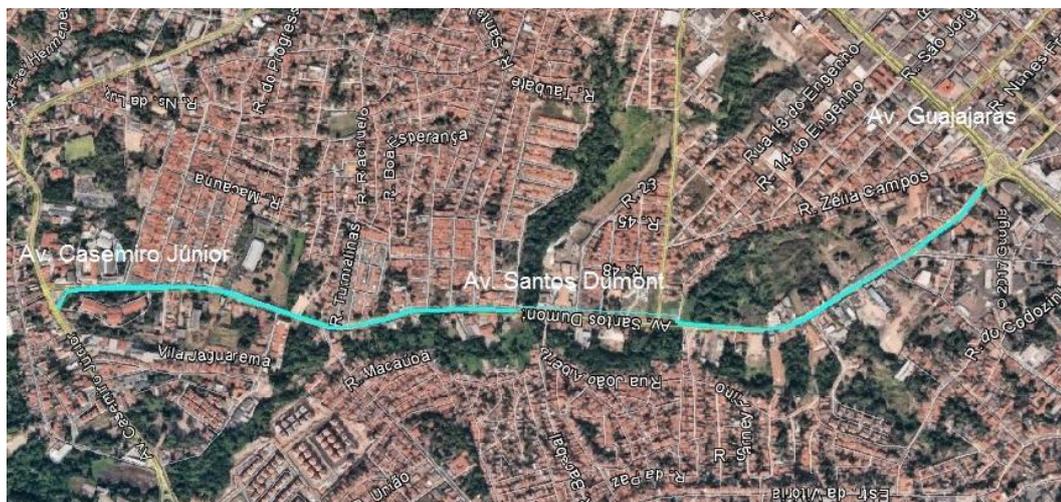
Figura 18 – Localização da Via Expressa



Fonte: Google Earth (2017).

Para a Av. Santos Dumont, o estaqueamento tem seu início no cruzamento com a Av. Casemiro Júnior e o ponto final do estaqueamento, está localizado próximo ao cruzamento com a Av. Guajajaras, tendo assim o trecho de estudo uma extensão de 2,66 km. A Figura 19 apresenta a localização da via.

Figura 19 – Localização da Av. Santos Dumont



Fonte: Google Earth (2017).

A Figura 21 apresenta as classificações de defeitos, terminologia e a codificação de defeitos presente na Norma DNIT 005/2003-TER, utilizados na identificação e a notação no inventário do estado da superfície do pavimento.

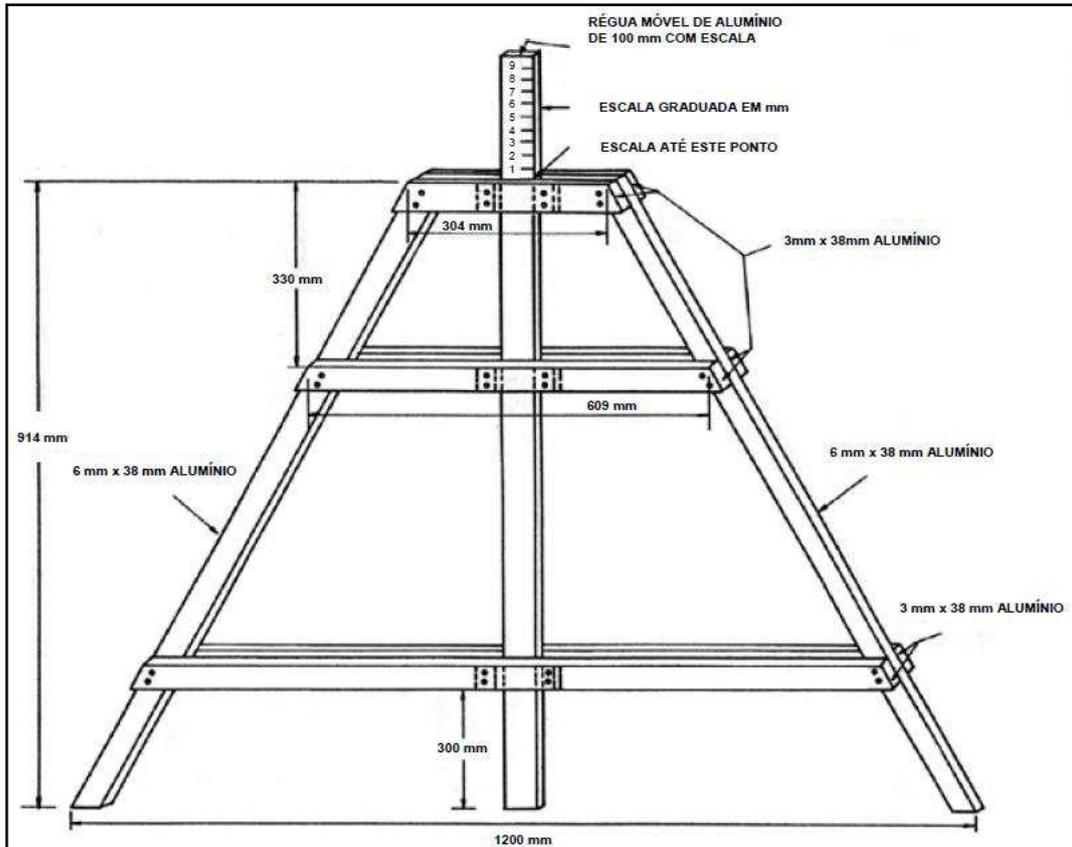
Figura 21 - Quadro Resumo dos defeitos, codificação e classificação

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

Fonte: Adaptado de DNIT 2003.

Para a medição da deformação das trilhas de roda, a Norma DNIT 006/2003-PRO, determina a utilização de uma treliça de alumínio, padronizada, com haste móvel central, capaz de medir os afundamentos com precisão de 0,5 mm (Figura 22).

Figura 22 - Treliça para medição das flechas da trilha de roda



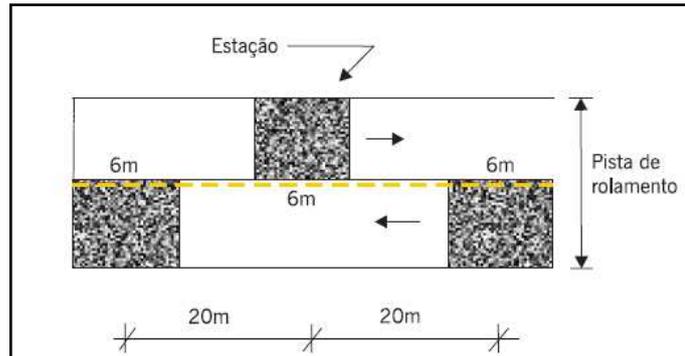
Fonte: Adaptado de DNIT 2003.

As medidas realizadas com a treliça metálica são em milímetros, estas medidas são executadas nas trilhas roda interna (TRI) e externa (TER), anotando-se o maior valor medido em cada trilha.

Além da treliça, para a realização do método faz-se necessário à utilização de material auxiliar para a localização e demarcação das estações de avaliação na pista, tais como: Trena de no mínimo 20 m, giz, tinta e pincel.

A Norma DNIT 006/2003-PRO, estabelece duas maneiras de localização da superfície de avaliação, a primeira para rodovias de pista *simples*: faz-se a marcação das estações a cada 20 m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento (Figura 23).

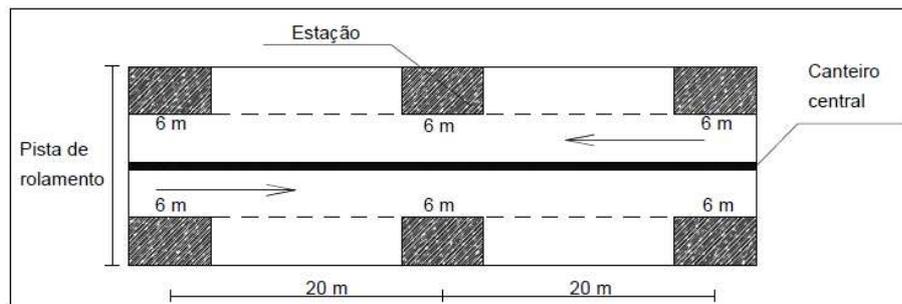
Figura 23 - Exemplo de demarcação para pista simples



Fonte: Bernucci et al. (2010).

Para rodovias de pista *dupla* a cada 20 m, na faixa mais solicitada pelo tráfego em cada uma das pistas. (Figura 24).

Figura 24 - Exemplo de demarcação para pista dupla



Fonte: Autor, (2017).

