



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**LUCAS MACIEL DE SOUSA**

**ESTUDO ESTRUTURAL E PATOLÓGICO EM PAVIMENTO ASFÁLTICO  
FLEXÍVEL NO SEGMENTO KM 498 À KM 503 DA BR 153 ENTRE OS  
MUNICÍPIOS DE PARAÍSO DO TOCANTINS E PUGMIL**

Palmas - TO  
2016

**LUCAS MACIEL DE SOUSA**

**ESTUDO ESTRUTURAL E PATOLÓGICO EM PAVIMENTO ASFÁLTICO  
FLEXÍVEL NO SEGMENTO KM 498 À KM 503 DA BR 153 ENTRE OS  
MUNICÍPIOS DE PARAÍSO DO TOCANTINS E PUGMIL**

Monografia apresentado como requisito parcial da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCCII) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Palmas - TO  
2016

LUCAS MACIEL DE SOUSA

**ESTUDO ESTRUTURAL E PATOLÓGICO EM PAVIMENTO ASFÁLTICO  
FLEXÍVEL NO SEGMENTO KM 498 À KM 503 DA BR 153 ENTRE OS  
MUNICÍPIOS DE PARAÍSO DO TOCANTINS E PUGMIL**

Monografia apresentado como requisito parcial da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCCII) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Aprovado em 22 de JUNHO de 2016

BANCA EXAMINADORA



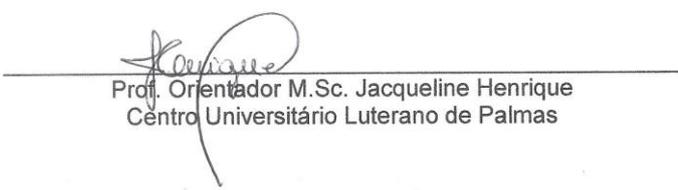
---

Prof. Orientador Esp. Euzir Pinto Chagas  
Centro Universitário Luterano de Palmas



---

Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior  
Centro Universitário Luterano de Palmas



---

Prof. Orientador M.Sc. Jacqueline Henrique  
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas – TO  
2016

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, minha noiva, meus irmãos,  
Família Maciel e Sousa, aos meus Pastores,  
Igreja de Jesus e amigos, obrigado pela Força.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, se não fosse a Graça Dele nem aqui eu estava, agradecer pela a força e ousadia que colocou dentro de mim durante esses 5 anos, sou grato pelo o amor e paciência por minha vida, obrigado Pai, Te amo.

Aos meus pais, Sebastião Sousa, Maria Valma, por acreditar em mim e dar forças nos meus momentos difíceis, por investirem nos meus sonhos e sonharem junto comigo. Agradeço por meus pais terem ensinados princípios e me ensinar a ter caráter e uma boa educação, Obrigado papai e mamãe, amo muito vocês.

Minha noiva, Izadora Barros. Sou grato pelo amor e força dela. Em momentos que passamos e vencemos juntos, Te amo muito meu amor.

Ao meu irmão Rafael e minha cunhada Tatiele, aos dois que foram peças fundamentais na minha vida, quando não sabia mais como seria eles me levavam para o caminho novamente, pessoas com um caráter inquestionável. Obrigado, amo vocês.

Minha irmã Vanessa e meu cunhado Leonardo, obrigado por me ajudarem a conquistar esse sonho, pela paciência e força. Obrigado Nessinha Te amo.

Aos meus sobrinhos, Davi, Arthur, Caio e Ana Heloisa, Obrigado por cada um de vocês amo todos.

Aos meus pastores, Pr Tiago Alencastro e Pra Layde Alencastro. Agradeço pelo amor e paciência comigo. Muitas vezes pensei em desistir mais esse casal me deu força. Choramos muitas vezes juntos onde quem viu somente Deus. Errei muito com eles, mais em nenhum momento eles me abandonaram, um casal com um caráter que são poucos que tem. Amo muito vocês. Obrigado por acreditarem em mim.

Minhas avós Maria Maciel e Luzia. Obrigado por me amarem tanto e me proteger. Obrigado pela força amo vocês.

Aos meus amigos, que me ajudarão perguntando como estava a luta, a galera da igreja, obrigado a todos. Vocês fazem parte de uma historia que inicia.

Meus amigos da faculdade, Ronaldo. Diogenes, Savio, Yuri, Melk, Gabriel, Thiago, André, Thiago Naves, Vinicius, entre outros. Obrigado por me ajudarem galera.

## **EPÍGRAFE**

**“Deus escolhe as coisas loucas deste mundo para confundir as sábias”  
1 Coríntios 1:27 - a**

## RESUMO

SOUSA, Lucas Maciel de. Trabalho de Conclusão de Curso. 2016. **Estudo estrutural e patológico em pavimento asfáltico flexível no segmento km 498 à km 503 da BR 153 entre os municípios de Paraíso do Tocantins e Pugmil.** Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas. Orientador Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas. Palmas – TO.

O presente trabalho apresenta em seu escopo o resultado de uma análise quanto as patologias existentes no pavimento asfáltico de um segmento da rodovia BR 153 entre os municípios de Paraíso do Tocantins e Pugmil, especificamente o trecho que compreende os Km 498 ao Km 503. O Brasil tem como característica modal o uso de rodovias como principal meio de transporte de bens e cargas em geral e com o desenvolvimento natural do país nas últimas décadas houve um aumento substancial na frota de caminhões e veículos de transporte sem que houvesse uma melhoria equivalente na infraestrutura de transporte rodoviário capaz de atender eficientemente essa demanda por rodovias de qualidade. Com isso a degradação dos pavimentos existentes é uma constante em todas as regiões brasileiras em que não exista praças de pedágios sob a tutela de concessionárias que mantenham as vias dentro de padrões de qualidade razoável ao trafego de veículos com relativo conforto e segurança. A avaliação das patologias existentes se deu pela identificação visual desarmada e posterior definição descritiva destas com base no manual de normas 005-2003 – TER do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Aplicou-se o método de índice de Gravidade Global conforme expõe o manual de normas 006-2003 – PRO do DNIT. Conclui-se que o trecho do segmento estudado apresenta estado de conservação regular, havendo a necessidade de intervenção preventiva como forma de diminuição de gastos com possíveis ações que demandem orçamentos mais onerosos em decorrência do agravamento das condições atuais do pavimento ali existente.

**Palavras Chave:** Patologia. Pavimento Flexível. Índice de Gravidade Global. Transporte. Rodovia.

## ABSTRACT

SOUSA, Lucas M. Final Project. 2016. **Structural and pathological Study on flexible asphalt pavement in km 498 to km 503 of BR 153 among the municipalities from Paraíso do Tocantins to Pugmil.** Civil Engineering Course. Centro Universitário Luterano de Palmas. Advisor Teacher. Esp. Euzir Pinto. Palmas-TO.

The present work presents in its scope the result of an analysis as the existing asphalt pavement diseases of a segment of the BR 153 Highway between the townships of Paradise do Tocantins and Pugmil, specifically the words comprising 498 Km at Km 503. The Brazil has as modal feature the use of highways as the main means of transport of goods and cargo in General and with the natural development of the country in the last decades there has been a substantial increase in the fleet of trucks and transport vehicles without an equivalent improvement in road transport infrastructure able to meet efficiently this demand for roadways. The degradation of existing pavements is a constant in all Brazilian regions in which there is no toll plazas under the tutelage of concessionaires to maintain roads within reasonable quality standards to vehicle traffic in relative comfort and safety. The evaluation of diseases exist did the visual identification and descriptive definition of these unarmed based on manual 005-2003 – HAVE the National Department of Transportation infrastructure (DNIT). Applied the method of Global severity index as exposes the manual 006-2003-PRO the DNIT. It is concluded that the excerpt from the segment studied presents regular conservation status, with the need for preventive intervention as a way of reducing spending on possible actions that require more expensive budgets due to the worsening of the current conditions of the floor there.

**Keywords:** Pathology. Flexible Pavement. Global Severity Index. Transport. Highway.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pavimento romano .....	19
Figura 2 – Mapa de extensão total da BR 153 .....	21
Figura 3 - Estrutura do Pavimento Rígido – camadas constituintes. ....	24
Figura 4 - Representação das trincas transversais.....	32
Figura 5 - Representação das trincas longitudinais.....	33
Figura 6 - Representação das trincas tipo couro de jacaré. ....	33
Figura 7 - Representação do afundamento plástico. ....	34
Figura 8 - Representação do afundamento nos trilhos de roda.....	35
Figura 9 - Representação das ondulações ou corrugações. ....	35
Figura 10 - Representação dos escorregamentos no bordo da pista.....	36
Figura 11 - Representação da exsudação.....	37
Figura 12 - Representação do desgaste. ....	37
Figura 13 - Representação das panelas ou buracos.....	38
Figura 14 - Imagem da BR 153, entre o segmento Km 498 ao 503. Trecho entre Paraíso do TO e Pugmil. ....	40
Figura 15 – materiais e equipamentos empregados no procedimento.....	42
Figura 16 – Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos.....	43
Figura 17 – Demarcação de estação para levantamentos .....	44
Figura 18 – Estação demarcada .....	45
Figura 19 - (a) trinca tipo couro de jacaré -BR 153, entre Km 498 a Km 503 e (b) Imagem DNIT.....	49
Figura 20 - (a) Afundamento Local – BR 153, entre Km 498 a Km 503 e (b) Imagem DNIT.....	49
Figura 21 - (a) Afundamento nos Trilhos de Roda da Avenida BR 153 entre Km 498 e Km 503 e (b) Imagem DNIT. ....	50
Figura 22 - (a) Escorregamento no bordo da pista – Br 153, entre as Km 498 e Km 503, (b) Imagem DNIT.....	51
Figura 23 - (a) Desgaste do revestimento – BR 153, entre os Km 498 e Km 503, (b) Imagem DNIT.....	51
Figura 24 - (a) Panela/Buraco – BR 153, entre o Km 498 e Km 503, (b) Imagem DNIT.....	52
Figura 25 – Afundamento plástico com trincas interligadas tipo couro de jacaré .....	53

Figura 26 - Afundamento plástico com trincas interligadas tipo couro de jacaré.....	54
Figura 27 – Afundamento da trilha de roda .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Codificação e caracterização das patologias.....	57
Tabela 2 - Valor do Fator de Ponderação .....	59
Tabela 3 - Conceitos de degradação do pavimento em Função do IGG.....	59
Tabela 4 - Formulário de inventário do estado da superfície do pavimento .....	61
Tabela 5 - Planilha de cálculo do IGG das estações inventariadas.....	62

