



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Redeenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Andresa Oliveira Sonogo

ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CONTIDAS EM UM TRECHO DO  
PAVIMENTO DA AVENIDA L0 25 EM PALMAS - TO

Palmas - TO

2018

Andresa Oliveira Sonogo

ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CONTIDAS EM UM TRECHO DO  
PAVIMENTO DA AVENIDA L0 25 EM PALMAS - TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Palmas - TO

2018

Andresa Oliveira Sonego

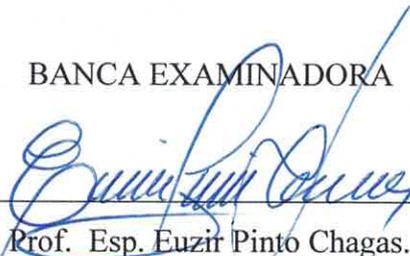
ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CONTIDAS EM UM TRECHO DO  
PAVIMENTO DA AVENIDA L0 25 EM PALMAS - TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e  
apresentado como requisito parcial para a obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro  
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Esp. Euzir Pinto Chagas.

Aprovado em: 16 / 11 / 2018

BANCA EXAMINADORA

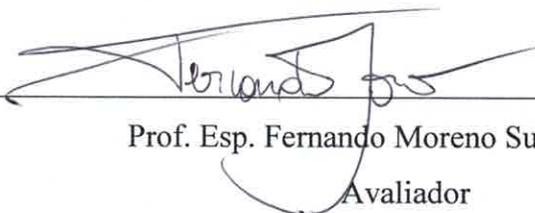


---

Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



---

Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior.

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



---

Prof. MSc. Edivaldo Alves dos Santos.

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas - TO

2018

Dedico este trabalho a Deus, pela dádiva da vida e por me proporcionar a oportunidade de cursar a faculdade que sempre almejei, e à minha mãe por me apoiar e desejar esta realização tanto quanto eu.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me propiciar saúde, vigor e fé para concluir este projeto e por me fortalecer nos muitos momentos de ansiedade e desânimo que passei durante a graduação. À minha mãe, meu exemplo, pelo amor, cuidado, incentivo e apoio incondicional nesta empreitada. Ao meu orientador, pela paciência, pelas dicas e empenho dedicado à elaboração deste trabalho. Aos meus colegas de curso, que fizeram parte da minha formação acadêmica e continuarão presentes em minha vida, pelo companheirismo, compartilhamento de ideias, auxílio e estímulo no decorrer desta jornada.

## RESUMO

SONEGO, Andresa Oliveira. **Estudo das manifestações patológicas contidas em um trecho do pavimento da Avenida LO 25 em Palmas - TO**. 2018. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas -TO, 2018.

Este trabalho apresenta um estudo das manifestações patológicas contidas em uma via pavimentada de médio fluxo da cidade de Palmas - TO com objetivo de inventariar e classificar as ocorrências aparentes e deformações permanentes nas trilhas de roda para definir o estado de deterioração da avenida estudada. Por ter localização relevante dentro do município, foi escolhido como objeto de estudo o trecho da Avenida LO 25, compreendido entre a Avenida Teotônio Segurado e a Marginal leste da Rodovia TO 050. Como base para a fundamentação das conclusões aqui apresentadas, foram abordadas referências teóricas e normativas renomadas para o estudo do caso. Os levantamentos de campo foram realizados com base no procedimento DNIT-PRO 006/2003 (em 100 estações amostrais ao longo de uma extensão de 2.000 m com estacas a cada 20 m alternadas entre as faixas de rolamento da pista) e objetivaram fazer uma inspeção visual da via, diagnosticar os problemas encontrados e definir as melhores soluções para eles. Com os dados obtidos em campo, foi possível calcular o Índice de Gravidade Individual (IGI) e o Índice de Gravidade Geral (IGG) do trecho, dados que direcionaram o estudo à classificação do nível de deterioração do pavimento. Os resultados indicaram que o trecho está com um estado de conservação ruim, contudo, levando-se em consideração os 22 anos desde a sua construção e a vida útil de projeto de 10 anos, o pavimento resistiu satisfatoriamente, principalmente por nunca ter sofrido intervenção.

Palavras-chave: Inventário. Levantamento. Manifestações patológicas. Pavimento

## **ABSTRACT**

This work presents a study of the pathological manifestations contained in a medium - flow paved road of the city of Palmas - TO, aiming to inventory and classify the apparent occurrences and permanent deformations in the wheel tracks to define the state of deterioration of the studied avenue. Due to its relevant location within the municipality, the section of LO 25 Avenue, comprised between Teotônio Segurado Avenue and the Marginal East of the TO 050 Highway, was chosen as the object of study. Theoretical references and renowned norms were addressed for the study of the case as basis for the conclusions presented here. Field surveys were carried out based on procedure DNIT-PRO 006/2003 (in 100 sample stations along a 2,000 m extension with stakes every 20 m alternating between the runway lanes) and it aimed to make a visual inspection diagnosing the problems encountered and defining the best solutions for them. With the data obtained in the field, it was possible to calculate the Individual Gravity Index (IGI) and the General Gravity Index (IGG) of the section, data that directed the study to the classification of the deterioration level of the pavement. The results indicate that the stretch has a poor conservation status, however, taking into account the 22 years since its construction and the project life of 10 years, the pavement resisted satisfactorily, mainly because it has never undergone any intervention.