As demarcações citadas devem ser feitas com um traço de 30 cm x 2,5 cm, coincidente com a seção transversal da via, tendo sua extremidade externa distante 6 cm da borda do revestimento da pista de rolamento.

A superfície de avaliação será delimitada por um traço situado a 3 m à ré da estaca e por outro situado a 3 m avante, ficando assim, cada estação com uma área de 6 m x 3,5 m ou 21 metros quadrados. Isso representa uma inspeção de 15 % da área total do pavimento estudado (DNIT 006/2003).

De posse dos dados levantados em campo, inicia-se a fase de processamento dos dados, realizando uma análise prévia para a determinação da subdivisão da via em trechos homogêneos. Esses trechos devem apresentar características ou defeitos semelhantes para a melhor caracterização da condição do pavimento. Em seguida realizam-se os cálculos da frequência absoluta e relativa de ocorrência dos defeitos.

A frequência absoluta (fa) representa o número de vezes em que o defeito foi verificado. Já a frequência relativa pode ser encontrada a partir da fórmula:

$$fr = \frac{fa \times 100}{n} \quad \text{Eq. (3.1)}$$

Onde:

fr = frequência relativa;

fa = frequência absoluta;

n = número de estações inventariadas.

Para as medidas das flechas de trilha de roda, devem ser calculados os valores da média e o desvio padrão:

$$x = \frac{\sum xi}{n} \quad \text{Eq. (3.2)}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (xi - x)^2}{n - 1}} \quad \text{Eq. (3.3)}$$

x = média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

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

Para a contabilização da parcela de contribuição das flechas medidas das trilhas de roda para o IGG, calculam-se dois índices de gravidade individual (IGI) da seguinte maneira:

$$IGIf = F \cdot 4/3 \quad (\text{Para } F \leq 30) \quad \text{Eq. (3.4)}$$

ou

$$IGIf = 40 \quad (\text{Para } F > 30) \quad \text{Eq. (3.5)}$$

e

$$IGIfv = FV.1 \quad (\text{Para } F \leq 50) \quad \text{Eq. (3.6)}$$

ou

$$IGIfv = 50 \quad (\text{Para } F \leq 30) \quad \text{Eq. (3.7)}$$

F = Média aritmética entre a média das flechas da trilha externa e a média das flechas na trilha interna do seguimento;

FV = Média da variância das flechas na trilha de externa e da variância das flechas na trilha interna do trecho.

Para cada uma das ocorrências inventariadas, deve ser calculado IGI. Através da fórmula:

$$IGI = fr \cdot fp \quad \text{Eq. (3.8)}$$

fr = frequência relativa;

fp = fator de ponderação.

O produto da frequência relativa de cada defeito, e também na média e variância das flechas, pelo seu respectivo fator de ponderação, resultará no IGI, de cada evento, ou seja: a fração do IGG afetado pelo evento (PINTO e PREUSSLER, 2002).

A Norma DNIT 006/2003 estabelece para cada ocorrência um valor do fator de ponderação, um coeficiente multiplicador, apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Fator de Ponderação

Ocorrência tipo	Defeitos	Fator de Ponderação
1	Fissuras e trincas isoladas FC-1	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	(JE e TBE)	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC.	0,9
5	O, P, E	1
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6
9	Média das flechas	4/3
10	Média das variâncias das flechas	1

Fonte: DNIT 2003.

A somatória de todos os valores do IGI será o valor do IGG a ser atribuído para cada segmento homogêneo.

$$IGG = \sum IGI \quad \text{Eq. (3.9)}$$

O IGG calculado retrata o grau de deterioração atingido pela superfície do pavimento. É determinado segundo uma escala de conceito, mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

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

Fonte: DNIT 2003.

A metodologia permite não só uma análise das condições do pavimento, como também uma interpretação detalhada do perfil de falhas presentes em cada trecho homogêneo (PINTO e PREUSSLER, 2002).

3.2.2 Levantamento Visual Contínuo - LVC

O levantamento Visual Contínuo LVC, é fundamentado pela Norma DNIT 008/2003 – PRO e tem como objetivo analisar a condição de superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos de forma continuada, por meio da determinação do Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis (ICPF), do Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e do Índice do Estado de Superfície do Pavimento (IES). (DNIT 2003).

Para a realização do levantamento, é necessária a presença de no mínimo dois técnicos no interior de um veículo e o motorista, trafegando no trecho a uma velocidade média de 30 a 40 km/h, em que são anotadas as ocorrências dos defeitos na faixa de rolamento. A Norma prevê que sejam estabelecidos segmentos para análise de 1,0 km de extensão (PINTO e PREUSSLER, 2002).

Para o levantamento dos defeitos em campo é utilizada uma planilha para registro das ocorrências de defeitos na superfície do pavimento. Ao final de cada

segmento, devem ser anotadas as frequências ditas altas (A), médias (M) ou baixas (B).

O critério utilizado pelo técnico para classificação das frequências dos defeitos é baseado na norma de acordo com a estimativa da qualidade e da porcentagem de ocorrência são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Frequência de defeitos

Painelas (P) e Remendos (R)		
Código	Frequência	Quantidade por km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 - 5
B	Baixa	≤ 2

Demais defeitos		
Código	Frequência	% por km
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 - 10
B	Baixa	≤ 10

Fonte: DNIT 2003.

A Figura 25 mostra a planilha que deve ser usada para o levantamento (DNIT 2003).

Figura 25 - Formulário para levantamento visual contínuo

MT														Folha					
DNIT														de					
Código PNV		Ext. PNV _____ Ext. EXEC _____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO _____ MÊS/ANO _____																	
Trecho do PNV		Largura da Pista: _____ Largura do Acostamento: _____																	
		Início _____ MR Nº _____																	
		Fim _____ VMD _____ MR Nº _____																	
SEGMENTO			FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										INF. COMPLEMENTARES		OBSERVAÇÕES				
Nº DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext	P	TRINCAS			R	DEFOR-MAÇÕES			OUTROS DEFEITOS				REV	ESP	IDADE	
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E	ORIG				REST	

Fonte: DNIT 2003.

Na mesma planilha é registrado também o valor atribuído pelo técnico no intervalo de 0 a 5, relativo ao conforto e segurança do usuário, que representa o ICPF, estimado com base na avaliação visual do pavimento, de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 - Conceitos do ICPF

CONCEITO	DESCRIÇÃO	ICPF
Ótimo	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA - Desgaste superficial e trincas não muito severas em áreas não muito extensas.	4 - 3
Regular	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - pavimento trincado, com "painelas" e remendos pouco frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	3 - 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO - defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base.	1 - 0

Fonte: DNIT 2003.

A Norma 008/2003 estabelece os critérios para os cálculos do ICPF, IGGE e o IES.

O cálculo do ICPF é realizado com base na média dos valores obtidos pelos avaliadores e os resultados são colocados em um quadro resumo para cada extensão de subtrechos homogêneos selecionado.

O cálculo do IGGE é feito pela fórmula:

$$IGGE = (Pt \cdot Ft) + (Poap \cdot Foap) + (Ppr \cdot Fpr) \quad \text{Eq. (4.10)}$$

Onde:

- Ft, Pt = Frequência e peso para trincas;
- Foap, Poap = Frequência e peso para as deformações;

- Fpr, Ppr = Frequência (quantidade por km) e Peso do conjunto de panelas e remendos.

As Tabelas 6 e 7 apresentam os valores dos pesos e do índice de gravidade utilizados para o cálculo do IGGE.

Tabela 6 - Determinação do Índice de Gravidade

Panelas (P) e Remendos (R)		
FREQUÊNCIA	Fator Fpr Quantidade/Km	GRAVIDADE
A - ALTA	≥ 5	3
M - MÉDIA	2 - 5	2
B - BAIXA	≤ 2	1

Demais defeitos (trincas, deformações)		
FREQUÊNCIA	Fatores Ft e Foap (%)	GRAVIDADE
A - ALTA	≥ 50	3
M - MÉDIA	50 - 10	2
B - BAIXA	≤ 10	1

Fonte: DNIT 2003.

Tabela 7 - Pesos para cálculo

GRAVIDADE	Pt	Poap	Ppr
3	0,65	1	1
2	0,45	0,7	0,8
1	0,3	0,6	0,7

Fonte: DNIT 2003.

A partir desses levantamentos e dos resultados do ICPF e IGGE, encontra-se o valor do IES, que é um valor de 0 a 10, que cresce à medida que aumenta a incidência e a severidade dos defeitos. Os valores do IES juntamente com o Código e o Conceito atribuídos ao estado da superfície do pavimento são determinados de acordo com a Tabela 8:

Tabela 8 - Índice do Estado da Superfície do pavimento

DESCRIÇÃO	IES	CÓDIGO	CONCEITO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	ÓTIMO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	BOM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	REGULAR
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5	D	RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7		
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8	E	PÉSSIMO
$IGGE > 90$	10		

Fonte: DNIT 2003.