## LISTA DE SIGLAS

ALC - Afundamento de Consolidação Local

ALP - Afundamento Plástico Local

ATC - Afundamento de Consolidação de Trilha

ATP - Afundamento Plástico de Trilha

CBUQ - Concreto Betuminoso Usinado a Quente

D - Desgaste

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

E - Escorregamento do Revestimento Betuminoso

ESP - Espessura

EX - Exsudação

FC-1 - Trincas de classe 1

FC-2 - Trincas de classe 2

FC-3 - Trincas de classe 3

FI - Fissura

IGG - Índice de Gravidade Global

IGI - Índice de Gravidade Individual

J - Trinca Tipo Couro de Jacaré, sem erosão

JE - Trinca Tipo Couro de Jacaré, com erosão

M e R - Manutenção e reabilitação

O - Corrugação (ondulações transversais)

P - Panela

PMF - Pré-Misturado a Frio

PMQ - Pré-Misturado a Quente

REV - Revestimento

SGP - Sistema de Gerenciamento de Pavimento

TB - Trinca Tipo Bloco, sem erosão

TBE - Trinca Tipo Bloco, com erosão

TLC - Trinca Longitudinal Curta

TLL - Trinca Longitudinal Longa

TSD - Tratamento Superficial Duplo

TSS - Tratamento Superficial Simples

TST - Tratamento Superficial Triplo

TTC - Trinca Transversal Curta

TTI - Trinca Transversal Longa

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	15
1.1 Objetivos .....	17
1.1.1 Objetivo Geral .....	17
1.1.2 Objetivos Específicos.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	18
2.1 História do Pavimento .....	18
2.2 Pavimento Rodoviário .....	22
2.3 Classes de pavimentos .....	23
2.3.1 Pavimentos Flexíveis .....	23
2.3.2 Pavimentos Rígidos .....	23
2.3.3 Pavimentos semirrígidos.....	24
2.4 Camadas constituintes .....	25
2.4.1 Subleito.....	25
2.4.2 Regularização do Subleito .....	25
2.4.3 Reforço do Subleito .....	25
2.4.4 Sub-base .....	26
2.4.5 Base.....	26
2.5 Revestimento .....	27
2.5.1 Revestimento Rígido.....	27
2.5.2 Revestimento Flexível.....	27
2.5.2.1 Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ .....	28
2.5.2.2 Misturado a quente .....	28
2.5.2.3 Misturado a frio .....	29
2.5.2.4 Tratamentos Superficiais .....	29
2.5.2.5 Lama Asfáltica .....	30
2.6 Patologias nos pavimentos asfálticos .....	31
2.6.1 Fissura .....	31
2.6.2 Trincas .....	31
2.6.2.1 Transversais .....	31
2.6.2.2 Longitudinais .....	32
2.6.2.3 Tipo em bloco .....	32

2.6.2.4 Trinca couro de jacaré .....	33
2.6.5 Afundamento.....	34
2.6.6 Ondulações ou Corrugações .....	35
2.6.7 Escorregamento.....	36
2.6.8 Exsudação .....	36
2.6.9 Desgaste.....	37
2.6.10 Panela ou Buraco .....	38
2.7 Avaliação Estrutural do Pavimento Asfáltico .....	38
2.7.1 Levantamento de patologias pelo método IGG .....	39
3 METODOLOGIA.....	40
3.1 Materiais e equipamentos empregados .....	41
3.2 Localização do trecho estudado.....	42
3.3 Metodologia de avaliação objetiva do pavimento .....	43
3.4 Levantamento bibliográfico .....	45
3.5 Levantamento de dados no campo – identificação das patologias .....	46
3.6 Sugestões de correções .....	46
3.7 Avaliação estrutural - IGG.....	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	48
4.1 Identificação e classificação das patologias.....	48
4.1.1 Trinca interligada - Trinca tipo “Couro de Jacaré” .....	48
4.1.2 Afundamento Plástico Local.....	49
4.1.3 Afundamento plástico nos trilhos de roda .....	50
4.1.4 Escorregamento.....	50
4.1.5 Desgaste.....	51
4.1.6 Panela ou buraco.....	52
4.2 Possíveis Soluções .....	52
4.2.1Trincas Interligadas – tipo couro de jacaré .....	53
4.2.2 Afundamento plástico .....	53
4.2.3 Escorregamento.....	55
4.2.4 Desgastes .....	55
4.2.5 Panela ou buraco.....	55
5 CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65
ANEXO .....	68

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil, o transporte de mercadorias, assim como deslocamento de pessoas, ainda depende bastante das malhas rodoviárias. Surgimento de patologias nas vias é um ponto em discussão. A patologia é provocada por falha de execução, excesso sobre a via, conservação, entre outros.

Vários problemas são provocados por excesso de patologias nas malhas rodoviárias brasileiras, tais como: acidentes, atrasos de transportes, danos materiais em veículos, dentre outras. A partir disso, têm surgido vários questionamentos das vias a estarem nessas condições. Nesse trabalho, será executada uma análise de cada patologia encontrada no segmento estudado, e, através disso, serão apresentados os defeitos e as soluções.

As vias com defeitos provocam, vários acidentes, atraso em transportes, desconforto aos usuários, aumento no preço do transporte, com isso, gera um aumento nos alimentos, eletrodomésticos, materiais de construção, entre outros, surgem prejuízos materiais aos veículos, congestionamentos, riscos aos usuários. No entanto, parte das malhas rodoviárias brasileiras encontram-se em condições problemáticas, gerando esses transtornos excessivos aos que utiliza ou depende das rodovias.

Quando um pavimento asfáltico é executado ou projetado de forma errada várias dessas patologias surgem. Através dos resultados desse trabalho será observado que parte das patologias, surge na hora da execução, como por exemplo, compactação da base, é um dos maiores problemas. Por meio dos resultados vai ser mostrada a importância do acompanhamento do engenheiro civil na hora da execução.

. As vias encontram-se com, fissuras, trincas, afundamentos, ondulações, escorregamentos, exsudações, desgastes, remendos executados de forma incorreta, e uma grande ocorrência de buracos ou panelas, esses são alguns tipos de defeitos encontrados nas rodovias brasileiras, entre outros defeitos como: sinalização horizontal e vertical, materiais soltos, etc.

Diante deste cenário que ocorre nas rodovias federais e estaduais, o que se pode entender é um total descaso com a sociedade.

O presente trabalho visa fazer uma análise, em um segmento KM 498 ao KM 503 da BR 153, visando à identificação das patologias, falhas estruturais, e a soluções que adéquam a cada uma. Sendo os resultados apresentados conforme as normas do DNIT.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

A finalidade desse trabalho é apontar as patologias no segmento e classificar cada uma conforme a norma do DNIT 005/2003-TER, e através dos resultados apresentar as possíveis soluções.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar e classificar as patologias encontradas no segmento;
- Indicar às soluções compatíveis as patologias, conforme a norma DNIT 005/2003-TER e catálogo de soluções DNER – PRO – 011/79;
- Aplicar o método IGG para determinação do grau de degradação do pavimento.
- Avaliar a situação estrutural pelo método IGG do segmento 498 a 503 da BR 153.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 História do Pavimento

Segundo Senço (2001), o homem pré-histórico na procura por água e alimentação, se esforçava para deixar os caminhos entre sua caverna e os campos de caça e poços d'água, de forma que ele pudesse retornar de forma mais rápida e fácil. Estava ele atendendo com esse princípio fundamental do transporte, a necessidade de melhorar o caminho por onde passava, quando queria deslocar-se constantemente entre pontos extremos ou intermediários.

Ainda Senço (2001), quando montou um animal, o homem deu um passo adiante nessa evolução, conseguindo maior rendimento das viagens à custa de melhorias que teve de introduzir nos caminhos. Mais tarde, atrelou um rústico veículo a esse animal, melhorando ainda o rendimento das viagens, mas. Em contrapartida, teve de melhorar ainda mais os caminhos. Essa passagem foi conseguida graças a uma das invenções mais importantes no ramo dos transportes, a criação da roda, considerada como um verdadeiro passo de gigante 110 processo evolutivo. O passo seguinte seria o ataque à natureza, Até então, o homem ainda era inteiramente condicionado pelo meio ambiente e pela topografia dos terrenos por onde circulava. Ao encontrar uma elevação ou uma depressão, via-se na contingência de contorná-las; ao encontrar um curso d'água, via-se na contingência de procurar lugares mais rasos, que permitissem passagem. As maiores necessidades, criadas com os maiores volumes e as maiores cargas a serem transportadas com maior frequência a distâncias cada vez maiores, obrigaram o homem a procurar exercer controle sobre o meio, alterando os caminhos, cortando-os ou aterrando-os e construindo obras de passagem sobre os cursos d'água.

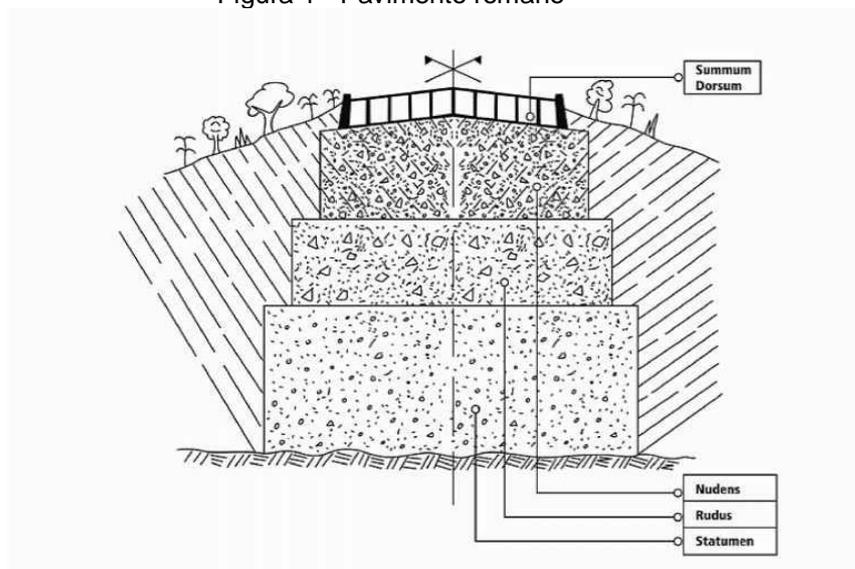
Com o passar do tempo houve uma grande evolução, houve a necessidade da criação do pavimento. Segundo Senço (2001), vários povos desenvolveram vias e pavimentos em seus domínios. Vale citar, aqui. Estradas como a construída pelos egípcios, há mais de 5 mil anos, com pavimento de pedras, para facilitar o transporte de grandes blocos de pedra, destinados à construção da pirâmide de Quéops. No entanto, foram os romanos, sem dúvida, que atingiram alto nível de desenvolvimento

nesse campo, nível este que a humanidade levou, posteriormente, cerca de 12 séculos para restabelecer.

Segundo Hagen (1955) apesar de ser reconhecida a existência de sistemas de estradas em diversas partes do mundo, construída seja para fins religiosos ou comerciais, foi atribuído à arte do planejamento e da construção viária aos romanos. Pois estes visavam objetivos militares, que teve início com Otaviano Augusto no ano 27 a.C., que movia suas tropas dos pontos estratégicos para maiores distâncias. Os romanos desenvolveram um sistema com alto nível técnico, no qual esse sistema viário já existia antes mesmo da instalação do império. Pode-se afirmar que os romanos já tinham uma boa malha viária há mais de 2.000 anos.

