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

PEDRO HENRIQUE DE ARAUJO NUNES PEREIRA

AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM VIAS DE SÃO LUÍS - ESTUDO DE CASO: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA

São Luís
2017

PEDRO HENRIQUE DE ARAUJO NUNES PEREIRA

AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM VIAS DE SÃO LUÍS - ESTUDO DE CASO: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA

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. Dra. Maria Teresinha de Medeiros Coelho.

São Luís

2017

Pereira, Pedro Henrique de Araujo Nunes

Avaliação dos defeitos de pavimentos flexíveis em vias de São luís: estudo de caso: avenida Lourenço vieira da silva / – São Luís, 2017.

126f.

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

Orientador: Prof.ª. Dra. Maria Teresinha de Medeiros Coelho

1. Pavimentação asfáltica. 2.Patologia 3 Avaliação de pavimento. I. Título

CDU:624.011.74

PEDRO HENRIQUE DE ARAUJO NUNES PEREIRA

AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM VIAS DE SÃO LUÍS: ESTUDO DE CASO: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA

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

Aprovada em: 27 / 06 / 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof.ª Dra. Maria Teresinha de Medeiros Coelho(Orientadora)
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Sergio Roberto G. Pantoja
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Dr. Walter Canales Sant´Ana
Universidade Estadual do Maranhão

São Luís
2017

Aos meus pais, pelo incentivo, ensinamentos, força e motivação, e por sempre me apoiarem em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me dado forças e discernimento para fazer a escolha certa do curso que definiria minha vida, e por ter me acompanhado a enfrentar todos os momentos difíceis e ter me ajudado a nunca desistir.

Aos meus pais, Joel Nunes Pereira e Ana Maria Silva de Araujo, e à minha irmã Danielle de Araujo Nunes Pereira, e todos os familiares, pelo apoio, ajuda, dedicação, incentivo, compreensão, e, em especial, por todo o carinho ao longo deste percurso, e, também, por estarem sempre presentes em todos os momentos em que precisei.

Muito obrigada também a minha namorada, Marcela Silveira Soares, que compartilhou comigo esse momento, me dando apoio, carinho e incentivo.

Agradeço, aos meus amigos Rodrigo Rocha, Felipe Castro e Roni, a minha família e minha namorada que me ajudaram nos ensaios.

Agradeço, também, a todos os meus amigos de sala pela união, cumplicidade, ajuda, apoio e amizade, no decorrer da universidade, em especial à Lucas Ericeira, Matheus Soares, Victor Cubits e Victor Xavier.

Agradeço à minha orientadora, Prof.ª Maria Teresinha de Medeiros Coelho, por gentilmente ter me ajudado, me dando auxílio e orientação, e, me guiado no decorrer deste trabalho, me ensinando e dando todo o suporte necessário.

Agradeço, também, aos Prof. Thasso Colins Gonçalvez, que acompanhou o ensaio da viga Benkelman, dando todo o auxílio necessário.

Agradeço à Universidade Estadual do Maranhão, aos funcionários, aos professores que deixaram seus ensinamentos, e por toda a estrutura oferecida durante todo o período de formação.

Enfim, um muito obrigado a todos que me apoiaram em mais esta jornada!

“A persistência é o caminho do êxito”

Charles Chaplin

RESUMO

O objetivo principal da pavimentação é oferecer boas condições de trafegabilidade ao seu usuário, em qualquer época do ano e clima. Os defeitos mais comuns são trincas, os afundamentos com trilhas de rodas, os escorregamentos do revestimento, as panelas e remendos. Em São Luís, percebem-se várias avenidas com seus revestimentos em más condições. Dentro deste contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar os defeitos encontrados no pavimento asfáltico de São Luís, a partir de um estudo de caso em uma das vias com problemas nos revestimentos asfáltico, como a Av. Lourenço Vieira da Silva. Para isso foi feito uma avaliação do pavimento para identificar o grau de deterioração em que se encontrava a superfície através de um levantamento dos defeitos e causas, atribuindo indicadores numéricos que classificam seu estado geral, seguindo normas e procedimentos preconizados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, utilizando os métodos de cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG) padronizado pela norma DNIT 006/2003 – PRO – , a Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígido pelo cálculo do Índice de Gravidade Global Expedito, padronizado pela norma DNIT 008/2003 – PRO – Levantamento Visual Continuo (LVC), além do ensaio com a Viga Benkelman , padronizado pela norma DNER 024/94 – ME, para diagnosticar o estado de conservação estrutural do pavimento. O estado de conservação do pavimento da via em estudos por meio dos três métodos diferentes, mostrou má estado de conservação do pavimento necessitando de procedimentos para identificar soluções para recuperação da via. Pelos resultados obtidos, chegou-se à conclusão que funcionalmente o pavimento encontra-se em estado ruim em quase toda sua extensão, chegando a ficar péssimo em alguns trechos. Já no aspecto estrutural do pavimento, analisado por meio da viga, apenas alguns trechos foram considerados ruins.

Palavras-chave: Pavimento asfáltico, patologias, avaliação de pavimento.

ABSTRACT

The main objective of the pavement is to offer good conditions of traffic to its user, at any time of year and climate. The most common defects are cracks, sags with tracks of wheels, slip-ups of coating, pans and patches. In São Luís, several avenues are perceived with their coatings in bad conditions. In this context, the objective of this work was to evaluate the defects found in the asphalt pavement of São Luís, from a case study in one of the roads with problems in the asphalt coatings, such as Av. Lourenço Vieira da Silva. For this, an evaluation of the pavement was made to identify the degree of deterioration in the surface by means of a survey of the defects and causes, assigning numerical indicators that classify its general state, following norms and procedures recommended by the National Department of Transportation Infrastructure - DNIT, using the calculation methods of the Global Severity Index (IGG) standardized by standard DNIT 006/2003 - PRO -, the objective evaluation of the surface of flexible and semi-rigid pavements by calculation of the Expedito Global Severity Index, standardized by the DNIT standard 008/2003 - PRO - Continuous Visual Survey (LVC), in addition to the Benkelman Beam test, standardized by DNER 024/94 - ME, to diagnose the structural conservation status of the pavement. The conservation status of the roadway in studies using the three different methods showed poor conservation of the pavement, requiring procedures to identify solutions for road recovery. From the results obtained, it was concluded that functionally the pavement is in bad condition in almost all its extension, getting to be very bad in some stretches. In the structural aspect of the pavement, analyzed by means of the beam, only a few sections were considered bad.

Key words: Asphalt pavement, pathologies, pavement evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do pavimento rígido. 22
Figura 2 - Estrutura do pavimento flexível..... 22
Figura 3 - Trinca transversal..... 29
Figura 4 - Trincas isoladas curtas longitudinais (TLC). 30
Figura 5 - Trincas longitudinais longas (TLL). 30
Figura 6 – Trincas de retração em pavimento. 31
Figura 7 – Trincas tipo couro de jacaré de baixa deterioração. 32
Figura 8 - Trincas tipo couro de jacaré de média deterioração. 32
Figura 9 - Trincas tipo couro de jacaré de alta deterioração. 33
Figura 10 – Trincas em bloco de baixa deterioração. 33
Figura 11 – Trincas em bloco de média deterioração..... 34
Figura 12 - Trincas em bloco de alta deterioração. 34
Figura 13 - Afundamento por consolidação em trilha de roda (ATC). 35
Figura 14 - Afundamento por consolidação localizado (ALC). 36
Figura 15 - Afundamento plástico nas trilhas de roda ATP. 37
Figura 16 – Corrugação em pavimento. 38
Figura 17 – Ondulação em pavimento..... 38
Figura 18 – Escorregamento de massa. 39
Figura 19 - Escorregamento do revestimento. 39
Figura 20 – Exsudação em pavimento asfáltico. 40
Figura 21 - Detalhe de exsudação. 40
Figura 22 – Desagregação de baixa deterioração. 41
Figura 23 - Desagregação de média deterioração. 42
Figura 24 - Desagregação de alta deterioração. 42
Figura 25 - Panela de baixa deterioração. 43
Figura 26 - Panela de média deterioração. 43
Figura 27 - Panela de alta deterioração. 43
Figura 28 – Remendo bem executado. 44
Figura 29 - Remendo mal executado. 44
Figura 30 - Treliça metálica para medida dos afundamentos em trilha de roda..... 45
Figura 31 - Localização da Av. Lourenço Vieira da Silva. 51

Figura 32 - Vista do trecho inicial de estudo – rotatória da Av. Guajajaras. 52
Figura 33 - Vista do trecho final de estudo - rotatória (ao fundo). 52
Figura 34 – Vista da via em estudo. 53
Figura 35 - Trecho da via com remendos e acúmulo de água no 53
Figura 36 - Vista do tráfego na Av. Lourenço Vieira da Silva. 54
Figura 37 - Trecho da via próximo à ponte de concreto. 55
Figura 38 – Vista de trecho com alagamento ao longo da via. 55
Figura 39 – Estaqueamento e superfície para a avaliação dos defeitos em um trecho da via. 58
Figura 40 – Medida da flecha na trilha de roda em um trecho da via. 59
Figura 41 – Panela – 10 - Pista LE. 61
Figura 42 – ALP – Est. 03 - Pista LE. 61
Figura 43 - Remendo – Est. 20 - Pista LD. 62
Figura 44 – Trinca interligada – Est 18 - Pista LD. 62
Figura 45 - Viga Benkelman tradicional. 66
Figura 46 - Viga posicionada acima de uma mesa. 68
Figura 47 - Vibrador e extensômetro da viga. 68
Figura 48 - Extensômetro analógico e a ponta de prova da viga apoiados acima do prato da prensa CBR. 69
Figura 49 - Acionamento da manivela da prensa. 69
Figura 50 - Estaqueamento para o ensaio com a viga. 70
Figura 51 - Caminhão utilizado no ensaio. 71
Figura 52 - Carregamento do caminhão. 71
Figura 53 - Balança da empresa Aço Maranhão. 72
Figura 54 - Utilização da retroescavadeira para auxiliar na precisão. 72
Figura 55 - Resultado da pesagem. 73
Figura 56 - Introdução da ponta de prova da viga no meio da roda dupla. 74
Figura 57 - Soltando a trava de proteção. 75
Figura 58 - Ajustando o manípulo. 75
Figura 59 - Medição da temperatura do pavimento. 76
Figura 60 - Executando leitura inicial. 76
Figura 61 - Demarcação das distâncias para realização das leituras 77
Figura 62 - Execução da leitura final. 78
Figura 63 - Critérios para avaliação estrutural. 80

Figura 64 - Representação esquemática dos resultados da viga. 91
Figura 65 - Deformada da estaca 3. 91
Figura 66 - Deformada da estaca 11. 92
Figura 67 - Deformada da estaca 15. 92
Figura 68 - Deformada da estaca 23. 92
Figura 69 - Percentual de estações coincidentes. 95
Figura 70 - Percentual de estações coincidentes. 96
Figura 71 - Representação esquemática da comparação entre IGG e LVC 97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Níveis de serventia. 26
Quadro 2 - Frequência de Defeitos. 48
Quadro 3 - Valor do Fator de Ponderação. 60
Quadro 4- Conceitos de degradação do pavimento 61
Quadro 5 - Conceitos do ICPF. 64
Quadro 6 - IES - Índice do Estado da Superfície do pavimento. 65
Quadro 7 – Localização dos pontos 70
Quadro 8- Parâmetros do raio de curvatura 79
Quadro 9 - Intervalo de aceitação 81
Quadro 10 - Fator de Correção Sazonal – Fs. 81
Quadro 11 - Intervalos de confiança em função da relação entre os braços da viga 85
Quadro 12 - Critérios de aceitação e rejeição da viga. 88
Quadro 13 - Critérios de cálculo da constante da viga. 88
Quadro 14 - Condições de Superfície do Pavimento. 94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos resultados do IGG. 82
Tabela 2 - Resumo dos resultados do LVC da pista do lado direito..... 83
Tabela 3 - Resumo dos resultados do LVC da pista do lado esquerdo..... 84
Tabela 4 - Leituras no extensômetro da viga. 85
Tabela 5 - Resultados das relações entre extensômetros. 86
Tabela 6 - Temperatura da superfície do pavimento. 89
Tabela 7- Valores de deflexões máximas 90
Tabela 8 - Valores do Raio de Curvatura. 93
Tabela 9 - Valores da deflexão de projeto. 93
Tabela 10 - Comparação entre IGG e LVC – Pista direita. 95
Tabela 11- Comparação entre IGG e LVC – Pista esquerda. 96
Tabela 12 - Valores do raio de curvatura e deflexões de projeto e admissível 98

LISTA DE SIGLA E ABREVIAÇÕES

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

CBR – Índice de Suporte Califórnia

D – Desgaste

D_{adm} – Deflexão Admissível

D_p – Deflexão de Projeto

D_0 – Deflexão total ou máxima medida sob roda

$D_{0,25}$ – Deflexão recuperável a 25cm do ponto de aplicação da carga

DNER – Departamento Nacional de Estrada de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

E - Escorregamento

EX – Exsudação

FWD – Falling Weight Deflectometer

ICPF – Índice de Condição de Pavimento Flexíveis

IES – Índice de Estado de Superfície de Pavimento

IGG – Índice de Gravidade Global

IGGE – Índice de Gravida Global Expedito

J – Trinca de Jacaré

JE – Trinca de Jacaré com Erosão

L_0 – Leitura inicial do extensômetro

L_f – Leitura final do extensômetro

LVC – Levantamento Visual Continuo

ME – Método de Ensaio

O – Ondulação ou Corrugação

P – Panela

PRO - Procedimento

R - Remendo

TB – Trinca de Bloco

TBE - Trinca de Bloco com erosão

TLC - Trinca Longitudinal curta

TLL - Trinca Longitudinal longa

TRR – Trinca de Retração

TTC – Trinca Transversal Curta

TTL - Trinca Transversal longa

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão

VSA – Valor de Serventia Atual

Sumário

1 INTRODUÇÃO 18

2 JUSTIFICATIVA 19

3 OBJETIVOS 20

3.1 Objetivo Geral 20

3.2 Objetivos Específicos 20

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 21

4.1 Pavimento 21

4.1.1 Conceito 21

4.1.2 Tipos de pavimentos 21

4.1.2.1 Pavimento Rígido 21

4.1.2.1. Pavimento Flexível 22

4.2 Avaliação do pavimento 23

4.2.1 Avaliação estrutural dos pavimentos 23

4.2.2 Avaliação funcional dos pavimentos 25

4.2.3 Serventia 26

4.2.4 Irregularidade Longitudinal 27

4.3 Patologias do pavimento 27

4.3.1 Introdução 27

4.3.2 Terminologia e Tipos de Defeitos de Superfície 28

4.3.2.1 Fendas 28

4.3.2.1.1 Fissuras 28

4.3.2.1.2 Trincas 28

4.3.2.2 Afundamento 34

4.3.2.2.1 Afundamento por Consolidação 35

4.3.2.2.2 Afundamento Plástico 36

4.3.2.3 Ondulação ou Corrugação 37

4.3.2.4 Escorregamento 39
4.3.2.5 Exsudação 40
4.3.2.6 Desgaste 41
4.3.2.7 Panela 42
4.3.2.8 Remendo 44
4.3.2.8.1 Remendo Profundo 45
4.3.2.8.1 Remendo Superficial 45
4.4 Métodos de Avaliação dos pavimentos 45
4.4.1 Avaliação Objetiva de Superfície - IGG 45
4.4.2 Avaliação Objetiva Expedita de Superfície – LVC 47
4.4.3 Determinação das deflexões pela viga Benkelman 49
5 METODOLOGIA 50
5.1 Metodologia 50
5.2 Dados Gerais da Via de Estudo – Av. Lourenço Vieira da Silva 51
5.3 - Levantamento dos Defeitos Superficiais 57
5.3.1- Método preconizado na norma DNIT 006/2003 – PRO 57
5.3.2- Método preconizado na norma DNIT 008/2003 – PRO 62
5.4. Levantamento com a Viga Benkelman 65
5.4.1 Montagem da viga Benkelman 66
5.4.2 Aferição da Viga Benkelman 67
5.4.3 Demarcação das estacas 70
5.4.4 Carregamento e pesagem do caminhão 71
5.4.5 Execução do levantamento em campo 73
6. Resultados 82
6.1 Resultados da Avaliação Objetiva de Superfície – IGG 82
6.2 Resultados da Avaliação Objetiva Expedita de superfície – LVC 83
6.3 Resultados da avaliação em campo utilizando a viga Benkelman 85

6.3.1 Resultados da aferição da viga Benkelman 85

6.3.2 Resultados da avaliação em campo 88

6.4 Analise dos resultados obtidos e recomendações 93

7 CONCLUSÕES 99

REFERÊNCIAS 100

ANEXOS 102

APÊNDICES 109

1 INTRODUÇÃO

O objetivo principal da pavimentação asfáltica é garantir a trafegabilidade em qualquer época do ano e condições climáticas, e proporcionar aos usuários conforto ao rolamento e segurança (BERNUCCI, 2010). Ainda segundo essa autora, do ponto de vista do usuário, o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois os defeitos ou irregularidades nessa superfície são percebidos uma vez que afetam seu conforto.

Esses defeitos podem ocorrer de forma precoce, devido a erros ou inadequações, que levam a redução da vida de projeto, ou então à médio ou longo prazo, devido as cargas do tráfego e os efeitos das intempéries. Entre os erros ou inadequações temos: erro de projeto; erro ou inadequação construtivas; erro ou inadequação na seleção, na dosagem ou na produção de materiais; entre outros.

Para identificar o grau de deterioração em que se encontra um pavimento faz-se uma avaliação funcional através de um levantamento dos defeitos e causas, atribuindo indicadores numéricos que classifiquem seu estado geral, seguindo normas e procedimentos preconizados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT.

Para a avaliação estrutural do pavimento, utilizou-se os resultados obtidos no ensaio através da viga Benkelman, analisando a estado estrutural através dos resultados das deflexões e raios de curvatura.

Em São Luís, percebem-se várias avenidas com seus revestimentos em más condições ocasionando congestionamento no trânsito causado pela dificuldade de trafegar e, muitas das vezes, a sua interrupção. Dentro deste contexto, propõe-se neste estudo avaliar os defeitos encontrados no pavimento asfáltico de São Luís, por meio dos métodos de levantamento sistemático de defeitos e atribuição do índice de Gravidade Global (IGG) e Índice do Estado da Superfície do pavimento (IES), e pelo ensaio utilizando viga Benkelman, a partir de um estudo de caso. Dentre as diversas vias com problemas nos revestimentos asfáltico, tem-se a Av. Lourenço Vieira da Silva, que foi objeto de estudo nessa monografia.

2 JUSTIFICATIVA

O levantamento das patologias do pavimento tem como objetivo avaliar o estado de conservação dos pavimentos asfálticos e embasa o diagnóstico da situação funcional para identificar uma solução tecnicamente adequada e, em casos de maior deterioração, indicar a melhor ou melhores alternativas de restauração do pavimento.

Dentro desse contexto, é notório a importância da avaliação funcional do pavimento, pois através da avaliação podemos identificar o real estado de conservação do pavimento, e sugerir medidas de correção, e assim conseguir um pavimento com boa condição de rolamento, com conforto, economia e segurança.

Assim como a avaliação funcional é de extrema importância, a avaliação estrutural também possui uma importância significativa, pois através dela é possível identificar estado de conservação em relação a sua integridade estrutural.

O método de levantamento IGG, LVC e o ensaio com a viga Benkelman proporcionarão a identificação de um diagnóstico sobre o estado de conservação da Avenida Lourenço Vieira, e permitir indicar as melhores medidas de correção.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O estudo teve como objetivo avaliar os defeitos do pavimento flexível da avenida Lourenço Vieira da Silva a partir de dois métodos normatizados, estabelecendo o estado de conservação funcional do pavimento da via estudada, e avaliar o estado de conservação estrutural através do ensaio com a viga Benkelman, e assim propor medidas de correção.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar os defeitos de superfície do pavimento asfáltico na via em estudo;
- Elaborar o levantamento de campo dos defeitos superficiais do pavimento no trecho selecionado de estudo;
- Avaliar o estado de conservação do pavimento na área de estudo e diagnosticar sua situação funcional, através dos métodos do IGG e LVC;
- Avaliar o estado de conservação do pavimento na área de estudo e diagnosticar sua situação estrutural, através do ensaio com a viga Benkelman.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Pavimento

4.1.1 Conceito

Segundo Bernucci et al. (2010), o pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construídas sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

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 et al., 2001).

4.1.2 Tipos de pavimentos

O pavimento rodoviário, de acordo com Bernucci et al. (2010), classifica-se tradicionalmente em dois tipos básicos sendo eles rígidos e flexíveis.

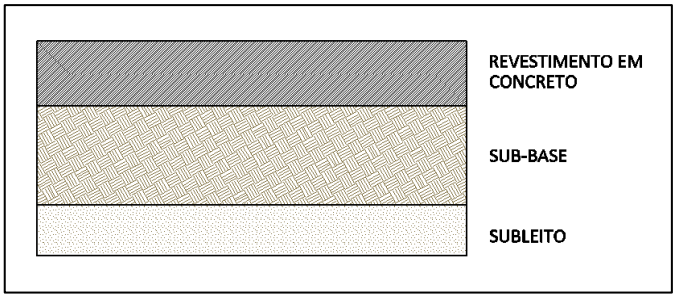
4.1.2.1 Pavimento Rígido

O pavimento rígido, usualmente denominado por pavimento de concreto, é aquele em que o revestimento é de concreto de cimento Portland. Nesses pavimentos a espessura do revestimento é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto (armadas ou não com barras de aço). Esse revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado (PINTO et al., 2001).

Bernucci et al. (2010), define o pavimento rígido como aquele em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland, onde nesses pavimentos a espessura é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes, podendo ser armadas ou não com barras de aço, sendo usual designar-se a subcamada desse pavimento como sub-base, já que a qualidade do material dessa camada equivale à sub-base de pavimentos asfálticos.

O pavimento rígido, são compostos por uma camada superficial de concreto de comento Portland, podendo ser armada ou não armada apoiada na sub-base e assentada sobre o subleito ou um reforço do subleito quando necessária, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Estrutura do pavimento rígido.



Fonte: Bernucci et al. (2010).

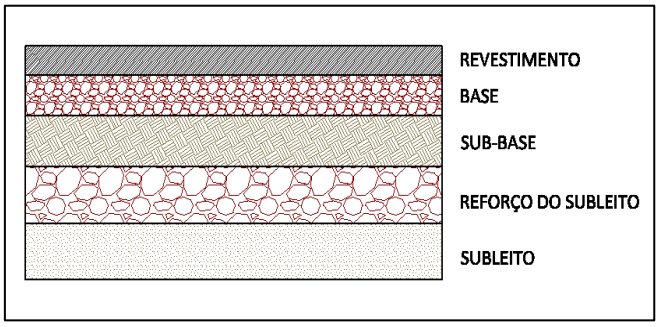
4.1.2.1. Pavimento Flexível

Os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligante asfálticos. É formado por quatro camadas principais: revestimentos asfálticos, base, sub-base e reforço do subleito (BERNUCCI et al, 2010).

Enquanto Pinto et al (2001) define pavimento flexíveis como pavimentos em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfáltico. Nesse tipo de pavimento todas as camadas sofrem uma deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalente entre as camadas.

Os pavimentos flexíveis, em geral são compostos por quatro camadas, sendo elas o revestimento asfáltico, apoiada sobre camadas de base, sub-base e de reforço, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Estrutura do pavimento flexível.



Fonte: Bernucci et al. (2010).

As principais características da camada de revestimento do pavimento flexível, segundo Bernucci et al. (2010) é que esta é a camada superior destinada a resistir diretamente

às ações do trafego e transmiti-las de forma atenuada as camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança). Segundo Pinto et al. (2001), é uma estrutura flexível consistente de uma mistura de agregados minerais e materiais betuminosos, sobreposto à camada de base.

A camada da base, de acordo com Pinto et al. (2001) tem como principal função fornecer suporte estrutural, ou seja, de resistir e transferir ao subleito todas as solicitações oriundas do tráfego. Sendo a mesma situada imediatamente abaixo do revestimento e acima da sub-base.

A sub-base é uma camada situada entre o reforço ou o próprio subleito e a camada de base da estrutura do pavimento. É usualmente distinguida da camada de base pelas menores exigências em termos de resistência, plasticidade e graduação dos materiais que as constituem (PINTO et al., 2001).

A camada de reforço do subleito é a camada situada acima do subleito e abaixo da sub-base, podendo ou não ser executada, dependendo da qualidade do subleito. Sendo assim, Pinto et al. (2001) define que o reforço do subleito é a camada executada em locais onde o subleito é de má qualidade, ou de regulares condições associado a um tráfego intenso e pesado, definida no dimensionamento do pavimento, fazendo parte deste e que, por circunstâncias técnico-econômicas, é executada sobre o subleito regularizado.

Quanto ao subleito, destacamos que o mesmo tem a função de acomodar as camadas do pavimento, funcionando como a fundação do pavimento.

Ressalta-se que este trabalho tem como estudo de caso uma via com pavimento flexível.

4.2 Avaliação do pavimento

As avaliações estruturais e funcionais dos pavimentos são processos em que se obtém o real estado de conservação do pavimento, identificando assim se o pavimento precisa de manutenção, reconstrução, se está de acordo com o projeto, e se foi bem executado.

4.2.1 Avaliação estrutural dos pavimentos

Segundo o Manual de Restauração do DNIT (2006), o desempenho estrutural de um pavimento refere-se à capacidade de um pavimento em manter sua integridade estrutural, sem apresentar falhas significativas.

Segundo RODRIGUES (1995), a condição estrutural de um pavimento denota sua capacidade de resistir à deterioração provocada pela passagem das cargas do tráfego. Assim, um retrato completo da condição estrutural de um pavimento deve ser composto pelos seguintes elementos:

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

As deformações causadas no pavimento podem ser classificadas como permanentes e recuperáveis, sendo a permanentes aquelas que permanecem mesmo após cessar o efeito de atuação de carga do tráfego. Já as recuperáveis são aquelas que se recuperam após cada carregamento.

Existem dois processos para avaliação estrutural de pavimentos, por meio do ensaio destrutivo e do ensaio não destrutivos.

Um método destrutivo é aquele que investiga a condição estrutural de cada camada que compõe o pavimento por abertura de trincheiras ou poços de sondagem, permitindo recolher amostras de cada material até o subleito e realizar ensaios de capacidade de carga *in situ*. Pela própria memória natureza destrutiva só pode ser empregada em alguns poucos pontos selecionados como representativos de cada segmento a ser avaliado (BERNUCCI et al, 2010).