Keywords: Inventory. Survey. Pathological manifestations. Floor.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de esforços .....	17
Figura 2 - Sistema de várias camadas.....	18
Figura 3 - Trinca isolada transversal .....	23
Figura 4 - Trinca isolada longitudinal .....	24
Figura 5 - Trinca interligada tipo couro de jacaré .....	24
Figura 6 - Trinca tipo bloco.....	25
Figura 7 - Afundamento local.....	26
Figura 8 - Afundamento da trilha de roda. ....	26
Figura 9 - Ondulações ou corrugações .....	27
Figura 10 - Escorregamento .....	27
Figura 11 - Exsudação .....	28
Figura 12 - Desgaste .....	28
Figura 13 - Panela ou buraco.....	29
Figura 14 – Remendos aliados a desgaste. ....	29
Figura 15 - Trecho da Avenida LO 25 explorado .....	37
Figura 16 – Exemplo da delimitação das estações. ....	40
Figura 17 - Delimitação da área de análise (6m x largura da faixa analisada).....	40
Figura 18 - Perfil para avenidas e rotatórias.....	42
Figura 19 - Perfil para arruamento das quadras.....	42
Figura 20 – Estação 35 apresenta defeitos no revestimento asfáltico dos tipos: panela, remendo e desgaste, além disso há ausência de meio fio. ....	43
Figura 21 - Estação 22 apresenta defeitos no revestimento asfáltico dos tipos: remendo e desgaste, além disso o meio fio está deteriorado.....	44
Figura 22 – Trecho da estação 10 que apresenta desgaste, panelas e trincas tipo couro de jacaré. ....	44
Figura 23 – Gráfico comparativo entre os defeitos mais recorrentes constatados no trecho analisado. ....	48
Figura 24 – Gráfico diagrama unifilar de defeitos localizados por estação. ....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de planilha de cálculo do IGG .....	33
Tabela 2 - Trecho da planilha onde foram anotados os defeitos inventariados durante o levantamento.....	45

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo dos defeitos .....	31
Quadro 2 - Planilha de cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG) do trecho .....	46
Quadro 3 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG. ....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CA	Concreto asfáltico
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EAP	Emulsão Asfáltica
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
NBR	Normas Brasileiras
ONSV	Observatório Nacional de Segurança Viária
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
TSD	Tratamento Superficial Duplo
CS	Capa Selante

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\alpha$	Ângulo
$\wedge$	Exponenciação
m	Metro
mm	Milímetro
$\sigma_z$	Pressão
q	Pressão de contato
z	Profundidade

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>1.1 PROBLEMA DE PESQUISA</b>	<b>14</b>
<b>1.2 OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.2.3 justificativa	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>16</b>
<b>2.1 PAVIMENTO</b>	<b>16</b>
2.2.1 Definição	16
2.2.2 Classificação dos pavimentos	16
2.2.3 Distribuição de tensões do pavimento flexível	17
2.2.4 Camadas do pavimento flexível	18
<b>2.3 PATOLOGIA</b>	<b>22</b>
2.3.1 Definição	22
<b>2.4 PATOLOGIA NO PAVIMENTO</b>	<b>23</b>
2.4.1 Definição	23
2.4.2 Tipos de defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semirrígidos	23
2.4.3 Simbologia e classificação dos defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semirrígidos	30
<b>2.5 AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMIRRÍGIDOS</b>	<b>32</b>
<b>2.6 TÉCNICAS DE REPARAÇÃO DE DEFEITOS NO PAVIMENTO</b>	<b>34</b>
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>36</b>
<b>3.1 DESENHO DE ESTUDO</b>	<b>36</b>
<b>3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA</b>	<b>36</b>
<b>3.3 OBJETO DE ESTUDO</b>	<b>37</b>
<b>3.4 MÉTODO DE LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS</b>	<b>37</b>
3.4.1 Aparelhagem necessária	37
3.4.2 Diagnostico das manifestações patologias contidas na via	38
3.4.3 Realização da avaliação objetiva da superfície do pavimento	38
3.4.4 Diagnostico das possíveis causas das manifestações patológicas contidas na via	39

3.4.5 Sugestão de intervenções para sanar o problema -----	40
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO -----</b>	<b>41</b>
<b>6 CONCLUSÃO -----</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS -----</b>	<b>50</b>
<b>APÊNDICE A -----</b>	<b>52</b>

# **1 INTRODUÇÃO**

O pavimento é uma estrutura formada por camadas destinadas dissipar esforços provenientes do tráfego de veículos e suas cargas móveis, além de proporcionar conforto e segurança ao usuário durante o deslocamento por meio de sua plataforma de rolamento lisa. A deterioração desse elemento pode ocorrer por falhas estruturais, falta de manutenção em tempo hábil, degradação temporal, falhas nos projetos de terraplenagem e drenagem e muitas outras causas.