O pavimento romano era projetado e construído em camadas com materiais que equivalem, estruturalmente, aos materiais dos pavimentos atuais, Senço (2001).

Figura 1 - Pavimento romano



**Fonte:** Manual de técnicas de projetos rodoviários , Senço (2001) .

Após alguns anos, conforme Bernucci *et al.* (2008), grande impulso na construção rodoviária brasileira ocorreu nas décadas de 1940 e 1950, graças à criação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) em 1946, oriundo do imposto sobre combustíveis líquidos. Destaque-se ainda a criação da Petrobras em 1953. O ano de 1950 foi destacado por Prego (2001) como o início da execução de pavimentos em escala industrial e da organização de grandes firmas construtoras. Anteriormente,

embora já existisse o Laboratório Central do DNER, não havia ainda procedimentos amplamente aceitos para a aplicação das tecnologias rodoviárias. Isto tanto é verdadeiro que a pavimentação da Presidente Dutra, em 1950, foi feita sem estudo geotécnico, com espessuras constantes de 35cm, sendo 20cm de base de macadame hidráulico e 15cm de um revestimento de macadame betuminoso por penetração dosado pela regra “a quantidade de ligante é a que o agregado pede”. Em alguns trechos se adotou pavimento de concreto de cimento Portland. Registre-se, contudo, já nesta obra os esforços de alguns engenheiros para implantação de métodos de projeto e controle.

Para Senço (2001) após a proliferação de grande número de métodos de dimensionamento de pavimentos, a maioria deles de forma empírica e intuitiva, e outros buscando somar pontos positivos de alguns métodos, criando um novo e patenteando como autoria própria.

No Brasil, o método empírico de dimensionamento de pavimentos flexíveis desenvolvido em 1966 pelo extinto DNER, atual DNIT, é até hoje o mais utilizado. Baseado em regras desenvolvidas a partir de observações e experiência com certos tipos de pavimentos, para certos materiais de pavimentação e condições específicas de clima. Este método empírico apresenta caráter generalista, em função de ensaios de CBR, onde várias situações são tratadas de forma simplificada. Sua maior limitação é que não pode ser generalizado com confiabilidade para outras condições senão àquelas para o qual foi desenvolvido, levando a uma análise superficial sobre a situação e especificidades das diversas variáveis que influenciam no desempenho funcional e estrutural de um pavimento (FRANCO, 2007; COUTINHO, 2011).

### **2.1.2 Rodovia Transbrasiliana (BR – 153)**

A rodovia transbrasiliana (BR-153), recebe outras denominações não oficiais ao longo do seu traçado, sendo também conhecida como Rodovia Belém-Brasília ou Rodovia Bernardo Sayão – em alusão a seu principal entusiasta e executor engenheiro Bernardo Sayão. A referida rodovia é a quarta maior do País em

extensão total, ligando as regiões norte e sul do país, com extensão de 4.355 km. Ao longo de todo o seu percurso, o traçado da BR-153 passa pelos estados do Pará, Tocantins, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Figura 2 – Mapa de extensão total da BR 153



Fonte: Adaptado de DNIT, 2015.

As denominações Rodovia Belém-Brasília e Rodovia Bernardo Sayão, são utilizadas somente nos trechos localizados entre os entroncamentos com a BR-226 em Wanderlândia - TO e com a BR-060 em Anápolis - GO. Anteriormente ao ano de 1964 a rodovia era chamada de BR-14.

## **2.2 Pavimento Rodoviário**

Pavimento, segundo o DNER, é a estrutura construída por uma ou mais camadas destinada econômica e simultaneamente a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos das cargas transmitidas pelos veículos, melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança dos usuários e resistir aos esforços horizontais que nele atuam, tornando mais durável a superfície do rolamento.

Conforme Senço (2001), pavimento é a estrutura formada sobre a terraplenagem, e deve ser determinada técnica e economicamente para suportar os esforços verticais proveniente do tráfego e distribuí-los; Além de melhorar as condições de rolamento, no que se refere a segurança e conforto do usuário; e Resistir também ao desgaste (esforços horizontais), tornando a superfície de rolamento mais duradoura.

O pavimento rodoviário é um sistema em camadas, constituído de materiais distintos, construído sobre a superfície final de terraplenagem, destinado, 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 (BERNUCCI *et al.*, 2006; MOTTA, 2003).

Para Sousa (1980) é a superestrutura – como rodovias, ruas e aeroportos – formada por um sistema de camadas de espessuras finitas, sobrepostas em um espaço considerado como infinito, a infraestrutura ou terreno de fundação. Essa infraestrutura é denominada subleito.

## 2.3 Classes de pavimentos

Segundo DNIT (IPR 719), os pavimentos são classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos:

### 2.3.1 Pavimentos Flexíveis

Para o DNIT (IPR 719), pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

A estrutura de um pavimento flexível pode ser descrita como um revestimento betuminoso apoiado sobre uma base granular ou de solo estabilizado mecanicamente (MEDINA, 1997).

São aqueles que as deformações, num certo limite, não levam ao rompimento. Esse tipo de pavimento é dimensionado a compressão e a tração na flexão, citado por Senço (2001).

### 2.3.2 Pavimentos Rígidos

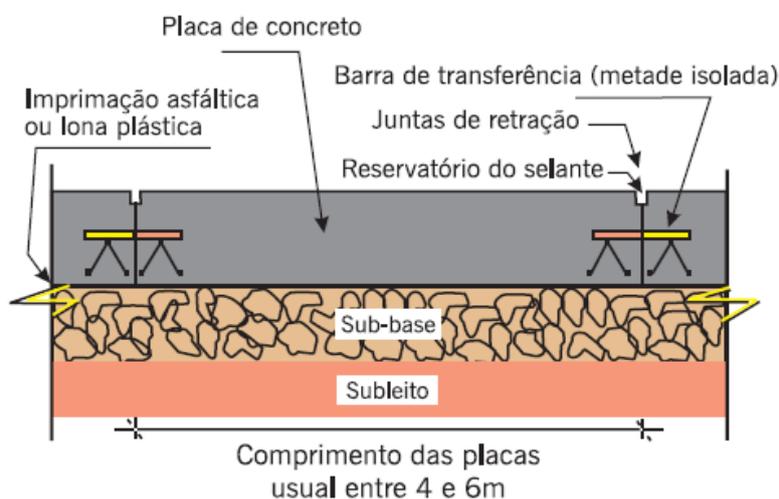
Conforme DNIT (IPR 719), pavimento rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

Para Pinto e Prussler (2002) pavimento rígido é aquele no qual o revestimento resiste a maior parte das tensões que atuam no pavimento, devido a sua rigidez ser bem maior que suas camadas.

Segundo DNIT (049/2009), pavimento de concreto simples é o pavimento cuja camada é constituída por placas de concreto de cimento Portland, não armadas ou eventualmente com armadura sem função estrutural, que desempenham simultaneamente as funções de base e de revestimento.

Conforme Senço (2001) Pavimentos rígidos são aqueles que se deformam pouco, e são constituídos especialmente de concreto de cimento. Quando sujeitos a deformação, rompem por tração na flexão.

Figura 3 - Estrutura do Pavimento Rígido – camadas constituintes.



Fonte: <http://www.sptsondagens.com.br/servicos?servico=dimensionamento>.

### 2.3.3 Pavimentos semirrígidos

Segundo DNIT (IPR 719), pavimento semirrígidos caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

## **2.4 Camadas constituintes**

### 2.4.1 Subleito

A NBR 11170 (TB 372) define subleito como um maciço de terra teoricamente infinito que serve como fundação para um pavimento.

Segundo Senço (2001) é o terreno de fundação do pavimento. A camada mais próxima da superfície é considerada subleito.

Conforme Sousa (1980) o subleito é considerado e estudado até as profundidades em que atuam as cargas impostas pelo tráfego. Do ponto de vista prático, a profundidade das camadas devem estar num intervalo de 0,60 a 1,50m.

### 2.4.2 Regularização do Subleito

As especificações do DNER – ES 229-97 definem regularização do subleito como sendo a operação destinada a adequar transversal e longitudinalmente o leito da estrada com a finalidade de deixá-lo conforme especificado no projeto.

Conforme Senço (2001) o preparo do subleito deve dar à superfície as características geométricas do pavimento acabado.

### 2.4.3 Reforço do Subleito

Segundo Sousa (1980) é uma camada que existe em pavimentos muito espessos, é executada com um único objetivo, de minimizar a espessura da própria camada de sub-base.

Já para Senço (2001) é uma camada de espessura constante, construída acima da regularização do subleito. Este reforço tem função de complemento da sub-base, tem características tecnológicas superiores à da regularização e

inferior a da sub-base.

Essa camada pode ou não existir, isto depende muito das características dos materiais utilizados, volume de veículos dimensionado em projetos e etc.

#### 2.4.4 Sub-base

Pinto e Prussler (2002) definem a sub-base como sendo aquela camada situada acima do reforço ou regularização do subleito e abaixo da base do pavimento. É bastante usada em rodovias importante, no qual suportam tráfegos pesados, se o solo de subleito é de boa qualidade, a sub-base torna-se desnecessário. Com exceção da função estrutural ao pavimento, a sub-base tem outras características, tais como:

- Se o material tiver qualidades granulométricas drenantes, podem prevenir o acúmulo de água livre no pavimento;
- Prevenir a intrusão do solo do subleito na base, ocasionando a destruição do pavimento.

Segundo Senço (2001) é a camada complementar à base, indicada quando, em condições técnicas e econômicas, não for prudente construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito. A regra geral indica que o material da sub-base deve ter características tecnológicas superiores às do material de reforço.

#### 2.4.5 Base

Segundo Senço (2001) é a camada destinada a suportar os esforços verticais provenientes do tráfego e distribuir nas camadas inferiores. A base pode ou não ser complementada pela sub-base ou reforço do subleito.

Para Sousa (1980) é a camada destinada a resistir as ações dos veículos e transmiti-las de forma apropriada ao subleito.

## 2.5 Revestimento

Conforme Sousa (1980) é a camada destinada a resistir diretamente às ações do tráfego, a impermeabilizar o pavimento, a melhorar a segurança e o conforto da pista de rolamento e por último, transmitir de forma adequada as ações do tráfego às camadas abaixo.

### 2.5.1 Revestimento Rígido

Para Sousa (1980), o concreto de cimento, ou concreto, é constituído por uma mistura rica de cimento Portland, areia, agregado graúdo e água. No qual é colocada em uma camada bem adensada. Além de essa camada atuar como revestimento, ela ainda tem a função de base do pavimento.

Os paralelepípedos podem ser considerados revestimentos rígidos, desde que o rejunte for feito com argamassa de cimento.