Assim, com os dados gerados são determinados os valores individuais do IES para cada trecho. É realizada a segmentação do trecho quanto ao estado de superfície do pavimento.

3.3 Aplicação do método IGG na Avenida Santos Dumont

O método do índice de Gravidade Global foi realizado na Avenida Santos Dumont nos dias 30 de abril e 07 de maio de 2017. Para execução deste método foi inicialmente feito o estaqueamento da via e as demarcações das estações, utilizando para isso, tinta, giz e uma trena de 30 m. Como se trata de uma via de pista dupla a demarcação foi realizada na faixa mais solicitada pelo tráfego em cada uma das pistas, segundo a orientação da Norma 006/203 (ver Figura 20). Após a demarcação das estações anotou-se as ocorrências dos defeitos e a medição das flechas de trilha de rodas encontradas.

A Figura 26 apresenta o ponto de início das demarcações das estações de trabalho que se encontra na ligação com a Av. Casemiro Júnior.

Figura 26 – Ponto inicial das demarcações na Av. Santos Dumont



Fonte: Autor, (2017).

A Figura 27 mostra detalhes do procedimento.

Figura 27 - Exemplo de estação demarcada na Av. Santos Dumont



Fonte: Autor, (2017).

A superfície de avaliação de cada estação foi delimitada por um traço situado a 3 m à ré da estaca e por outro situado a 3 m avante, como recomenda a Norma DNIT 006/2003.

A Figura 28 mostra um exemplo do uso da treliça, com haste móvel central para medição do afundamento de trilha de roda.

Figura 28 - Medição da flecha na trilha de roda com treliça metálica



Fonte: Autor, (2017).

Devido ao grande volume de tráfego observado nos horários de pico na via, optou-se pela realização do levantamento aos domingos pela manhã, por questões

de segurança e para melhor aplicação do método. Além disso, foi utilizado um cone de trânsito como sinalização para os motoristas, diminuindo assim os riscos de acidentes, como observado na Figura 28.

Foi possível identificar nos pontos analisados que a maior frequência de defeitos que o pavimento apresentava era trincas interligadas, desgaste e panelas.

As Figuras 29 e 30 apresentam alguns defeitos observados com maior frequência na via.

Figura 29 - Trincas tipo jacaré (JE) na estaca 24 e desgaste na estaca 86



Fonte: Autor, (2017).

Os defeitos identificados nesses trechos interferem significativamente no conforto e segurança da via.

Figura 30 – Ocorrência de Panela na estaca 54 e 56



Fonte: Autor, (2017).

O fim do estaqueamento da via e as demarcações das estações de trabalho encontram-se na ligação com Av. Guajajaras, São Luís-MA. (Figura 31).

Figura 31 - Ponto final do trecho em estudo na Av. Santos Dumont



Fonte: Autor, (2017).

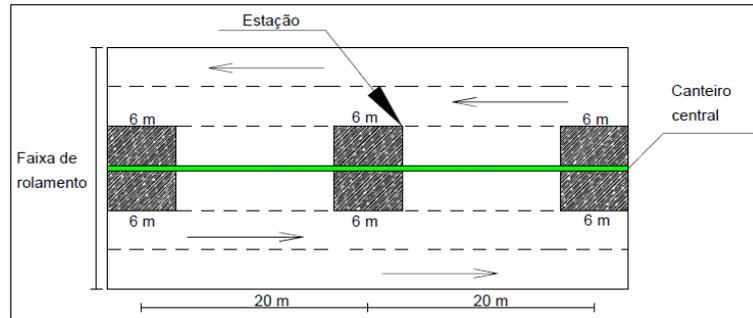
Para o trecho escolhido da Avenida Santos Dumont, foram avaliadas 133 (cento e trinta e três) estações de trabalho em cada pista, um total de 5586 m² (cinco mil quinhentos e oitenta e seis) de área inventariada.

O dados levantados em campo foram registrados no inventário do estado da superfície do pavimento que está no Apêndice 1.

3.4 Aplicação do método IGG na Via Expressa

A realização do método do índice de Gravidade Global na Via Expressa ocorreu nos dias 21 e 28 de maio de 2017 e seguiu o mesmo sistema utilizado para a Av. Santos Dumont. Porém, a demarcação das estações nesse caso foi realizada na faixa de rolamento mais a esquerda. Esta escolha se justifica pelo fato da via apresentar na maioria dos trechos pistas com três faixas, levando se em conta a ausência de linha de ônibus nessa via. Considerou assim a faixa mais solicitada como sendo a da esquerda. A Figura 32 mostra o modelo seguido para demarcação das estações na via.

Figura 32 - Modelo de demarcação para Via Expressa



Fonte: Autor, (2017).

O estaqueamento da via e as demarcações das estações tem início no bairro do Renascença, próximo a Universidade CEUMA, como mostra a Figura 33.

Figura 33 - Ponto inicial das demarcações na Via Expressa



Fonte: Autor, (2017).

A Figura 34 exemplifica a demarcação das estações de trabalho na via.

Figura 34 - Demarcação das estações de trabalho na Via Expressa



Fonte: Autor, (2017).

A Figura 35 mostra detalhes do procedimento de estaqueamento.

Figura 35 - Procedimento de Estaqueamento na Via Expressa



Fonte: Autor, (2017).

Outro fato ocorrido na Via expressa é a presença de obras de arte especial-OAE, construídas em região com presença de mangues (Figura 36). No total são cinco OAE's, a primeira localizada entre as estacas 82 e 94, a segunda entre as estacas 111 e 125 a terceira entre as estacas 156 a 158, a quarta entre as estacas 196 e 200 e a ultima entre as estacas 218 a 230.

Figura 36 - Presença de obra de arte especial na Via Expressa



Fonte: Autor, (2017).

Nos trechos das OAE's, observou-se grande desnível nas cabeceiras das pontes e a presença de defeitos como: painelas, remendos e trincas. Como ilustram nas Figuras de 37, 38 e 39.

Figura 37 - Ocorrência de Painela próxima à 1ª ponte na Via Expressa



Fonte: Autor, (2017).

Figura 38 - Ocorrência de Remendos próxima à 2ª ponte na Via Expressa



Fonte: Autor, (2017).

Figura 39 - Ocorrência de trincas próxima à 3ª ponte na Via Expressa



Fonte: Autor, (2017).

O fim do estaqueamento da via e as demarcações das estações de trabalho encontram-se no início do viaduto que dá acesso a Av. Daniel de La Touche (Figura 40).

Figura 40 - Ponto final das demarcações na Via Expressa.



Fonte: Autor, (2017).

Para o trecho escolhido da Via Expressa, foram avaliadas 237 (duzentos e trinta e sete) estações de trabalho em cada pista, um total de 9954 m² (nove mil novecentos e cinquenta e quatro) de área inventariada. Os levantamentos dos defeitos foram registrados em planilhas apropriadas que estão apresentadas no Apêndice 1.

3.5 Aplicação do método LVC na Av. Santos Dumont

O levantamento Visual Contínuo foi realizado na Av. Santos Dumont no dia 21 abril de 2017, baseado na Norma DNIT 008/2003 tem como objetivo a avaliação da superfície do pavimento, para determinação do ICPF, IGGE e do IES. Foram adotados 5 (cinco) trechos com extensão de 400 (quatrocentos) metros e 1(um) trecho com 660 (seiscentos e sessenta), devido a via ser pequena. Tendo assim um total de 6 (seis) trechos. Com seu de início no cruzamento com a Av. Casemiro Júnior, próximo ao Pronto Socorro do Anil, como representado na Figura 41.

Figura 41 - Ponto inicial para o levantamento na Av. Santos Dumont



Fonte: Autor, (2017).

O final do levantamento encontram-se no seu cruzamento com a Av. Guajajaras, como apresenta a Figura 42.

Figura 42 - Ponto final do levantamento na Av. Santos Dumont



Fonte: Autor, (2017).

Os dados levantados foram registrados no formulário apropriado (ver no Apêndice 2) de acordo com a Norma DNIT 008/2003.

3.6 Aplicação do método LVC na Via Expressa

O levantamento Visual Contínuo foi realizado na Via Expressa no dia 21 de abril de 2017 e seguiu o mesmo procedimento utilizado para a Av. Santos Dumont, porém a divisão dos segmentos foi feita da forma diferente; 4 (quatro) trechos de 1 (um) quilometro de extensão e um trecho de 760 (setecentos) metros. Tendo seu marco inicial no quilometro 0 (zero) da via, como de observa na Figura 43.