O método não destrutivo é baseado no levantamento deflectométrico, ou seja, medir a deformação causada pela ação do tráfego.

Segundo BERNUCCI et al. (2010) por meio do uso da viga Benkelman e do FWD, onde são medidos os seguintes parâmetros:

- Deflexão máxima: deslocamento sob o centro da carga (FWD) ou sob o centro das rodas duplas de um eixo simples (viga Benkelman), sendo a deflexão normalmente expressa em 10^{-2}mm (d0).
- Raio de curvatura: círculo ou arco de parábola que passa por dois pontos da deformada (viga Benkelman), normalmente sob a carga e a 25mm do centro da mesma(d0 e d25).
- Deformada, bacia deflectometrica ou bacia de deformação: medidas dos deslocamentos elásticos ou recuperáveis em vários pontos a partir do centro do carregamento (d0, d25, d50 etc.).

4.2.2 Avaliação funcional dos pavimentos

Segundo BERNUCCI et al. (2010) a avaliação funcional de um pavimento relaciona-se à apreciação da superfície dos pavimentos e como este estado influencia no conforto ao rolamento.

Todo pavimento tem como objetivo primordial proporcionar aos usuários uma boa condição de rolamento, com conforto, segurança e economia, mantendo uma superfície com uma serventia adequada, para que possa evitar uma ruptura funcional.

A avaliação funcional trata justamente sobre essa boa condição de rolamento, com conforto, economia e segurança. São feitos levantamentos relacionados aos vários fatores que podem contribuir para a perda de conforto e da qualidade do rolamento do ponto de vista do usuário.

De acordo com o DNIT 2006, para a avaliação do estado funcional de um pavimento, ou a serventia por ele externada, torna-se fundamental definir o tipo dos defeitos superficiais representativos e fazer o seu levantamento, que podem ser através de duas técnicas distintas:

- A técnica das avaliações subjetivas, que permitem definir o estado de degradação do pavimento a partir de conceitos qualitativos (alfanuméricos);
- A técnica de avaliações objetivas, que permite expressar a degradação do pavimento através de quantificação numérica e da distribuição de severidade das diversas manifestações de ruina.

A análise subjetiva fornece o estado de deterioração do pavimento analisando um parâmetro conhecido como Valor de Serventia Atual – VSA, que foi o primeiro processo para fornecer indicadores da avaliação funcional dos pavimentos. Esse parâmetro consiste em uma atribuição numérica de 0 a 5, que classifica o conforto do pavimento.

Já na análise objetiva, existem duas normas que regem esse procedimento no Brasil. O índice de gravidade global – IGG normalizado pelo procedimento DNIT 006/2003 é o mais utilizado no Brasil. Existe também o Levantamento visual continuo – LVC, normalizado pelo procedimento DNIT 008/2003. A avaliação objetiva consiste em um processo de definir uma serventia, através do inventário de todos os defeitos superficiais e geométrico encontrados no pavimento.

4.2.3 Serventia

Serventia foi o primeiro método estabelecido para determinação da avaliação funcional. O valor da serventia consiste em uma atribuição numérica, que varia de 0 a 5 de acordo com as condições do pavimento, dada pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de veículo trafegando por determinado trecho da rodovia. O Quadro 1 mostra os cinco níveis de serventia, sendo também adotada no país pelo DNIT 009/2003-PRO (BERNUCCI et al. 2010).

Quadro 1 - Níveis de serventia.

Padrão de conforto ao rolamento	Avaliação (faixa de notas)
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: DNIT (2003).

Segundo BALBO (2007), o conceito de serventia, em seu mais amplo sentido, considera a segurança do usuário uma das finalidades dos pavimentos; contudo, a forma de

medida dessa condição de ruptura, ou seja, a medida de serventia ou do VSA, não permite, nem ao menos implicante, a consideração das condições de aderência entre pneu e pavimento.

Um pavimento se bem executado, começa seu ciclo de vida com uma serventia considerada ótima, porem ao logo do tempo ela vai diminuindo pelo processo de deterioração do pavimento, sendo necessário uma manutenção quando a serventia diminuir demais.

4.2.4 Irregularidade Longitudinal

A irregularidade longitudinal é o somatório dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico que afeta a dinâmica do veículo, o efeito dinâmico das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem superficial da via. Existe um índice internacional para a medida da irregularidade, designado de IRI – international roughness index (índice de irregularidade internacional) que é um índice estatístico, expresso em m/km, que quantifica os desvios da superfície do pavimento em relação à de projeto (BERNUCCI et al, 2010).

A medição da irregularidade longitudinal é feita através de uma linha imaginaria, sendo ela paralela ao eixo da estrada, e em sua grande maioria coincidindo com as regiões de trilhas de rodas.

Em relação aos equipamentos utilizados BERNUCCI et al. (2010) diz que:

> A irregularidade pode ser levantada com medidas topográficas ou por equipamentos medidores do perfil longitudinal com ou sem contato, ou ainda indiretamente avaliada por equipamentos do tipo “resposta”, que fornecem um somatório de desvios do eixo de um veículo em relação à suspensão. Essa terminologia se deve ao fato desses equipamentos medirem mais o efeito da irregularidade nos veículos do que propriamente a irregularidade. Têm sido empregadas diversas classificações de equipamentos, dependendo do tipo e princípio utilizado para o levantamento.

4.3 Patologias do pavimento

4.3.1 Introdução

Os defeitos de superfície dos pavimentos podem ser classificados de acordo com a terminologia normatizada pelo DNIT 005/2003: defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos: terminologia, onde esses danos ou deteriorações podem ser perceptíveis a olho nu e serem classificados seguindo a norma supramencionada.

Bernucci et al. (2010) destaca que o levantamento dos defeitos de superfície tem por finalidade avaliar o estado de conservação dos pavimentos asfálticos, identificando um diagnóstico da situação funcional para definir uma solução tecnicamente adequada e, em alguns casos, encontrando a melhor alternativa de restauração do pavimento.

Portanto, a norma DNIT 005/2003 define oito tipos de terminologias de defeitos, sendo elas: fendas (F); afundamento (A); ondulação ou corrugação (O); escorregamento (E); exsudação (EX); desgaste (D); panela ou buraco (P); remendo (R).

4.3.2 Terminologia e Tipos de Defeitos de Superfície

4.3.2.1 Fendas

Segundo a norma DNIT 005/2003 fendas significa qualquer descontinuidade na superfície do pavimento que conduza a aberturas de menor ou maior porte, sendo classificadas como fissuras e trincas.

4.3.2.1.1 Fissuras

Segundo Bernucci et al (2010) fissuras são definidas como aberturas na superfície asfáltica, em que abertura é perceptível a olho nu apenas à distância inferior a 1,5 metros, e podem ser classificadas de acordo com sua gravidade:

Classe 1: fendas com abertura não superior a 1 milímetros.

Classe 2: fendas com abertura superior a 1 milímetros.

Classe 3: fendas com abertura superior a 1milímetros e desagregação ou erosão junto as bordas.

4.3.2.1.2 Trincas

Segundo Bernucci et al. (2010) trincas são definidas como aberturas na superfície asfáltica, em que abertura é superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

a) Trincas Isoladas:

- **Trincas transversais**: Consiste em conjunto de trincas perpendiculares ao eixo longitudinal do pavimento (Figuras 3), que podem ser causadas por diversos fatores como: contração do revestimento asfáltico, devido à variação da temperatura e/ou

perda de viscosidade do CAP; e trincas de reflexão oriundas de movimento de placas de concreto de cimento Portland. E podem ser corrigidas fazendo selagem das trincas com lama asfáltica ou fazendo fresagem sobre a área afetada e executando um novo revestimento (RODRIGUES et al., 2008). Segundo a norma DNIT 005/2003 quando a trinca apresentar extensão de até 100 centímetros é denominada trinca transversal curta. Quando a extensão da trinca for superior a 100 centímetros denomina-se trinca transversal longa.

Figura 3 - Trinca transversal.

Fonte: A Tribuna – São Paulo, 2011.

- **Trincas longitudinais**: Consiste em trinca única ou um conjunto de trincas no sentido longitudinal ao eixo da rodovia, que podem ser causadas por diversos fatores como: ligação inadequada entre camadas lançadas consecutivamente para formar as faixas de tráfego; recalque das camadas abaixo do revestimento; e trincas de reflexão devido ao movimento de placas de concreto de cimento Portland. E podem ser corrigidas fazendo selagem das trincas individualmente ou fazendo aplicação de selante (emulsão asfáltica) em toda área afetada (RODRIGUES et al., 2008). Segundo a norma DNIT 005/2003, quando a trinca apresentar extensão de até 100 centímetros é denominada trinca longitudinal curta (Figura 4). Quando a extensão da trinca for superior a 100 centímetros denomina-se trinca longitudinal longa (Figura 5).

Figura 4 - Trincas isoladas curtas longitudinais (TLC).

Fonte: Bernucci et al. (2010).

Figura 5 - Trincas longitudinais longas (TLL).

Fonte: Bernucci et al. (2010).

- **Trincas de retração:** Segundo a norma DNIT 005/2003, trinca de retração é uma 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. Enquanto Bernucci et al (2010), são trincas decorrentes de reflexão de trincas de placas de concreto de cimento Portland ou de trincas preexistentes (Figura 6).

Figura 6 – Trincas de retração em pavimento.

Fonte: Bernucci et al. (2010).

b) Trincas Interligadas

- **Trinca tipo Couro de Jacaré:** Consiste em conjunto de trincas transversais e longitudinais interligadas formando blocos com orientações variadas, com ângulos agudos e lados variados, podendo ser causadas por diversos fatores como: contração da capa asfáltica devido à variação de temperatura; material do revestimento que apresenta baixa viscosidade; deformações repetidas provocadas pelas cargas de tráfego; e instabilidade das camadas inferiores e/ou espessura do revestimento insuficiente (Figuras 7 a 9). Estas trincas podem ser corrigidas com execução de revestimento sobre a área afetada com mistura asfáltica, com resistência adequável as solicitações impostas pelo tráfego ou fresagem, e execução de um remendo profundo (RODRIGUES et al., 2008).

- **Trincas em blocos:** Consiste em um conjunto de trincas interligadas que formam blocos de aproximadamente 0,1m² a 10m² de área (Figura 10 a 12). São classificados como Trincas Transversais e Longitudinais interligadas, podendo ser causadas por diversos fatores como: contração da capa asfáltica, em função da alternância diária

de temperatura; e baixa resistência à tração da mistura asfáltica. E podem ser corrigidas com selagem de trincas com lama asfáltica ou fresagem sobre a área afetada e execução de um remendo profundo (RODRIGUES et al, 2008).

Figura 7 – Trincas tipo couro de jacaré de baixa deterioração.

Fonte: Rodrigues et al. (2008).

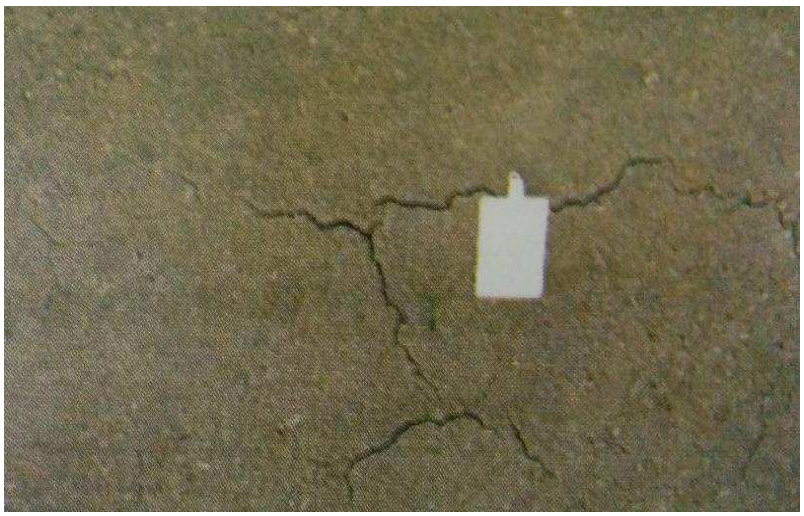
Figura 8 - Trincas tipo couro de jacaré de média deterioração.

Fonte: Rodrigues et al. (2008).

Figura 9 - Trincas tipo couro de jacaré de alta deterioração.

Fonte: Rodrigues et al. (2008).

Figura 10 – Trincas em bloco de baixa deterioração.



Fonte: Rodrigues et al. (2008).

Figura 11 – Trincas em bloco de média deterioração.

Fonte: Rodrigues et al. (2008).

Figura 12 - Trincas em bloco de alta deterioração.

Fonte: Rodrigues et al. (2008).

4.3.2.2 Afundamento

Segundo a norma DNIT 005/2003 afundamento consiste em uma deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

Quanto as medidas corretivas para os tipos de afundamento Rodrigues et al. (2008) destaca a necessidade de realizar a reconstrução e recompactação das camadas inferiores a

superfície afetada; se necessário, a execução de equipamentos de drenagem; ou ainda, a execução de um revestimento com mistura adequável às características de tráfego.

4.3.2.2.1 Afundamento por Consolidação

Ocorre quando as depressões ocorrem por densificação diferencial, podendo ser localizada quando a extensão não supera 6 metros, ou longitudinal nas trilhas de rodas (Figura 13) no caso que exceda 6 metros de extensão (BERNUCCI et al., 2010). As principais causas desses afundamentos em trilhas de rodas são decorrentes da densificação dos materiais do revestimento ou ruptura do por cisalhamento e má compactação das camadas inferiores e do revestimento durante a construção (RODRIGUES et al., 2008). Já no afundamento localizado (Figura 14) as causas mais prováveis segundo Bernucci et al (2010) são problemas ou deficiências construtivas e falhas de compactação.

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

Fonte: Bernucci et al. (2010).

Figura 14 - Afundamento por consolidação localizado (ALC).

Fonte: Bernucci et al. (2010).

4.3.2.2.2 Afundamento Plástico

Segundo a norma do DNIT 005/2003, afundamento plástico (Figura 15) é causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 metros é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6 metros e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda. As principais causas do afundamento plástico consistem segundo Bernucci et al (2010) em falha na dosagem de mistura asfáltica - excesso de ligante asfáltico; e falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante.

Figura 15 - Afundamento plástico nas trilhas de roda ATP.

Fonte: Bernucci et al. (2010).

4.3.2.3 Ondulação ou Corrugação

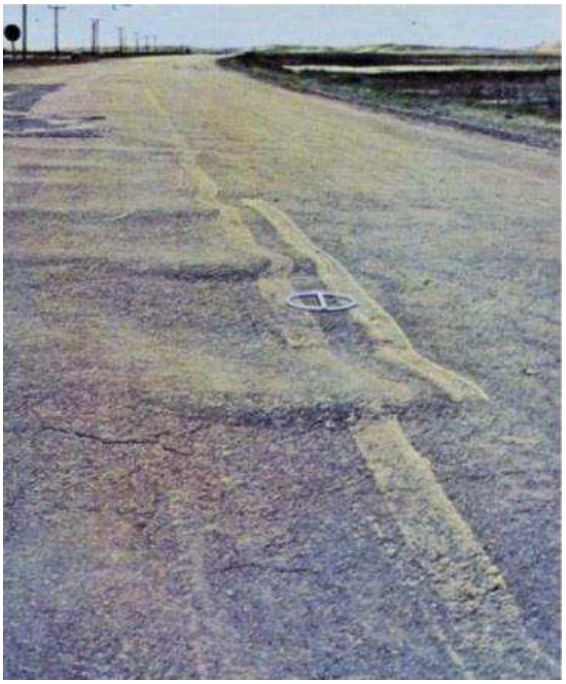
As corrugações são deformações transversais ao eixo da pista, em geral compensatórias, com depressões intercaladas de elevações, com comprimento de onda entre duas cristas de alguns centímetros ou dezenas de centímetros (Figura 16). As ondulações são também deformações transversais ao eixo da pista, em geral decorrentes da consolidação diferencial do subleito, diferenciadas da corrugações pelo comprimento de onda entre duas cristas da ordem de metros (Figura 17). Ambas são classificadas pela letra O na norma brasileira, embora sejam decorrentes de fenômenos diferentes (BERNUCCI et al., 2010).

Uma das principais causas da corrugação segundo Bernucci et al (2010) é devido à fluência da massa asfáltica – comprimento de onda em ordem de centímetros, já a ondulação é causada por adensamento diferencial do subleito que provoca comprimento de onda em ordem de metros.

Figura 16 – Corrugação em pavimento.

Fonte: Bernucci et al. (2010).

Figura 17 – Ondulação em pavimento.



Fonte: DNIT 2003.

4.3.2.4 Escorregamento

Escorregamento (Figura 18 e 19) consiste em uma distorção caracterizada pela formação de deslocamentos transversais do revestimento asfáltico. Ocorre em locais de frenagem, aceleração, em curvas e intercessões de vias. Podem ser causados por má dosagem experimental da mistura asfáltica; excesso de ligante, umidade excessiva das camadas inferiores e revestimentos; ou fraca ligação entre a base e o revestimento e cura insuficiente das misturas que compõem o revestimento. Algumas medidas corretivas podem ser feitas como: corte e retirada do revestimento; fresagem a frio e uso de lama asfáltica e execução de um novo revestimento (RODRIGUES et al., 2008).

Figura 18 – Escorregamento de massa.

Fonte: Bernucci et al. (2010).

Figura 19 - Escorregamento do revestimento.

Fonte: Bernucci et al. (2010).

4.3.2.5 Exsudação

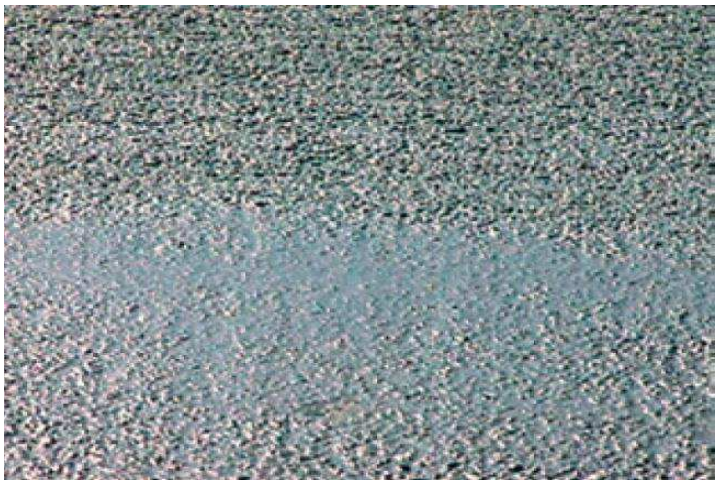
A exsudação (EX) é caracterizada pelo surgimento de ligante em abundância na superfície, como manchas escurecidas, decorrente em geral do excesso do mesmo na massa asfáltica (BERNUCCI et al., 2010).

Já a norma do DNIT 005/2003 define exsudação como Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento, como mostra nas Figuras 20 e 21.

Figura 20 – Exsudação em pavimento asfáltico.

Fonte: Moura. (2004).

Figura 21 - Detalhe de exsudação.



Fonte: Bernucci et al. (2010).

As principais causas segundo Bernucci et al. (2010) para esse defeito consiste em falhas de dosagem provocando excesso de ligante em alguns pontos ou de maneira generalizada; pode ocorrer por segregação de massa, com concentração de ligante em alguns pontos e falta em outros; ou ainda por cravamento de agregados em base e ascensão de ligante à superfície.

4.3.2.6 Desgaste

Desgaste consiste no desprendimento dos agregados do revestimento asfáltico (Figuras 22 a 24). Esse defeito pode ser causado por diversos problemas como: falta de adesividade entre agregado e o CAP; teor de CAP insuficiente, oxidação prematura do CAP devido ao aquecimento inadequado durante a mistura na usina; baixa resistência a abrasão dos agregados; e execução do revestimento sob condições climáticas não satisfatórias. Podendo ser corrigido por algumas medidas corretivas como: limpeza da superfície e aplicação de ligante asfáltico; ou retirada do revestimento asfáltico da área afetada (RODRIGUES et al., 2008).

Figura 22 – Desagregação de baixa deterioração.

Fonte: Rodrigues et al. (2008).

Figura 23 - Desagregação de média deterioração.

Fonte: Rodrigues et al. (2008).

Figura 24 - Desagregação de alta deterioração.

Fonte: Rodrigues et al. (2008).

4.3.2.7 Panela

A panela (P) ou buraco é uma cavidade no revestimento asfáltico, podendo ou não atingir camadas subjacentes (BERNUCCI et al., 2007), como mostram as Figuras 25 a 27. Segundo Rodrigues et al. (2008) as principais causas das panelas são: deteriorações no revestimento devido as trincas por fadiga; desagregação localizada na superfície do pavimento; e má adesividade entre o revestimento e a camada inferior, podendo ser corrigida com medidas como: limpeza do buraco; corte em forma retangular da área afetada; remoção de agua

existente; preenchimento com pré-mistura a frio; compactação com placa vibratória e regularização do sistema de drenagem.

Figura 25 - Panela de baixa deterioração.

Fonte: Rodrigues et al. (2008).

Figura 26 - Panela de média deterioração.

Fonte: Rodrigues et al. (2008).

Figura 27 - Panela de alta deterioração.

Fonte: Rodrigues et al. (2008).

4.3.2.8 Remendo

O remendo (R) é um tipo de defeito apesar de estar relacionado a uma conservação da superfície e caracteriza-se pelo preenchimento de panelas ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica (BERNUCCI et al., 2010).

Segundo a norma 005/2003, remendo é uma panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco”, e pode ser dividida em remendo profundo e superficial.

As Figuras 28 e 29 mostram detalhes de pavimento com a execução de remendo bem executada e mal executada, respectivamente.

Figura 28 – Remendo bem executado.

Fonte: Bernucci et al. (2010).

Figura 29 - Remendo mal executado.

Fonte: Bernucci et al. (2010).

4.3.2.8.1 Remendo Profundo

Aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Usualmente, apresenta forma retangular.

4.3.2.8.1 Remendo Superficial

Correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa.

4.4 Métodos de Avaliação dos pavimentos

4.4.1 Avaliação Objetiva de Superfície - IGG

O Índice de Gravidade Global (IGG), derivado do "Severity Index" utilizado no Canadá pelo “Saskatchewan Department of Highways and Transportation”, e adaptado pelo Engenheiro Armando Martins Pereira, para as condições de pavimentos brasileiros, é calculado com base nas instruções da Norma DNIT 006/2003-PRO (DNIT, 2006). A descrição a seguir está baseada no conteúdo dessa norma.

O cálculo do IGG é obtido a partir de um levantamento dos defeitos onde são utilizadas planilhas para anotações das ocorrências observadas. Também, faz-se necessário a demarcar as estacas na área de estudo, e uma treliça metálica de base igual a 1,20 m (Figura 30), utilizada para determinar a medida da profundidade do afundamento nas trilhas de roda.

Figura 30 - Treliça metálica para medida dos afundamentos em trilha de roda.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

O IGG permite classificar o estado geral de um determinado trecho homogêneo de pavimento, em função da incidência de defeitos de superfície. Ele é um indicador das condições do pavimento, muito útil para a tomada de decisões quanto às intervenções de restauração necessárias, atribuindo-lhe conceitos variáveis podendo ser: ótimo, bom, regular, regular, ruim e péssimo. Maiores detalhes estão apresentados no item 5.3.1.

O método do IGG consiste no levantamento dos defeitos do pavimento e das flechas de trilhas de roda. A sistemática de cálculo do IGG é baseada na atribuição de fatores de ponderações de cada defeito, e a frequência relativa de estações com ocorrência de cada defeito, assim como a análise estatística das flechas de trilha de rodas.

O IGG não é determinado para toda a área da pista, mas de forma amostral para algumas estações com área e distância definidas pelo DNIT. Em caso de pista simples as estações são distanciadas a cada 20 metros alternando as faixas, portanto a distância a cada faixa será 40 metros. Já em pista dupla as estações serão afastadas de 20 metros, na mesma faixa de trafego, que geralmente é a externa por ser a mais crítica.

A superfície de avaliação corresponde a 3 metros antes e 3 metros depois a demarcação da estaca, e pelo eixo da pista de rolamento, para pista simples, ou eixo de separação de faixa para pista dupla. Sendo assim cada estação corresponde a uma área de 21m² (6m x 3,5m). Com isto, podemos concluir que o processo implica em analisar 15% da área total do pavimento analisado.

Em cada estação, um técnico com conhecimento sobre os diferentes tipos de defeito de pavimentação anota em uma planilha (Anexo 2) encontrada na norma DNIT 006/2003 –PRO - todos os defeitos definidos pela norma DNIT 005/2003- TER (Anexo 1). É importante ressaltar que não interessa a quantidade de cada tipo de defeito, e sim a sua ocorrência ou não.

Os afundamentos nas trilhas de roda externa e interna são mensurados com auxílio da treliça metálica, munida de uma régua graduada (a qual se se desloca verticalmente na sua região central), o técnico deverá medir a flecha de roda externa e interna em milímetros de cada estação e anotar na planilha.

De posse dos dados levantados, será feito um estudo de forma a subdividir em trechos homogêneos que possuam as mesmas características ou defeitos. Em seguida, deve-se

determinar a frequência absoluta e a relativa de cada defeito, assim como a média aritmética e a variância das flechas de trilha de roda.

Cada defeito existente na norma DNIT 005/2003- TER possui um peso ou fator de ponderação, que mostra sua maior ou menor importância no que se refere à serventia. A multiplicação da frequência relativa pelo fator de segurança resulta no índice no Índice de Gravidade Individual (IGI). O somatório do IGI resulta no IGG. Os cálculos desses índices são feitos utilizando a planilha apresentada no Anexo 3, deste relatório.

4.4.2 Avaliação Objetiva Expedita de Superfície – LVC

O Levantamento Visual Continuo (LVC) tem como objetivo caracterizar o pavimento com relação ao estado de conforto ao rolamento, de forma rápida.

A norma DNIT 008/2003 – PRO, trata do Levantamento Visual Contínuo (LVC) e fixa os procedimentos exigíveis na avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos base na determinação do valor do ICPF - Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis ou semirrígidos, ao mesmo tempo em que proporciona também as informações necessárias para o cálculo do IGGE - Índice de Gravidade Global Expedito e do IES - Índice do Estado de Superfície.