Já para Senço (2001) o revestimento rígido é feito de concreto de cimento. Era bastante executado em vias de importância, isto é, nos primórdios tempos da pavimentação, mas tem sido substituído quase que completamente pelos revestimentos flexíveis.

### 2.5.2 Revestimento Flexível

Nos revestimentos betuminosos, onde o ligante utilizado é o betume, seja ele asfalto ou alcatrão, tem sido muito requisitado pelos projetistas e construtores. Existem os revestimentos flexíveis de concreto de cimento, embora não muito usado, mas deve ser considerado, para que as decisões não se limitem apenas a um tipo de revestimento, lista Senço (2001).

### *2.5.2.1 Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ*

Para Sousa (1980) Concreto Betuminoso ou Concreto-Asfáltico é a pré-mistura a quente, de graduação densa, no qual são feitas exigências rigorosas no que diz respeito a controle e especificações de equipamentos de construção, granulometria, teor de betume, estabilidade, vazios e entre outros.

Conforme Senço (2001) é o mais importante dos revestimentos flexíveis. É a mistura de agregado e betume devidamente dosados, no qual sua execução segue rigorosamente as especificações. A mistura é feita em usina, e seus componentes são controlado rigorosamente, como a granulometria, teor de betume, temperatura do agregado e do betume, aplicação e compressão. É o serviço mais perfeito de controle, quando comparado às demais etapas do pavimento.

É por estes motivos que o concreto betuminoso é muito usado para execução de revestimento das autoestradas e vias expressas.

### *2.5.2.2 Misturado a quente*

Para Senço (2001), afirma que se trata de uma mistura obtida em usina, composta de agregado e asfalto, ou alcatrão. A diferença do pré-misturado a quente e do concreto betuminoso, tem a ver com a especificação, pois o controle daquele é menos rigoroso que destes, quanto a granulometria, estabilidade e índices de vazios.

A expressão “a quente” reporta-se a uma exigência quanto ao agregado, pois este deve ser aquecido até uma temperatura próxima da temperatura do betume.

Para Sousa (1980), é quando o agregado é pré-envolvido com o material betuminoso antes da compressão. Se o ligante e o agregado são misturados e espalhados na pista ainda quentes, tem-se o Pré-misturado a quente.

### *2.5.2.3 Misturado a frio*

Segundo Senço (2001) é uma mistura de agregado e asfalto, ou alcatrão, no qual o agregado é utilizado sem necessidade de aquecimento, ou seja, à temperatura ambiente. É um produto de menor qualidade quando comparado ao concreto betuminoso e o usinado a quente.

Conforme Sousa (1980) quando os tipos de agregados e de ligante são espalhados na pista à temperatura ambiente, mesmo que sejam misturados a quente, tem-se o Pré-misturado a frio.

### *2.5.2.4 Tratamentos Superficiais*

Para Senço (2001) trata-se da aplicação de uma ou mais camadas de agregado ligadas por pinturas betuminosas. Quando a pintura correspondente a uma camada de agregado é aplicada por cima dessa camada, diz-se que o tratamento superficial é de penetração direta.

Para Sousa (1980) os revestimentos betuminosos por penetração direta são executados por meio do espalhamento antecipado de uma camada de brita de granulometria adequada que permita, após a compactação, a espessura desejada.

Em seguida aplica-se o material betuminoso, que penetra nos vazios do agregado, e nesse intervalo, espalha-se uma camada de brita miúda para ocupar os espaços vazios da superfície, e em seguida ocorre outra compressão.

Conforme Senço (2001) quando a pintura correspondente a uma camada de agregado é aplicada por baixo dessa camada, o tratamento superficial é de penetração invertida.

Segundo Sousa (1980) revestimentos betuminosos por penetração invertida são executados com uma aplicação ou “pintura” de material betuminoso, depois é feito o espalhamento e compressão do agregado de granulometria apropriada, denominado Tratamento Superficial Simples de Penetração Invertida.

Quando o mesmo tratamento é usado para impermeabilização ou modificação da textura de um pavimento existente, denomina-se “Capa Selante”.

No caso de ocorrer vários tratamentos simples sobrepostos, resultam nos seguintes casos:

- Tratamento Superficial Simples: Uma camada de agregado e uma pintura de betume;
- Tratamento Superficial Duplo: Duas camadas de agregado e duas pinturas de betume;
- Tratamento Superficial Triplo: Três camadas de agregado e três pinturas de betume;
- Tratamento Superficial quádruplo: Quatro camadas de agregado e quatro pinturas de betume;

Estes tratamentos acima são sempre usados como revestimento.

#### *2.5.2.5 Lama Asfáltica*

Para Senço (2001) é uma mistura de agregado fino e asfalto diluído, derramado ainda líquido, sobre um antigo revestimento já desgastado pelo uso. Tem a função de tornar melhor as condições de rolamento e a aparência da pista de rolamento.

As capas de rolamento podem se tornar mais espessas pelos métodos de dimensionamento de pavimento, conforme a intensidade do tráfego. Nestes casos, essa capa de rolamento é dividida em duas camadas distintas: a superior, que exerce a função de resistir aos desgastes, e a inferior, que é formada por uma camada de granulometria mais graúda que a da capa superior, que apesar de ser complemento do revestimento, atua no conjunto do pavimento exercendo a função de base. Essa camada recebe o nome de “binder”.

Já para Sousa (1980) é uma mistura composta por emulsão de ruptura lenta, água, agregado miúdo e filler mineral, quando se obtém a consistência de fluído. É bastante utilizada como camada fina de impermeabilização e desgaste de pavimentos antigos.

## **2.6 Patologias nos pavimentos asfálticos**

### 2.6.1 Fissura

Segundo o DNIT 154/2010 – ES são fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a uma distância inferior a 1,50 m.

Conforme DNIT 005/2003 – TER fissuras são fendas incipientes que ainda não causam problemas funcionais ao revestimento, não sendo assim consideradas quanto à gravidade nos métodos atuais de avaliação das condições de superfície.

### 2.6.2 Trincas

Para o DNIT 154/2010 – ES fenda existente no revestimento, facilmente visível com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

#### *2.6.2.1 Transversais*

Segundo o DNIT 005/2003 - TER Trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominado trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca transversal longa.

### 2.6.2.2 Longitudinais

Conforme o DNIT 005/2003 – TER trincas longitudinais são fendas isoladas ou interligadas em que sua direção predominante é paralela ao eixo da pista, também podem ser classificadas como curta e longa, o critério de distinção é igual ao das trincas transversais.

Figura 4 - Representação das trincas transversais.



Fonte: Norma DNIT 005/2003.

### 2.6.2.3 Tipo em bloco

Conforme o DNIT 005/2003 – TER trincas tipo bloco são trincas interligadas, perpendiculares entre si, caracterizadas pela formação de blocos formados por lados bem definidos, isto é, possuem direções preferenciais.

Figura 5 - Representação das trincas longitudinais.



Fonte: Norma DNIT 005/2003.

#### 2.6.2.4 Trinca couro de jacaré

Segundo o DNIT 005/2003 – TER trincas tipo couro de jacaré são trincas interligadas que formam uma malha de dimensão variável, não possuem direções preferenciais, seu nome condiz com suas características, pois seu aspecto é parecido com o couro de jacaré.

Figura 6 - Representação das trincas tipo couro de jacaré.



Fonte: Norma DNIT 005/2003.

### 2.6.5 Afundamento

Segundo o DNIT 005/2003 – TER afundamento é a depressão permanente da superfície do pavimento, e pode ou não ser acompanhado de solevamento. O afundamento pode ser classificado como, afundamento local (plástico ou de consolidação) ocorre quando a extensão do afundamento for menor que 6 metros.

Figura 7 - Representação do afundamento plástico.



Fonte: Norma DNIT 005/2003.

Para o DNIT 005/2003 – TER o afundamento nos trilhos de roda é caracterizado quando o afundamento tenha extensão maior que 6 metros, e ainda esteja localizado no decorrer da trilha de roda. É causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, seguido de solevamento.

Figura 8 - Representação do afundamento nos trilhos de roda.



Fonte: Norma DNIT 005/2003.

Segundo Moura (2010) a deformação permanente em trilha de roda é o acúmulo de pequenas quantidades de deformação não recuperável, cuja causa é proveniente da carga dos veículos.

#### 2.6.6 Ondulações ou Corrugações

Segundo Bernucci *et al.* (2007) define corrugações como “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”.

Segundo o DNIT 005/2003 – TER é a deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento.

Figura 9 - Representação das ondulações ou corrugações.



Fonte: Norma DNIT 005/2003.

### 2.6.7 Escorregamento

Conforme o DNIT 005/2003 – TER é uma espécie de deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.

Figura 10 - Representação dos escorregamentos no bordo da pista.



Fonte: Pacheco (2011).

### 2.6.8 Exsudação

Segundo o DNIT 005/2003 – TER Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento.

Conforme Pacheco (2011) a exsudação ocorre quando há uma ascensão do ligante pelo revestimento e ele se localiza em excesso na superfície do pavimento. É caracterizada por manchas de várias dimensões. Compromete a aderência entre os pneus e o revestimento (problema que é agravado em dias de chuva).

Figura 11 - Representação da exsudação.



Fonte: Norma DNIT 005/2003.

### 2.6.9 Desgaste

Já para Pacheco (2011) o desgaste do pavimento é compreende a perda do agregado e/ou argamassa fina da camada de revestimento, costuma gerar aspereza na superfície do pavimento com perda do envolvimento betuminoso.

Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego segundo o DNIT 005/2003 – TER.

Figura 12 - Representação do desgaste.



Fonte: Norma DNIT 005/2003.

### 2.6.10 Panela ou Buraco

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas. (DNIT 005/2003 – TER).

Conforme Pacheco (2011) painelas ou buracos são cavidades, ou seja, são buracos que se formam na superfície do pavimento e podem atingir camadas inferiores do pavimento.

Este tipo de manifestação patológica é uma das mais graves, tanto do ponto de vista estrutural, pois permite o acesso de água as camadas subjacentes, afetando diretamente a estrutura, como do ponto de vista funcional, no qual prejudica o conforto do usuário, a segurança do tráfego e aumenta os custos de transporte.

Figura 13 - Representação das painelas ou buracos.



Fonte: Norma DNIT 005/2003.

## 2.7 Avaliação Estrutural do Pavimento Asfáltico

Segundo Bernucci *et al.* (2008), os pavimentos são estruturas que em geral não apresentam ruptura súbita, mas sim deterioração funcional e estrutural acumuladas a partir de sua abertura ao tráfego.

Para DER - SP, a determinação da capacidade de desempenho estrutural, que por sua vez é a capacidade do pavimento de manter sua integridade estrutural. A avaliação estrutural de pavimentos consiste na análise das medidas de deslocamentos verticais recuperáveis da superfície do pavimento quando submetido a determinado carregamento.