Figura 43 - Km 0 da Via Expressa



Fonte: Autor, (2017).

Para a realização do levantamento foi utilizado um veículo equipado com velocímetro/odômetro. A Norma prevê que para realização do LVC a equipe de operação seja composta de no mínimo dois avaliadores, assim teve-se o auxílio do estudante de Engenharia Civil Pedro Henrique, além do motorista do veículo. A velocidade média de operação do veículo permutou entre 30 km/h e 40 km/h como mostra na Figura 44.

Figura 44 - Velocidade de operação do veículo



Fonte: Autor, (2017).

Como a Via Expressa é composta por duas pistas com três faixas em cada uma, o levantamento foi realizado para cada uma das pistas separadamente. Os dados levantados foram registrados no formulário apropriado (ver Apêndice 2) de acordo com a Norma DNIT 008/2003.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De posse dos dados levantados em campo, os cálculos foram realizados para a determinação do estado de superfície do pavimento para as duas metodologias aplicadas.

4.1 Resultados do método IGG na Avenida Santos Dumont

Para a aplicação do método IGG, realizou-se uma análise prévia para determinar os trechos com características semelhantes que apresentam os mesmos defeitos. Com base nisso, foram determinados para uma pista 11 (onze) segmentos homogêneos e para a outra 8 (oito). O Apêndice 3 mostra a planilha usada para o cálculo do IGG em um trecho, para os demais trechos utilizou-se a mesma sistemática de cálculos.

De acordo com os resultados obtidos dos cálculos do IGG para cada segmento considerado determinou-se os conceitos de degradação com base na norma DNIT (2003) para a Av. Santos Dumont, conforme mostra a Tabela 9.

Tabela 9 – Condição do pavimento em função do IGG para Av. Santos Dumont

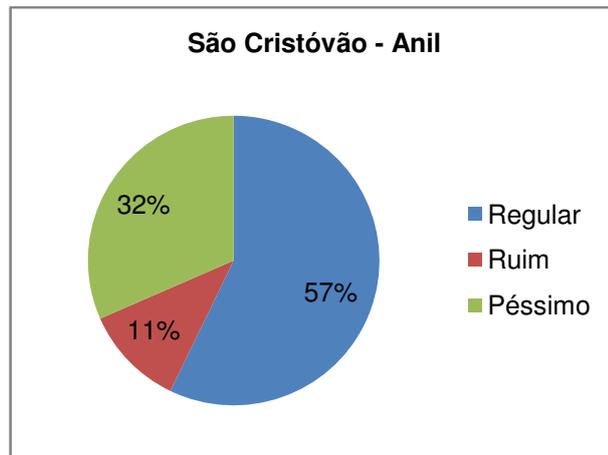
SENTIDO DAS PISTAS							
São Cristóvão - Anil				Anil - São Cristóvão			
TRECHO	ESTACAS	IGG	CONCEITO	TRECHO	ESTACAS	IGG	CONCEITO
1	0 - 12	168,28	Péssimo	1	0 - 18	88,95	Ruim
2	13 - 20	152,5	Ruim	2	19 - 33	108,28	Ruim
3	21 - 27	86,41	Ruim	3	34 - 48	75,34	Regular
4	28 - 41	226,81	Péssimo	4	49 - 70	74,15	Regular
5	42 - 53	57,06	Regular	5	71 - 90	94,19	Ruim
6	54 - 67	70,46	Regular	6	91 - 104	87,39	Ruim
7	68 - 78	79,07	Regular	7	105 - 118	107,2	Ruim
8	79 - 93	231,2	Péssimo	8	119 - 133	43,08	Regular
9	94 - 107	70,48	Regular				
10	108 - 120	73,69	Regular				
11	121 - 133	72,15	Regular				
Média		117,10	RUIM	Média	84,82	RUIM	Média

Fonte: Autor, (2017).

A divergência entre os números de trechos determinados ocorre devido às pistas apresentarem defeitos diferentes, isso pode está relacionado ao volume tráfego em cada pista ser diferente, resultando assim em uma divisão da via em trechos diferentes.

Os Gráficos 1 e 2 apresentam os valores percentuais da condição superficial dos trechos da Av. Santos Dumont.

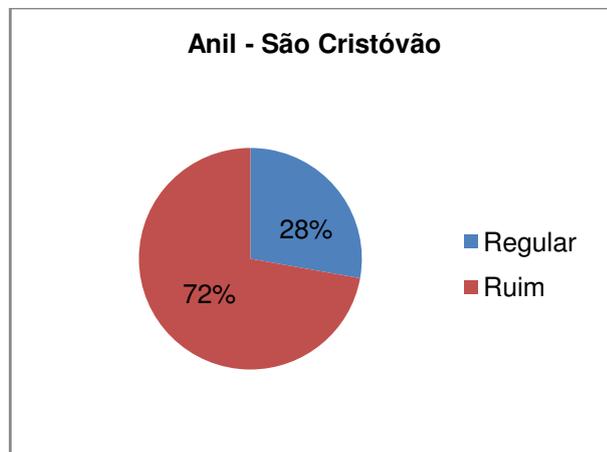
Gráfico 1 - Condição do pavimento em função do IGG para Av. Santos Dumont



Fonte: Autor, (2017).

Pode-se observar que os trechos apresentam resultados variando entre Ruim e Regular e em apenas 3 (três) trechos, no sentido do São Cristóvão - Anil, o conceito foi de Péssimo. Isso se deve ao alto número de trincas e remendos existentes na superfície do pavimento.

Gráfico 2 - Condição do pavimento em função do IGG para Av. Santos Dumont



Fonte: Autor, (2017).

Para o sentido Anil – São Cristóvão constatou-se uma maior degradação da superfície da pista, como observado no Gráfico 2, fato este que, pode está relacionado as diferentes condições de tráfego em cada pista.

4.2 Resultados do método IGG na Via Expressa

Para a Via Expressa, foram avaliados 12 (doze) trechos para cada pista considerados de características semelhantes. Chegou-se a esse número de trechos, com base na análise prévia de toda a via levando-se em conta os defeitos ocorridos em cada estação de trabalho avaliada. A planilha de cálculo do IGG, para um trecho, está apresentada do Apêndice 3. Para os demais trechos utilizou-se a mesma sistemática de avaliação. A Tabela 10 apresenta os resultados dos cálculos para cada trecho selecionado, nos dois sentidos da via.

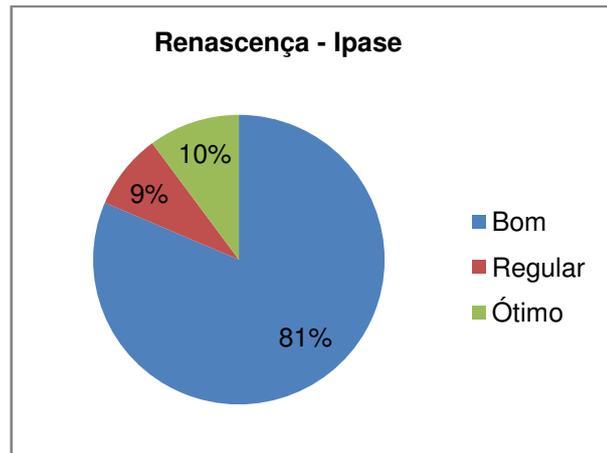
Tabela 10 - Condição do pavimento em função do IGG para Via Expressa

SENTIDO DAS PISTAS							
Renascença - Ipase				Ipase - Renascença			
TRECHO	ESTACAS	IGG	CONCEITO	TRECHO	ESTACAS	IGG	CONCEITO
1	0 - 8	50,25	Regular	1	0 - 20	48,83	Regular
2	9 - 19	47,75	Regular	2	21 - 31	32,41	Bom
3	20 - 27	28,69	Bom	3	32 - 53	39,21	Bom
4	28 - 49	33,64	Bom	4	54 - 75	38,12	Bom
5	50 - 70	26,45	Bom	5	76 - 96	39,76	Bom
6	71 - 94	32,02	Bom	6	97 - 121	38,26	Bom
7	95 - 111	38,73	Bom	7	122 - 138	32,36	Bom
8	112 - 131	37,69	Bom	8	139 - 158	38,42	Bom
9	132 - 154	35,79	Bom	9	159 - 180	30,27	Bom
10	155 - 178	18,8	Ótimo	10	181 - 200	31,54	Bom
11	180 - 209	24,6	Bom	11	201 - 220	30,42	Bom
12	210 - 237	28,62	Bom	12	221 - 237	40,07	Regular
Média		33,59	BOM	Média		36,64	BOM

Fonte: Autor, (2017).