Neste método, segundo a norma DNIT 008/2003 – PRO, o veículo deve ser conduzido a uma velocidade de aproximadamente 40 Km/h percorrendo a rodovia em um único sentido em caso de pista simples, sendo que esse sentido será sempre o sentido do PNV. No caso de rodovias com duas pistas, de cada lado, o levantamento será feito para cada pista em separado. Tanto para pista simples como para pista dupla leva-se em consideração simultaneamente as duas ou mais faixas de rolamento.

A divisão do trecho em segmentos será feita de forma que o mínimo seja de 1 km e o máximo de 6 km. É preferível adotar segmentos com 1km de extensão, podendo ser maior que 1 km em casos que se tenha total segurança da homogeneidade dos defeitos ao longo do segmento, e podendo ser menor em casos de final do trecho do PNV ou em casos de mudança brusca no estado de conservação.

Para o preenchimento do formulário é preciso observar alguns dados como:

- Número do segmento
- Odômetro (início e fim)

- Quilometro (início e fim)
- Extensão
- Frequência de defeitos: é registrado o código “A”, “M” ou “B” conforme a estimativa da qualidade e da porcentagem de ocorrência do defeito avaliada pela tabela 1.
- ICPF: é assinalado somente o valor do “Índice da Condição do Pavimento Flexível”, o qual é estimado com base na avaliação visual do pavimento, classificando a superfície do segmento segundo os conceitos mostrados no Quadro 2, tendo em vista a aplicabilidade das medidas de manutenção determinadas pelo profissional avaliador. A precisão do valor do índice estimado será de aproximadamente 0,5.

Quadro 2 - Frequência de Defeitos.

Panelas (P) e Remendos (R)		
Código	**Frequência**	**Quant./km**
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 – 5
B	Baixa	≤ 2
Demais Defeitos		
Código	**Frequência**	**Quant./km**
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 – 10
B	Baixa	≤ 10

Fonte: DNIT 006/2003.

- Informações complementares - deve ser informado o Tipo de Revestimento - REV, a Espessura de Revestimento - ESP, a Idade original do pavimento (idade do pavimento) - ORIG e a Avaliação subjetiva de sua Vida Restante se possível - REST.

Após o preenchimento são feitos os cálculos para descobrir o ICPF e IGGE, após ter conhecimento dos valores do ICPF e IGGE é possível descobrir o valor do IES, e assim identificar o estado de conservação da área analisada.

4.4.3 Determinação das deflexões pela viga Benkelman

Segundo a norma DNER 024/94 – ME, a viga Benkelman consiste em um equipamento aplicado para determinação de deflexões em pavimento rodoviário, visando conhecimento da capacidade estrutural do pavimento.

A viga Benkelman consiste de um equipamento muito simples que necessita de um caminhão com eixo traseiro simples de roda dupla carregado com 8,2t, para aplicar a carga sob a qual será medida a deformação elástica (BERNUCCI et al, 2010).

FERREIRA (2007) classifica a viga Benkelman como um equipamento de baixo custo e versatilidade, mais fácil de adquirir e colocar a disposição de estudos e obras. A sua operação é simples e facilmente se consegue capacitar o pessoal para seu manejo, baseado sempre em metodologias de fácil obtenção, normalizadas por praticamente todas as entidades.

BERNUCCI et al (2010) faz uma consideração importante sobre o tipo de equipamento empregado, ele afirma que: É um procedimento trabalhoso e de pouca precisão quando realizado com a viga convencional, mas hoje é possível encontrar no país vigas automatizadas, nas quais a leitura do deslocamento se faz com medidores elétricos tipo LVDT.

5 METODOLOGIA

5.1 Metodologia

Para estudar o estado de conservação do pavimento asfálticos de São Luís – MA, empregou-se uma metodologia composta pelas seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica;
- Levantamento de dados gerais sobre a via de estudo;
- Levantamento em campo dos defeitos do pavimento;
- Cálculo do IGG e LVC e análise dos resultados obtidos;
- Realização do levantamento com a viga Benkelman e análise dos dados obtidos
- Redação dos estudos elaborados.

A primeira etapa está apresentada no item anterior e contém os conceitos que servem de embasamento para a análise proposta, ou seja, entender como se realiza uma avaliação do pavimento a partir do levantamento dos defeitos superficiais e do ensaio com a viga Benkelman. Inclui nessa etapa, o levantamento de mapas cartográficos necessários para a apresentação e o desenvolvimento do estudo.

Na segunda etapa foi feito um levantamento de defeitos do pavimento. A via selecionada para o estudo é a Av. Lourenço Vieira da Silva, que dá acesso a vários bairros da cidade, apresentando assim, um grande volume de tráfego. Esses dados são obtidos a partir de informações e vistorias “in loco”.

A terceira etapa consiste no levantamento de campo utilizando planilhas adequadas onde serão anotados todos os defeitos superficiais do pavimento, necessários para uma avaliação objetiva de sua superfície.

Na quarta etapa, foram realizados os cálculos do IGG e LVC seguidos de uma avaliação com o conceito de degradação do pavimento. Ainda nessa etapa é feita uma análise dos resultados obtidos.

A quinta etapa consiste na avaliação estrutural não-destrutiva por meio da utilização da viga Benkelman, e na análise dos dados obtidos, fazendo uma comparação com os dados obtidos pelo IGG e LVC, e assim possibilitando uma melhor análise do real estado de conservação do pavimento.

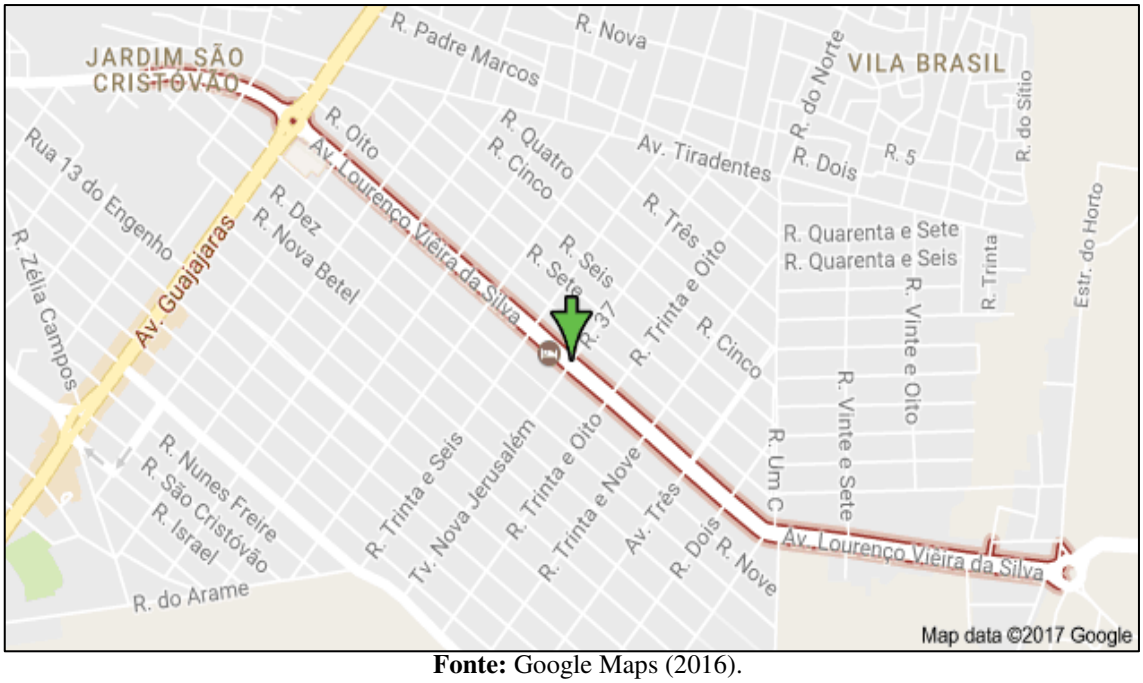
Por fim, na sexta etapa, é feita a redação final dos estudos onde são apresentadas, também, as conclusões e recomendações sobre a pesquisa desenvolvida.

5.2 Dados Gerais da Via de Estudo – Av. Lourenço Vieira da Silva

A Avenida Lourenço Vieira da Silva é parte integrante do sistema viário da cidade de São Luís, localizada no Bairro São Cristóvão e com proximidade dos Bairros Jardim São Cristóvão e Tiririca. É uma via de grande importância para o tráfego local, pois serve de acesso para bairros onde a ocupação urbana ocorreu de forma acelerada nos últimos anos, formando regiões muito populosas envolvendo os Bairros da Cidade Operária, Santa Clara, Cidade Olímpica, Jardim América, Vila Janaína e outros.

O trecho em estudo inicia-se na rotatória da Av. Guajajaras e finaliza na Estrada do Horto, onde se localiza a rotatória de entrada para a UEMA e acesso para o bairro da Cidade Operária (Figuras de 31 a 33), totalizando uma extensão aproximada de 2.335,00 metros.

Figura 31 - Localização da Av. Lourenço Vieira da Silva.



Fonte: Google Maps (2016).

Figura 32 - Vista do trecho inicial de estudo – rotatória da Av. Guajajaras.

Fonte: Google Earth (2016).

Figura 33 - Vista do trecho final de estudo - rotatória (ao fundo).

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

De acordo com Espirito Santo (2006), essa avenida é classificada como via secundária, que possibilita a circulação de veículos entre as vias primárias e o acesso às vias coletoras.

Contém duas faixas de trânsito em cada sentido, separada por um canteiro central (Figura 34), apresentando um traçado regular e retilíneo, com uma curva ao longo de sua extensão. Seu pavimento tem um revestimento asfáltico original em Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CAUQ, onde se observa algumas intervenções com remendos (Figura 35) e recapeamento em períodos anteriores.

Figura 34 – Vista da via em estudo.

Fonte: Google Earth (2016).

Figura 35 - Trecho da via com remendos e acúmulo de água no pavimento.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Trata-se de uma via com alta concentração de atividade comercial, mas que apresenta alguns setores residenciais. Interliga a Av. Guajajaras, principal via de saída para a BR-135-MA, à Universidade Estadual do Maranhão. Ao longo de sua extensão tem como referência o terminal de ônibus do São Cristóvão onde se observa um considerável tráfego de coletivos, nos dois sentidos da via. Além de ônibus, tem ainda um tráfego considerável de caminhões por essa via (Figura 36).

Figura 36 - Vista do tráfego na Av. Lourenço Vieira da Silva.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A Av. Lourenço Vieira da Silva é cortada pelo Rio Paciência onde existe no local uma ponte em concreto. Ao longo da via formam-se alguns pontos de alagamentos em períodos de chuva (Figura 37 e 38), refletindo em maiores danos no pavimento asfáltico. Esse problema se acentua pela ineficiência do sistema de drenagem urbana e pela falta de manutenção dos dispositivos de drenagem existentes na via.

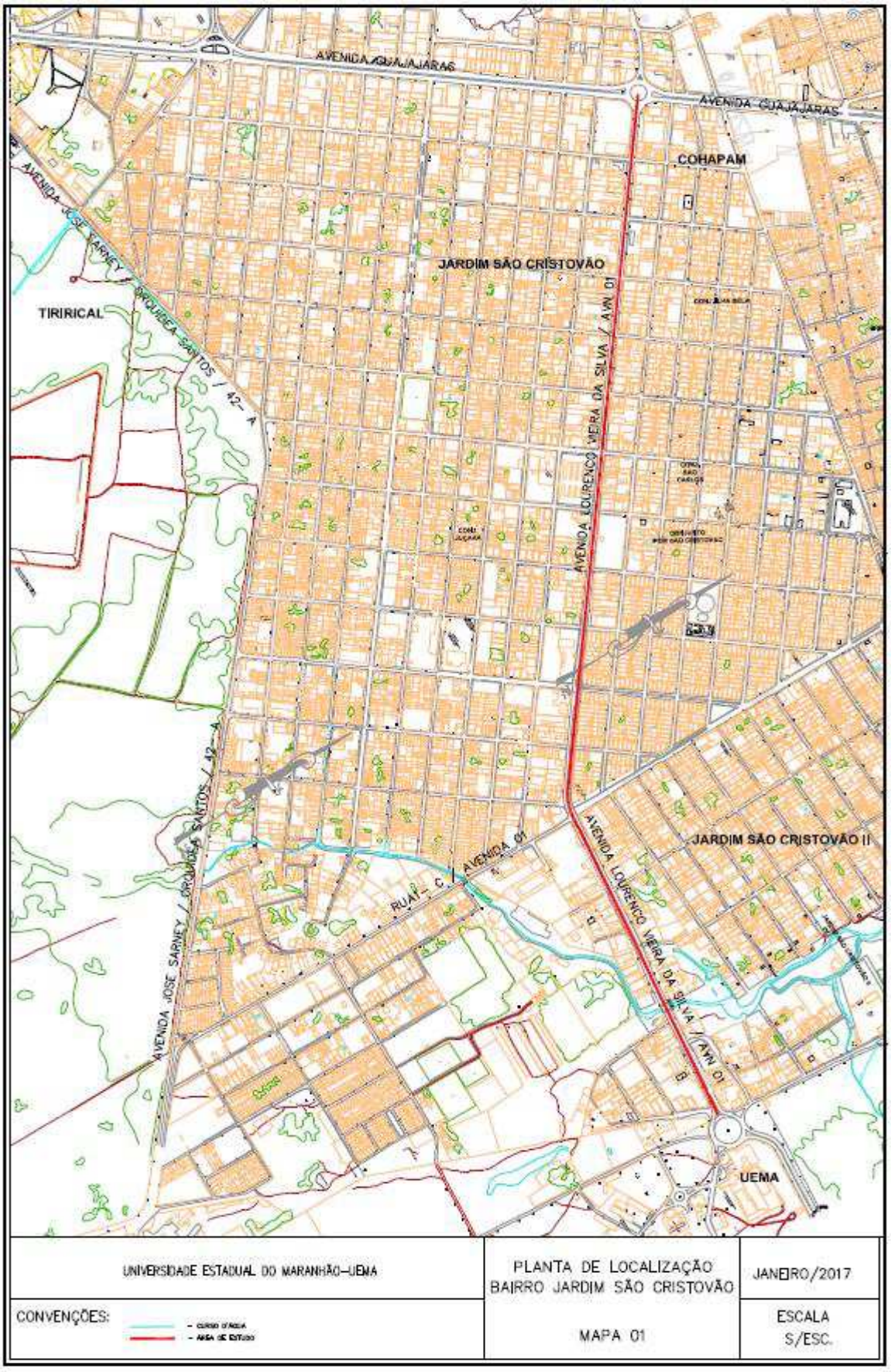
Figura 37 - Trecho da via próximo à ponte de concreto.

Fonte: Elaborado pelo autor (janeiro, 2017).

Figura 38 – Vista de trecho com alagamento ao longo da via.

Fonte: Elaborado pelo autor (janeiro, 2017).

A seguir apresenta-se o Mapa 01, mostrando com mais detalhes a localização da Av. Lourenço Vieira da Silva.



Fonte: Aeroconsult (2003).

5.3 - Levantamento dos Defeitos Superficiais

Para o levantamento dos defeitos no pavimento asfáltico na via de estudo utilizou-se como referência as instruções preconizadas nas normas: DNIT 006/2003 – PRO – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígido, e DNIT 008/2003 – PRO – Levantamento Visual Continuo (LVC), descritos a seguir.

5.3.1- Método preconizado na norma DNIT 006/2003 – PRO

Como exposto, a norma DNIT 006/2003 – PRO - estabelece um método de levantamento dos defeitos superficiais do pavimento, para o cálculo do Índice de Gravidade Global – IGG.

Nesse levantamento é utilizado o seguinte material:

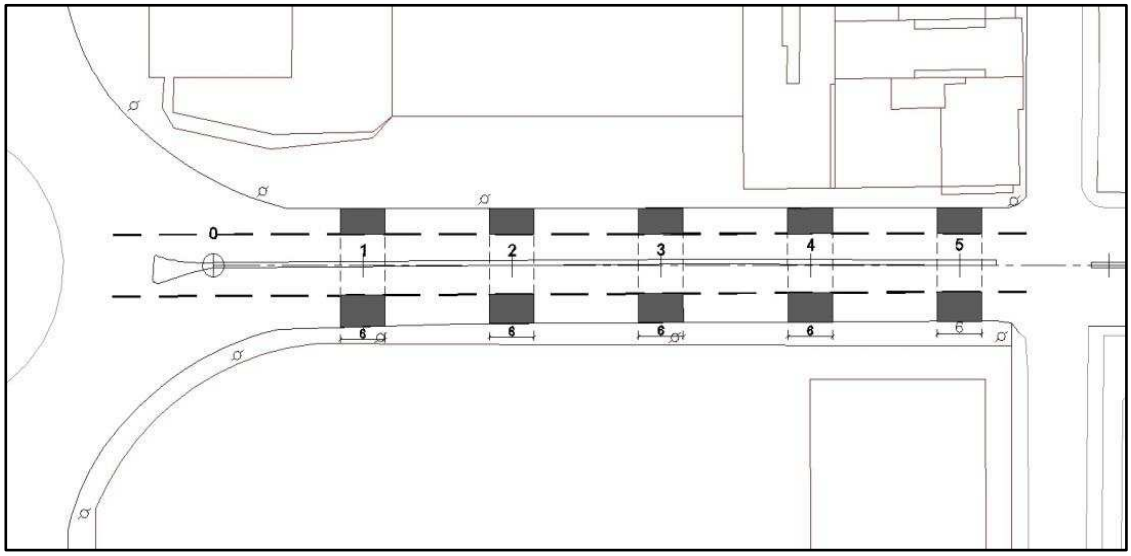
a) Planilha padronizada (Anexo 2);
b) Treliça de alumínio, padronizada, tendo 1,20m de comprimento na base, dotada de régua móvel que permite medir, em milímetros, as flechas da trilha de roda;
c) Materiais auxiliares para localização e demarcação na pista das estações de avaliação: trena de 20m, giz, tinta, pincel, etc.

Para a execução do levantamento seguiu-se o seguinte roteiro:

a) Localização das superfícies de avaliação: conforme recomendado na norma em referência, quando se trata de vias com pista dupla (que é a via em questão), a avaliação é feita na faixa de tráfego mais solicitada de cada pista. Nesse estudo, a avalição foi feita na faixa do lado direito, para a pista da direita, e na faixa do lado esquerdo, para a pista da esquerda, sentido Av. Guajajaras/UEMA, ambas ao lado dos passeios, pois é onde se trafega grande parte dos caminhões e ônibus;
b) Demarcação das superfícies de avaliação: após a seleção da pista procedeu-se a demarcação das estações a cada 20 m, indicando com número estaca a correspondente. Essa demarcação foi feita no meio fio do canteiro central. Ressalta-se que a norma orienta que seja feita a demarcação no pavimento, porém por se tratar de uma via de tráfego intenso e por questões de segurança, optou-se por demarcar no canteiro central. Em seguida, foram demarcados mais dois traços, um 3,00m avante e outro 3,00m à ré, a partir de cada estação, onde ficou delimitada a área da superfície de avaliação.

Na Figura 39 apresenta um trecho da via mostrando a localização do estaqueamento e a superfície de avaliação. No Mapa 02, localizado no apêndice 1 apresenta o estaqueamento em toda a extensão da via, que foi utilizada no levantamento de campo, apresentada no final deste subitem;

Figura 39 – Estaqueamento e superfície para a avaliação dos defeitos em um trecho da via.



Fonte: Elaborada pelo autor (janeiro, 2017).

c) Medidas das flechas: em cada estação demarcada foi medida as trilhas de roda utilizando a treliça metálica (Figura 40). Essas medidas foram executadas nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE), anotando o maior valor em cada uma. No caso em que a superfície apresentou muitos remendos e panelas, a medida da flecha foi deslocada para outro ponto com a condição favorável, dentro da área previamente delimitada para a avaliação. Devido ao levantamento da trilha ter sido realizado em uma pista urbana, em alguns casos houve dificuldade no levantamento devido as irregularidades das bordas do pavimento.

Figura 40 – Medida da flecha na trilha de roda em um trecho da via

Fonte: Elaborada pelo autor (janeiro, 2017).

Todas as anotações do levantamento são feitas na planilha padronizada (Anexo 2) utilizando a terminologia e codificação de defeitos constantes na norma DNIT 005/2003 – TER, apresentados no Anexo 1.

De posse dos dados levantados prossegue-se uma análise prévia de forma a subdividir a via em segmentos homogêneos, ou seja, com características ou defeitos semelhantes.

Em seguida calcula-se o Índice de Gravidade Individual (IGI) para cada segmento tendo como referência a planilha apresentada no Anexo 3, onde se fez necessário, previamente, os cálculos da frequência absoluta (fa) e relativa (fr).

A frequência absoluta corresponde ao número de vezes em que a ocorrência foi verificada. A frequência relativa é obtida, utilizando a equação 1, correspondente a cada natureza de defeito (DNIT, 2006).

$$f_r = fa \; x \; 100/n \qquad \text{(Eq. 1)}$$

onde:

f_r - frequência relativa;

fa - frequência absoluta;

n – número de estações inventariadas.

O IGI é calculado utilizando a frequência relativa e um fator de ponderação (Quadro 3) prefixado para cada ocorrência de defeito, onde confere a gravidade daquele tipo de defeito sobre os demais (Bernucci et al, 2010).

$$IGI = fr \; x \; fp \qquad \text{(Eq. 2)}$$

onde:

IGI – Índice de Gravidade Individual

f_r - frequência relativa;

fp – fator de ponderação.

Quadro 3 - Valor do Fator de Ponderação.

Ocorrência Tipo	**Codificação de ocorrências de acordo com a norma DNIT 005/2003-TER**	**Fator de Ponderação (*fp*)**
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentual (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O e P	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT 006/2003.

Em seguida calcula-se o Índice de Gravidade Global (IGG) que é obtido pela somatória dos IGIs, para cada trecho homogêneo, pela equação 3.

$$IGG = \Sigma \, IGI \qquad \text{(Eq. 3)}$$

Onde:

IGG – Índice de Gravidade Global;

IGI – Índice de Gravidade Individual

A partir do cálculo do IGG atribuiu-se um conceito de degradação do pavimento, para cada trecho homogêneo, conforme se apresenta na Quadro 4.

Quadro 4- Conceitos de degradação do pavimento

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

Fonte: DNIT 006/2003.

A seguir apresentam-se as Figuras de 41 a 44 onde mostram alguns defeitos observados no levantamento de campo.

Figura 41 – Panela – 10 - Pista LE.

Figura 42 – ALP – Est. 03 - Pista LE.

Fonte: Elaborada pelo autor (janeiro, 2017).

Figura 43 - Remendo – Est. 20 - Pista LD.

Figura 44 – Trinca interligada – Est 18 - Pista LD.

Fonte: Elaborada pelo autor (janeiro, 2017).

5.3.2- Método preconizado na norma DNIT 008/2003 – PRO

A norma DNIT 008/2003 – PRO - estabelece um método de levantamento visual dos defeitos superficiais do pavimento, tendo como resultado o cálculo do Índice de Gravidade Global Expedito – IGGE.

Nesse levantamento é utilizado o seguinte material:

a) Veículo equipado com velocidade/odômetro calibrado para aferição da velocidade de operação e das distâncias;
b) Planilha padronizada (Anexo 4).

Para a execução do levantamento deve-se atentar para algumas condições, tais como:

a) Deve ser evitado a realização do levantamento em dias chuvosos, com neblina ou com pouca luz (início e final do dia);
b) A equipe para o levantamento deve ter no mínimo dois técnicos além do motorista;
c) O veículo deve ser operado em uma velocidade aproximada de 40 km/h, percorrendo em um único sentido. No caso de duas pistas, o levantamento será feito para cada pista em separado, levando-se em consideração a faixa mais solicitada.

A execução do levantamento seguiu o seguinte procedimento:

a) Para determinação dos trechos a norma diz que o mínimo é de 1 km. Entretanto no caso do trabalho em questão será adotada uma extensão menor de 200 metros devido o trecho em estudo ser de apenas 2,34km;
b) O levantamento foi desenvolvido com ajuda do estudante de engenharia civil da UEMA Rodrigo Rocha e um motorista, devido a norma exigir no mínimo dois técnicos e um motorista
c) No fim de cada segmento foi anotado a frequência dos defeitos atendendo os códigos “A” (Alta), “M” (Média) ou “B” (Baixa), conforme se apresenta no Quadro 2, item 4.4.2.

De posse dos dados levantados calcula-se o Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis (ICPF) obtido pela média dos índices contidos para cada segmento, de acordo com o Quadro 5, cujos valores são transferidos para a planilhas apresentadas nos Anexos 5 e 6.

Quadro 5 - Conceitos do ICPF.

CONCEITO	DESCRIÇÃO	ICPF
Ótimo	NECESSITA APENAS DE CONSERVAÇÃO ROTINEIRA	5 - 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA - Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas	4 -3
Regular	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - pavimento trincado, com "panelas" e remendos pouco freqüentes 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 008/2003.

Em seguida calcula-se o Índice de Gravidade Global Expedito – IGGE, utilizando a equação 4, correspondente a cada natureza de defeito (DNIT, 2006).

$$IGGE = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (Ppr \times Fpr) \qquad \text{(Eq. 4)}$$

Onde:

Ft, Pt - frequência e peso do conjunto de trincas “t”;

Foap, Poap - frequência e peso do conjunto de deformações;

Fpr, Ppr - frequência (quantidade por km) e peso do conjunto de panelas e remendos.

De posse do ICPF e IGGE obtém-se o Índice do Estado da Superfície do pavimento (IES), obtendo o conceito final de cada seguimento, de acordo com Quadro 6.

Quadro 6 - IES - Índice do Estado da Superfície do pavimento.

Descrição	IES	Código	Conceito
IGGE ≤ 20 e ICPF > 3,5	0	A	Ótimo
IGGE ≤ 20 e ICPF ≤ 3,5	1	B	Bom
20 ≤ IGGE ≤ 40 e ICPF > 3,5	2		
20 ≤ IGGE ≤ 40 e ICPF ≤ 3,5	3	C	Regular
40 ≤ IGGE ≤ 60 e ICPF > 2,5	4		
40 ≤ IGGE ≤ 60 e ICPF ≤ 2,5	5	D	Ruim
60 ≤ IGGE ≤ 90 e ICPF > 2,5	7		
60 ≤ IGGE ≤ 90 e ICPF ≤ 2,5	8	E	Péssimo
IGGE > 90	10		

Fonte: DNIT 008/2003.