### 2.7.1 Levantamento de patologias pelo método IGG

O método IGG (Índice de Gravidade Global), considera somente alguns defeitos, e a avaliação é realizada por meio de fórmula matemática para o cálculo de determinação da gravidade das patologias em face do quantitativo de ocorrências de defeitos no pavimento por área homogênea.

São levantados os parâmetros de peso e frequência do conjunto de trincas; peso e frequência do conjunto de deformações; peso e frequência do conjunto de painéis e remendos. Aos conjuntos de defeitos como trincas, deformações e painéis ou remendos são atribuídos pesos conforme se apresentam os níveis de gravidade aparente. Os pesos menores são para as trincas e os pesos maiores são para as painéis e remendos. É necessário observar que alguns dos defeitos utilizados para o cálculo do IGG são os que as normas francesas indicam como sendo defeitos de origem estrutural (trincas, no caso estão inseridas as trincas por fadiga, deformações, remendos).

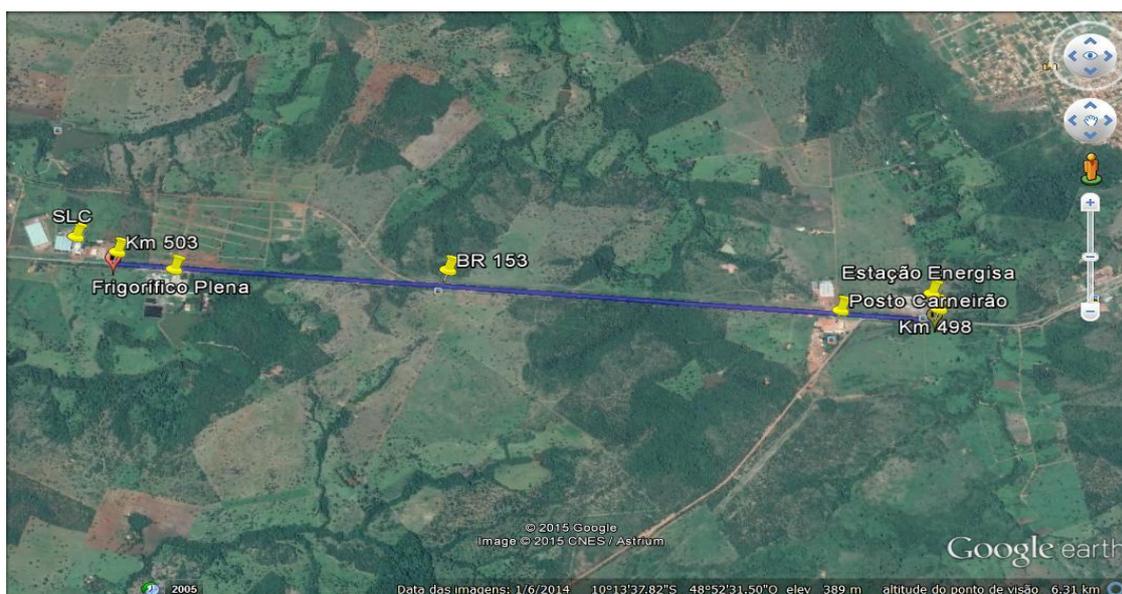
Os índices são estipulados em tabela, como forma de graduar os níveis de desgaste de cada item patológico em evidência no pavimento, como mostra a tabela 3.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho teve como finalidade, levantar as condições estruturais de um segmento de 5 km da BR 153 (km 498 ao 503), entre os municípios de Pugmil e Paraíso do Tocantins. Por meio da identificação visual das patologias existentes em determinadas extensões desse trecho e posteriormente, a determinação do IGG do pavimento conforme a norma DNIT 005/2003 (TER) e 006/2003 (PRO)

A elaboração do trabalho se deu através das seguintes etapas: inicialmente realizada a pesquisa bibliográfica (livros técnicos e científicos, manuais e cadernos de normas do DNIT, consulta por meio eletrônico em sítios especializados) onde foram selecionados os conteúdos referentes ao tema abordado. Em seguida realizado estudo no campo, identificando as patologias no trecho escolhido como área de estudo, apontamento das patologias encontradas no segmento e posterior identificação conforme os manuais do DNIT. Após esse procedimento foram feitos os cálculos e assim apresentados os resultados referentes ao IGG do segmento bem como a determinação das condições estruturais do pavimento conforme os parâmetros determinados pela referida norma técnica.

Figura 14 - Imagem da BR 153, entre o segmento Km 498 ao 503. Trecho entre Paraíso do TO e Pugmil.



Fonte: Adaptado de Google Eath (2016).

A escolha das áreas de estudo por meio da avaliação visual dos trechos dentro do segmento em estudo com presença de patologias aparentes.

Por fim, foram sugeridas possíveis soluções de manutenção e recuperação para as patologias identificadas, seguindo os procedimentos elencados nos manuais de pavimentação do DNIT.

### **3.1 Materiais e equipamentos empregados**

Após a etapa de identificação das patologias foram realizados os procedimentos necessários à determinação das mesmas e para isso empregou-se os seguintes materiais e equipamentos:

- Régua graduada de 4 metros
- Mira falante
- Baldes
- Cal para pintura
- Régua com nível
- Cones
- Fita zebrada
- Rolo de pintura
- Lapiseira
- Prancheta
- Trena de 100 metros
- Câmera fotográfica
- Formulário padrão
- Paquímetro.

Figura 15 – materiais e equipamentos empregados no procedimento



Fonte: Do próprio autor (2016)

Os materiais e equipamentos empregados foram adquiridos pelo próprio autor.

### 3.2 Localização do trecho estudado

O segmento analisado refere-se ao trecho do Km 498 ao Km 503 da BR153, entre as cidades de Pugmil e Paraíso do Tocantins. Dentro desse percurso foram escolhidos os locais para a instalação das estações com base na identificação visual das patologias aparentes.

O principal motivo de se escolher esse segmento da rodovia BR 153 foi a quantidade de empresas e empreendimentos existentes nesse trecho. Às margens da rodovia se encontram o Distrito Industrial de Paraíso do Tocantins, uma subestação de energia, posto de combustível, frigorífico além de um empreendimento imobiliário constante da área de expansão urbana do município.

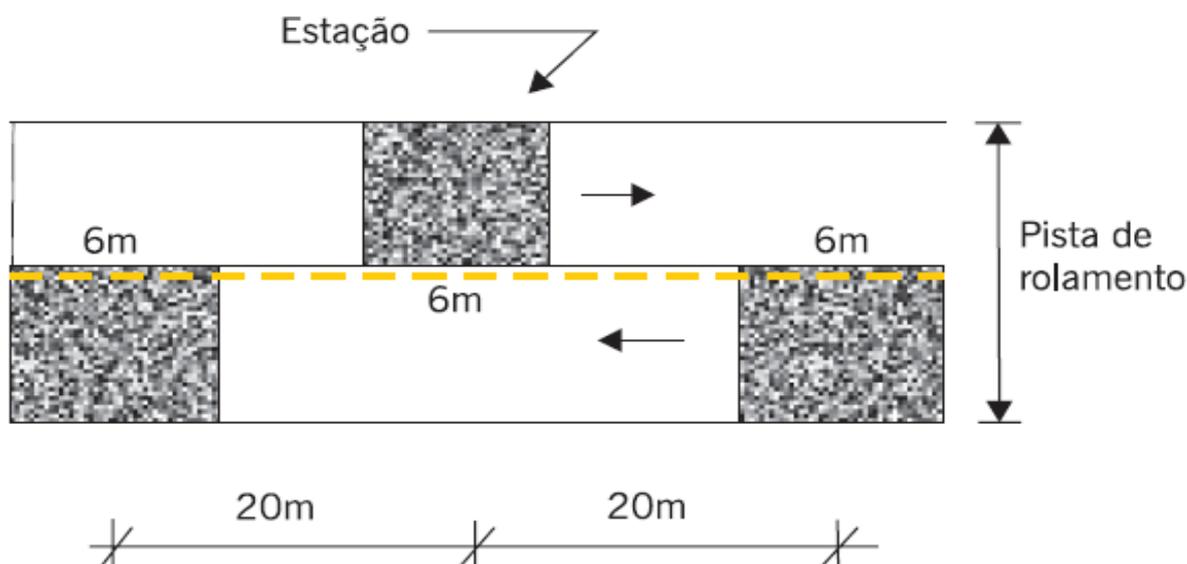
Todos esses empreendimentos fazem com que o tráfego nesse trecho seja feito em velocidade abaixo da média para outros pontos da rodovia, devido a quantidade de trevos e acessos aos referidos estabelecimentos fazendo com que a carga aplicada ao pavimento tenha uma ação degradante mais acentuada.

### 3.3 Metodologia de avaliação objetiva do pavimento

A avaliação objetiva do pavimento para a determinação do Índice de Gravidade Global não é realizada em toda a extensão do segmento escolhido, e sim em áreas amostrais onde são determinadas as estações com área e distanciamento entre si, pré-estabelecida pela norma específica para esse tipo de procedimento em conformidade ao padrão do DNIT. As estações foram inventariadas na rodovia de pista simples a cada 20m, alternados entre faixas, na faixa mais solicitada pelo tráfego, em pontos selecionados.

A superfície de avaliação corresponde a 3m antes e 3m após cada uma das estações demarcadas, totalizando em cada estação uma área correspondente a 6m de extensão e largura igual a da faixa a ser avaliada que no caso da BR 153 são 3,5m. A figura 16 demonstra um exemplo do padrão DNIT para esse procedimento.

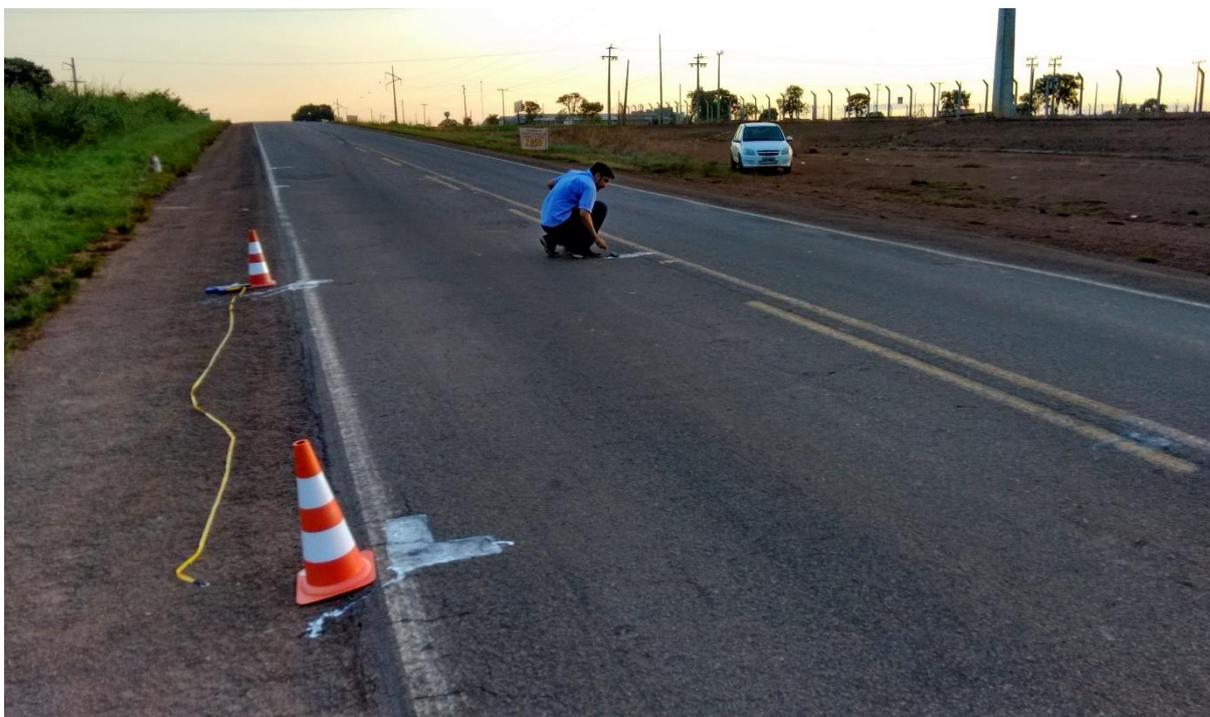
Figura 16 – Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos



Fonte: Adaptado de PROASFALTO, 2008.