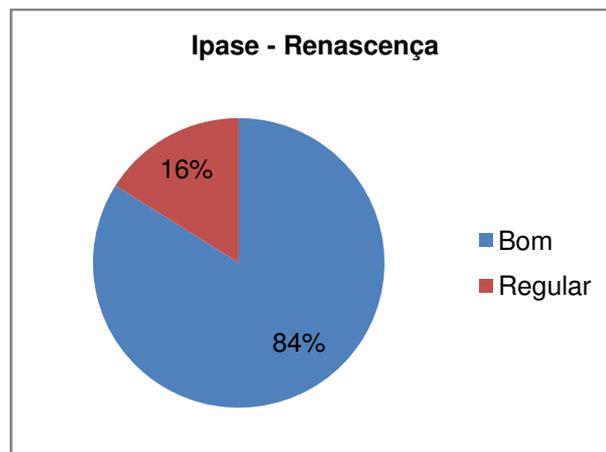
De acordo com os resultados obtidos do IGG para cada segmento considerado determinou-se os conceitos de degradação com base na norma DNIT (2003) para a Via Expressa, os Gráficos 3 e 4 apresentam as porcentagens da condição superficial para cada sentido da Via Expressa.

Gráfico 3 - Condição do pavimento em função do IGG para Via Expressa



Fonte: Autor, (2017).

Gráfico 4 - Condição do pavimento em função do IGG para Via Expressa



Fonte: Autor, (2017).

O conceito bom, predominante nos trechos analisados está relacionado com o fato da via apresentar pouca ocorrência de defeitos, pois os mesmos ocorrem apenas em pontos específicos e sem grande representatividade.

4.3 Resultados do método LVC na Avenida Santos Dumont

Os cálculos do LVC foram realizados a partir dos dados obtidos no levantamento de campo considerando cada trecho de avaliação. A via foi dividida em 6 (seis) segmentos homogêneos, sendo 5 (cinco) com extensão de 400 (quatrocentos) metros e 1(um) com 660 (seiscentos e sessenta) metros. A norma DNIT 008/2003 recomenda que o seguimento mínimo para cálculo seja de 1 (um) quilometro, porém tal recomendação foi adaptada devido a via apresentar extensão total de 2660 (dois mil e seiscentos) metros.

Com base nos dados de campo foram realizados os cálculos do ICPF, IGGE e IES, cujos resultados encontra-se no Apêndice 4. Os valores do IES juntamente com os conceitos atribuídos ao estado da superfície do pavimento estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultado do LVC para Av. Santos Dumont

Sentido da pista: Anil - São Cristóvão					
Seguimento		Resultados			
Nº	Estaca	ICPF	IGGE	IES	
				Valor	Conceito
1	00 - 20	3	23,2	3	Regular
2	20 - 40	3	20,4	3	Regular
3	40 - 60	3,5	20,75	3	Regular
4	60 -80	2,5	43,75	5	Ruim
5	80 - 100	2,5	40,45	5	Ruim
6	100 - 133	3,5	22,2	2	Regular

Fonte: Autor, (2017).

Os valores do IES juntamente com os conceitos atribuídos ao estado da superfície do pavimento para o sentido São Cristóvão – Anil, estão apresentados na Tabela 12.

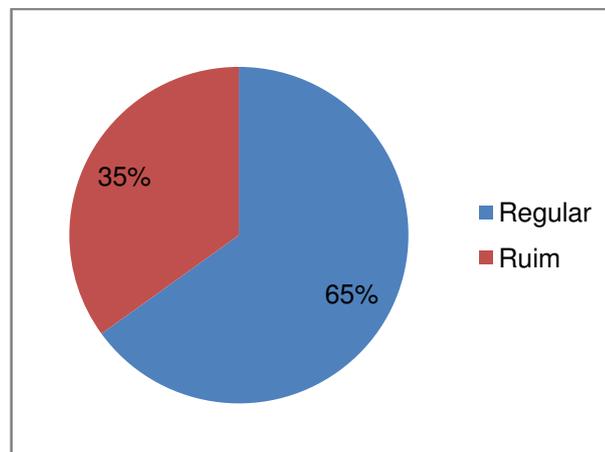
Tabela 12 - Resultado do LVC para Av. Santos Dumont

Sentido da pista: São Cristóvão - Anil					
Seguimento		Resultados			
Nº	Estaca	ICPF	IGGE	IES	
				Valor	Conceito
1	00 - 20	2,5	48,75	5	Ruim
2	20 - 40	3	27,5	3	Regular
3	40 - 60	3	40,75	4	Regular
4	60 -80	3,5	22,65	3	Regular
5	80 - 100	3,5	30,85	3	Regular
6	100 - 133	2,5	44,5	7	Ruim

Fonte: Autor, (2017).

A análise dos resultados para o LVC permite concluir que a maior parte dos trechos apresentam conceito Regular e poucos trechos Ruim, para as duas pistas, como mostra o Gráfico 5.

Gráfico 5 - Resultados do LVC para Av. Santos Dumont



Fonte: Autor, (2017).

Para o sentido da pista Anil - São Cristóvão observa-se uma condição da superfície do pavimento, Regular em grande parte dos trechos e Ruim em pontos específicos.

4.4 Resultados do método LVC na Via Expressa

Com os dados levantados em campo, foram realizados os cálculos do ICPF, IGGE e IES.

O IES, cujos valores estão situados entre 0 a 10 é determinado com base nos valores do ICPF e IGGE constituindo, pois, uma síntese desses dois índices. Os resultados do levantamento e dos cálculos encontram-se no Apêndice 4. As Tabelas 13 e 14 apresentam um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 13 - Resultado do LVC para Via Expressa

Sentido da pista: Renascença - Ipase					
Seguimento		Resultados			
Nº	Estaca	ICPF	IGGE	IES	
				Valor	Conceito
1	00 - 50	3,5	0	0	Ótimo
2	50 - 100	4,5	2,4	0	Ótimo
3	100 - 150	5	0	0	Ótimo
4	150 - 200	3,5	0,7	1	Ótimo
5	200 - 237	4	2,3	0	Bom

Fonte: Autor, (2017).

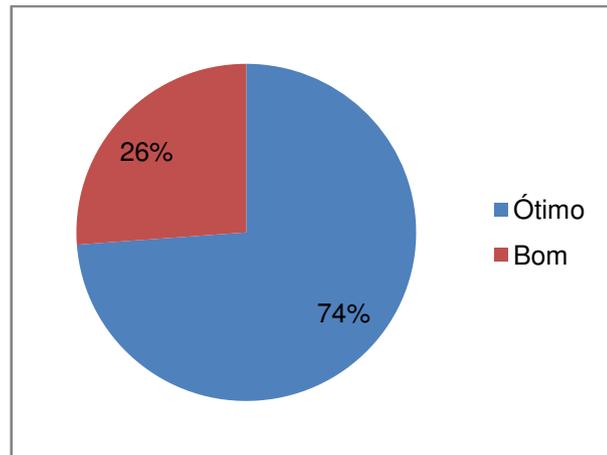
Tabela 14 - Resultado do LVC para Via Expressa

Sentido da pista: Ipase - Renascença					
Seguimento		Resultados			
Nº	Estaca	ICPF	IGGE	IES	
				Valor	Conceito
1	00 - 50	3,5	4,8	1	Bom
2	50 - 100	5	3,65	0	Ótimo
3	100 - 150	4,5	2,55	1	Ótimo
4	150 - 200	4	3,45	0	Ótimo
5	200 - 237	4	2,5	0	Bom

Fonte: Autor, (2017).

A análise dos resultados indica uma condição da superfície Ótima, o que está relacionado com a pouca ocorrência de defeitos no pavimento, como mostra o Gráfico 6.