5.4. Levantamento com a Viga Benkelman

O levantamento foi realizado em apenas uma pista da Avenida Lourenço Vieira da Silva, devido a indisponibilidade de tempo para utilização do caminhão, sendo a pista da esquerda (UEMA – Retorno da Guajajaras) a mais deteriorada, optou-se por fazer o ensaio com a Viga Benkelman tradicional nela, através do seguinte procedimento:

a) Montagem da viga Benkelman
b) Aferição da viga Benkelman
c) Demarcação das estacas
d) Carregamento e pesagem do caminhão
e) Execução do levantamento em campo

5.4.1 Montagem da viga Benkelman

A montagem da viga Benkelman tradicional é um processo bastante simples. Baseado na norma DNER 024/94 – ME, primeiramente é necessário conhecer todos as peças da viga, que são as seguintes:

a) Braço menor;
b) Braço maior;
c) Ponta de prova;
d) Trava;
e) Pés dianteiros;
f) Extensômetro;
g) Vibrador;
h) Manípulo, suporte ou pé traseiro.

Na Figura 45 aprestam-se com detalhes todas as peças da viga utilizada.

Figura 45 - Viga Benkelman tradicional.

Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

Conhecendo as peças da viga, é possível executar a sua montagem seguindo o processo:

1) Colocar os pés dianteiros no braço menor e depois apertar os parafusos;
2) Colocar o manípulo ao final do braço menor e depois apertar os parafusos;
3) Fixar o braço menor ao braço maior, por meio de parafusos, formando uma alavanca interfixa;
4) Colocar a trava de proteção;
5) Verificar o funcionamento do vibrador, que já vem fixo no equipamento;
6) Colocar o extensômetro na viga.

5.4.2 Aferição da Viga Benkelman

O processo de aferição da viga Benkeman tradicional teve como referência a norma DNER 175/94-PRO, que tem como objetivo fixar as condições exigíveis na sua aferição.

Os equipamentos utilizados para essa aferição são:

a) Viga Benkelman tradicional;
b) Prensa de ensaio CBR;
c) Extensômetro analógico.

De posse desses equipamentos, começa o procedimento de aferição, seguindo a metodologia disposta na norma em referência:

1) Montar e posicionar a viga em uma mesa (Figuras 46 e 47);
2) Apoiar o extensômetro analógico no prato da presa, e depois zerá-lo, deixando o prato da prensa no mesmo nível da mesa (Figura 48);
3) Apoiar a ponta de prova da viga no centro do prato da prensa, para receber os movimentos verticais;
4) Liberar a trava;
5) Ligar o vibrador;
6) Ajustar e zerar o extensômetro da viga;
7) Realizar o acionamento da manivela (Figura 49) da prensa com dispositivo micrométrico a uma velocidade de 0,5mm/min, e fazer as leituras no extensômetro analógico posicionado na prensa a cada 0,1 até 0,8mm, e a

cada 0,2 até 2,2mm, num total de 15 leituras feitas para cada aferição. Fazendo as leituras correspondentes do extensômetro da viga;

8) Repetir essas operações mais uma vez como objetivo de caracterizar melhor a constante de aferição.

Figura 46 - Viga posicionada acima de uma mesa.

Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

Figura 47 - Vibrador e extensômetro da viga.

Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

Figura 48 - Extensômetro analógico e a ponta de prova da viga apoiados acima do prato da prensa CBR.

Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

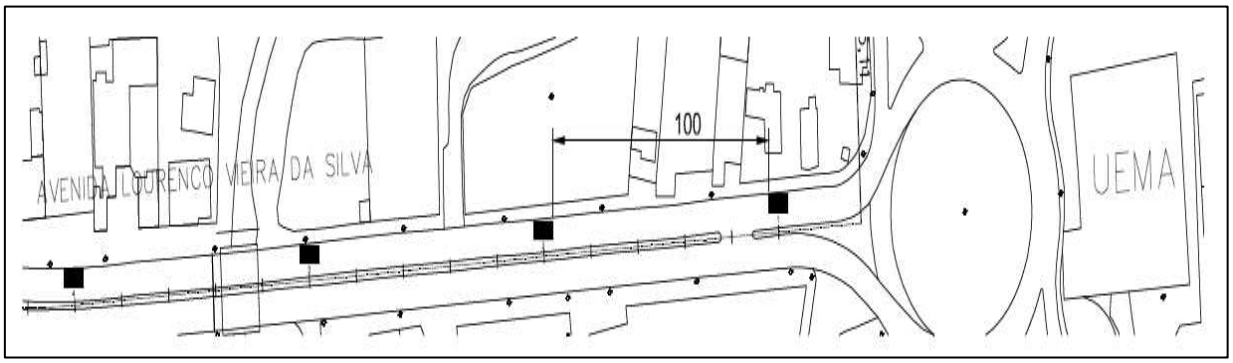
Figura 49 - Acionamento da manivela da prensa.

Fonte: elaborada pelo autor (Junho, 2017).

5.4.3 Demarcação das estacas

A avenida Lourenço Vieira da Silva possui 2,34 km, sendo assim para esse levantamento optou-se por fazer o estaqueamento de 100 em 100 metros, formando assim 24 estações em cada pista. Para esse levantamento utilizou-se a pista sentido UEMA – Avenida Guajajaras, a faixa da direita, por ser aquela que sofre mais solicitação do trafego. Sendo assim, para esse levantamento à estaca zero localiza-se próximo a rotatória da UEMA, como mostra a Figura 50.

Figura 50 - Estaqueamento para o ensaio com a viga.



Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

Para realização do estaqueamento utilizou-se os seguintes equipamentos: trena, tinta e pincel. Foi estabelecido, a linha de aplicação da carga em relação à borda do revestimento no valor de 0,9m, atendendo a distância determinada na norma DNIT 133/2010, conforme 0 Quadro 7.

Quadro 7 – Localização dos pontos

Largura da Faixa de Tráfego	Distância a Borda do Revestimento
Unidade (m)	Unidade (m)
2,7	0,45
3,0	0,60
3,3	0,75
3,5 ou mais	0,90

Fonte: DNIT 133/2010.

5.4.4 Carregamento e pesagem do caminhão

O processo de carregamento e pesagem foi feito com um caminhão de modelo Mercedes 1513 do ano 1986 (Figura 51), no dia 03/06/2017. O caminhão atendeu todas as especificações exigidas pela norma, eixo traseiro simples de rodas duplas, pneu com dimensões 1000 x 20, e com um eixo traseiro com carga uniforme distribuída de 8,2 toneladas.

Figura 51 - Caminhão utilizado no ensaio.

Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

Para o carregamento, colocou-se um solo na carroceria do caminhão, utilizando uma retroescavadeira (Figura 52), objetivando atingir uma carga de 8,2 toneladas no eixo traseiro, exigidas pela norma.

Figura 52 - Carregamento do caminhão.

Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017)

A pesagem do eixo traseiro do caminhão, foi feita na balança da empresa Aço Maranhão (Figura 53). Utilizou-se a retroescavadeira para obter o peso de 8,2 toneladas com precisão, conforme mostra a Figura 54, e assim foi possível atingir o peso de 8,2 toneladas (Figura 55).

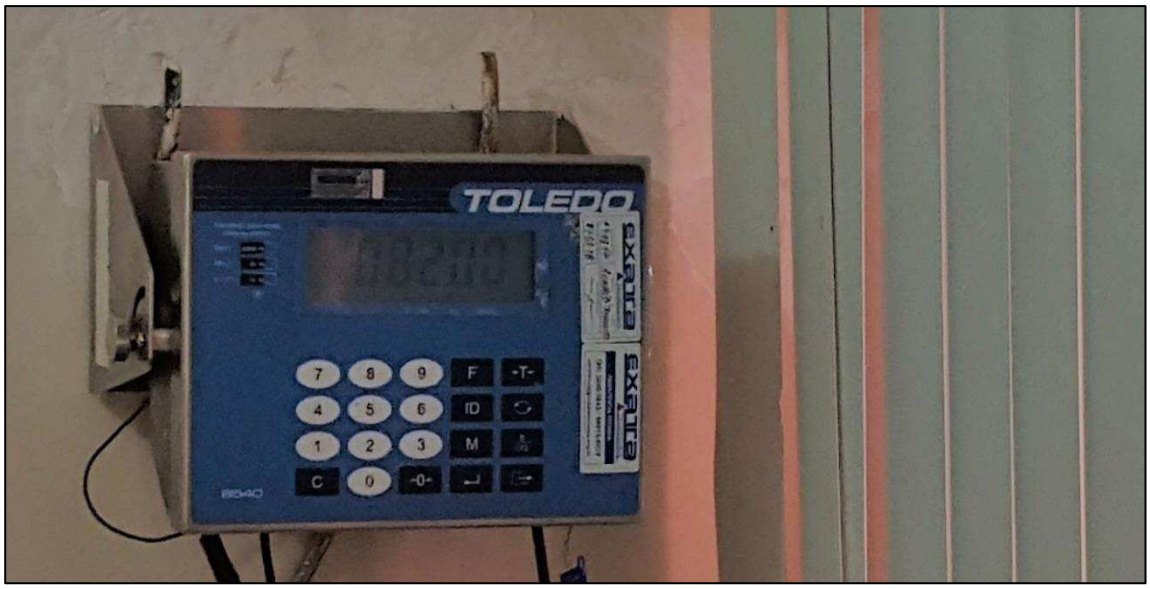
Figura 53 - Balança da empresa Aço Maranhão.

Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

Figura 54 - Utilização da retroescavadeira para auxiliar na precisão.

Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

Figura 55 - Resultado da pesagem.



Fonte: O autor (Junho, 2017).

5.4.5 Execução do levantamento em campo.

O levantamento foi realizado no dia 04/06/2017, com uma equipe de 5 pessoas, um operador para viga, um motorista, duas pessoas para preencher as planilhas de campo e auxiliar o motorista, além do professor Thasso que deu todo auxilio necessário para execução do ensaio.

O ensaio foi baseado na norma DNIT 133/10 – ME, seguindo o seguinte roteiro:

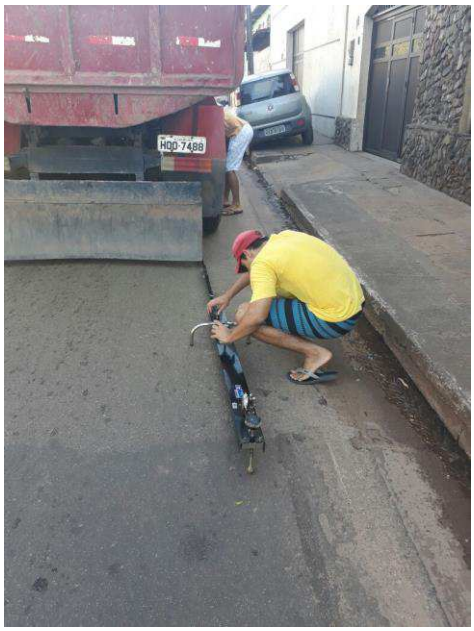
1) Verificar a posição das estações de forma que a roda traseira dupla fique posicionada no trilho de roda externa, respeitando a distância da borda do revestimento, conforme mostra a Quadro 7 no item 5.4.3;
2) O caminhão foi posicionado com sua roda traseira dupla em cima do trilho de roda externa, seguindo o valor estipulado pela Quadro 6, que no caso do ensaio realizado foi de 0,9 metros;
3) Introdução da ponta de prova da viga no meio da roda dupla (Figura 56);

Figura 56 - Introdução da ponta de prova da viga no meio da roda dupla.

Fonte: O autor (Junho, 2017).

4) Certificação se a ponta de prova da viga estava corretamente posicionada na vertical do eixo traseiro;
5) Uma pessoa ficou responsável por orientar o motorista em relação as distâncias a serem percorrida para execução das leituras;
6) Soltar a trava de proteção (Figura 57)

Figura 57 - Soltando a trava de proteção.



Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

7) Ajustar o manipulo de forma que o extensômetro da viga fique aproximadamente na metade do curso (Figura 58);

Figura 58 - Ajustando o manípulo.

Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

8) Medição da temperatura do pavimento (Figura 59);

Figura 59 - Medição da temperatura do pavimento.

Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

9) Ligar o vibrador e fazer a leitura inicial (Lo) quando o extensômetro indicar movimento igual ou menor que 0,01mm/min, ou após decorrido três minutos (Figura 60);

Figura 60 - Executando leitura inicial.

Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

10) Deslocar o caminhão lentamente para frente até que atinja as distâncias de 0,25, 0,50, 0,75, 1,00, 1,25, 1,50, 1,75, e 2,00 (Figura 61). Com o caminhão parado em cada posição e o vibrador ligado, efetuar a leitura intermediária, isto é, a leitura quando o extensômetro indicar movimento igual ou inferior a 0,01 mm/min, ou após decorridos 3 (três) minutos, anotando também a distância correspondente ao deslocamento do caminhão com precisão de cm;

Figura 61 - Demarcação das distâncias para realização das leituras intermediárias.

Fonte: Elaborado pelo autor (Junho, 2017).

11) Após realizar todas as leituras nos pontos determinados na régua graduada de 3 m, deslocar o caminhão lentamente, de tal forma que o eixo simples com rodas duplas atinja a distância total de 10 metros a partir do ponto inicial. De preferência, fazer a leitura final (Lf) (Figura 62) quando o extensômetro indicar movimento igual ou menor que 0,01 mm/min, ou após decorridos 3 (três) minutos;

Figura 62 - Execução da leitura final.

Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

Após realização do levantamento de campo, foram feitos os cálculos das deflexões recuperáveis máximas, os raios de curvatura e o gráfico da bacia deflectométrica.

Para o cálculo das deflexões, utiliza-se as formulas encontradas na norma DNER-ME 064/94:

$$Do = (Lo - Lf)\,{}^{a}/_{b} \qquad \text{(Eq. 5)}$$

$$Dn = (Ln - Lf)\,{}^{a}/_{b} \qquad \text{(Eq. 6)}$$

Onde:

Do – Deflexão em centésimos de milímetros no ponto de prova inicial;

Dn – Deflexão nos pontos correspondentes aos diversos deslocamentos do veículo;

Lo – Leitura inicial em centésimos de milímetros;

Ln – Leitura nos pontos correspondentes aos diversos deslocamentos do veículo em centésimos de milímetros;

Lf – Leitura final em centésimos de milímetros;

a e b – Dimensões dos braços da Viga Benkelman, em centímetros.

De acordo com a norma DNER – PRO 11/79 para que não surjam trincas no revestimento, é necessário manter a deflexão do pavimento menor que que a deflexão admissível (Dadm). A formula para encontrar a Dadm é a seguinte:

$$\log Dadm = 3{,}01 - 0{,}176\ x\ \log N \qquad \text{(Eq. 7)}$$

Baseado na norma DNER – ME 024/94, o raio de curvatura da bacia de deformação no ponto de prova é calculado por meio da fórmula:

$$R = \frac{3125}{D_0 - D_{0,25}} \qquad \text{(Eq. 8)}$$

Onde:

R – Raio de curvatura;

D_0 – Deflexão máxima, em centésimos de milímetros;

$D_{0,25}$ – Deflexão a 0,25m do ponto de prova, em centésimos de milímetros.

Após realização dos cálculos dos raios de curvaturas, é feito uma análise da sua capacidade estrutural do pavimento, através dos conceitos: (Quadro 8).

Quadro 8- Parâmetros do raio de curvatura

Raio	Conceito
< 100 m	Pavimentos com problemas estruturais nas camadas superiores
> 100 m	Pavimentos bons

Fonte: DNER, 1998

Baseado na norma do DNER 011/79, foi feito uma análise do estado estrutural do pavimento também através da Figura 63, que mostra critérios de avaliação estrutural baseados em três parâmetros: raio de curvatura, deflexão de projeto e deflexão admissível.

Figura 63 - Critérios para avaliação estrutural.

Critérios para Avaliação Estrututral

Hipótese	Dados Deflectométricos obtidos	Qualidade Estrutural	Necessidade de Estudos Complementares	Critério para Cálculo de Reforço	Medidas Corretivas
I	Dp ≤ Dadm R ≥ 100	BOA	NÃO		Apenas correções de superfície
II	Dp > Dadm R ≥ 100	Se Dp ≤ 3 Dadm REGULAR	NÃO	Deflectométrico	Reforço
		Se Dp > 3 Dadm MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
III	Dp ≤ Dadm R < 100	REGULAR PARA MÁ	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
IV	Dp > Dadm R < 100	MÁ	SIM	Resistência	Reforço ou Reconstrução
V	–	MÁ O pavimento apresenta deformações permanentes e rupturas plásticas generalizadas (IGG>180).	SIM	Resistência	Reconstrução

Fonte: DNER-PRO 011/79.

Para o cálculo da deflexão de projeto, será feito uma divisão em quatro trechos, e realizado alguns cálculos, baseados na norma DNER-PRO 011/79.

- Média aritmética dos valores das deflexões em cada estação.

$$D = \frac{\sum Di}{n} \qquad \text{(Eq. 9)}$$

- Desvio padrão.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Di - D)^2}{n-1}} \qquad \text{(Eq. 10)}$$

- Estabelecer intervalo de confiabilidade (Quadro 9).

Quadro 9 - Intervalo de aceitação

n	z
3	1
4	1,5
5 – 6	2
7 - 19	2,5
≥20	3

Fonte: DNER-PRO 011/79.

Os limites de aceitação serão entre $D - z\sigma$ e $D + z\sigma$, qualquer valor fora desse intervalo será desconsiderado, procedendo-se um novo cálculo.

- Coeficiente de variação (cv).

$$cv = \frac{\sigma}{D} \qquad \text{(Eq. 11)}$$

- Cálculo da deflexão característica.

$$D_c = D + \sigma \qquad \text{(Eq. 12)}$$

- Fator de correção sazonal. (Quadro 10)

Quadro 10 - Fator de Correção Sazonal – Fs.

Natureza do subleito	Fator de Correção Sazonal - Fs	
	Estação seca	Estação chuvosa
Arenoso e Permeável	1,10 – 1,30	1,00
Argiloso e Sensível a Umidade	1,20 – 1,40	1,00

Fonte: DNER-PRO 011/79.

- Cálculo de deflexão de projeto.

$$D_p = D_c + F_s \qquad \text{(Eq. 12)}$$

6. RESULTADOS

6.1 Resultados da Avaliação Objetiva de Superfície – IGG

De posse dos dados do levantamento dos defeitos e baseado na metodologia, calculou-se o IGG e obteve-se o conceito de degradação do pavimento de cada segmento estudado.

O levantamento foi realizado no período de 22 de janeiro até 19 de fevereiro. Foram inventariadas 115 estacas ao final do levantamento, sendo divididas em trechos homogêneos, que foram caracterizados de acordo com os defeitos de superfície encontrados. Os trechos homogêneos foram divididos em extensões em que o pavimento apresentou defeitos semelhantes. A Tabela 1 mostra os estados de conservação do pavimento e o seu valor de IGG encontrados em cada trecho.

Tabela 1 - Resumo dos resultados do IGG.

Trecho (Estaca)	**Pista Lado Direito**		**Trecho (Estaca)**	**Pista Lado Esquerdo**	
	IGG	**Conceito**		**IGG**	**Conceito**
00 a 10	145,66	Ruim	00 a 20	235,45	Péssimo
11 a 19	83,57	Ruim	21 a 34	95,78	Ruim
20 a 39	115,24	Ruim	35 a 65	132,56	Ruim
40 a 70	81,00	Ruim	65 a 79	138,49	Ruim
71 a 101	75,57	Regular	80 a 101	91,92	Ruim
102 a 115	110,72	Ruim	102 a 115	75,59	Regular

Analisando a tabela, percebe-se que a avenida Lourenço Vieira da Silva não está em bom estado de conservação, sendo considerada na grande maioria dos trechos como “ruim”. A pista da direita obteve cinco conceitos “ruim” e apenas em um trecho encontrou-se um pavimento considerado “regular”. A pista da esquerda também possui o predomínio do conceito “ruim”, entretanto um trecho obteve o conceito “péssimo”, e apenas um trecho, assim como na pista direita, apresenta conceito “regular”. Fazendo uma comparação entre as duas pistas, percebe-se que a pista da esquerda se encontra em estado de conservação pior que a da direita.

6.2 Resultados da Avaliação Objetiva Expedita de superfície – LVC

Ao fim do levantamento com todos os dados obtidos baseados na metodologia, foi calculado o IES – Índice de Estado de Superfície do pavimento, e assim obteve-se os conceitos de estado de conservação de cada trecho.

O levantamento foi realizado no dia 21. Adotando-se trechos de 200 metros, sendo assim a via foi dividida em 12 trechos. As Tabelas 2 e 3 mostram os estados de conservação encontrados em cada trecho.

Tabela 2 - Resumo dos resultados do LVC da pista do lado direito

PISTA LADO DIREITO					
SEGMENTO	ESTACAS	ICPF	IGGE	IES	CONCEITO
1	0 – 10	1	96,5	10	PÉSSIMO
2	10 – 20	1,5	51,45	5	RUIM
3	20 – 30	2	46,3	5	RUIM
4	30 – 40	2,5	43	5	RUIM
5	40 – 50	1,5	53,25	5	RUIM
6	50 – 60	2,5	41,15	5	RUIM
7	60 – 70	2	49,45	5	RUIM
8	70 – 80	3	22,65	3	REGULAR
9	80 – 90	2,5	42,72	5	RUIM
10	90 – 100	3	23,45	3	REGULAR
11	100 – 110	2	43,5	5	RUIM
12	110 – 115	3	26,5	3	REGULAR

Tabela 3 - Resumo dos resultados do LVC da pista do lado esquerdo.

PISTA LADO ESQUERDO					
SEGMENTO	ESTACAS	ICPF	IGGE	IES	CONCEITO
1	0 – 10	1	111,25	10	PÉSSIMO
2	10 – 20	2	58	5	RUIM
3	20 – 30	2,5	43,75	5	RUIM
4	30 – 40	2,5	47,25	5	RUIM
5	40 – 50	2	59,75	5	RUIM
6	50 – 60	1	118	10	PÉSSIMO
7	60 – 70	2	50,6	5	RUIM
8	70 – 80	1,5	70,7	8	PÉSSIMO
9	80 – 90	2,5	46,5	5’	RUIM
10	90 – 100	3	30,05	3	REGULAR
11	100 – 110	3	20,75	5	REGULAR
12	110 – 115	3	20,1	3	REGULAR

Com base nos resultados mostrados pelas Tabelas 2 e 3, nota-se que assim como no levantamento do IGG houve um predomínio do conceito “ruim”. Entretanto houve mais ocorrências de “péssimo” e “regular”.

A maior ocorrência de trechos “péssimos” decorre do levantamento do LVC considerar toda a pista, enquanto o IGG considera apenas áreas intercaladas de 20 em 20 metros, sendo assim nesses trechos foram encontrados alguns defeitos que não se enquadraram na área de avaliação do IGG.

Já a maior incidência de trechos “regulares”, explica-se pelo fato de ter se adotado trechos de 200 metros, enquanto a norma estipula valores para no mínimo 1 km conforme mostra o Quadro 2 no item 4.4.2. A norma foi feita para levantamentos de rodovias, sendo a via em estudo um trecho urbano de pequena extensão comparado a uma rodovia, optou-se por essa adequação.

Assim como no IGG, a pista da esquerda apresentou estado de conservação pior que o da pista direita.

6.3 Resultados da avaliação em campo utilizando a viga Benkelman

6.3.1 Resultados da aferição da viga Benkelman

Na aferição da viga Benkelman tradicional, foi determinado como intervalo de confiança os valores de $\alpha_i = 1,9$ e $\beta_i = 2,1$, pois trata-se de uma viga com relação entre braços (a/b) de 2:1, conforme Quadro 11.

Quadro 11 - Intervalos de confiança em função da relação entre os braços da viga

Relação entre brações da viga (a/b)	Intervalo de confiança α_i - β_i
2:1	1,90 – 2,10
3:1	2,85 – 3,15
4:1	3,8 – 4,20

Fonte: DNER 175/94 – PRO.

As leituras obtidas no extensômetro da viga estão organizadas na tabela 4.

Tabela 4 - Leituras no extensômetro da viga.

Leituras de Prensa X_{pi} (0,01mm)	Leitura da viga X_{vi}(centímetros de mm)	
	1º determinação	2º determinação
0	0	0
10	4	4
20	7	7
30	10	10
40	15	14
50	20	19
60	26	25
70	31	30
80	36	34
100	46	45
120	55	52
140	65	63
160	75	75
180	81	78
200	85	85
220	99	99

As relações entre as leituras (X_i) lidas no extensômetro solidário à prensa (X_{pi}) e as correspondentes lidas no extensômetro da viga (X_{vi}), para as duas operações realizadas foram calculados pela equação abaixo e os valores encontram-se na Tabela 5.

$$X_{i} = \frac{X_{pi}}{X_{vi}}$$

Tabela 5 - Resultados das relações entre extensômetros.

Relação X_{pi}/X_{vi}	
1º determinação	2º determinação
0,00	0,00
2,50	2,5
2,86	2,86
3,00	3,00
2,67	2,86
2,50	2,63
2,31	2,40
2,26	2,33
2,22	2,35
2,17	2,22
2,18	2,31
2,15	2,22
2,13	2,13
2,22	2,31
2,35	2,35
2,22	2,22

- Cálculo da média aritmética:

$X_m = \frac{\sum X_i}{N}$ $\qquad X_m = 2{,}42$

Onde:

X_m – Média aritmética;

X_i – Relações entre as leituras;

N – Quantidade de leituras (N≥30).

- Cálculo do desvio padrão:

$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_m)^2}{N-1}}$ σ = 0,265

Onde:

σ – Desvio padrão;

X_m – Média aritmética;

X_i – Relações entre as leituras;

N – Quantidade de leituras

- Cálculo do desvio padrão da média:

$\sigma(X_m) = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ $\sigma(X_m) = 0{,}048$

Onde:

$\sigma(X_m)$ – Desvio padrão da média;

σ – Desvio padrão;

N – Quantidade de leituras (N≥30).

- Cálculo do erro de estimativa da média:

$\varepsilon = 2{,}045\ x\ \sigma(X_m)$ ε = 0,099

Onde:

ε - Erro de estimativa da média;

$\sigma(X_m)$ – Desvio padrão da média.

- Cálculo dos limites do intervalo de confiança da estimativa da média:

$L_i = X_m - \varepsilon$ L_i = 2,316

$L_s = X_m + \varepsilon$ $L_s = 2{,}514$

Onde:

L_s – Limite superior;

L_i – Limite inferior;

ε - Erro de estimativa da média;

X_m – Média aritmética.