A avaliação do pavimento foi executada optando-se por destacar através de planilhas de inventário do estado da superfície do pavimento e planilhas de cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG) além de fotos das demarcações das áreas e das manifestações patológicas encontradas no experimento nos incidentes por área, com o intuito de apresentar o grau de degradação do pavimento.

Figura 17 – Demarcação de estação para levantamentos



Fonte: Próprio autor (2016)

As demarcações das estações foram realizadas utilizando trena para delimitação espacial, rolo de pintura, cal de pintura dissolvida em água em balde graduado, de forma que as delimitações marcadas na pista não permaneçam por muito tempo, sendo removida pelo próprio movimento dos veículos na pista. Utilizou-se cones coloridos como elemento de facilitação de visualização para os usuários da rodovia.

A identificação das patologias se deu por meio de mira falante, régua com nível e trena. Foram medidas as dimensões e profundidades das patologias visualizadas em cada uma das estações possibilitando se definir o IGG dos pontos analisados.

Figura 18 – Estação demarcada



Fonte: Do próprio autor (2016)

Após a demarcação das estações foram feitos os referidos procedimentos constantes das normas estabelecidas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes.

### 3.4 Levantamento bibliográfico

A realização da pesquisa bibliográfica inicialmente, se deu por meio do tema “Análise Estrutural e Patológica do Pavimento Asfáltico Flexível”, serão utilizados livros de autores como Senço, e outros.

Também serão utilizados outros tipos de fontes, como, dissertações de Mestrados e teses de doutorado, e as normas do DNIT 154/2010 – ES e DNIT 005/2003 – TER, através dessas normas serão extraídas as imagens que caracteriza as patologias em um pavimento flexível. Através das imagens podemos identificar algumas patologias.

### 3.5 Levantamento de dados no campo – identificação das patologias

O levantamento de campo será realizado na BR 153 entre segmento Km 498 e Km 503, baseado na NORMA DNIT 006/2003 – PRO – Índice de Gravidade Global (Adaptado), o levantamento não seguirá à risca todos os procedimentos, segundo a Norma.

Conforme a norma DNIT 006/2003 – PRO, o processo de avaliação usado no levantamento compreende o preenchimento do formulário. Os equipamentos utilizados no procedimento serão:

- Norma do DNIT 005/2003-TER, para identificação e caracterização das patologias, confrontando as imagens da Norma com as patologias encontradas no trecho;
- Câmera digital, para realizar o relatório fotográfico, a fim de identificar as patologias existentes no trecho;
- Trena e outros equipamentos para realizar as medições, no caso de comparar as dimensões das patologias, e confronta-las com a literatura;
- Prancheta, caneta e papel A4 para anotações de informações verificadas visualmente “in loco”.

As patologias serão identificadas e caracterizadas conforme as imagens obtidas em campo, comparadas com as localizadas na norma DNIT 005/2003 – TER, e literaturas.

### 3.6 Sugestões de correções

Como proposta de correção foi utilizado o manual de restauração de pavimentos asfáltico do DNIT IPR – 720, e as literaturas citadas. Através das fontes foram descritos procedimento de revitalização, e como se encontra os reforços estruturais do pavimento, das patologias encontradas.

Com a identificação de todas as patologias foram descritos procedimentos de correções e os materiais usados para este fim, conforme a norma DNIT IPR – 720 e as literaturas citadas no item 3.4.

### **3.7 Avaliação estrutural - IGG**

O procedimento utilizado foi através dos levantamentos de vigas do DNIT. Dados de IGG foram fornecidos por engenheiro do DNIT. Esses dados estão disponíveis no Projeto Executivo de Engenharia para restauração de rodovia – C.R.E.M.A. 2ª ETAPA, Volume 2, Projeto de execução, julho 2012. Os dados de vigas estão em estacas de 20 em 20 metros, sendo a estaca zero localizada em Miranorte – TO, o segmento é 82 km da estaca zero. Avaliação será entre as estacas 4.100 e 4.350, e KM 498 e 503, sendo um segmento de 5 km. No trecho entre Paraiso do Tocantins e Pugmil.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram apresentados em três etapas de análises distintas. A primeira etapa é a avaliação estrutural da rodovia federal, conforme o método IGG, e comparados com os dados fornecidos pelo DNIT.

A Segunda etapa é o estudo do segmento para identificar e classificar as patologias encontradas, sendo cada patologia analisada conforme as normas do DNIT. Na última etapa, é a apresentação das soluções compatíveis a cada patologia.

### 4.1 Identificação e classificação das patologias

Nessa etapa foi feito um levantamento de campo através de relatórios fotográficos, utilizando como referência a norma DNIT 005 / 2003 – TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos, a fim de identificar visualmente e caracterizar as anomalias, conforme a norma do DNIT citada. O relatório fotográfico foi feito no dia 20 de fevereiro de 2016.

#### 4.1.1 Trinca interligada - Trinca tipo “Couro de Jacaré”

O segmento apresentou características de trincas tipo couro de jacaré, sendo ilustrada na imagem 19 (a). É uma ligação de trincas sem direções definidas, é nomeado dessa forma por ter semelhança ao couro de jacaré. Trincas que podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas.

Figura 19 - (a) trinca tipo couro de jacaré -BR 153, entre Km 498 a Km 503 e (b) Imagem DNIT.

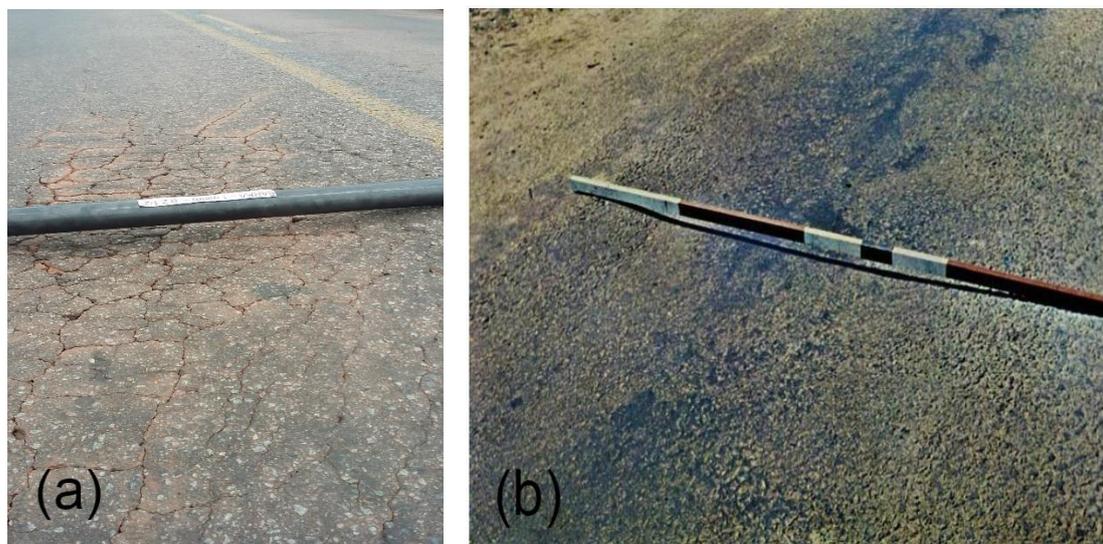


Fonte: Autor – Dia 20 de fevereiro de 2016.

#### 4.1.2 Afundamento Plástico Local

O trecho da avenida apresentou características do afundamento plástico local, mostrado na figura 20 (a), é local devido o afundamento ter extensão inferior a 6 metros, e é caracterizado afundamento plástico, por causa do fato de apresentar solevamento das massas asfálticas nas bordas do revestimento. A figura 20 (b) é uma caracterização da patologia segundo o DNIT.

Figura 20 - (a) Afundamento Local – BR 153, entre Km 498 a Km 503 e (b) Imagem DNIT.

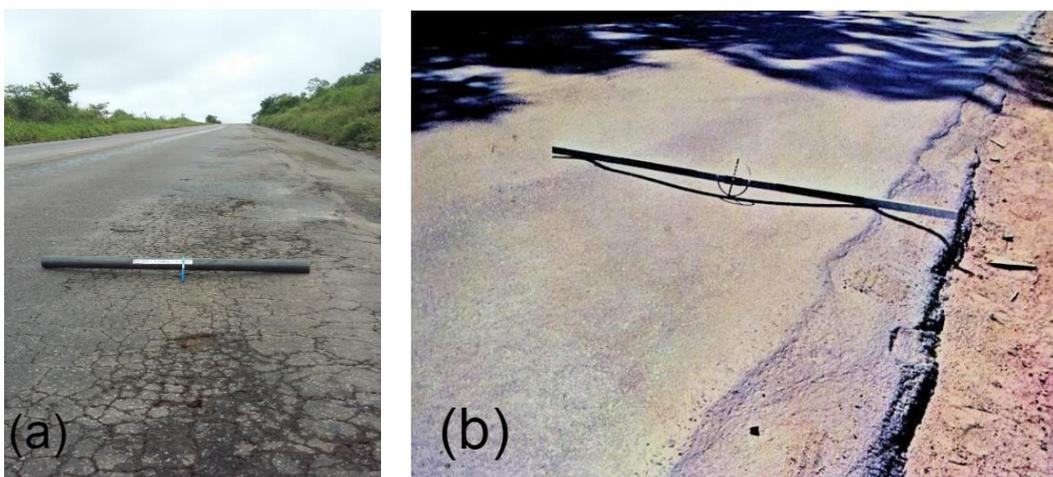


Fonte: Autor - Dia 20 de fevereiro de 2016.