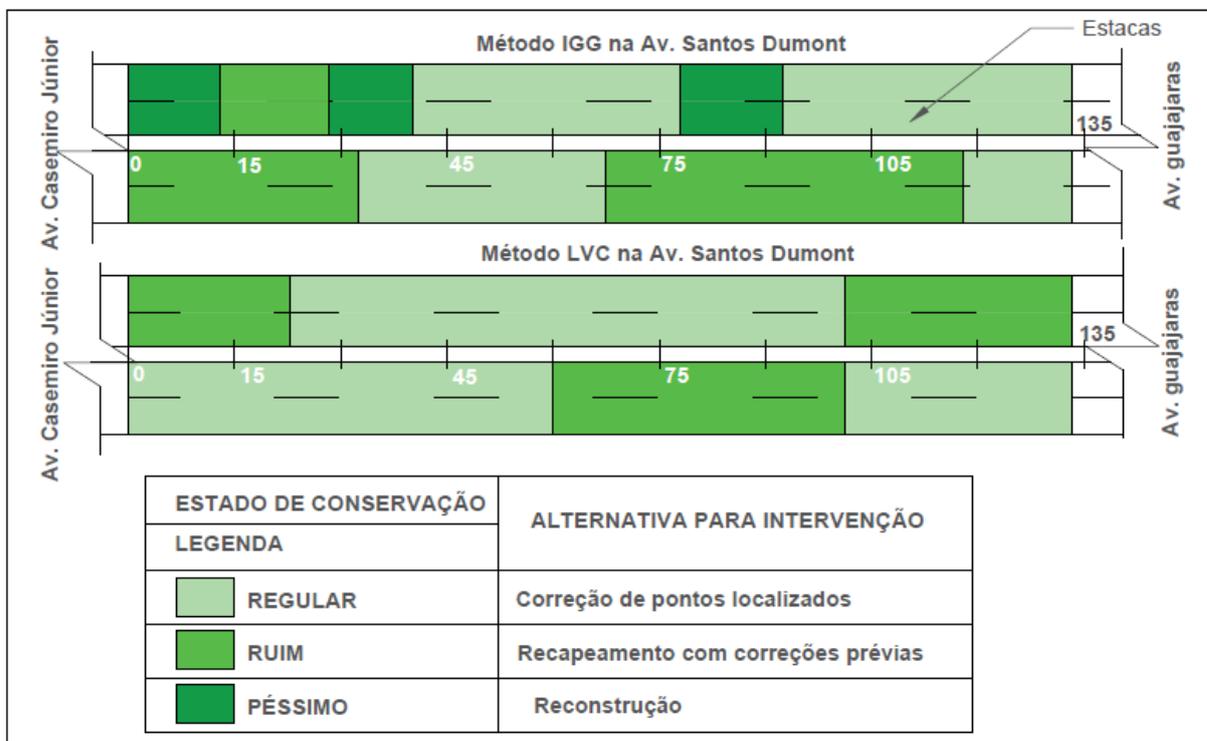
Gráfico 6 - Resultado do LVC para Via Expressa



Fonte: autor, (2017).

Para melhor visualização dos resultados do levantamento e da classificação dos trechos de acordo com as metodologias expostas, as Figuras 45 e 46 apresentam uma ilustração esquemática dos resultados de cada método para os trechos homogêneos das vias. Mostrando também as medidas de intervenção de acordo com o DNIT, (2003).

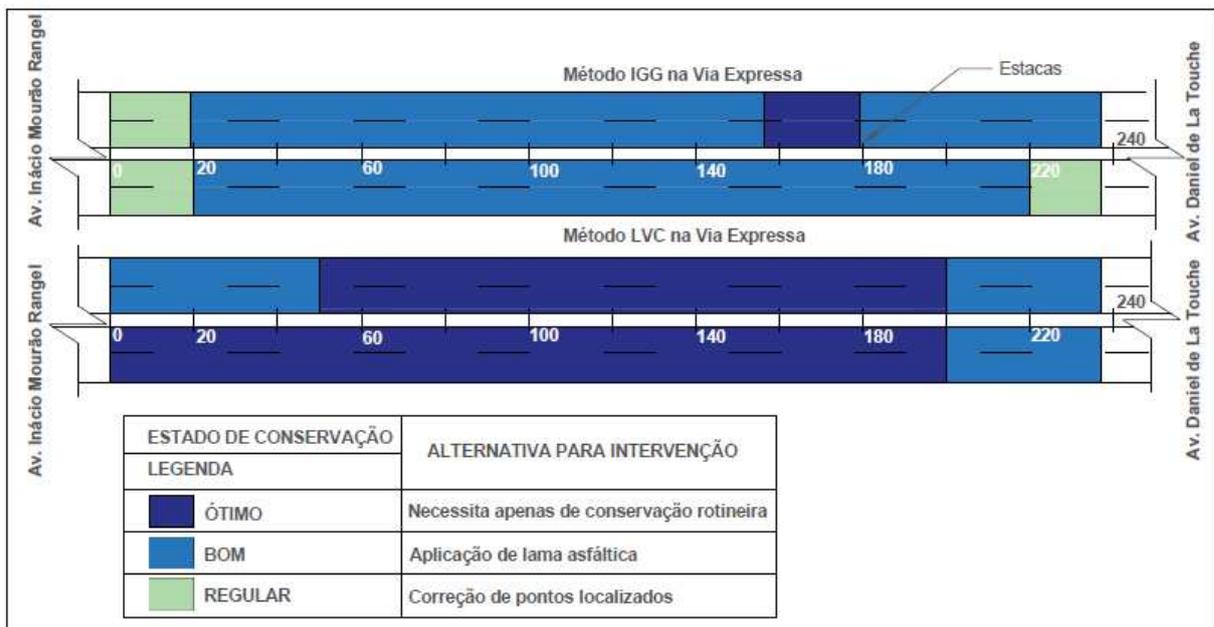
Figura 45 - Comparação dos resultados do IGG e LVC para Av. Santos Dumont



Fonte: Autor, (2017).

Como se observa nos trechos das estacas 0 a 45, o IGG apresentou conceitos diferentes em relação ao LVC, o motivo dessa divergência pode está relacionado com a forma de avaliação dos métodos. Enquanto o IGG analisa uma superfície pré-definida de 21 m² a cada 20 m, registrando a presença de defeitos e trilhas de rodas, no método do LVC a avaliação é realizado de maneira contínua em toda extensão da via. As plantas com o estaqueamento detalhado da Av. Santos Dumont e Via Expressa estão apresentadas no Apêndice 5.

Figura 46 - Comparação dos resultados do IGG e LVC para Via Expressa



Fonte: Autor, (2017).

Com base nos resultados das metodologias aplicadas e a representação esquemática para as duas vias em estudo, conclui-se que a Av. Santos Dumont apresentou a superfície do revestimento asfáltico em condições bem piores se comparada à Via Expressa.

4.5 Análise crítica das metodologias abordadas

De um modo geral, foi explanado sobre as metodologias aplicadas para avaliação da condição do pavimento nas vias selecionadas e os defeitos nos pavimentos.

Os métodos divergem na forma de aplicação do levantamento, pois no método do Índice de Gravidade Global- IGG a avaliação é realizada de forma

amostral em superfície pré-definida com cada estação de trabalho com uma área de 21 m². Isso representa uma inspeção de 15 % da área total do pavimento estudado. Enquanto o Levantamento Visual Contínuo LVC é feito de forma continuada ao longo de toda extensão da via.

Além disso, o método do IGG leva em consideração 8 (oito) fatores de ponderação, um para cada tipo de ocorrência de defeito, além das medidas das deformações permanentes nas trilhas de rodas, que representam um parcela importante para o cálculo do IGG, enquanto o LVC, considera apenas 3 (três) fatores de ponderação para a realização dos cálculos.

O método o IGG além de proporcionar parâmetros para a determinação da condição de superfície do pavimento, pode gerar um inventário da ocorrência e classificação dos defeitos, contribuindo assim, para uma avaliação mais rica em detalhes. Enquanto que o LVC, apenas proporciona informações necessárias para o cálculo do Índice de Gravidade Global Expedido e com base no Índice da Condição de Pavimentos Flexíveis ou semirrígidos- ICPF determina o Índice do Estado de Superfície- IES.

Outro fato a considerar está relacionado à avaliação dos defeitos pelo IGG, que não define o nível de severidade para as ocorrências registradas. Porém alguns tipos de defeitos são classificados com características diferentes que denotam severidade, como é o caso das trincas interligadas tipo bloco com erosão acentuada nas bordas.

Uma dificuldade encontrada na realização do método do IGG para Av. Santos Dumont, em especial, está relacionada ao uso da treliça metálica para à medição das flechas das trilhas de roda, quando estas se encontram próximas ao passeio público ou a ponto de ônibus, tornando dificultoso o procedimento, pois a calçada impede a utilização adequada da treliça.

Diante dos resultados obtidos, ressalta-se a divergência entres as condições de superfície de cada via, a Av. Santos Dumont apresentou a superfície do revestimento asfáltico em condições bem piores se comparada à Via Expressa. Isso está a relacionado ao volume de tráfego, a presença de linhas de ônibus na Av. Santos Dumont e a ausência de sistemas de drenagem superficial eficientes, tudo isso, contribui para a degradação do pavimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou uma avaliação funcional da condição da superfície de pavimentos flexíveis utilizando os métodos de Levantamento Visual Contínuo (LVC) e Método do Índice de Gravidade Global (IGG), tendo como estudo de caso a Avenida Santos Dumont e a Via Expressa. Além disso, permitiu identificação dos defeitos e a análise comparativa dos resultados obtidos nos dois métodos para os trechos estudados.