De acordo com os critérios apresentados no Quadro 12, a viga é aceita, e enquadra-se no caso III

Quadro 12 - Critérios de aceitação e rejeição da viga.

Caso I	Se $Li \geq \alpha_i$ e $Ls \leq \beta_i$, a viga é aceita
Caso II	Se $Li < \alpha_i$ e $Ls > \beta_i$, a viga é rejeitada
Caso III	Se [$(Li > \alpha_i$ e $Ls > \beta_i)$ ou $(Li < \alpha_i$ e $Ls < \beta_i)$] mas $\varepsilon < (\beta_i - \alpha_i/2)$ a viga é aceita
Caso IV	Se [$(Li > \alpha_i$ e $Ls > \beta_i)$ ou $(Li < \alpha_i$ e $Ls < \beta_i)$] mas $\varepsilon \geq (\beta_i - \alpha_i/2)$ a viga é rejeitada

Fonte: DNER 175/94 – PRO.

Já que a viga foi aceita e está de acordo com o caso III, o cálculo da constante (k) será exposto no Quadro 13

Quadro 13 - Critérios de cálculo da constante da viga.

Caso I	$K = \alpha_i + (\beta_i - \alpha_i)/2$
Caso III	$K = X_m$

Fonte: DNER 175/94 – PRO.

Sendo assim, a constante K será igual a 2,42.

6.3.2 Resultados da avaliação em campo

Após o fim do levantamento com a viga Benkelman, foram realizados os cálculos para identificação da deflexão máxima, raio de curvatura e a deformada. O levantamento foi realizado em vinte quatro estações, sendo feito a deformada em quatro estações. A temperatura média durante ao ensaio foi de 32,16ºC, conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Temperatura da superfície do pavimento.

Estação	Temperatura na Superfície do Pavimento (Cº)
1	29
2	29
3	30
4	32
5	33
6	32
7	31
8	33
9	32
10	32
11	29
12	30
13	35
14	31
15	31
16	31
17	32
18	31
19	32
20	32
21	38
22	36
23	35
24	36

A Tabela 7 mostra todas as deflexões máximas, encontradas em cada estação, de acordo com a análise comparativa entre a deflexão máxima e a deflexão admissível vista no item 5.4.5.

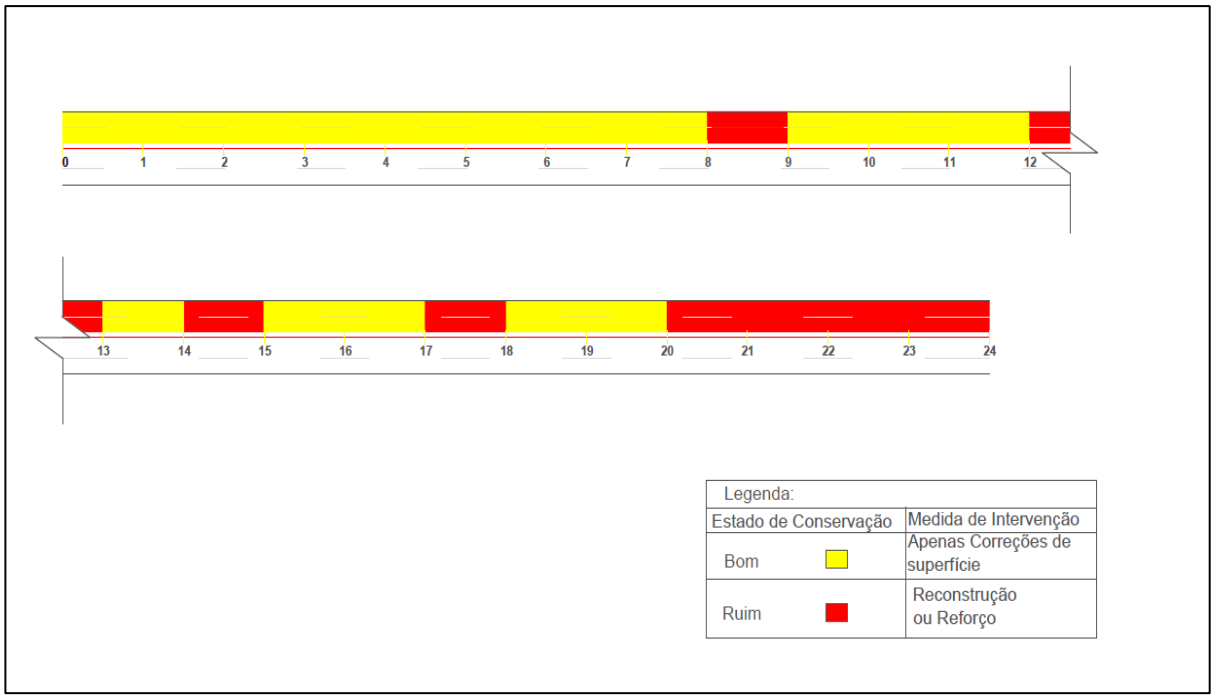
Tabela 7- Valores de deflexões máximas

Estação	Deflexão Máxima (x 10^{-2} mm)	Conceito
1	32	Bom
2	34	Bom
3	36	Bom
4	44	Bom
5	60	Bom
6	56	Bom
7	36	Bom
8	60	Bom
9	74	Ruim
10	58	Bom
11	54	Bom
12	55	Bom
13	62	Ruim
14	55	Bom
15	68	Ruim
16	53	Bom
17	48	Bom
18	62	Ruim
19	52	Bom
20	54	Bom
21	64	Ruim
22	74	Ruim
23	68	Ruim
24	64	Ruim

Para determinarmos a deflexão admissível, a norma do DNER-PRO 11/79 apresenta uma formula vista no item 5.4.5, em que é necessário calcular o número N (número de repetições equivalentes de um eixo padrão) da via em estudo. Como essa etapa não foi executada nesse trabalho, adotou-se para aplicação da metodologia ao número N um valor de 10^7, por se tratar de um trafego pesado. A partir dessas considerações e utilizando a equação 7 obteve-se uma deflexão admissível de 60 x 10^{-2} mm, que utilizou-se como referências para comparar com as deflexões máximas.

Fazendo a análise das deflexões máximas e a deflexão admissível adotada baseado na norma DNER 011/79, é possível identificar se o estado de conservação está bom ou ruim, sendo bom quando a deflexão máxima for menor que a admissível, e ruim quando estiver maior. A Figura 64 mostra uma representação esquemática do estado estrutural da via em estudo.

Figura 64 - Representação esquemática dos resultados da viga.



Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

Como dito anteriormente, quatro estações foram escolhidas para fazer as bacias de deformações. Os gráficos (Figura 65 a 68) representam as deformadas, cujo abscissas são as distâncias para cada leitura intermediaria em centímetro, e ordenadas, são as deflexões (x 10^{-2} mm). E com essas deformadas foram calculados os raios de curvatura de cada estação.

Figura 65 - Deformada da estaca 3.

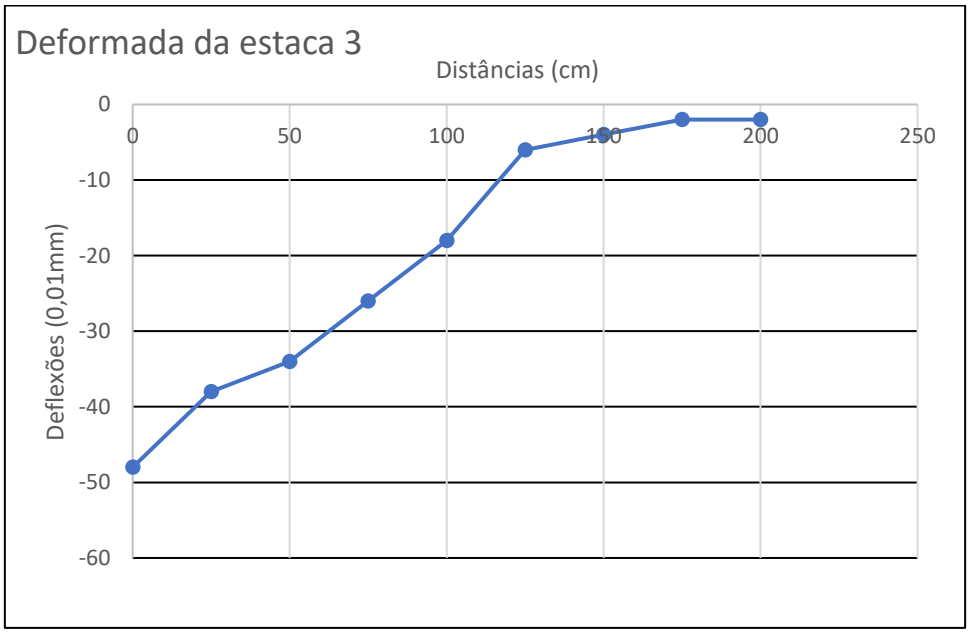


Figura 66 - Deformada da estaca 11.

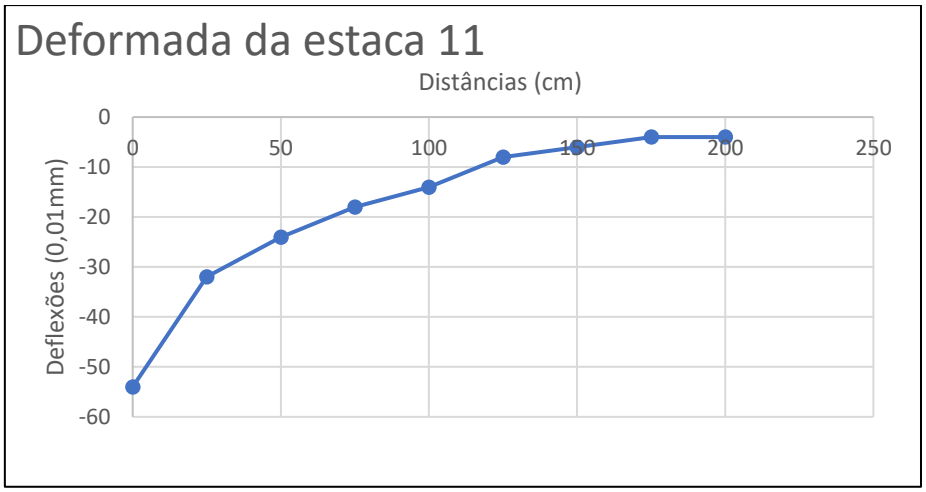


Figura 67 - Deformada da estaca 15.

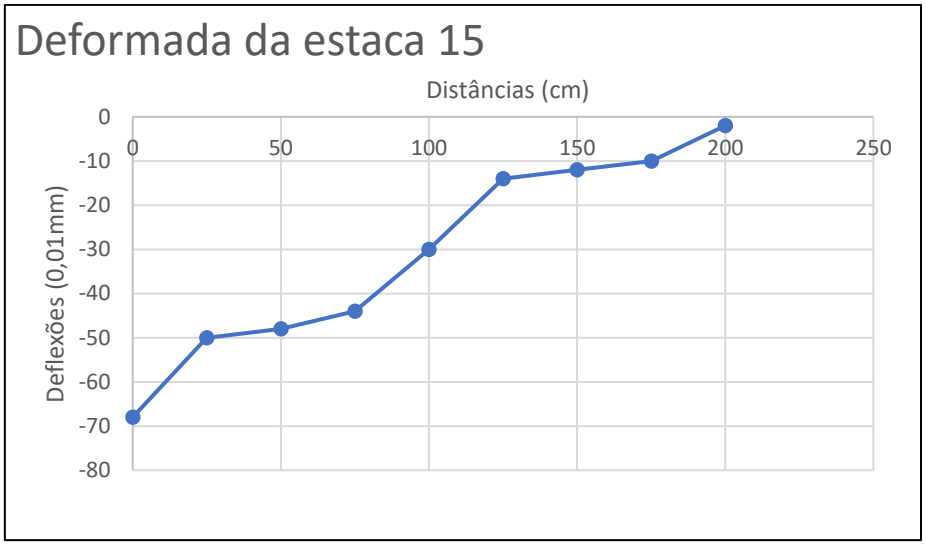
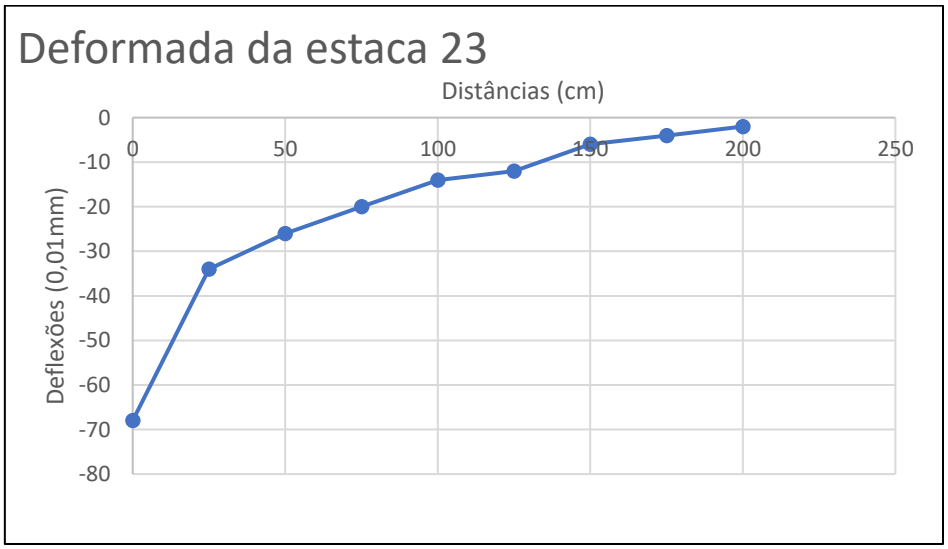


Figura 68 - Deformada da estaca 23.



Para essas quatro estações escolhidas, foi calculado também o raio de curvatura, que baseado nos conceitos da Quadro 8 do item 5.4.5, avalia a condição estrutural do pavimento (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores do Raio de Curvatura.

Estação	Raio de curvatura (m)	Conceito
3	312,5	Bom
11	142,045	Bom
15	178,611	Bom
23	91,911	Ruim

Foi feito também a o cálculo da deflexão de projeto, para realização de uma análise do estado estrutural do pavimento, através dos critérios de avalição estrutural mostrados na figura 63, no item 5.4.5

Para esse cálculo foi feito uma divisão em 4 trechos, de 6 em 6 estações, a tabela 9 mostra os resultados obtidos para o cálculo da deflexão de projeto.

Tabela 9 - Valores da deflexão de projeto.

Trecho	Deflexão media	Desvio Padrão	Z	Cv	Dc	Fs	Dp
1	45,6667	11,3431	2,5	0,24839	57,0098	1	58,0098
2	56,1667	12,2379	2,5	0,21789	68,4046	1	69,4046
3	58,00	7,2938	2,5	0,12576	65,2938	1	66,2938
4	62,6667	8,3586	2,5	0,13338	71,0253	1	72,0253

6.4 Analise dos resultados obtidos e recomendações

Após a realização dos levantamentos do IGG e LVC, foi possível caracterizar o estado de conservação funcional do pavimento. Sendo assim possível a determinação de recomendações para restauração da via em estudo, baseado no manual de restauração do pavimento do DNIT.

Segundo o DNIT 2006, a capacidade que um pavimento tem de proporcionar um determinado nível de desempenho (funcional) é intitulada de “Serventia do Pavimento” – cujo processo de aferição pode ser efetivado através de “Avaliações Subjetivas” e/ou de “Avaliações Objetivas”. A Avaliação Objetiva é calculada analiticamente através do conhecimento de

valores de vários índices, como: Índice de Gravidade Global – IGG; Levantamento Visual Continuo – LVC; Índice de Gravidade Global Expedito - IGGE; Índice de Estado Superfície – IES; Índice de Condição do Pavimento Flexível – ICPF; International Roughness Index (índice de irregularidade de superfície) - IRI; entre outros. Os quais, de maneira geral, estão correlacionados entre si. Sendo IRI o mais utilizado pelo DNIT.

O Quadro 14, mostra os níveis de conceito em relação a condição de superfície do pavimento, em função da Avaliação Subjetiva e as faixas de valores correspondentes aos principais índices da Avaliação Objetiva.

Quadro 14 - Condições de Superfície do Pavimento.

Conceito	Irregularidade		ICPF	IGG	TR
	QI (cont./km)	IRI (m/km)			
Excelente	13-25	1-1,9	5-4	0-20	0 - 2
Bom	25-35	1,9-2,7	4-3	20-40	2 - 5
Regular	35-45	2,7-3,5	3-2	40-80	5 - 10
Ruim	45-60	3,5-4,6	2-1	80-160	10 - 25
Péssimo	>60	>4,6	1-0	160	>25

Fonte: DNIT (2006).

Fazendo uma comparação entre os resultados encontrados pelo método do IGG e LVC (Tabelas10 e 11) e analisando quantas estações obtiveram conceitos coincidentes (Figura 69 e 70), podemos concluir com mais precisão sobre o real estado de conservação do pavimento, e assim sugerir medidas de intervenção para via em estudo. Ressalta-se que, para essa comparação foi considerado os trechos do LVC, fazendo uma correlação com os trechos do IGG.

Tabela 10 - Comparação entre IGG e LVC – Pista direita.

PISTA DIREITA		
Trecho	Conceito IGG	Conceito LVC
0 a 10	Ruim	Péssimo
10 a 20	Ruim	Ruim
20 a 30	Ruim	Ruim
30 a 40	Ruim	Ruim
40 a 50	Ruim	Ruim
50 a 60	Ruim	Ruim
60 a 70	Ruim	Ruim
70 a 80	Regular	Regular
80 a 90	Regular	Ruim
90 a 100	Regular	Regular
100 a 110	Ruim	Ruim
110 a 115	Ruim	Regular

Figura 69 - Percentual de estações coincidentes.

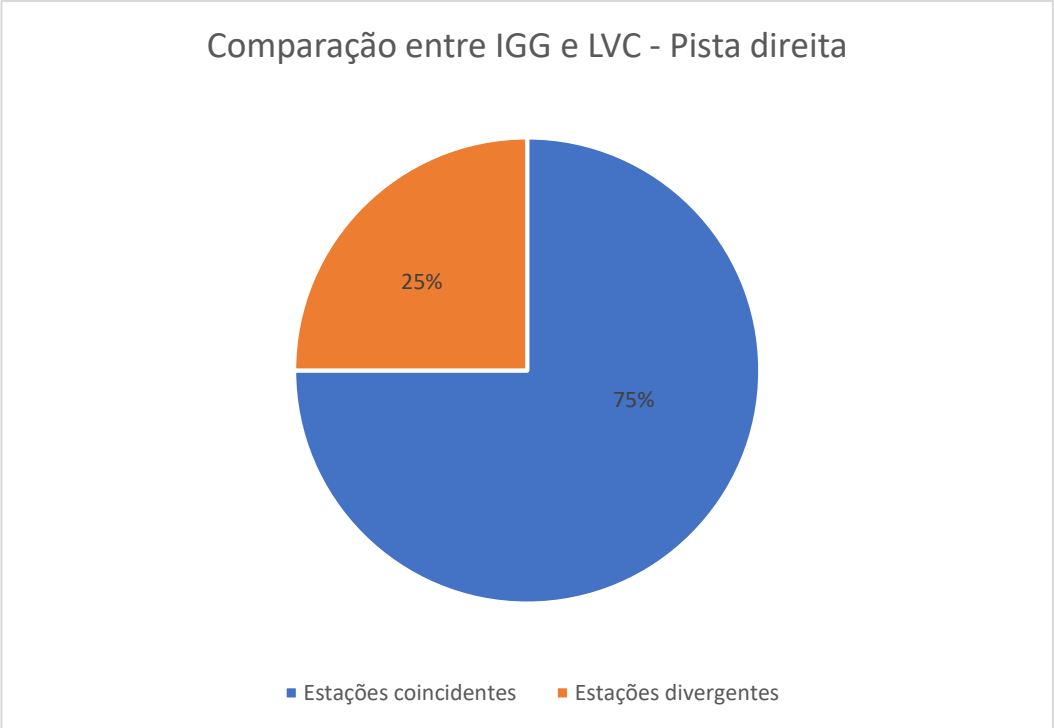
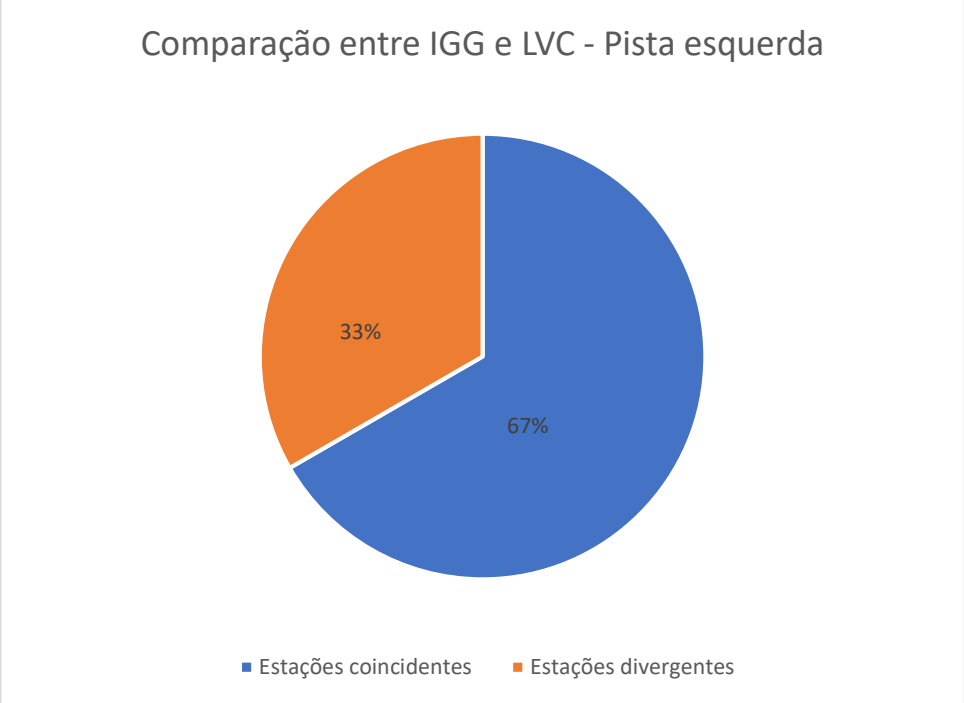


Tabela 11- Comparação entre IGG e LVC – Pista esquerda.

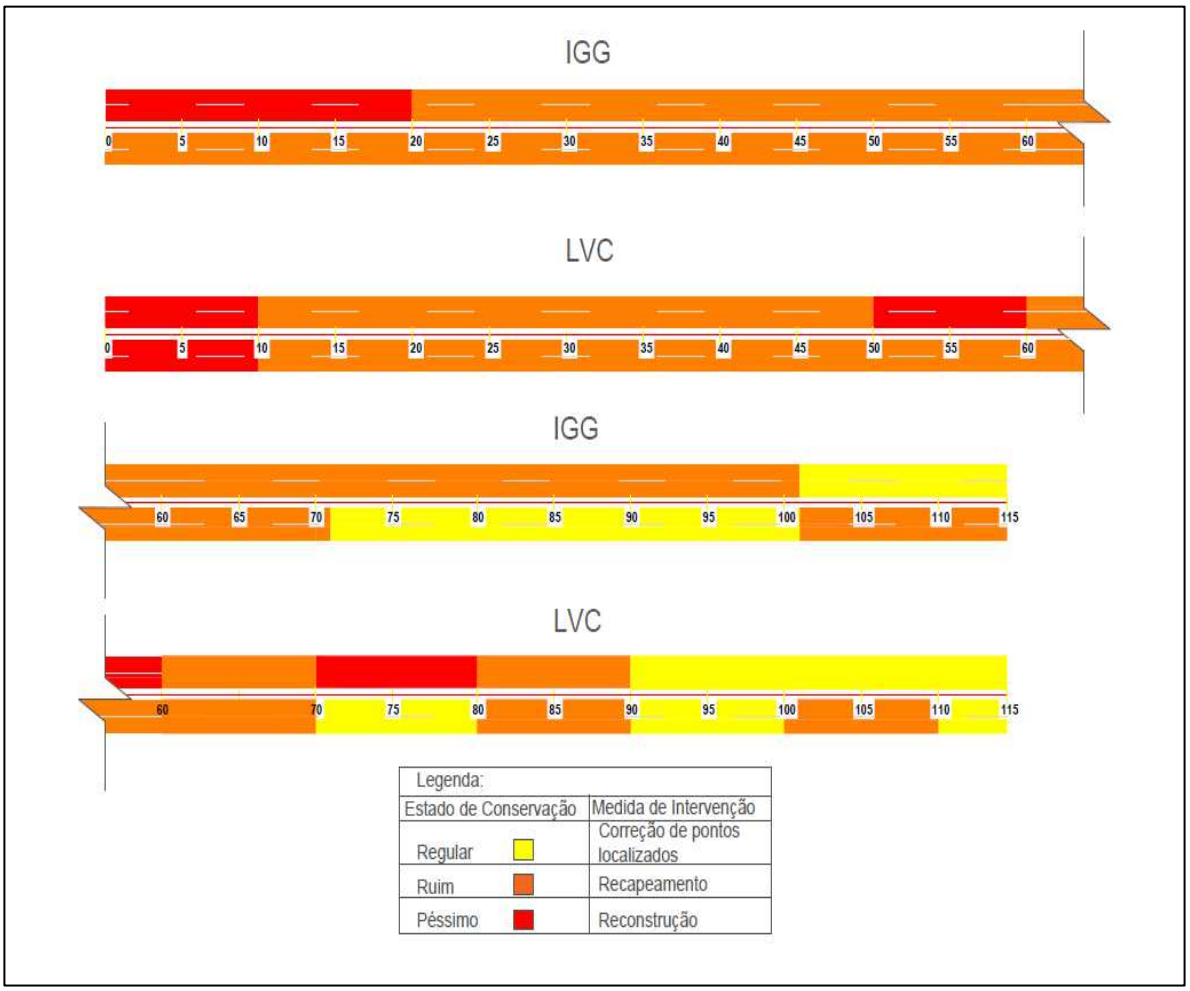
PISTA ESQUERDA		
Trecho	Conceito do IGG	Conceito do LVC
0 a 10	Péssimo	Péssimo
10 a 20	Péssimo	Ruim
20 a 30	Ruim	Ruim
30 a 40	Ruim	Ruim
40 a 50	Ruim	Ruim
50 a 60	Ruim	Péssimo
60 a 70	Ruim	Ruim
70 a 80	Ruim	Péssimo
80 a 90	Ruim	Ruim
90 a 100	Ruim	Regular
100 a 110	Regular	Regular
110 a 115	Regular	Regular

Figura 70 - Percentual de estações coincidentes.