### 4.1.3 Afundamento plástico nos trilhos de roda

No mesmo segmento, foi identificado também o afundamento plástico nos trilhos de roda. Conforme a figura 21 (a) e as especificações do DNIT, essa patologia apresentou uma extensão de 6 metros, e também houve um sollevamento do revestimento asfáltico, sendo os mesmos localizados na região de trilhos de roda, principais características do afundamento plástico. A figura 21 (b) é uma identificação da patologia segundo DNIT.

Figura 21 - (a) Afundamento nos Trilhos de Roda da Avenida BR 153 entre Km 498 e Km 503 e (b) Imagem DNIT.

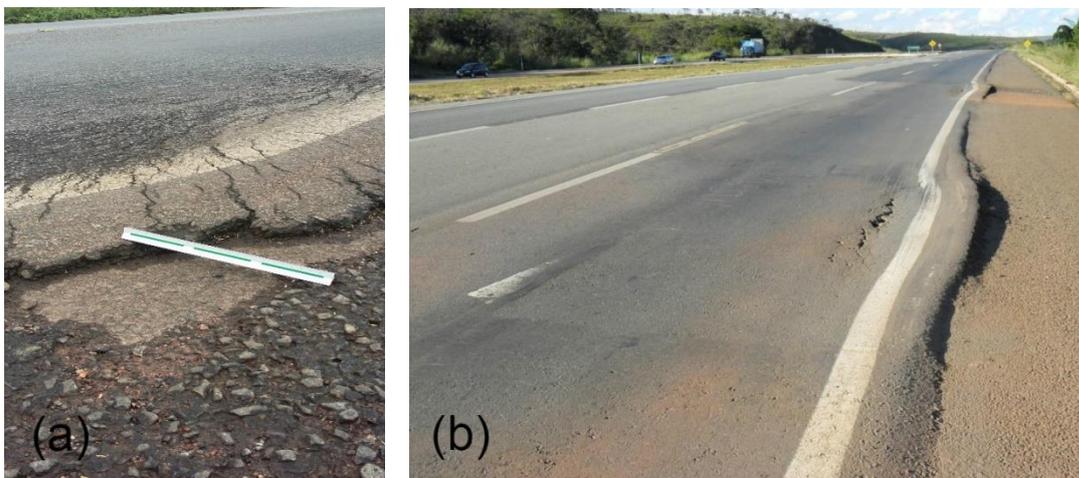


Fonte: Autor - Dia 20 de fevereiro de 2016.

### 4.1.4 Escorregamento

Também foi encontrada uma anomalia denominada como escorregamento, através da figura 22 (a) e especificações do DNIT, a camada de revestimento da via desloca em relação à camada inferior do pavimento, gerando fendas em forma de meia lua, características de um escorregamento. Na figura 22 (b) é mostrada um escorregamento do revestimento.

Figura 22 - (a) Escorregamento no bordo da pista – Br 153, entre as Km 498 e Km 503, (b) Imagem DNIT.

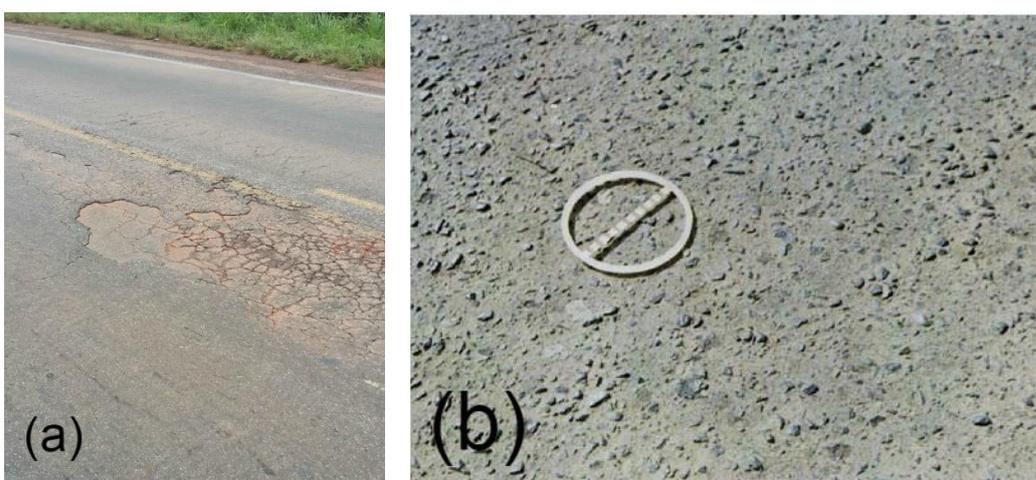


Fonte: Autor - Dia 20 de fevereiro de 2016.

#### 4.1.5 Desgaste

Desgastes do pavimento ocorrem em estados progressivos de esforços causados pelo tráfego, onde o pavimento perde parte do revestimento. Através da figura 23 (a) é possível identificar essa manifestação patológica.

Figura 23 - (a) Desgaste do revestimento – BR 153, entre os Km 498 e Km 503, (b) Imagem DNIT.

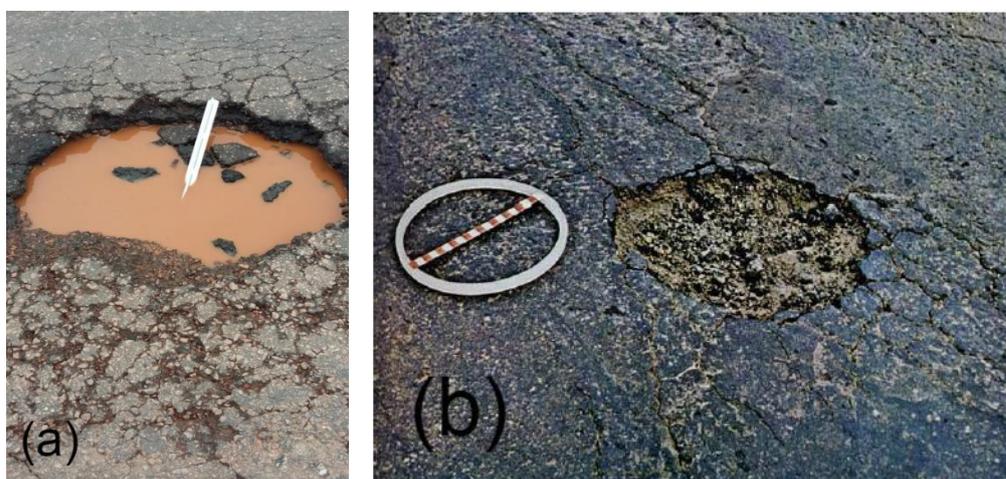


Fonte: Autor - Dia 20 de fevereiro de 2016.

#### 4.1.6 Panela ou buraco

São cavidades que se formam no revestimento de um pavimento asfáltico podendo alcançar as demais camadas inferiores por diversas causas, como, falta de aderência com as camadas inferiores, causando uma desconexão das camadas e com isso gera desagregação das camadas, assim gera as cavidades como podemos ver na figura 24 (a). Através das especificações e figura 24 (b) do DNIT, classifica-se como panela ou buraco.

Figura 24 - (a) Panela/Buraco – BR 153, entre o Km 498 e Km 503, (b) Imagem DNIT.



Fonte: Autor - Dia 20 de fevereiro de 2016.

#### **4.2 Possíveis Soluções**

Para uma via permanecer em bom estado manutenções preventivas devem ser realizadas periodicamente. No segmento estudado da BR 153, foi constatado que este tipo de prevenções não é realizado, gerando patologias. Através disso, são necessárias algumas operações para corrigir essas anomalias.

#### 4.2.1 Trincas Interligadas – tipo couro de jacaré

As soluções para a correção de trincas interligadas tipo couro de jacaré possui um simples procedimento. Os procedimentos são:

- Correção do sistema de drenagem da via;
- Aplica-se uma camada fina de asfalto liquido com cobertura;
- Dependendo da intensidade é necessário executar o remendo, que seria recuperação do revestimento.

Figura 25 – Afundamento plástico com trincas interligadas tipo couro de jacaré



Fonte: Do próprio autor, 2016

#### 4.2.2 Afundamento plástico

Quando o afundamento plástico nos trilhos de roda acontece na camada da base é feito um nivelamento do local com uma massa asfáltica, geralmente ocorre em lugares que a drenagem é inadequada, portanto, a drenagem da via deve ser analisada.

E no caso que um afundamento atinja a camada de subleito, causando problemas na estrutura do pavimento deve ser realizado um reforço estrutural no

local afetado.

Reforço estrutural é o conjunto de operações destinadas a melhorar a capacidade estrutural do pavimento, são realizadas quando as operações corretivas mais simples não forem suficientes para conter o processo evolutivo de degradação do pavimento. Ou seja, quando o pavimento completa sua vida útil de projeto, o processo de degradação acontece de forma mais acelerada que o normal, fadigas e deformações não são facilmente corrigidos, gerando custo maior, se caso decidir usar correções de pequeno porte.

Figura 26 - Afundamento plástico com trincas interligadas tipo couro de jacaré



Fonte: Do próprio autor, 2016

Figura 27 – Afundamento da trilha de roda



Fonte: Do próprio autor, 2016

#### 4.2.3 Escorregamento

Consiste na retirada do excesso de revestimento e regularização do local, onde houve o deslocamento do revestimento. Com isso aplica-se massa asfáltica até o nivelamento.

#### 4.2.4 Desgastes

São patologias superficiais causadas por fissuras, desagregação desgastes, e outros motivos. Algumas soluções para a correção dessas manifestações são:

- Utilizar a fresagem, método de limpeza com uma máquina que é composta por fresa. Esse método é um tipo de limpeza na área do micro revestimento.
- Realização de corte e limpeza do revestimento na área onde será aplicado o remendo;
- Aplicação de uma capa selante ou uma fina camada de um material betuminoso e agregado miúdo, misturado em usina.

Com isso, a impermeabilização do revestimento será recuperada e reduzirá a perda de agregados do pavimento. Essa correção consiste na recuperação da superfície do pavimento e não na parte estrutural.

#### 4.2.5 Panela ou buraco

Essa patologia pode ocorrer tanto no revestimento betuminoso do pavimento como nas camadas inferiores, a solução adequada para essa patologia é o remendo. É executado nas seguintes etapas:

- Primeira etapa corta o buraco em forma retangular, formando faces verticais.

- Em seguida remova o material cortado;
- Aplica-se uma pintura de ligação de emulsão asfáltica de rupetira rápida;
- Preenchimento da cavidade com uma mistura betuminosa a quente, de graduação densa, tomar cuidado para não houver desagregação;
- Última etapa é a realização da compactação que pode ser, por meio do rolo pneumático, placa vibratória ou outros instrumentos de compactação adequados.