De um modo geral, foi mostrado conceitos sobre pavimentos flexíveis, seus defeitos e a grande importância da avaliação dos pavimentos para elaboração de projetos adequados de medidas de conservação ou mesmo de recuperação das vias. Para a Av. Santos Dumont o Método do Índice de Gravidade Global - IGG apresentou resultados diferentes com variação entre Ruim e Regular e em alguns trechos Péssimo, enquanto a Levantamento Visual Contínuo - LVC teve como resultado o conceito Regular para 65% e Ruim para 35% das estações inventariadas. Isso se deve ao alto número de trincas e remendos existentes na superfície do pavimento. Para a Via Expressa o IGG apresentou conceito Bom para 83% das estações inventariadas e o LVC apresentou conceito Ótimo para 63%. Logo se pode afirmar que a Av. Santos Dumont obteve o conceito de degradação Ruim, pelo método do IGG, e Regular, pelo método do LVC. Já para Via Expressa o conceito de degradação foi Bom, pelo IGG e Ótimo pelo LVC.

A divergência entre os conceitos dos métodos pode estar na forma de avaliação de cada um. Enquanto o IGG analisa uma superfície de 21 m² a cada 20 m, registrando a presença de defeitos e das medidas de trilhas de rodas, no método do LVC a avaliação é realizada de maneira contínua ao longo de todo pavimento, além disso, o LVC considera apenas três fatores de peso para os cálculos, enquanto o IGG considera oito fatores, um para cada ocorrência.

Apesar das considerações feitas para a aplicação das metodologias em vias urbanas, entre os dois métodos para a determinação da condição do pavimento, verificou-se que o IGG é mais completo, devido sua forma de aplicação, dos defeitos considerados e sistemática de cálculo.

Ressalta-se que para uma via de grande extensão a aplicação desse método é lenta, requerendo tempo de avaliação, principalmente quando se trata de uma via urbana onde o tráfego é intenso durante toda a semana, restando como opção, fazer o levantamento de campo apenas aos domingos e feriados.

Já para o LVC apesar do levantamento ser menos detalhado, é bem mais prático grandes extensões (exemplo, para rodovias) tendo menos restrições de dias utilizados para o levantamento de campo.

Concluiu-se que as metodologias utilizadas são adequadas à avaliação da condição superficial de pavimentos urbanos.

Como sugestão para trabalhos futuros, além a avaliação funcional do pavimento seja realizada avaliação estrutural para melhor caracterização da condição do pavimento.

REFERÊNCIAS

AASHTO. American Association of State Highway and Transportation Officials. ***Rough Roads Ahead, Fix Them Now or pay for later.*** USA. 2009.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materias, projetos e restauração.** São Paulo: Oficina de Texas, 2007.

BERNUCCI, L. B. et al. **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro: Abeda, 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT Rodovias.** Relatório gerencial, 2006. Disponível em:< [http://www.pesquisarodoviaras.cnt.org.br/Downloads/Edicoes//2006/Relatório Gerencial/Relatório Gerencial 2006. pdf](http://www.pesquisarodoviaras.cnt.org.br/Downloads/Edicoes//2006/Relatório_Gerencial/Relatório_Gerencial_2006.pdf)>. Acesso em: 15 de mar. 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT Rodovias.** Relatório gerencial, 2015. Disponível em:< [http://www.pesquisarodoviaras.cnt.org.br/Downloads/Edicoes//2015/Relatório Gerencial/ PESQUISA_CNT2015_3nov.pdf](http://www.pesquisarodoviaras.cnt.org.br/Downloads/Edicoes//2015/Relatório_Gerencial/PESQUISA_CNT2015_3nov.pdf)>. Acesso em: 15 de mar. 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT Rodovias.** Relatório gerencial, 2016. Disponível em:< [http://www.pesquisarodoviaras.cnt.org.br/RelatoriGeral/Pesquisa CNT \(2016\) - FINAL - WEB \(ALTA\).pdf](http://www.pesquisarodoviaras.cnt.org.br/RelatoriGeral/Pesquisa_CNT_(2016)_-FINAL_-WEB_(ALTA).pdf)>. Acesso em: 15 de mar. 2017.

DNIT. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Restauração de Pavimentos Rodoviários,** Publicação IPR-720, Ministério dos Transportes. DNIT, 2006.

DNIT NORMA 005/2003 - TER. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos: Terminologia.** Departamento Nacional de Infraestrutura de transporte. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

DNIT NORMA 006/2003 - PRO. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: Procedimento.** Departamento Nacional de Infraestrutura de transporte. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

DNIT NORMA 008/2003 - PRO. **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: Procedimento** Departamento Nacional de Infraestrutura de transporte. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

FERNANDES JUNIOR, J.L.; ODA, S.; ZERBINI, L.F. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos.** Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Transportes. (2003).

MARCON, A. F. **Contribuição ao Desenvolvimento de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina.** Tese (Doutorado) - Instituto tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, 1996.

MEDINA, J. D. **Mecânica dos Pavimentos.** Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1997

NOTÍCIAS. **Condições da pavimentação asfáltica nas vias públicas.** SENGE/MA, 2016, Disponível em: < <http://www.sengema.com.br/noticias/21871155/condicoes-da-pavimentacao-asfaltica-nas-vias-publicas/> >. Acesso em: 20 abr. 2017.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação rodoviária: Conceitos fundamentais sobre pavimento flexíveis.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Salomão Pinto, 2002.

SENÇO, WLASTERMILER DE. **Manual de técnicas de projetos rodoviários.** 1ª ed. São Paulo: PINI Ltda, 1929.

SITE PAULIFRESA.COM. **Serviços executados.**, 2017, Disponível em: < <http://www.paulifresa.com.br/pt-br/galeria/servicos-executados> >. Acesso em: 19 maio. 2017.

SITE COMTECHENGENHARIA.COM. **como escolher o tipo de pavimentação de vias públicas.**, 26/03/2017, Disponível em: < <http://comtechengenharia.com/comtechengenharia/2017/03/26/como-escolher-otipode-pavimentacao-de-vias-publicas/>>. Acesso em: 19 maio. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE 2 – FORMULÁRIO PARA O LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO

Formulário utilizado no Levantamento visual contínuo na Av. Santos Dumont

NORMA DNIT 008/2003 – PRO 8

Anexo B (normativo)

Formulário para o levantamento visual contínuo

MT											Folha
DNIT	Av. Santos Dumont										01
	Ext. PNV		Ext. EXEC		UNIT		Nº PISTA/LADO "2" D		MÊS/ANO		
Código PNV	Largura da Pista: _____										
Trecho do PNV	Largura do Acostamento: _____										
	Início _____					Fim _____					MR Nº _____
						VMD _____					MR Nº _____

SEGMENTO			FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										INF.COMPLEMENTARES		OBSERVAÇÕES			
Nº DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext	P	TRINCAS			DEFOR-MAÇÕES			OUTROS DEFEITOS			REV		ESP	IDADE	
	INÍCIO	FIM			TR	TJ	TB	AF	O	D	EX	E	ORIG				REST	
1					B	M	M	B	B									
2					B		M	B	M									
3					M		M		M									
4							B		M									A
5					B		B		B									M
6					B		M		M									M

P – Panela	AF – Afundamento	D – Desgaste do Pavimento	REST – Idade da última restauração
TR – Trinca Isolada	O – Ondulações	EX – Exsudação	REV – Tipo de Revestimento
TJ – Trinca Couro de Jacaré	E – Escorregamento do revestimento betuminoso	R – Remendo	ESP – Espessura do Revestimento
TB – Trinca em Bloco	ICPF – Índice de Condições	MR – Marco Rodoviário	ORIG – Idade do Pav. Original

Avaliadores _____

_____ /Anexo C

Anexo B (normativo)

Formulário para o levantamento visual contínuo

MT			Folha
DNIT	<i>Via Expressa</i>		01
			de
			01
Código PNV	Ext. PNV _____	Ext. EXEC _____	UNIT _____
Trecho do PNV	Nº PISTA/LADO <i>2/D</i>		MÊS/ANO <i>04/2017</i>
	Largura da Pista: _____		
	Largura do Acostamento: _____		
	Início _____	MR Nº _____	
	Fim _____	VMD _____	MR Nº _____

SEGMENTO			FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										INF.COMPLEMENTARES				OBSERVAÇÕES										
Nº DO SEG	ODÔMETRO/KM		Ext	P	TRINCAS			R	DEFOR-MAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			C	P	F		REV	ESP	IDADE							
	INICIO	FIM			TR	TJ	TB		AF	O	D	EX	E							ORIG	REST						
1						B						M															
2							B																				
3																											
4							B						B														
5								B		B																	