A figura 71 mostra uma representação esquemática da comparação entre o IGG e LVC ao longo da via em estudo

Figura 71 - Representação esquemática da comparação entre IGG e LVC



Fonte: Elaborada pelo autor (Junho, 2017).

Analisando os conceitos considerados baseado na comparação do IGG e LVC, será sugerido algumas intervenções para o pavimento baseado no Índice de Condição do Pavimento Flexível – ICPF, que de acordo com o estado do pavimento, sugere medidas de conservação para o pavimento (Quadro 5).

De acordo com esses conceitos recomenda-se aos trechos considerados “péssimo” uma reconstrução. Para os trechos considerados “ruim” que são predominantes na via sugere-se um recapeamento com correções prévias. Já para os trechos considerados “regular” é recomendado um recapeamento ou correção de pontos localizados.

Vale ressaltar também a importância de melhorar o sistema de drenagem da avenida Lourenço Vieira da Silva, é nítido em dias com chuvas de grande intensidade que a avenida não possui um sistema de drenagem eficiente, gerando vários alagamentos ao longo de sua extensão, o que prejudica bastante o estado de conservação do pavimento.

Já para o estado estrutural do pavimento, foi feito uma análise baseado na Figura 63, no item 5.4.5. Por meio dessa análise foi possível determinar a qualidade estrutural do pavimento e as medidas corretivas.

Para essa análise estrutural foi necessário conhecer os valores da deflexão admissível, deflexão de projeto e o raio de curvatura de cada trecho. A tabela 12 mostra todos a valores desses parâmetros necessários para a avaliação estrutural.

Tabela 12 - Valores do raio de curvatura e deflexões de projeto e admissível

Trecho	Estacas	Deflexão Admissível (x 10^{-2} mm)	Deflexão de Projeto (x 10^{-2} mm)	Raio de Curvatura
1	0 a 6	60	58,0098	312,5
2	6 a 12	60	69,4046	142,045
3	12 a 18	60	66,2938	178,611
4	18 a 24	60	72,0253	91,911

A deflexão de projeto foi menor que a deflexão admissível apenas no trecho 1, e foi maior nos outros três trechos. Já o raio de curvatura apresentou valores maiores que 100 nos três primeiros trechos, e apenas no trecho 4 apresentou valor menor que 100.

Sendo assim o trecho 1 apresentou uma condição estrutural boa, necessitando apenas de correções superficiais. Já os trechos 2 e 3, apresentaram uma condição estrutural regular, pois apesar de suas deflexões de projeto serem maiores que a deflexão admissível, o raio de curvatura é maior que 100, necessitando de um reforço. O trecho 4, que fica próximo ao retorno da Guajajaras apresentou uma má condição estrutural, pois apresentou deflexão de projeto maior que a deflexão admissível, e raio de curvatura menor que 100, necessitando de um reforço ou uma reconstrução.

7 CONCLUSÕES

Este trabalho abordou a avaliação do pavimento através de dois aspectos, estrutural e funcional. No funcional foram diagnosticados diversos defeitos, sendo os mais abundantes: trincas de diversos tamanhos e tipos, com destaque para trincas do tipo couro de jacaré; as panelas, que em alguns casos já estão em um nível de deterioração muito alto; o desgaste, que aparece em praticamente toda a extensão da avenida; e remendos. Na avaliação funcional do pavimento este trabalho concluiu que a avenida Lourenço Vieira da Silva se encontra em estado de conservação ruim na grande maioria da sua extensão, chegando a ficar péssimo em alguns trechos.

Do ponto de vista estrutural do pavimento, a avenida Lourenço Vieira da Silva está parcialmente ruim, sendo os piores resultados encontrados justamente onde foram encontrados os piores índices na avaliação funcional. Como exemplo o trecho da pista esquerda (sentido UEMA – Retorno da Guajajaras), perto da rotatória da Guajajaras, apresentou como resultados estado péssimo tanto no IGG como no LVC, e ainda uma condição estrutural ruim. Este trecho apresenta várias panelas e afundamentos plásticos, e apresenta alagamento em dia de chuva. Diante desse cenário recomenda-se uma reconstrução desse trecho.

Este estudo mostrou a importância de utilizar estes métodos para avaliação do pavimento, permitindo planejar futuras intervenções e sua melhoria. No entanto ressalta-se que em trechos urbanos esses métodos apresentam algumas dificuldades em sua execução, como o alto fluxo de transito na via, restringindo o trabalho a dias de domingo. Entendendo assim que esses métodos são mais indicados para rodovias, porém podem ser realizados em trechos urbanos também, desde que se faça um planejamento adequado com algumas adequações.

Como sugestão para trabalhos futuros referentes ao estudo funcional deste trabalho, sugere-se a realização de outro tipo de levantamento funcional, como por exemplo, a irregularidade longitudinal, que um dos índices mais utilizado pelo DNIT.

Para trabalhos futuros referentes ao estudo estrutural deste trabalho, recomenda-se que se faça uma contagem de trafego, pois nesse trabalho foi adotado um número N, para poder calcular a deflexão admissível e realizar as análises do estado estrutural de cada estação. Então, um estudo de trafego possibilitaria um valor de deflexão mais preciso, logo uma análise do estado estrutural mais confiável do estado estrutural.

REFERÊNCIAS

AEROCONSULT – Aerolevantamento e Consultoria – **Levantamento planialtimétrico – Planta de localização bairro Jardim São Cristóvão.** Florianópolis, SC. 2000 a 2003.

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

BERNUCCI, L.B.; CERATTI, J.A.P.; SOARES, J.B.; MOTTA, L.M.G. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Petrobrás: ABEDA. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. DNIT 005/2003- TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: Terminologia**. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos: Procedimento**. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

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

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**.** ME 133: **Pavimentação asfáltica – Delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deflexão por intermédio da Viga Benkelman**. Rio de Janeiro, 2010.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. ME 024: **Pavimento - Determinação das deflexões pela Viga Benkelman**. Rio de Janeiro, 1994.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. PRO 010: **Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis, Procedimento A**. Rio de Janeiro, 1979.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. PRO 011: **Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis, procedimento B**. Rio de Janeiro, 1979.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. PRO 175: **Aferição da Viga Benkelman**. Rio de Janeiro, 1994.

ELIAS, B.H.S. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Estudo sobre a utilização de asfalto borracha em revestimento do tipo CAUQ no Maranhão.** Monografia apresentada na Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2016.

ESPÍRITO SANTO, J.M. (Org.). **São Luís: uma leitura da cidade**. Prefeitura de São Luís – Instituto de Pesquisa e Planificação da Cidade, IPLAN. São Luís: Instituto da Cidade, 2006.

FERREIRA, Eng. Clovis Madruga. Apostila Trabalhando com viga Benkelman. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.xa.yimg.com/kq/groups/13240622/.../name/Deflectometria+2007.pdf>, acessando em: 05/09/2013.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária:** Conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis. COPIARTE. Rio de Janeiro, 2001.

RODRIGUES, J.K.B.; MORAIS, C.A.S.; LUCENA, A.E.F.L.; LUCENA, L.C.F.L. **Manual – avaliação, manutenção e restauração de pavimentos de vias urbanas.** EDUFCG. Campina Grande, 2008.

ANEXOS

ANEXO 1

Anexo A (normativo)

Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

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

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

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

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

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

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

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

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

_____ /Anexo B

ANEXO 2

Anexo B (normativo)

Formulário de Inventário do estado da superfície do pavimento

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO

RODOVIA:
TRECHO:
SUBTRECHO:
OPERADOR:
REVESTIMENTO TIPO:
DATA:
FOLHA:

Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS ISOLADAS FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	TRINCAS INTERLIGADAS FC-2 J 2	TB 2	FC-3 JE 3	TBE 3	AFUNDAMENTOS PLÁSTICO ALP 4	ATP 4	CONSOLID ALC 4	ATC 4	OUTROS DEFEITOS O 5	P 5	E 5	EX 6	D 7	R 8	TRINCAS RODAS TRI mm	IRE mm	Observações:

ESTACA OU QUILÔMETRO
ESTACA OU QUILÔMETRO

_____/Anexo C

ANEXO 3

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) Data: Folha:

TRECHO: Estaca ou Quilômetro Estaca ou Quilômetro

SUB-TRECHO: REVESTIMENTO TIPO:

Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2		
2	(FC – 2) J, TB				0,5		
3	(FC – 3) JE, TBE				0,8		
4	ALP, ATP, ALC, ATC		X	X	0,9		
5	O, P, E		X	X	1,0		
6	EX		X	X	0,5		
7	D		X	X	0,3		
8	R		X	X	0,6		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A ( ) 1 B ( )		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRIv =	FV =	2 A ( ) 2 B ( )		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =		∑ IND. GRAVID. IND. = IGG			Conceito

Operador

Cálculo

Visto

1A) IGI = $\overline{F}$ x 4/3 quando $\overline{F} \leq 30$

1B) IGI = 40 quando $\overline{F} > 30$

2A) IGI = $\overline{FV}$ quando $\overline{FV} \leq 50$

2B) IGI = 50 quando $\overline{FV} > 50$

_____/Anexo D

ANEXO 4

Anexo B (normativo)

Formulário para o levantamento visual contínuo

MT DNIT		Folha de

Ext. PNV_____ Ext. EXEC_____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO _____ MÊS/ANO _____

Código PNV

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)											ICPF	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	

P – Panela	AF – Afundamento	D – Desgaste do Pavimento	REST – Idade da última restauração	Avaliadores
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	

_____/Anexo C

ANEXO 5

Anexo C (normativo)

Cálculo do IGGE

MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS IGGE - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO (CÁLCULO)	Folha _____ de _____

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 _____

SEGMENTO				TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			$(F_t \times P_t) +$ $(F_{exp} \times P_{exp}) +$ $(F_{pr} \times P_{pr}) =$ IGGE
Nº do Seg	Km Início	Km Fim	Extensão	F_t %	P_t	$F_t \times P_t$	F_{exp} %	P_{exp}	$F_{exp} \times P_{exp}$	F_{pr} nº	P_{pr}	$F_{pr} \times P_{pr}$	

_____/Anexo D

ANEXO 6

Anexo D (normativo)

Quadro resumo

MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS RESULTADOS DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO	Folha _____ de _____

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					
	Km Início	Km Fim	Extensão	ICPF	IGGE	IES			OBSERVAÇÕES
						Valor	Cód.	Conceito	

ICPF - Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis

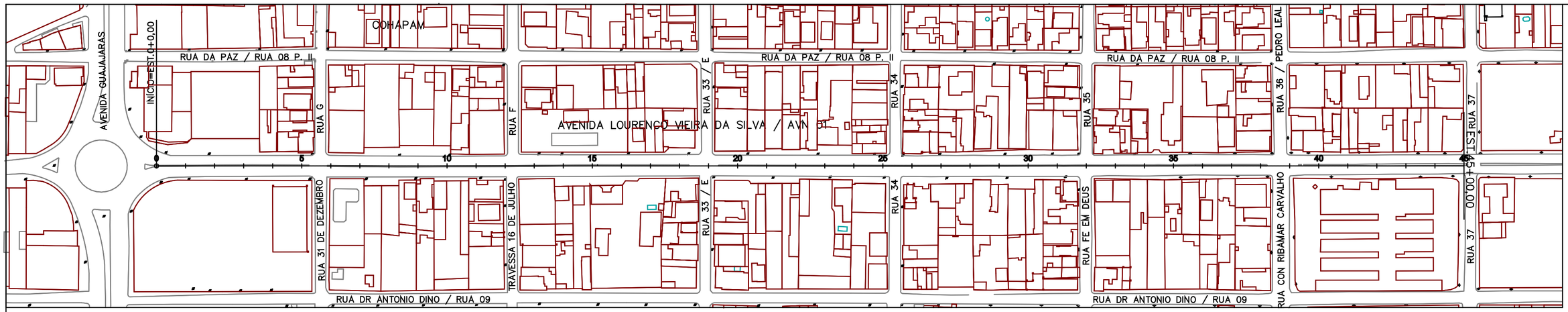
IGGE - Índice de Gravidade Global Expedito

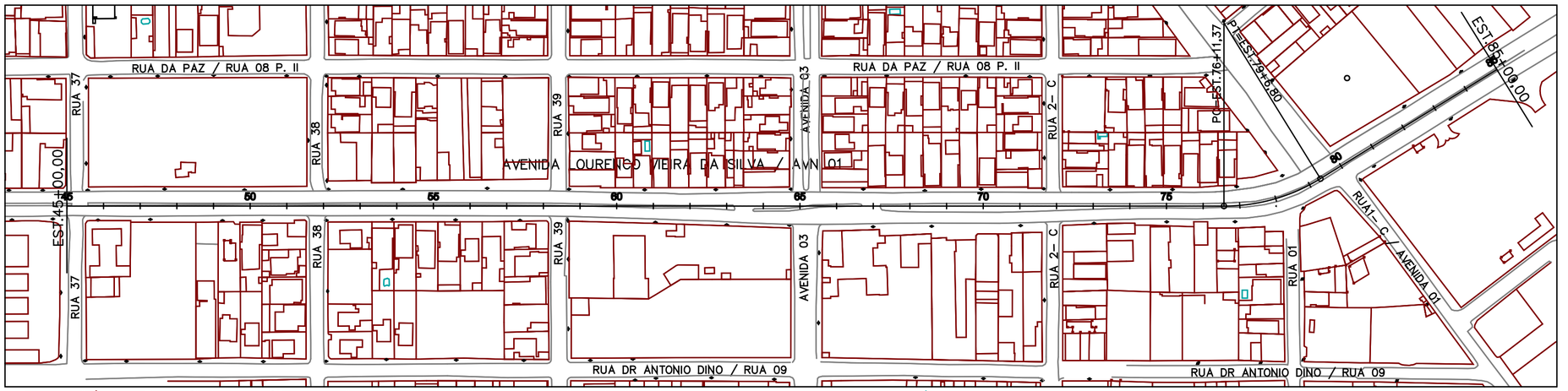
IES - Índice do Estado da Superfície

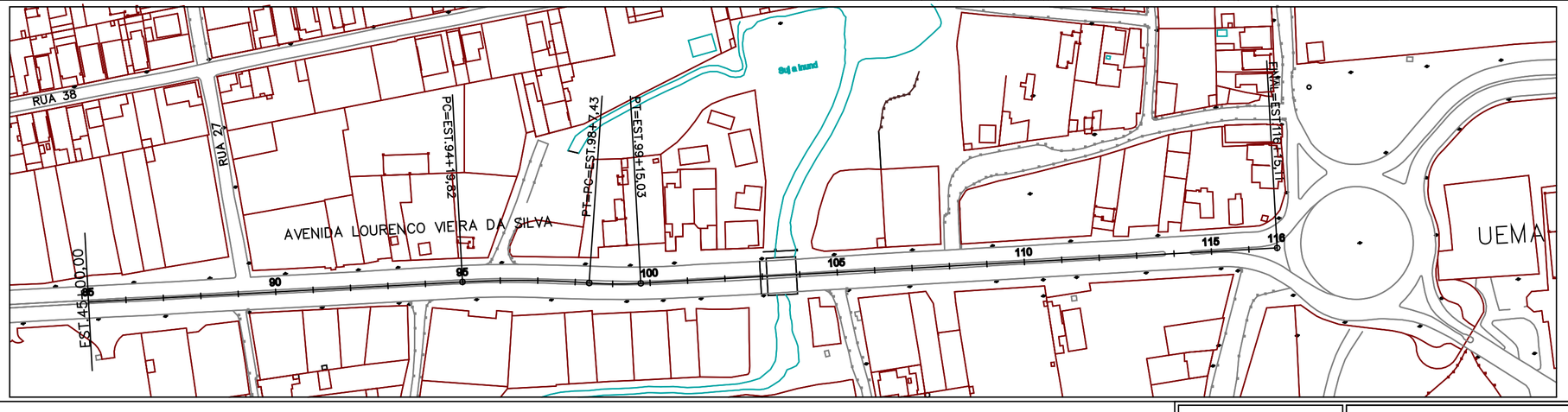
_____ /Índice geral

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Mapa 2.







UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO	UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO–UEMA
	CIDADE UNIVERSITÁRIA PAULO VI, C.P. 09, TIRIRICAL – CEP. 65055-970 – SÃO LUÍS/MA. FONES: (98) 3245-5461 / FAX: (98) 3245-5882 C.N.P.J. 06.352.421/0001/68 – CRIADA NOS TERMOS DA LEI Nº. 4.400 DE 30.12.1981
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT CURSO DE ENGENHARIA CIVIL	DESENHO Nº: MAPA – 02
OBJETO:	RELATÓRIO DE PESQUISA CIÊNTIFICA
LOCAL: PEDRO HENRIQUE DE A. NUNES PEREIRA	DESCRIÇÃO: ESTAQUEAMENTO DA VIA PLANTA
ALUNO: SÃO LUÍS – MA	CIDADE: SÃO LUÍS – MA
ESCALA: V=1:2.000	DATA: JANEIRO/2017 — REVISÃO Nº: 0

APÊNDICE 2 – Planilha de resultados do IGG.

DNIT 006/2003-PRO 8

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

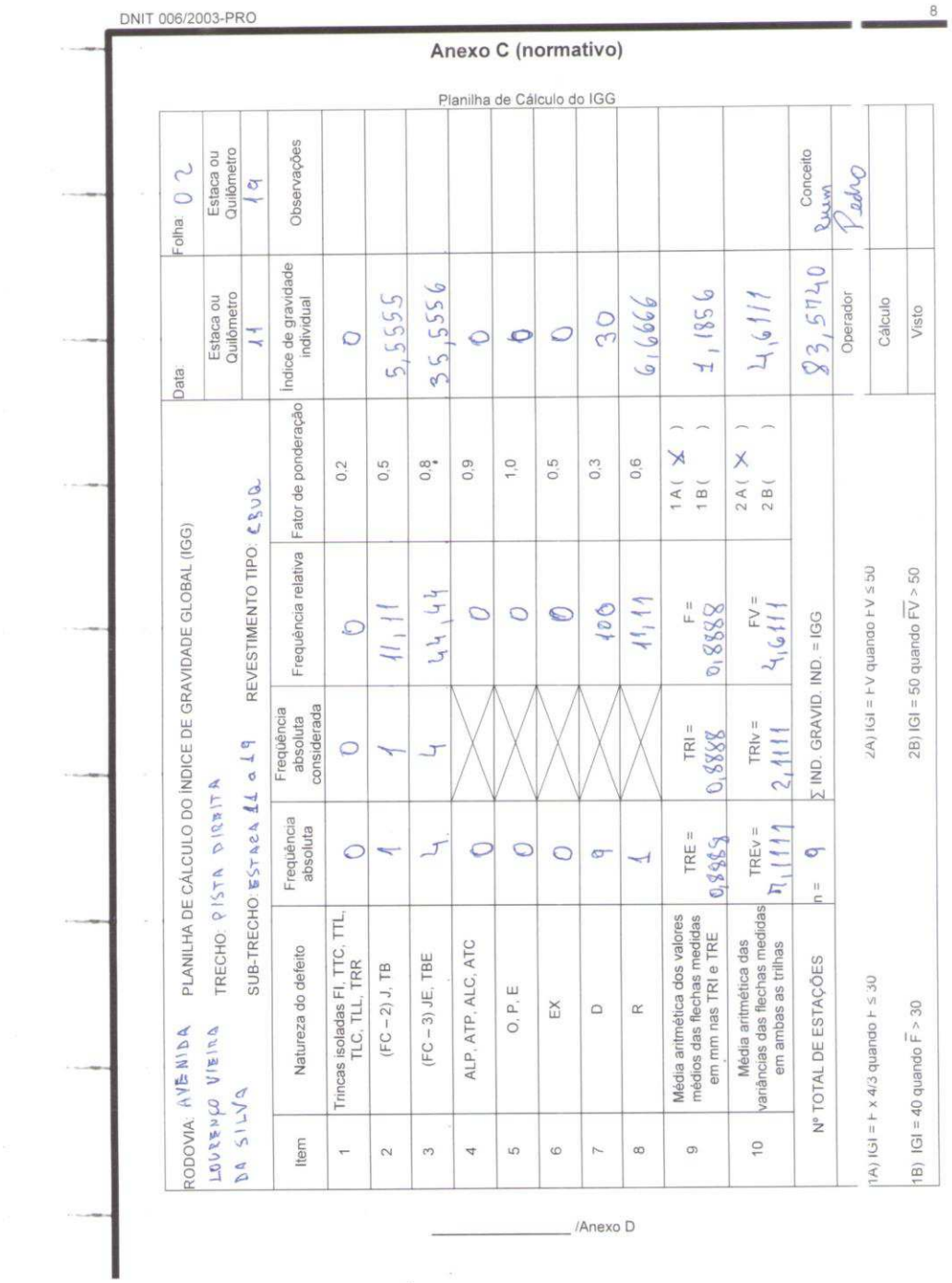
RODOVIA: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA	PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO: PISTA DIREITA SUB-TRECHO: ESTACA 0 a 10			REVESTIMENTO TIPO: CBUQ		Data: Estaca ou Quilômetro 0	Folha: 01 Estaca ou Quilômetro 10

Item	Natureza do defeito	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	2	1	9,09	0,2	1,8181	
2	(FC – 2) J, TB	3	1	9,09	0,5	4,5454	
3	(FC – 3) JE, TBE	4	4	36,36	0,8	29,0909	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	3		27,27	0,9	24,5454	
5	O, P, E	4		36,36	1,0	36,3636	
6	EX	0		0	0,5	0	
7	D	10		90,90	0,3	27,2727	
8	R	4		36,36	0,6	21,8182	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 0,1818	TRI = 0	F = 0,0909	1 A (X) 1 B ( )	0,1212	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 0,1636	TRIv = 0	FV = 0,0818	2 A (X) 2 B ( )	0,0818	
	Nº TOTAL DE ESTAÇÕES	n = 11	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG	145,6575			Conceito Ruim

1A) IGI = $\overline{F}$ x 4/3 quando $\overline{F} \leq 30$	2A) IGI = $\overline{FV}$ quando $\overline{FV} \leq 50$	Operador	Pedro Henrique
1B) IGI = 40 quando $\overline{F} > 30$	2B) IGI = 50 quando $\overline{FV} > 50$	Cálculo	
		Visto	

_______________/Anexo D

APÊNDICE 3 – Planilha de resultados do IGG.



DNIT 006/2003-PRO 8

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA — PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

TRECHO: PISTA DIREITA

SUB-TRECHO: ESTACA 11 a 19 — REVESTIMENTO TIPO: ESUQ

Data: — Folha: 02

Estaca ou Quilômetro: 11 — Estaca ou Quilômetro: 19

Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0	0	0	0,2	0	
2	(FC – 2) J, TB	1	1	11,11	0,5	5,5555	
3	(FC – 3) JE, TBE	4	4	44,44	0,8	35,5556	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0		0	0,9	0	
5	O, P, E	0		0	1,0	0	
6	EX	0		0	0,5	0	
7	D	9		100	0,3	30	
8	R	1		11,11	0,6	6,6666	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 0,8889	TRI = 0,8888	F = 0,8888	1A (X) 1B ( )	1,1856	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 2,1111	TRIv = 2,1111	FV = 4,6111	2A (X) 2B ( )	4,6111	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 9	∑ IND. GRAVID. IND. = IGG			83,5740	Conceito: Ruim

Operador: Pedro

Cálculo:

Visto:

1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30

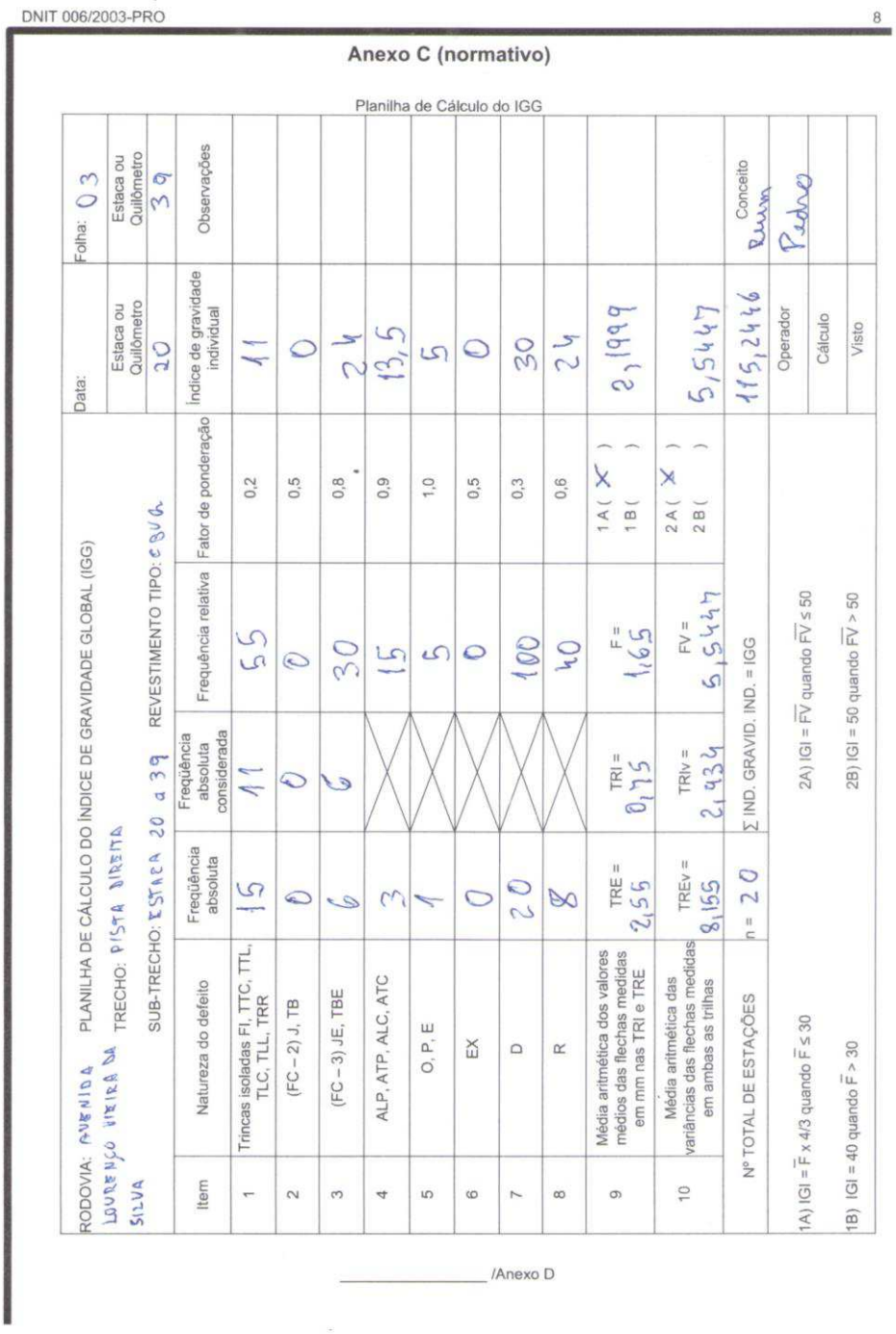
1B) IGI = 40 quando $\overline{F}$ > 30

2A) IGI = FV quando FV ≤ 50

2B) IGI = 50 quando $\overline{FV}$ > 50

_____/Anexo D

APÊNDICE 4 – Planilha de resultados do IGG.