Tabela 1 – Codificação e caracterização das patologias

<b>FENDAS</b>				<b>CODIFICAÇÃO</b>	<b>CLASSE DAS FENDAS</b>		
<b>Fissuras</b>				FI	–	–	–
<b>Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e decorrentes do fenômeno de fadiga</b>	<b>Trincas Isoladas</b>	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	
	<b>Trincas Interligadas</b>	"Tipo couro de Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	–	FC-2	–
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	–	–	FC-3
<b>Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga</b>	<b>Trincas Interligadas</b>	"Tipo Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	–	FC-2	–
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	–	–	FC-3
<b>OUTROS DEFEITOS</b>					<b>CODIFICAÇÃO</b>		
<b>Afundamento</b>	<b>Plástico</b>	<b>Local</b>	Devido á fluência plástica de uma ou mais camadas do pav. ou do subleito	ALP			
		<b>Da Trilha</b>	Devido á fluência plástica de uma ou mais camadas do pav. ou do subleito	ATP			
	<b>De Consolidação</b>	<b>Local</b>	Devido á consol diferencial ocorrente em camadas do pav. ou do subleito	ALC			

		<b>Da Trilha</b>	Devido á consol diferencial ocorrente em camadas do pav. ou do subleito	ATC
<b>Ondulação/Corrugação</b> - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O
<b>Escorregamento</b> - (do revestimento betuminoso)				E
<b>Exsudação</b> - (do ligante betuminoso no revestimento)				EX
<b>Desgaste</b> - (acentuado na superfície do revestimento)				D
<b>"Painéis"</b> - (ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores)				P
<b>Remendos</b>				R

Fonte: Adaptada de DNIT, 2008

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

FC-1: São trincas com abertura superior á 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

Tabela 2 - Valor do Fator de Ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER "Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos"	Fator de Ponderação fp
1	FC-1 (FI, TTC, TTL, TLC, TLL)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE)	0,8
4	ALP,ATP,ALC,ATC	0,9
5	O,P,E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT, 2003

NOTA 1: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.

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

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

Fonte: DNIT, 2003

A avaliação patológica do pavimento foi realizada por meio da anotação em planilha utilizando a terminologia e codificação de defeito existente na área selecionada. Com isso vale frisar que nesse caso não se leva em consideração à área atingida pelo defeito, mas a ocorrência ou não das patologias. Os afundamentos nas trilhas de roda externa e interna devem ser mensurados com o auxílio da treliça metálica e anotados na planilha na coluna referente à estação onde foi feita uma única medida em cada trilha. A tabela 1 mostra a planilha com 21 estações inventariadas.

Tabela 4 - Formulário de inventário do estado da superfície do pavimento

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																						
Estação	Trincas de Fadiga								Trincas de Ret.		AL		AT		O	E	EX	D	P	R	Flechas nas Trilhas de Roda (mm)	
	FC - 1				FC - 2	FC - 3	FC - 2	FC - 3	ALP	ALC	ATP	ATC	TRE	TRI								
	FI	TT		TL																		
TTC		TTL	TLC	TLL	J	JE	TB	TBE														
0																	X		X	0	0	
1	X																X	X	X	0	0	
2											X						X	X	X	0	0	
3											X									0	0	
4												X					X			2,54	0	
5																	X		X	0	0	
6										X							X			0	0	
7											X		X				X	X	X	0	1,23	
8											X						X		X	0	0	
9											X						X		X	0	0	
10											X	X					X		X	1,01	0	
11				X							X						X			0	0	
12											X			X			X		X	0	0	
13												X					X			1,17	0,08	
14												X					X			1,01	0	
15												X					X			3,05	0,98	
16										X		X					X			0	2,508	
17																	X			0	0	
18																	X			0	0	
19																	X			0	0	
20																	X			0	0	
21																	X			0	0	

Fonte: Adaptada pelo autor de DNIT, 2003.

Tabela 5 - Planilha de cálculo do IGG das estações inventariadas

Item	Natureza do Defeito		Frequência Absoluta NI	Frequência Relativa (%)	Coefficiente de Ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I.)
1	(FC-1) FI, TTC, TTL, TLC, TLL		1	10,9	0,2	1,9
2	(FC-2) J, TB		0	0,0	0,5	0,0
3	(FC-3) JE, TBE		0	0,0	0,8	0,0
4	ALP, ATP, ALC, ATC		1	10,9	0,9	10,0
5	O, P, E		1	10,9	1,0	10,9
6	D		9	90,0	0,3	27,0
7	R		0	0,0	0,6	0,0
8	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE	TRI	F	0,00	0,0
9	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TREv	TRIV	FV	0,00	0,0
Nº Total de Estações Inventariadas			Σ Índice de Gravidade Individual = I.G.G.			49,8
1	ISI = Fméd x 4/3 quando Fméd ≤ 30		2	ISI = FV quando Fvméd ≤ 50		<b>Conceito: REGULAR</b>
	ISI = 40 quando Fméd > 30			ISI = 50 quando Fvméd > 50		

Fonte: Adaptado pelo autor de DNIT, 2003

Os valores do IGG constante do CREMA do DNIT foram comparados ao do estudo aqui proposto, sendo que os valores apresentados pelo órgão rodoviário demonstrou que o segmento empregado como área de estudo são aproximados ao determinados pelo presente trabalho no trecho aqui especificado. Os gráficos do CREMA do DNIT para o trecho é apresentado em anexo.

## 5 CONCLUSÃO

A realização da pesquisa de campo objetivou evidenciar o quão importante é o conhecimento dos tipos de patologias que acometem o pavimento asfáltico, para que assim pudesse ser elaborada uma análise satisfatória das condições dos mesmos e para sugerir as técnicas de manutenção e reabilitação constantes das normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte.

Através das análises e conclusões apresentadas neste trabalho, considera-se de grande relevância para o pavimento, pois não há dúvidas de que a manutenção pode ser utilizada como solução para o revestimento de pistas de rodagem ao longo da rodovia BR 153. Entretanto, deve-se considerar uma avaliação objetiva da superfície do pavimento, com o método IGG.

No estudo de caso apresentado, baseado no método aplicado, suas condições exigíveis é a contagem e classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda.

Portanto, nota-se que o pavimento asfáltico estudado se encontra em estado de conservação regular em comparação com as normas estabelecidas para o cálculo do IGG, com isso pôde-se analisar quais os tipos de patologias existentes no pavimento, identificar as possíveis causas e definir as possíveis soluções para cada uma delas.

Por fim, de forma mais detalhada foi calculado para o segmento da BR 153, o valor do IGG correspondente às 21 estações implantadas no trecho. Com isso pôde verificar que o pavimento nesse trecho encontra-se em estágio de degradação inicial, podendo ser previsto o surgimento de panelas, afundamento de trilha de roda em outros pontos além de outras patologias, caso não seja feito um serviço de manutenção preventiva bem como de fiscalização quanto ao peso de carga dos veículos que trafegam pela BR 153.

Através do valor de IGG o pavimento é classificado com conceito regular, sendo assim é necessário soluções de manutenção preventiva e recuperação para cada tipo de patologia, soluções pontuais, visando à viabilidade econômica. Mas em geral a rodovia como um todo necessita de recapeamento, o qual poderia sanar todas essas patologias no pavimento.

Soluções essas devem ser aplicadas utilizando-se os materiais e equipamentos adequados, conforme as instruções técnicas dos Órgãos Rodoviários.

Espera-se assim, contribuir para a eficiência e desenvolvimento dos serviços de manutenção e reabilitação das rodovias e vias urbanas no Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos asfálticos - patologias e manutenção**. São Paulo: Plêidade, 1997.

BERNUCCI, L. B. [et al]. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros** – Rio de Janeiro: PET ROBRAS: ABED A, 2006.

BERNUCCI. L. B. **Deformações Permanentes em Pavimentos Asfálticos**. São Paulo: Escola Politécnica USP, 2009. Disponível em: <<http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/11EncontroTecnico/DeformacoesPermanentesemPavAsfalticosLiediBernucci.pdf>> Acesso em 12 abr 2016.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. DNIT 005/2003-**TER: defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia**. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura 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 Infra-Estrutura de Transportes. DNIT 154/2010-**TER: pavimentação asfáltica: recuperação de defeitos em pavimentos asfálticos - especificação de serviço**. Rio de Janeiro: IPR, 2010.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. DNIT IPR. Publ., 720 - **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Rio de Janeiro, 2006. 78p.

CHOCIAY, Andreia. **Pavimentos flexíveis e betuminosos**. 2013. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/marciasilva65/aula-pavimentosflexveisebetuminosos130514215649phpapp01>> Acesso em:12 mar 2016.

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES DA UFPR. **Transportes B - Tipos de DER/SP AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DE PAVIMENTO**. São Paulo: DIRETORIA DE ENGENHARIA, 2006. P. 1-29.

FERNANDES JR., ODA, ZERBINI. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. São Carlos – SP: EESC – USP, 2010.

GONÇALVES, Fernando Pluguiero. **O diagnóstico e a manutenção dos pavimentos**. Notas de aula, 1999.

LIMA, Dario Cardoso de. **Pavimentação betuminosa (os materiais betuminosos)**. Viçosa: UFV, 1981.

LIMA, Dario Cardoso de; ROHM, Sérgio Antônio; BUENO, Benedito de Souza; **Tópicos de estradas**. Universidade Federal de Viçosa – Imprensa universitária. Minas Gerais, 1993.

MAIA, Iva Marlene Cardoso. **Caracterização de patologias em pavimentos rodoviários**. Faculdade de engenharia – Universidade Porto. Portugal, 2012.

MARQUES, Geraldo Luciano. **Pavimentação**. Notas de aula, 2007.

MEDINA, **Mecânica dos Pavimentos**. 1ª edição. ed. Rio De Janeiro-RJ: UFRJ, 1997. p. 380.

PACHECO, H. M. **Avaliação de patologias em pavimentos rodoviários e suas soluções corretivas**. Projeto Final, Publicação ENC. PF-140/2011, Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, Xp. 2011.  
**pavimentos**. 2009. Disponível em:  
<<http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/mod1Introducao.pdf>.> Acesso em 15 abr 2016.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: PINI, 2001.

SILVA, Amanda Helena Marcandali. **Avaliação da Técnica de Reciclagem a Frio de Capa com Emulsão Polimerizada**. 2011. Disponível em:  
<[http://appweb2.antt.gov.br/revistaantt/ed5/\\_asp/ArtigosCientificos-AvalicaoDaTecnica.asp](http://appweb2.antt.gov.br/revistaantt/ed5/_asp/ArtigosCientificos-AvalicaoDaTecnica.asp).> Acesso em:12 mar 2016

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008.

SOUZA, Mário Henrique. **Patologias em pavimentos flexíveis**. Universidade Anhembi Morumbi, São paulo, 2004.

SOUZA, Murillo Lopes de. **Pavimentação rodoviária**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1980.

ZUKOWSKI JR, Joel Carlos. **Cadernos universitários 66. Manual para apresentação de trabalhos acadêmicos**. Canoas – RS: Ed ULBRA, 2002.

**ANEXO**