P – Painela	AF – Afundamento	D – Desgaste do Pavimento	REST – Idade da última restauração	Avaliadores <i>Rodrigo</i> <i>Recho</i>
TR – Trinca Isolada	O – Ondulações	EX – Exsudação	REV – Tipo de Revestimento	
TJ – Trinca Couro de Jacaré	E – Escorregamento do revestimento betuminoso	R – Remendo	ESP – Espessura do Revestimento	
TB – Trinca em Bloco	ICPF – Índice de Condições	MR – Marco Rodoviário	ORIG – Idade do Pav. Original	

APÊNDICE 3 – PLANILHA DE CÁLCULO DO IGG

Planilha usada para o cálculo do IGG da Av. Santos Dumont

DNIT 006/2003-PRO

8

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

Item	Natureza do defeito TLC, TLL, TRR	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Data:		Observações
						Estaca ou Quifômetro	Estaca ou Quifômetro	
RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) AV SANTOS DUMONT TRECHO: JISTRA DA DIREITA (AV. SÃO CRISÓSTOMO) C.B.O. COM REVESTIMENTO TIPO: SEMELHANTES.								
SUB-TRECHO: ESTACA 1 A 18								
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	11	8	44,444	0,2	30/04/17	01/08	18
2	(FC - 2) J, TB	2	2	11,111	0,5	1		
3	(FC - 3) JE, TBE	5	5	27,778	0,8			
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0		0,000	0,9			
5	O, P, E	2		11,111	1,0			
6	EX	0		0,000	0,5			
7	D	18		100,000	0,3			
8	R	0		0,000	0,6			
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 1,000	TRI = 2,722	F = 1,861	1A (X) 1B ()			
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 2,588	TRIV = 14,804	FV = 8,694	2A (X) 2B ()			
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 18	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG					88,954
1A) IGI = $\bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$				2A) IGI = \bar{FV} quando $\bar{FV} \leq 50$				Concelo
1B) IGI = 40 quando $\bar{F} > 30$				2B) IGI = 50 quando $\bar{FV} > 50$				Operator
								Cálculo
								Visto

/Anexo D

Concelo
R. O. M.
Rodrigo Lima

Planilha usada para o cálculo do IGG da Via Expressa

DNIT 006/2003-PRO

8

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA:		PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)					Data:	Folha:	Estaca ou Quiômetro	Estaca ou Quiômetro	Observações
Via Expressa		TRECHO: PISTA DA ESQUERDA (REMANESÇA - VITSE)					0	1/12	8	8	
		SUB-TRECHO: ESTACA 0 A 8 REVESTIMENTO TIPO:					Índice de gravidade individual				
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação						
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	10	7	77,77%	0,2		15,556				
2	(FC - 2) J, TB	0	0	0	0,5		0				
3	(FC - 3) JE, TBE	0	0	0	0,8		0				
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0			0,9		0				
5	O, P, E	0			1,0		0				
6	EX	0			0,5		0				
7	D	8			0,3		26,667				
8	R	0			0,6		0				
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 4,111	TRI = 1,444	F = 2,778	1A (X) 1B ()		3,704				
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREV = 6,361	TRIV = 2,278	FV = 4,319	2A (X) 2B ()		4,319				
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 9	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG				50,245			Conceito REGULAR	
1A) IGI = $\bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$		2A) IGI = \bar{FV} quando $\bar{FV} \leq 50$					Operator				
1B) IGI = 40 quando $\bar{F} > 30$		2B) IGI = 50 quando $\bar{FV} > 50$					Cálculo				
							Visto				

/Anexo D

APÊNDICE 4 – PLANILHA DE CÁLCULO E RESULTADOS DO LVC

Cálculo do IGGE para Av. Santos Dumont

NORMA DNIT 008/2003 – PRO

9

Anexo C (normativo)

Cálculo do IGGE

MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS IGGE - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO (CÁLCULO)	Folha <hr/> de <hr/>
<i>Av. Santos Dumont</i>		
Código PNV _____	Ext. PNV _____	UNIT _____
Nº PISTA/LADO _____		MÊS/ANO _____
Largura da Pista: _____		
Largura do Acostamento: _____		
Trecho do PNV	Início _____	MR Nº _____
	Fim _____	VMD _____
		MR Nº _____

Nº do Seg	SEGMENTO			TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			(F _t x P _t) +
	Km Início	Km Fim	Extensão	F _t %	P _t	F _t x P _t	F _{oap} %	P _{oap}	F _{oap} x P _{oap}	F _{pr} nº	P _{pr}	F _{pr} x P _{pr}	(F _{oap} x P _{oap}) + (F _{pr} x P _{pr}) = IGGE
1			400m	50	0,45	22,5	0	0	0	3	0,7	0,7	23,2
2			400m	40	0,45	18	0	0	0	3	0,8	2,4	20,4
3			400m	35	0,45	15,75	0	0	0	5	1	5	20,75
4			400m	55	0,65	35,75	5	0,6	3	5	1	5	43,75
5			400m	53	0,65	34,45	0	0	0	6	1	6	40,45
6			660m	30	0,45	13,5	0	0	0	1	0,7	0,7	14,2

/Anexo D

Resultado do LVC para Av. Santos Dumont

NORMA DNIT 008/2003 – PRO

10

Anexo D (normativo)

Quadro resumo

MT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS	Folha
DNIT		de
<i>Av. Santos Dumont</i>		

Código PNV _____ Ext. PNV _____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO _____ MÊS/ANO _____
 Início _____ MR Nº _____
 Trecho do PNV Fim _____ VMD _____ MR Nº _____

Nº do Seg	SEGMENTO			RESULTADOS					OBSERVAÇÕES
	Km Início	Km Fim	Extensão	ICPF	IGGE	IES			
						Valor	Cód.	Conceito	
1			400m	3	23,2	3	C	REGULAR	
2			400m	3	20,4	3	C	REGULAR	
3			400m	3,5	20,75	3	C	REGULAR	
4			400m	2,5	43,75	5	D	RUIM	
5			400m	2,5	40,45	5	D	RUIM	
6			660m	3,5	14,2	2	B	BOM	

ICPF - Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis

IGGE - Índice de Gravidade Global Expedito

IES - Índice do Estado da Superfície

_____ /Índice geral

Cálculo do IGGE para Via Expressa

NORMA DNIT 008/2003 – PRO

9

Anexo C (normativo)

Cálculo do IGGE

MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS IGGE - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO (CÁLCULO)	Folha de
<i>Via Expressa</i>		

Código PNV _____ Ext. PNV _____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO _____ MÊS/ANO _____

Largura da Pista: _____

Largura do Acostamento: _____

Trecho do PNV Início _____ Fim _____ VMD _____

MR Nº _____ MR Nº _____

Nº do Seg	SEGMENTO			TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			(F _i x P _i) +
	Km Início	Km Fim	Extensão	F _i %	P _i	F _i x P _i	F _{oap} %	P _{oap}	F _{oap} x P _{oap}	F _{pr} nº	P _{pr}	F _{pr} x P _{pr}	(F _i x P _i) + (F _{oap} x P _{oap}) + (F _{pr} x P _{pr}) = IGGE
1	0	1		1,0	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0,3
2	1	2		8	0,3	2,4	0	0	0	0	0	0	2,4
3	2	3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3	4		0	0	0	0	0	0	1	0,7	0,7	0,7
5	4	5		5	0,3	1,5	0	0	0	1	0,7	0,7	2,2

/Anexo D

Resultado do LVC para Via Expressa

NORMA DNIT 008/2003 - PRO

10

Anexo D (normativo)

Quadro resumo

MT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS	Folha
DNIT		de
<i>Via Expressa</i>		

Código PNV _____ Ext. PNV _____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO _____ MÊS/ANO _____
 Início _____ MR Nº _____
 Trecho do PNV Fim _____ VMD _____ MR Nº _____

Nº do Seg	SEGMENTO			RESULTADOS					OBSERVAÇÕES
	Km Início	Km Fim	Extensão	ICPF	IGGE	IES			
						Valor	Cód.	Conceito	
1	0	1		4	0	0	A	ÓTIMO	
2	1	2		5	2,4	0	A	ÓTIMO	
3	2	3		5	0	0	A	ÓTIMO	
4	3	4		3	0,7	1	B	BOM	
5	4	5		4	2,2	0	A	ÓTIMO	

ICPF - Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis

IGGE - Índice de Gravidade Global Expedite

IES - Índice do Estado da Superfície

_____ /Índice geral

APÊNDICE 5 - PLANTAS COM O ESTAQUEMANETO DAS VIAS