DNIT 006/2003-PRO 8

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

TRECHO: PISTA DIREITA

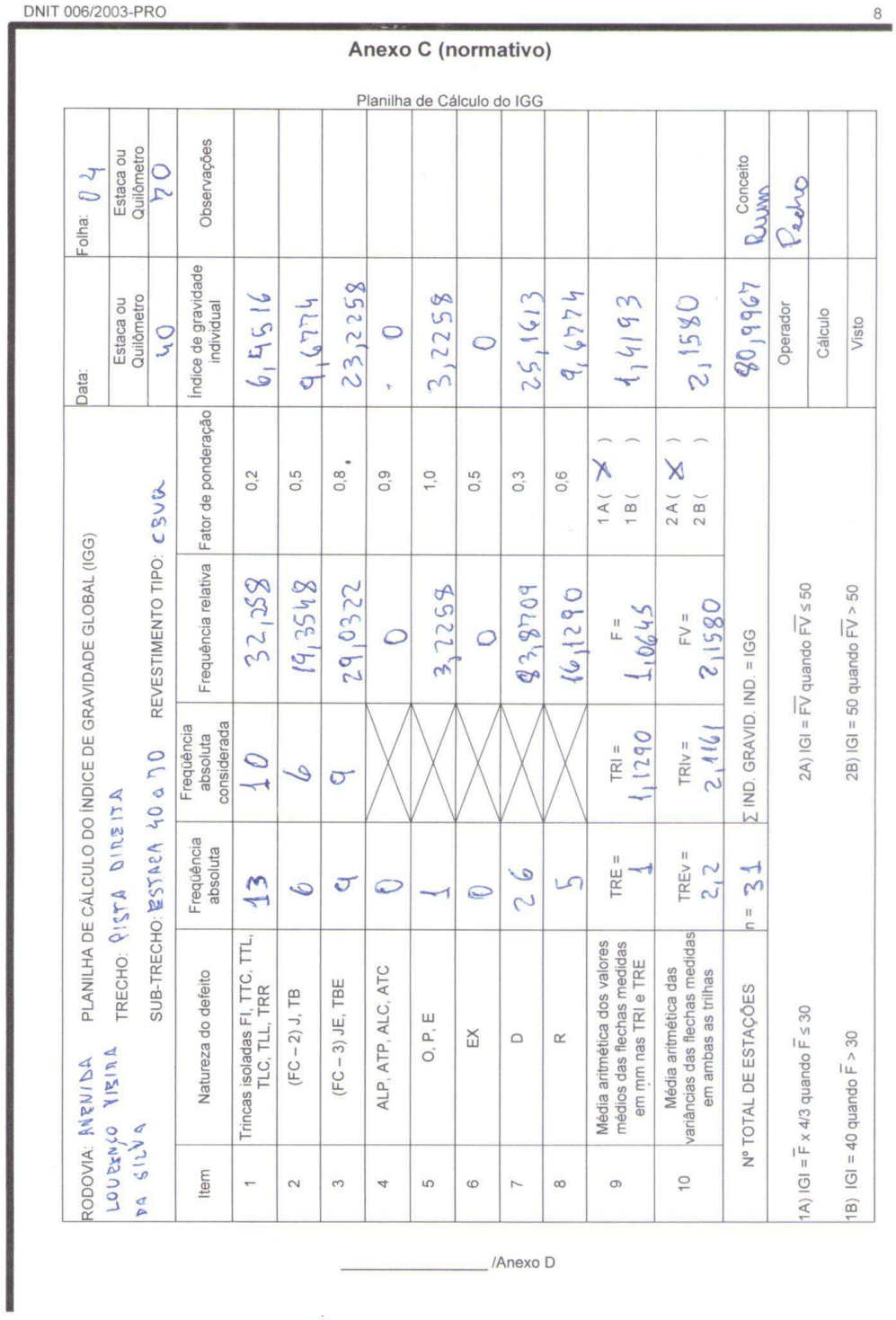
SUB-TRECHO: ESTACA 20 a 39 REVESTIMENTO TIPO: CBUQ

Data: Folha: 03

Item	Natureza do defeito	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
		Estaca ou Quilômetro				Estaca ou Quilômetro	
		20				39	
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	15	11	55	0,2	11	
2	(FC – 2) J, TB	0	0	0	0,5	0	
3	(FC – 3) JE, TBE	6	6	30	0,8	24	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	3		15	0,9	13,5	
5	O, P, E	1		5	1,0	5	
6	EX	0		0	0,5	0	
7	D	20		100	0,3	30	
8	R	8		40	0,6	24	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 2,55	TRI = 0,75	F = 1,65	1 A (X) 1 B ( )	2,1999	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 8,165	TRIv = 2,434	FV = 5,5447	2 A (X) 2 B ( )	5,5447	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 20	∑ IND. GRAVID. IND. = IGG			115,2446	Conceito Ruim
1A) IGI = $\overline{F}$ x 4/3 quando $\overline{F} \leq 30$			2A) IGI = $\overline{FV}$ quando $\overline{FV} \leq 50$			Operador	Pedro
1B) IGI = 40 quando $\overline{F} > 30$			2B) IGI = 50 quando $\overline{FV} > 50$			Cálculo	
						Visto	

_____ /Anexo D

APÊNDICE 5 – Planilha de resultados do IGG.



DNIT 006/2003-PRO 8

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA — PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

TRECHO: PISTA DIREITA

SUB-TRECHO: ESTACA 40 a 70 — REVESTIMENTO TIPO: CBUQ

Data: — Folha: 04

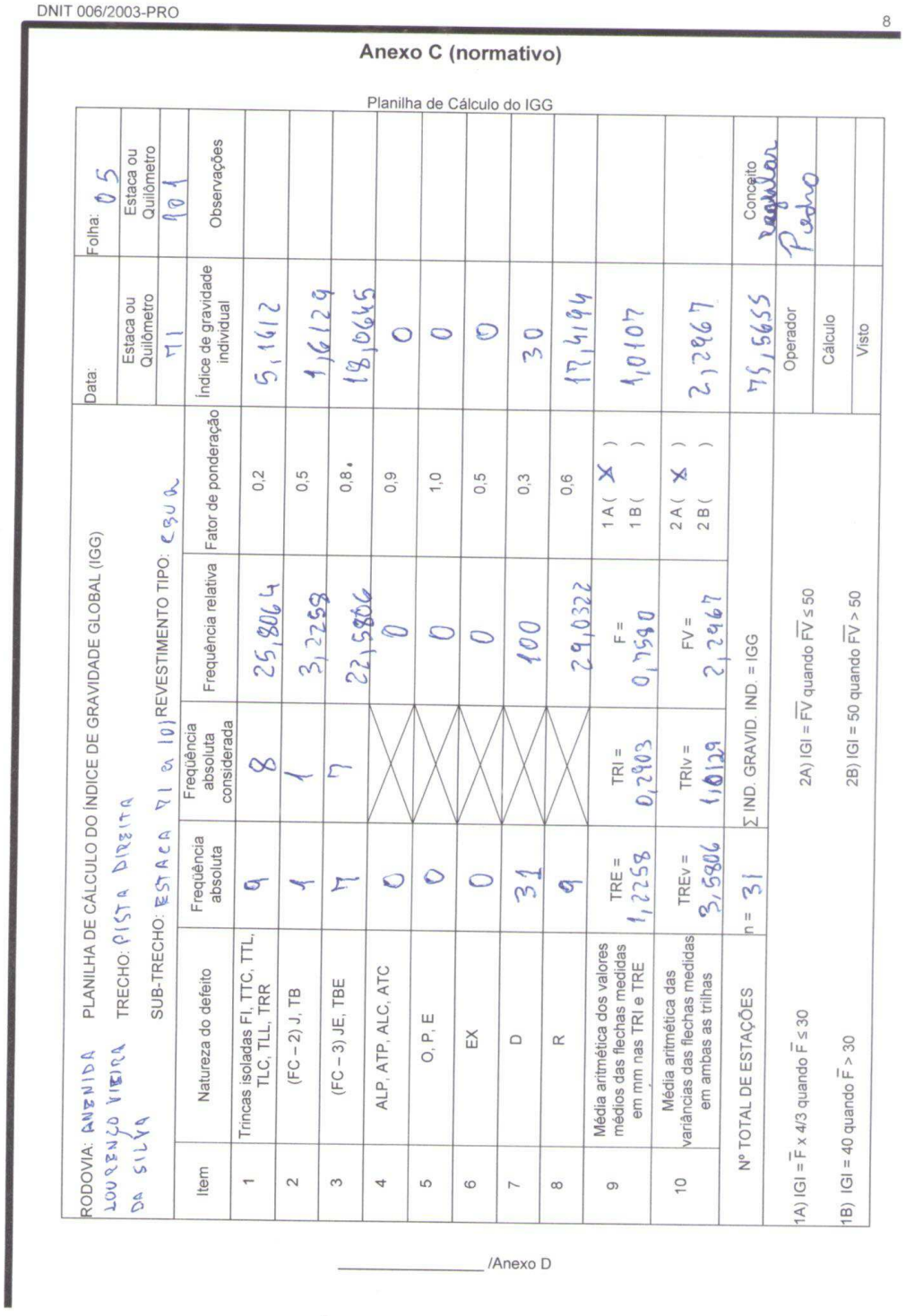
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
		Estaca ou Quilômetro				Estaca ou Quilômetro	
		40				70	
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	13	10	32,258	0,2	6,45516	
2	(FC – 2) J, TB	6	6	19,3548	0,5	9,6774	
3	(FC – 3) JE, TBE	9	9	29,0322	0,8	23,2258	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	X	0	0,9	0	
5	O, P, E	1	X	3,2258	1,0	3,2258	
6	EX	0	X	0	0,5	0	
7	D	26	X	83,8709	0,3	25,1613	
8	R	5	X	16,1290	0,6	9,6774	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 1	TRI = 1,1290	F = 1,0645	1A (X) 1B ( )	1,1193	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 2,2	TRIv = 2,1161	FV = 2,1580	2A (X) 2B ( )	2,1580	
	Nº TOTAL DE ESTAÇÕES	n = 31	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			80,9967	Conceito Ruim
						Operador	Pedro
						Cálculo	
						Visto	

1A) IGI = $\overline{F}$ x 4/3 quando $\overline{F} \leq 30$ — 2A) IGI = $\overline{FV}$ quando $\overline{FV} \leq 50$

1B) IGI = 40 quando $\overline{F} > 30$ — 2B) IGI = 50 quando $\overline{FV} > 50$

_____/Anexo D

APÊNDICE 6 – Planilha de resultados do IGG



Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

TRECHO: PISTA DIREITA

SUB-TRECHO: ESTACA 71 a 101 REVESTIMENTO TIPO: CBUQ

Data:	Folha: 05
Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
71	101

Item	Natureza do defeito	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	9	8	25,8064	0,2	5,1612	
2	(FC – 2) J, TB	1	1	3,2258	0,5	1,6129	
3	(FC – 3) JE, TBE	7	7	22,5806	0,8	18,0645	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0		0	0,9	0	
5	O, P, E	0		0	1,0	0	
6	EX	0		0	0,5	0	
7	D	31		100	0,3	30	
8	R	9		29,0322	0,6	17,4194	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 1,2258	TRI = 0,2903	F = 0,7580	1 A (X) 1 B ( )	1,0107	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 3,5806	TRIv = 1,0129	FV = 2,2967	2 A (X) 2 B ( )	2,2967	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 31	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			75,5655	Conceito regular
						Operador	Pedro
						Cálculo	
						Visto	

1A) IGI = $\overline{F}$ x 4/3 quando $\overline{F} \leq 30$

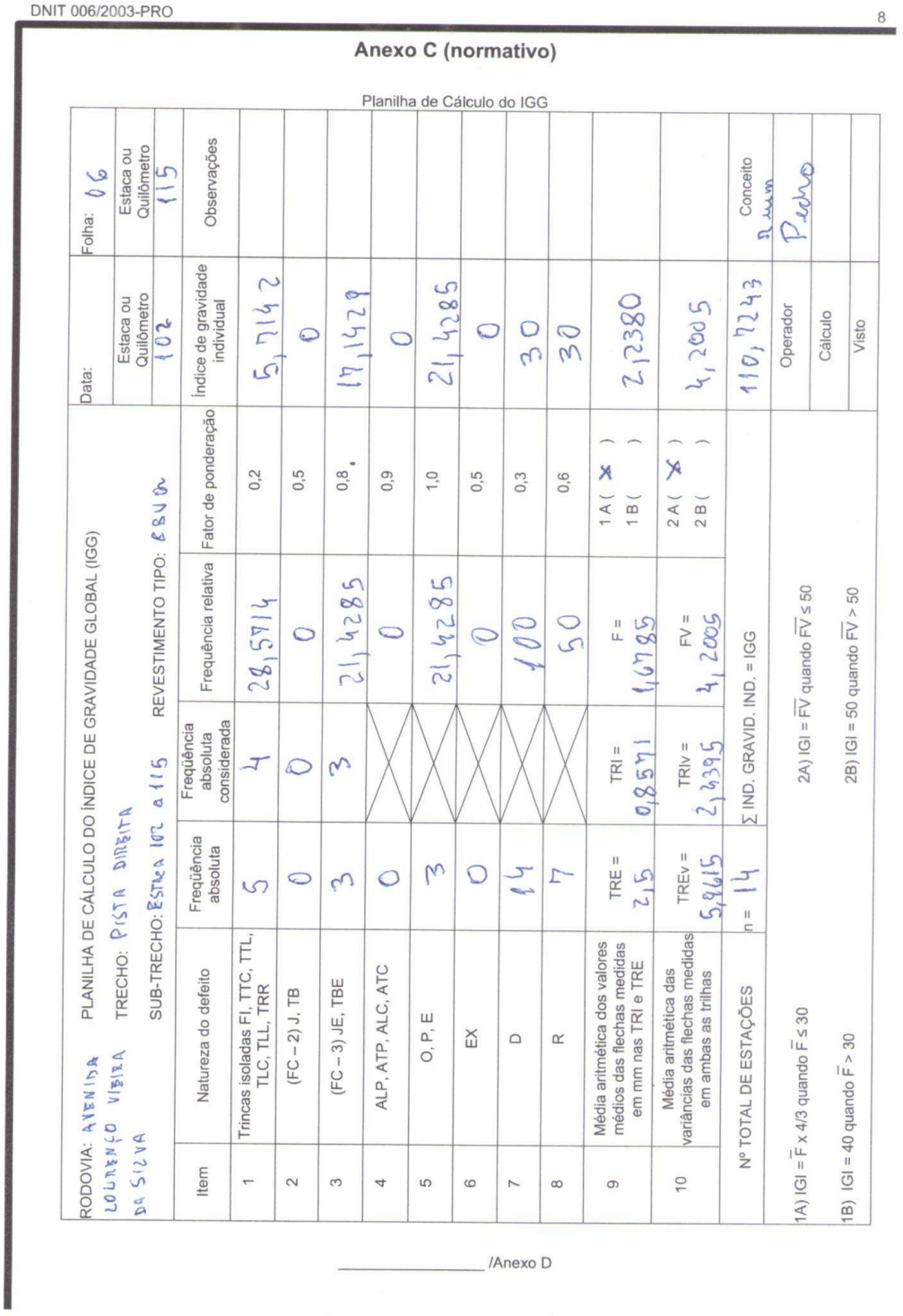
1B) IGI = 40 quando $\overline{F} > 30$

2A) IGI = $\overline{FV}$ quando $\overline{FV} \leq 50$

2B) IGI = 50 quando $\overline{FV} > 50$

/Anexo D

APÊNDICE 7 – Planilha de resultados do IGG.



DNIT 006/2003-PRO 8

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA — PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

TRECHO: PISTA DIREITA

SUB-TRECHO: ESTACA 102 a 115 REVESTIMENTO TIPO: BASE

Data: Folha: 06

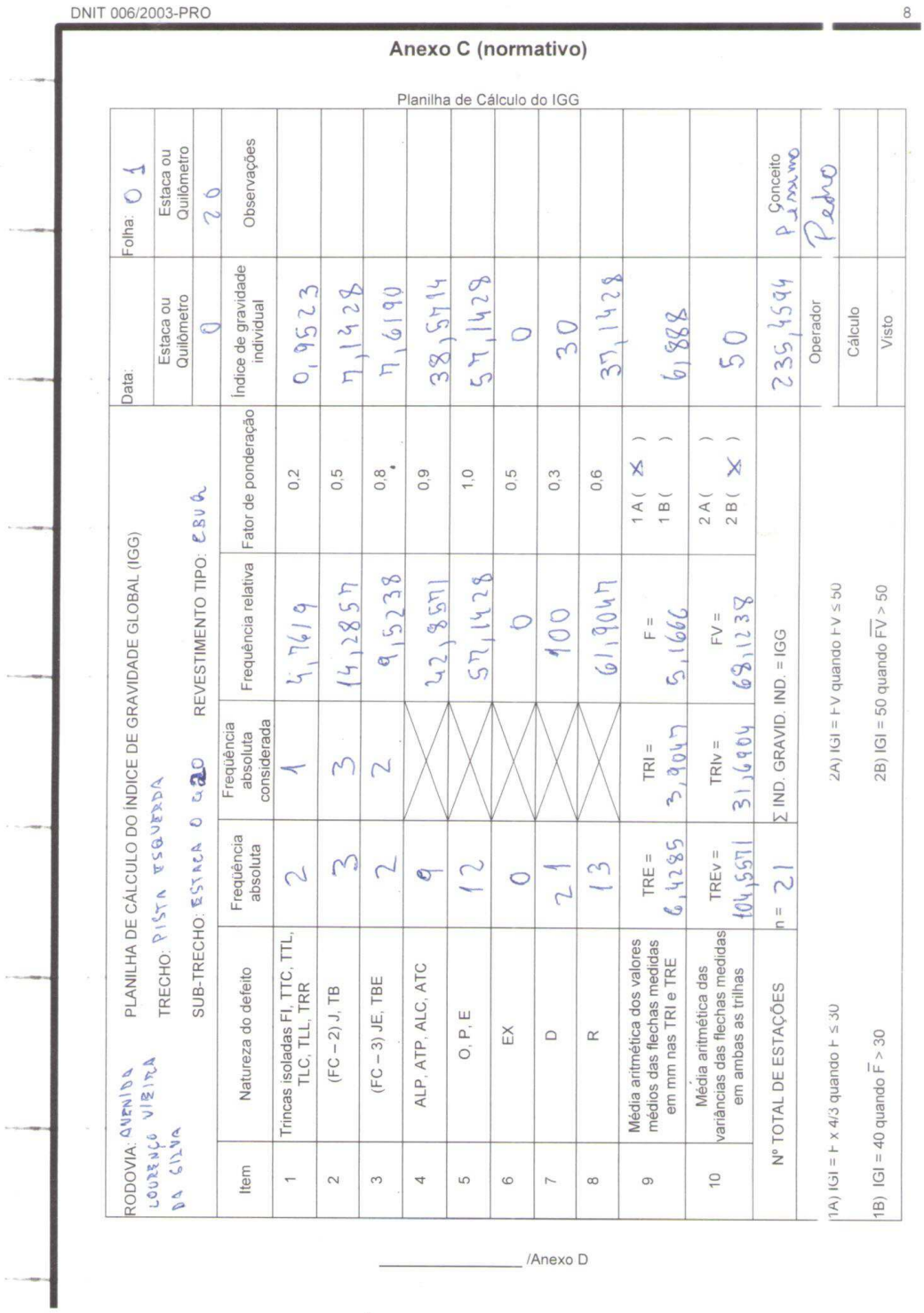
Item	Natureza do defeito	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
		Estaca ou Quilômetro				Estaca ou Quilômetro	
		102				115	
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	5	4	28,5714	0,2	5,7142	
2	(FC – 2) J, TB	0	0	0	0,5	0	
3	(FC – 3) JE, TBE	3	3	21,4285	0,8	17,1429	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0		0	0,9	0	
5	O, P, E	3		21,4285	1,0	21,4285	
6	EX	0		0	0,5	0	
7	D	14		100	0,3	30	
8	R	7		50	0,6	30	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 2,5	TRI = 0,8571	F = 1,0785	1A (X) 1B ( )	2,2380	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 5,9615	TRIv = 2,4395	FV = 4,2005	2A (X) 2B ( )	4,2005	
	Nº TOTAL DE ESTAÇÕES	n = 14	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			110,7243	Conceito Ruim
						Operador	Pedro
						Cálculo	
						Visto	

1A) IGI = $\overline{F}$ x 4/3 quando $\overline{F} \leq 30$ 2A) IGI = $\overline{FV}$ quando $\overline{FV} \leq 50$

1B) IGI = 40 quando $\overline{F} > 30$ 2B) IGI = 50 quando $\overline{FV} > 50$

_____ /Anexo D

APÊNDICE 8 – Planilha de resultados do IGG.



DNIT 006/2003-PRO 8

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA — PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) — Data: — Folha: 01

TRECHO: PISTA ESQUERDA — Estaca ou Quilômetro: 0 — Estaca ou Quilômetro: 20

SUB-TRECHO: ESTACA 0 a 20 — REVESTIMENTO TIPO: EBUQ

Item	Natureza do defeito	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	2	1	4,7619	0,2	0,95523	
2	(FC – 2) J, TB	3	3	14,28571	0,5	7,14428	
3	(FC – 3) JE, TBE	2	2	9,52238	0,8	7,61990	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	9	X	42,8571	0,9	38,57114	
5	O, P, E	12	X	57,14428	1,0	57,14428	
6	EX	0	X	0	0,5	0	
7	D	21	X	100	0,3	30	
8	R	13	X	61,90471	0,6	37,14428	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 6,4285	TRI = 3,9047	F = 5,1666	1 A (X) 1 B ( )	61,8888	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 104,5571	TRIv = 31,6904	FV = 68,1238	2 A ( ) 2 B (X)	50	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 21	∑ IND. GRAVID. IND. = IGG			235,4594	Conceito Péssimo
						Operador	Pedro
						Cálculo	
						Visto	

1A) IGI = F x 4/3 quando F ≤ 30

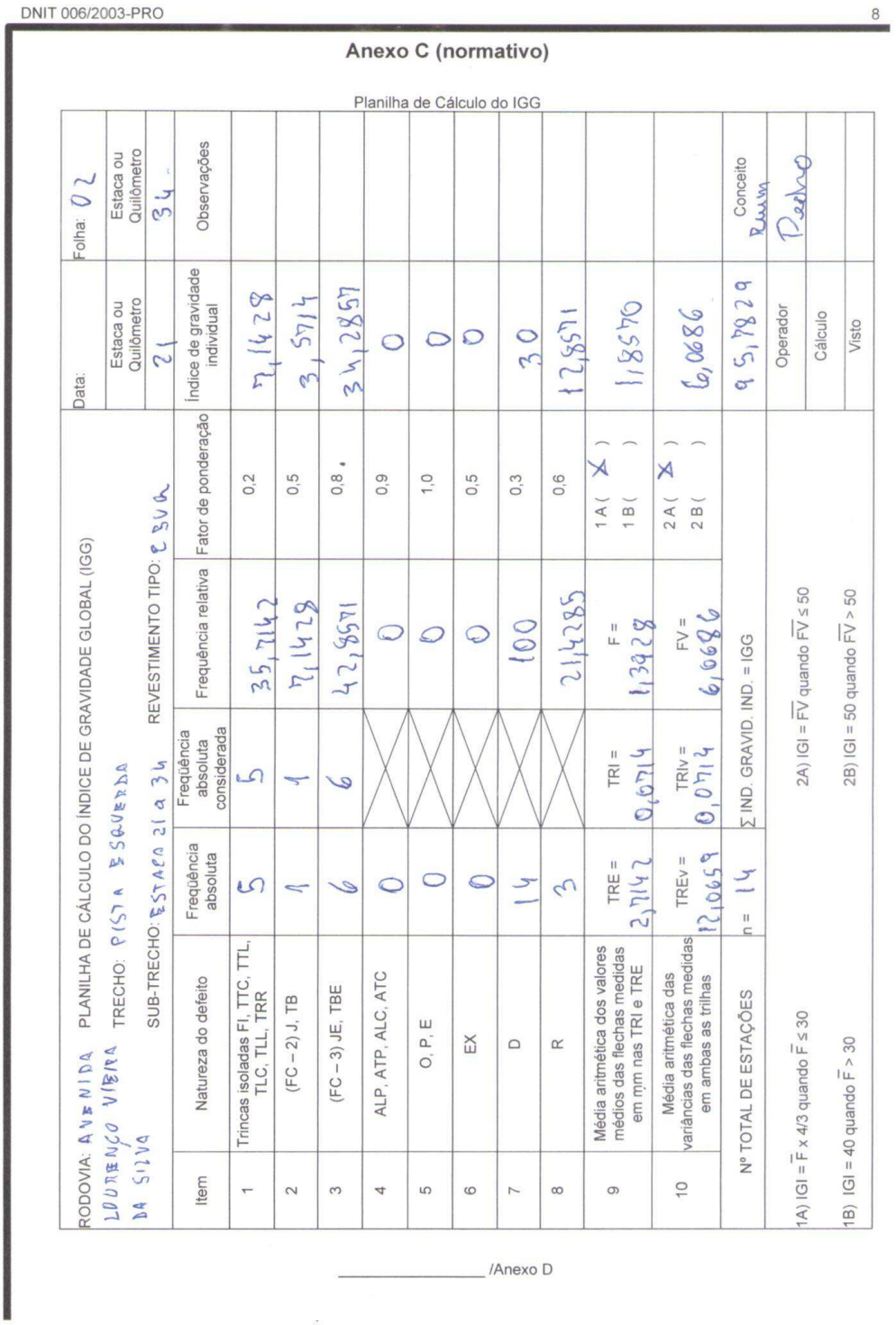
1B) IGI = 40 quando $\overline{F}$ > 30

2A) IGI = FV quando FV ≤ 50

2B) IGI = 50 quando $\overline{FV}$ > 50

_____ /Anexo D

APÊNDICE 9 – Planilha de resultados do IGG.



DNIT 006/2003-PRO 8

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA — PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

TRECHO: PISTA ESQUERDA

SUB-TRECHO: ESTACA 21 a 34 REVESTIMENTO TIPO: CBUQ

Data: Folha: 02

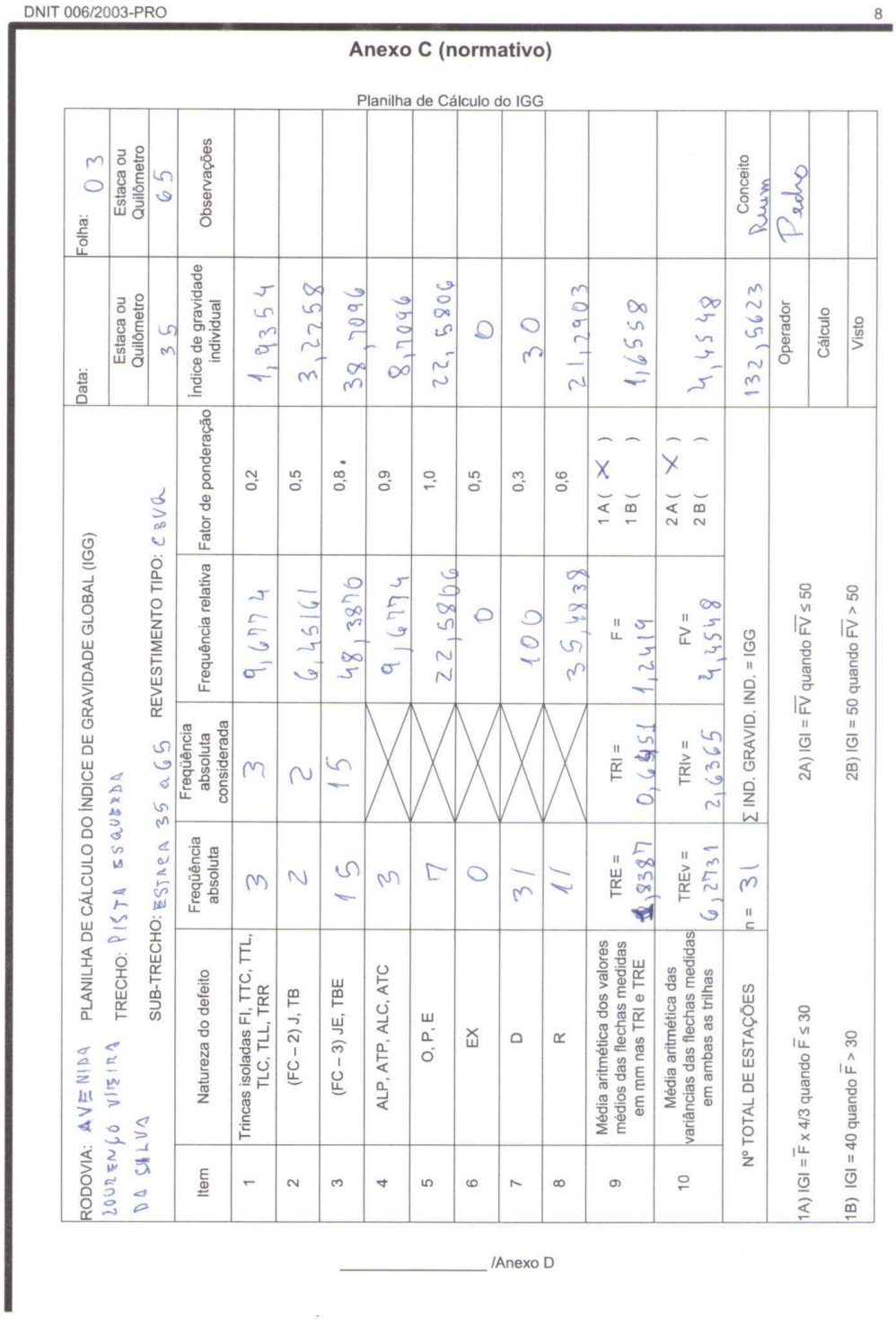
Item	Natureza do defeito	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
		Estaca ou Quilômetro				Estaca ou Quilômetro	
						21	34
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	5	5	35,7142	0,2	7,1428	
2	(FC – 2) J, TB	1	1	7,1428	0,5	3,5714	
3	(FC – 3) JE, TBE	6	6	42,8571	0,8	34,2857	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0		0	0,9	0	
5	O, P, E	0		0	1,0	0	
6	EX	0		0	0,5	0	
7	D	14		100	0,3	30	
8	R	3		21,4285	0,6	12,8571	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 2,7142	TRI = 0,0714	F = 1,3928	1A (X) 1B ( )	1,1857	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 12,0659	TRIv = 0,0714	FV = 6,0686	2A (X) 2B ( )	6,0686	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 14	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			95,7829	Conceito Ruim
						Operador	Pedro
						Cálculo	
						Visto	

1A) IGI = $\overline{F}$ x 4/3 quando $\overline{F} \leq 30$ 2A) IGI = $\overline{FV}$ quando $\overline{FV} \leq 50$

1B) IGI = 40 quando $\overline{F} > 30$ 2B) IGI = 50 quando $\overline{FV} > 50$

/Anexo D

APÊNDICE 10 – Planilha de resultados do IGG.



Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: AVENIDA PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) Data: Folha: 03
LOURENÇO VIEIRA TRECHO: PISTA ESQUERDA Estaca ou Quilômetro Estaca ou Quilômetro
DA SILVA SUB-TRECHO: ESTACA 35 a 65 REVESTIMENTO TIPO: CBUQ 35 65

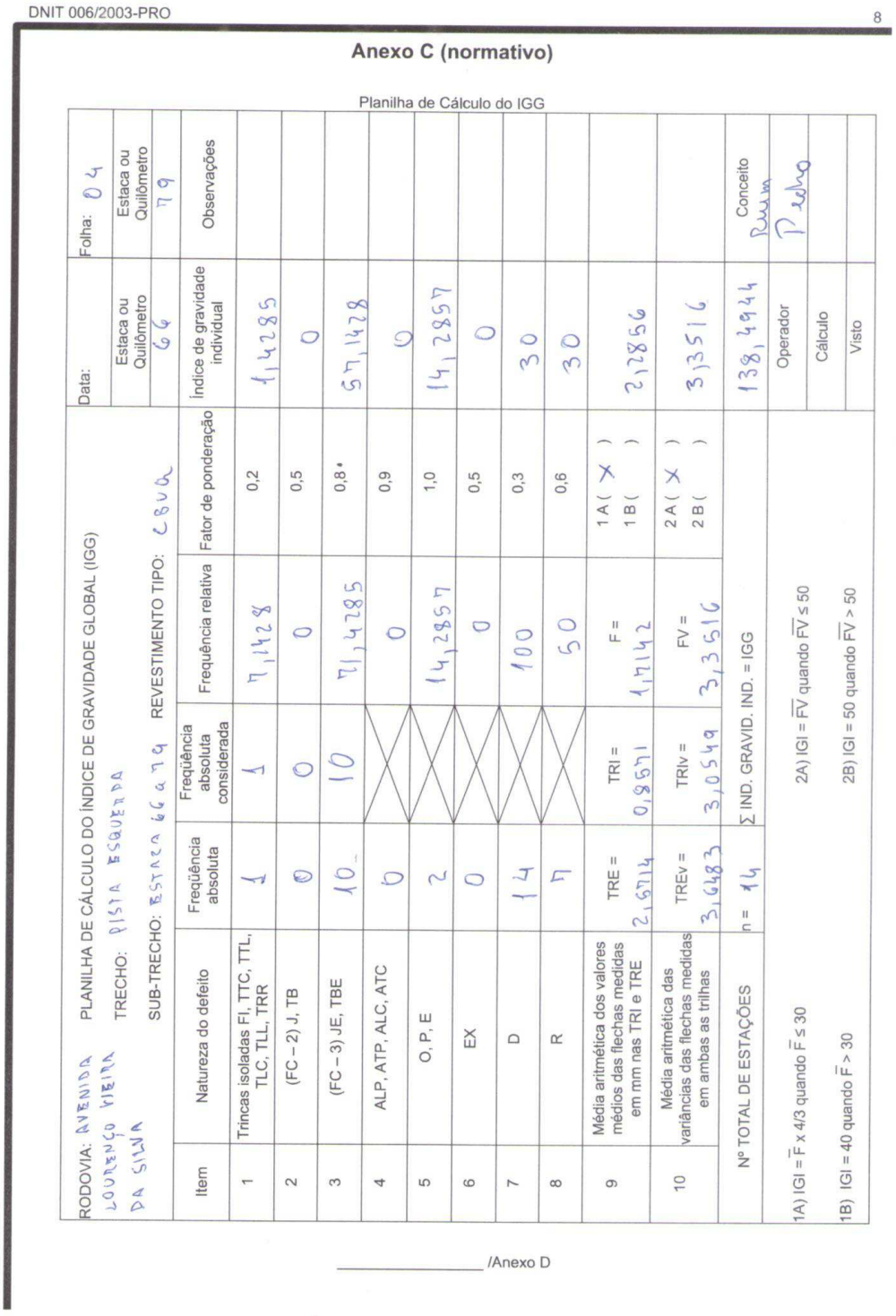
Item	Natureza do defeito	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	3	3	9,6774	0,2	1,9354	
2	(FC – 2) J, TB	2	2	6,4516	0,5	3,2258	
3	(FC – 3) JE, TBE	15	15	48,3870	0,8	38,7096	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	3		9,6774	0,9	8,7096	
5	O, P, E	7		22,5806	1,0	22,5806	
6	EX	0		0	0,5	0	
7	D	31		100	0,3	30	
8	R	11		35,4838	0,6	21,2903	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 1,93387	TRI = 0,64451	F = 1,2419	1A (X) 1B ( )	1,6558	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 6,2731	TRIv = 2,6365	FV = 4,4548	2A (X) 2B ( )	4,4548	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 31	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			132,5623	Conceito Ruim
						Operador	Pedro
						Cálculo	
						Visto	

1A) IGI = $\overline{F}$ x 4/3 quando $\overline{F} \leq 30$ 2A) IGI = $\overline{FV}$ quando $\overline{FV} \leq 50$

1B) IGI = 40 quando $\overline{F} > 30$ 2B) IGI = 50 quando $\overline{FV} > 50$

_____/Anexo D

APÊNDICE 11 – Planilha de resultados do IGG.



DNIT 006/2003-PRO 8

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA — PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

TRECHO: PISTA ESQUERDA

SUB-TRECHO: ESTACA 66 a 79 REVESTIMENTO TIPO: CBUQ

Data: Folha: 04

Estaca ou Quilômetro: 66 — Estaca ou Quilômetro: 79

Item	Natureza do defeito	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	1	1	7,1428	0,2	1,4285	
2	(FC – 2) J, TB	0	0	0	0,5	0	
3	(FC – 3) JE, TBE	10	10	71,4285	0,8	57,1428	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0		0	0,9	0	
5	O, P, E	2		14,2857	1,0	14,2857	
6	EX	0		0	0,5	0	
7	D	14		100	0,3	30	
8	R	7		50	0,6	30	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 2,6714	TRI = 0,8571	F = 1,7142	1 A (X) 1 B ( )	2,2856	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 3,6483	TRIv = 3,0549	FV = 3,3516	2 A (X) 2 B ( )	3,3516	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 14	∑ IND. GRAVID. IND. = IGG			138,4944	Conceito: Ruim

Operador: Pedro

Cálculo:

Visto:

1A) IGI = $\overline{F}$ x 4/3 quando $\overline{F} \leq 30$

2A) IGI = $\overline{FV}$ quando $\overline{FV} \leq 50$

1B) IGI = 40 quando $\overline{F} > 30$

2B) IGI = 50 quando $\overline{FV} > 50$

_____ /Anexo D

APÊNDICE 12 – Planilha de resultados do IGG.

DNIT 006/2003-PRO 8

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA — PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) — Data: — Folha: 05

TRECHO: PISTA ESQUERDA

SUB-TRECHO: ESTACA 80 a 101 — REVESTIMENTO TIPO: CBUQ

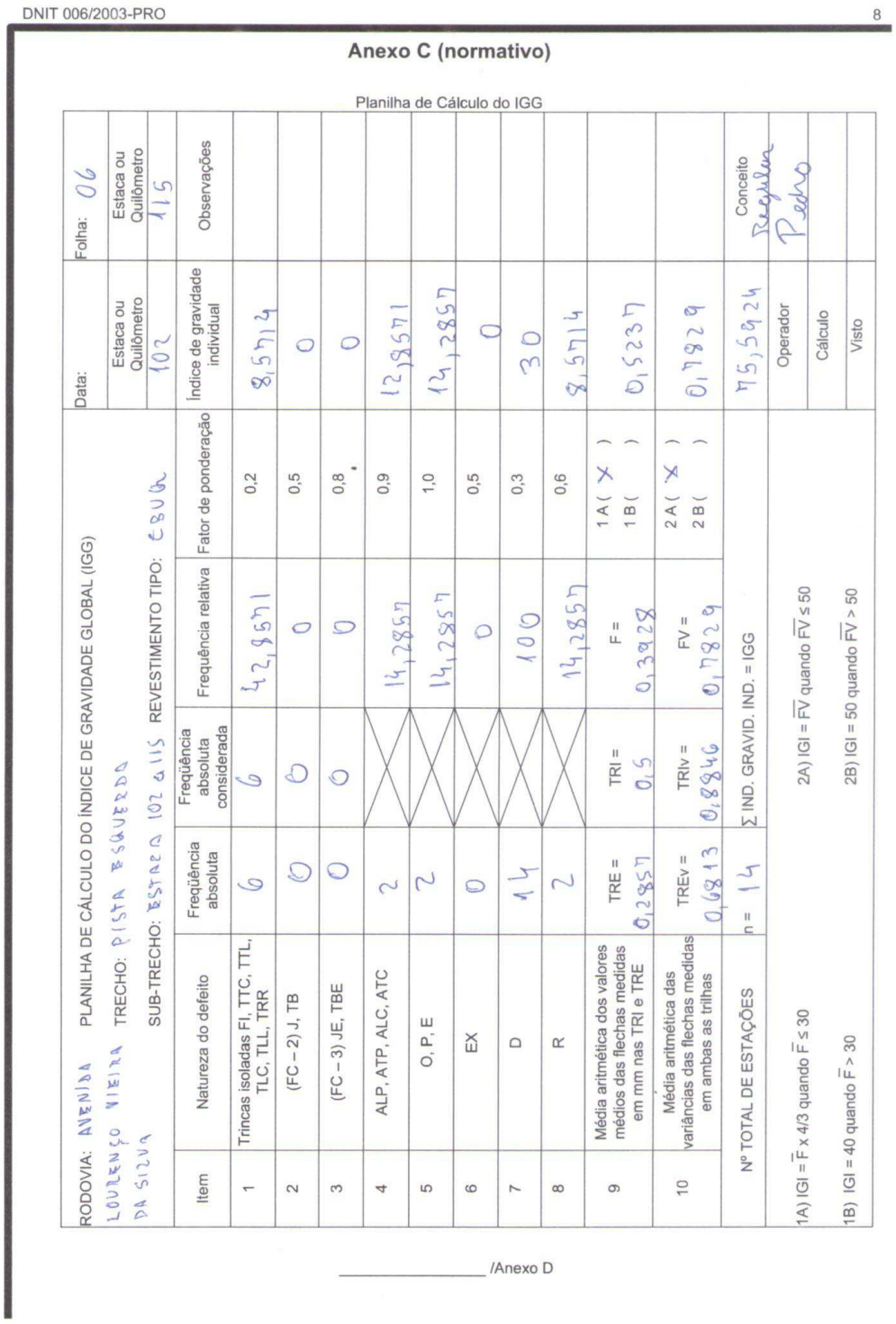
Estaca ou Quilômetro: 80 — Estaca ou Quilômetro: 101

Item	Natureza do defeito	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	5	5	22,7272	0,2	4,5454	
2	(FC – 2) J, TB	1	1	4,5454	0,5	2,2727	
3	(FC – 3) JE, TBE	5	5	22,7272	0,8	18,1818	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	1		4,5454	0,9	4,0909	
5	O, P, E	4		18,1818	1,0	18,1818	
6	EX	0		0	0,5	0	
7	D	27		100	0,3	30	
8	R	1		13,6363	0,6	8,1818	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 1,5	TRI = 1,8181	F = 1,6590	1 A (X) 1 B ( )	2,2120	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 3,8809	TRIv = 4,6320	FV = 4,2564	2 A (X) 2 B ( )	4,2564	
	Nº TOTAL DE ESTAÇÕES	n = 22	∑ IND. GRAVID. IND. = IGG			91,9231	Conceito: Ruim

1A) IGI = $\overline{F}$ x 4/3 quando $\overline{F} \leq 30$	2A) IGI = $\overline{FV}$ quando $\overline{FV} \leq 50$	Operador	Pedro
1B) IGI = 40 quando $\overline{F} > 30$	2B) IGI = 50 quando $\overline{FV} > 50$	Cálculo	
		Visto	

_______________ /Anexo D

APÊNDICE 13 – Planilha de resultados do IGG.



DNIT 006/2003-PRO 8

Anexo C (normativo)

Planilha de Cálculo do IGG

RODOVIA: AVENIDA LOURENÇO VIEIRA DA SILVA PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

TRECHO: PISTA ESQUERDA

SUB-TRECHO: ESTACA 102 a 115 REVESTIMENTO TIPO: EBUQ

Data: Folha: 06

Item	Natureza do defeito	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
		Estaca ou Quilômetro				Estaca ou Quilômetro	
		102				115	
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	6	6	42,8571	0,2	8,5714	
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	2		14,2857	0,9	12,8571	
5	O, P, E	2		14,2857	1,0	14,2857	
6	EX	0		0	0,5	0	
7	D	14		100	0,3	30	
8	R	2		14,2857	0,6	8,5714	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 0,2857	TRI = 0,5	F = 0,3928	1A (X) 1B ( )	0,5237	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 0,6813	TRIv = 0,8846	FV = 0,7829	2A (X) 2B ( )	0,7829	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 14	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			95,5924	Conceito Regular
						Operador	Pedro
1A) IGI = $\bar{F}$ x 4/3 quando $\bar{F} \leq 30$			2A) IGI = $\bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$			Cálculo	
1B) IGI = 40 quando $\bar{F} > 30$			2B) IGI = 50 quando $\bar{FV} > 50$			Visto	

_____ /Anexo D

APÊNDICE 14 – Planilha de levantamento do LVC.

Anexo B (normativo)

Formulário para o levantamento visual contínuo

MT / DNIT — Folha _____ de _____

Ext. PNV_____ Ext. EXEC_____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO 2/Direito MÊS/ANO 04/2017

Código PNV

Trecho do PNV

Largura da Pista: _____

Largura do Acostamento: _____

Início _____ MR Nº _____

Fim _____ VMD _____ MR Nº _____

Nº DO SEG	SEGMENTO: ODÔMETRO/KM INÍCIO	ODÔMETRO/KM FIM	Ext	FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S): P	TRINCAS: TR	TRINCAS: TJ	TRINCAS: TB	R	DEFORMAÇÕES: AF	DEFORMAÇÕES: O	OUTROS DEFEITOS: D	OUTROS DEFEITOS: EX	OUTROS DEFEITOS: E	ICPF	INF.COMPLEMENTARES: REV	INF.COMPLEMENTARES: ESP	INF.COMPLEMENTARES: IDADE ORIG	INF.COMPLEMENTARES: IDADE REST	OBSERVAÇÕES
1	0	10	200	A		A	B	A	M		A			1					
2	10	20	200	B		A	B	B	B		A			1,5					
3	20	30	200	B		M	M	A	B		A			2					
4	30	40	200	B		B	B	M	M		A			2					
5	40	50	200	B		A	B	M	B		A			1,5					
6	50	60	200			M	B	B	B		A			2					
7	60	70	200	B		A	B	B	B		A			2					
8	70	80	200			B	M	B			A			3					
9	80	90	200	B		M	M	B			A			2					
10	90	100	200			M	B	M			A			3					
11	100	110	200	M		M	B	A			A			2					
12	110	115	100	M		M	B	M			A			2,5					

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

Avaliadores _____ _____

_____ /Anexo C

APÊNDICE 15 – Planilha de levantamento do LVC.

Anexo B (normativo)

Formulário para o levantamento visual contínuo

MT / DNIT — Folha _____ de _____

Código PNV / Trecho do PNV

Ext. PNV_____ Ext. EXEC_____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO 2/Esquerda MÊS/ANO 04/2017

Largura da Pista: _____

Largura do Acostamento: _____

Início _____ MR Nº _____

Fim _____ VMD _____ MR Nº _____

SEGMENTO				FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										ICPF	INF.COMPLEMENTARES				OBSERVAÇÕES
Nº DO SEG	ODÔMETRO/KM INÍCIO	ODÔMETRO/KM FIM	Ext	P	TRINCAS TR	TRINCAS TJ	TRINCAS TB	R	DEFORMAÇÕES AF	DEFORMAÇÕES O	OUTROS DEFEITOS D	OUTROS DEFEITOS EX	OUTROS DEFEITOS E		REV	ESP	IDADE ORIG	IDADE REST	
1	0	10	200	A		M	B	A	A	B	A			1					
2	10	20	200	A		M		A	M		A			2					
3	20	30	200			A	B	M	B		A			1,5					
4	30	40	200	B		A	B	M			A			1,5					
5	40	50	200	B		A	B	A		B	A			2					
6	50	60	200	M		A	B	M	A		A			1					
7	60	70	200	M		A		A	B		A			2					
8	70	80	200	M		A	B	A			A			1					
9	80	90	200	M		M	B	M	B		A			2					
10	90	100	200	M		M		B		B	A			2,5					
11	100	110	200	M		B	B	M	B		A		B	3					
12	110	115	100	M		B	B	B	B		A			3					

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

Avaliadores _____ _____

_____ /Anexo C

APÊNDICE 16 – Planilha de resultados do LVC.

Anexo C (normativo)

Cálculo do IGGE

MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS IGGE - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO (CÁLCULO)	Folha _____ de _____

Código PNV_____ Ext. PNV _____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO 2/direito MÊS/ANO 04/2017

Largura da Pista: _____

Largura do Acostamento: _____

Trecho do PNV Início _____ MR Nº _____

Fim _____ VMD _____ MR Nº _____

SEGMENTO				TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			$(F_i \times P_i) +$ $(F_{oap} \times P_{oap}) +$ $(F_{pr} \times P_{pr}) =$ IGGE
Nº do Seg	Km Início	Km Fim	Extensão	F_t %	P_t	$F_t \times P_t$	F_{oap} %	P_{oap}	$F_{oap} \times P_{oap}$	F_{pr} nº	P_{pr}	$F_{pr} \times P_{pr}$	
1	0	10	200	80	0,65	52	45	0,7	31,5	13	1	13	96,5
2	10	20	200	65	0,65	42,25	10	0,6	6	4	0,8	3,2	51,45
3	20	30	200	50	0,65	32,5	8	0,6	4,8	9	1	9	46,3
4	30	40	200	20	0,45	9	40	0,7	28	6	1	6	43
5	40	50	200	65	0,65	42,25	10	0,6	6	5	1	5	53,25
6	50	60	200	55	0,65	35,75	5	0,6	3	3	0,8	2,4	41,15
7	60	70	200	65	0,65	42,25	8	0,6	4,8	3	0,8	2,4	49,45
8	70	80	200	45	0,45	20,25	0	0	0	3	0,8	2,4	22,65
9	80	90	200	60	0,65	39	0	0	0	4	0,8	3,2	42,2
10	90	100	200	45	0,45	20,25	0	0	0	4	0,8	32	23,45
11	100	110	200	50	0,65	32,5	0	0	0	11	1	11	43,5
12	110	115	100	40	0,45	18	0	0	0	8	1	8	26

_____ /Anexo D

APÊNDICE 17 – Planilha de resultados do LVC.

Anexo C (normativo)

Cálculo do IGGE

MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS IGGE - ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO (CÁLCULO)	Folha _____ de _____

Código PNV_____ Ext. PNV _____ UNIT _____ Nº PISTA/LADO 2/Esquerdo MÊS/ANO _____

Largura da Pista: _____

Largura do Acostamento: _____

Trecho do PNV Início _____ MR Nº _____

Fim _____ VMD _____ MR Nº _____

SEGMENTO				TRINCAS			DEFORMAÇÕES			PANELA + REMENDO			$(F_i \times P_i) +$
Nº do Seg	Km Início	Km Fim	Extensão	F_i %	P_i	$F_i \times P_i$	F_{oap} %	P_{oap}	$F_{oap} \times P_{oap}$	F_{pr} nº	P_{pr}	$F_{pr} \times P_{pr}$	$(F_{oap} \times P_{oap}) + (F_{pr} \times P_{pr}) =$ IGGE
1	0	10	200	45	0,45	20,25	75	1	75	16	1	16	111,25
2	10	20	200	40	0,45	18	40	0,7	28	12	1	12	58
3	20	30	200	55	0,65	35,75	8	0,6	4,8	4	0,8	3,2	43,75
4	30	40	200	65	0,65	42,25	0	0	0	5	1	5	47,25
5	40	50	200	75	0,65	48,75	5	0,6	3	8	1	8	59,75
6	50	60	200	80	0,65	52	60	1	60	6	1	6	118
7	60	70	200	60	0,65	39	6	0,6	3,6	8	1	8	50,6
8	70	80	200	90	0,65	58,5	7	0,6	4,2	8	1	8	70,7
9	80	90	200	50	0,65	32,5	10	0,6	6	8	1	8	46,5
10	90	100	200	45	0,45	20,25	8	0,6	4,8	5	1	5	30,05
11	100	110	200	15	0,45	6,75	10	0,6	6	8	1	8	20,75
12	110	115	100	18	0,45	8,1	10	0,6	6	6	1	6	20,1

_____ /Anexo D