Um bom estado de conservação da superfície do pavimento (camada de revestimento) é fator primordial para garantir a trafegabilidade de maneira a atender as finalidades à qual ela se destina, tendo em vista que possíveis defeitos nela contidos podem causar sérios transtornos aos usuários, como por exemplo acidentes de trânsito.

Esta pesquisa almeja diagnosticar os problemas mais recorrentes que afetam a camada de revestimento do pavimento rodoviário de um trecho da Av. LO 25 (compreendido entre a marginal leste da rodovia TO 050 e a Av. Teotônio Segurado) da cidade de Palmas e suas soluções. Com isso, busca-se sugerir intervenções adequadas para extinguir estes problemas existentes e evitar que outros novos ocorram, munindo o poder público de informações para que possa tomar ciência do real estado da via e buscar oferecer à sociedade mais conforto e segurança ao transitar pela via.

## **1.1 PROBLEMA DE PESQUISA**

Quais as soluções mais adequadas para reparar os defeitos contidos no pavimento de um trecho da Av. LO 25 (entre a marginal leste da rodovia TO 050 e a Av. Teotônio Segurado) localizada em de Palmas – TO?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Identificar os defeitos contidos em um trecho do pavimento da Av. LO 25 (entre a marginal leste da rodovia TO 050 e a Av. Teotônio Segurado) da cidade de Palmas e suas respectivas correções.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- ✓ Avaliar e classificar o estado do pavimento do trecho objeto de estudo;
- ✓ Diagnosticar as manifestações patológicas contidas no trecho verificado;
- ✓ Identificar as possíveis causas das manifestações patológicas contidas no trecho analisado;
- ✓ Sugerir intervenções para extinguir esses defeitos.

### **1.2.3 Justificativa**

A Constituição Federal Brasileira (1988) assegura a todo cidadão os direitos à segurança e ao transporte. Diante disso, a sociedade, que contribui diretamente para a efetivação desses direitos, espera do Poder Público investimento adequado na construção e manutenção de vias urbanas pavimentadas de qualidade a fim de melhor se locomover nos locais onde vive.

Diariamente muitos ônibus lotados de passageiros circulam pelo trecho analisado, tendo em vista que é itinerário para a única rodoviária local. Os prejuízos em decorrência dos danos na via, que apresenta notório estado de deterioração, são o desconforto e o atraso da viagem desses indivíduos devido ao fato de que há a necessidade de redução considerável da velocidade do veículo e também às trepidações provocadas pelas patologias.

Apesar de o índice de acidentes de trânsito provocados por defeitos nas vias ser baixo no Brasil, apenas 5% conforme o Observatório Nacional de Segurança Viária (2015), é imprescindível que elas estejam em perfeito estado de conservação a fim de evitar tais situações, além de otimizar e agilizar a chegada dos agentes de segurança pública a locais de crise e o deslocamento de ambulâncias, os quais exigem rapidez além do convencional.

Encontrar a solução mais adequada para os defeitos do pavimento pode impactar positivamente na vida dos usuários, desde que o poder público, ciente do fato, prontifique-se a providenciar as devidas intervenções na via em tela.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 PAVIMENTO**

#### **2.2.1 Definição**

Senço (1997) descreve que o pavimento é a estrutura constituída sobre a terraplenagem, a qual receberá os esforços verticais provenientes da movimentação de veículos. Sua estrutura objetiva resistir a tais esforços, como também a melhorar as condições de rolamento, conforto e segurança, além de resistir aos esforços horizontais (desgastes), tornando mais durável a superfície de rolamento. É considerado um sistema de várias camadas com espessuras finitas que se assentam sobre um semiespaço infinito que exerce a função de fundação da estrutura, isto é, do subleito.

#### **2.2.2 Classificação dos pavimentos**

O pavimento rodoviário pode ser classificado como rígido, flexível ou semirrígido. Sua estrutura é formada por várias camadas, o que torna difícil impor apenas uma classificação que represente toda a estrutura. Desse modo, é possível que haja um pavimento rodoviário com uma classificação mista, por exemplo, quando ele for constituído de uma camada de revestimento de concreto asfáltico, que é flexível, assentado em uma base de solo cimento, que é rígida.

- **Pavimento Rígido**

Conforme o Manual de pavimentação do Dnit (2006), 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.

- **Pavimento Flexível**

Segundo o Manual de pavimentação do Dnit (2006), 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 pedreguloso, revestida por uma camada asfáltica.

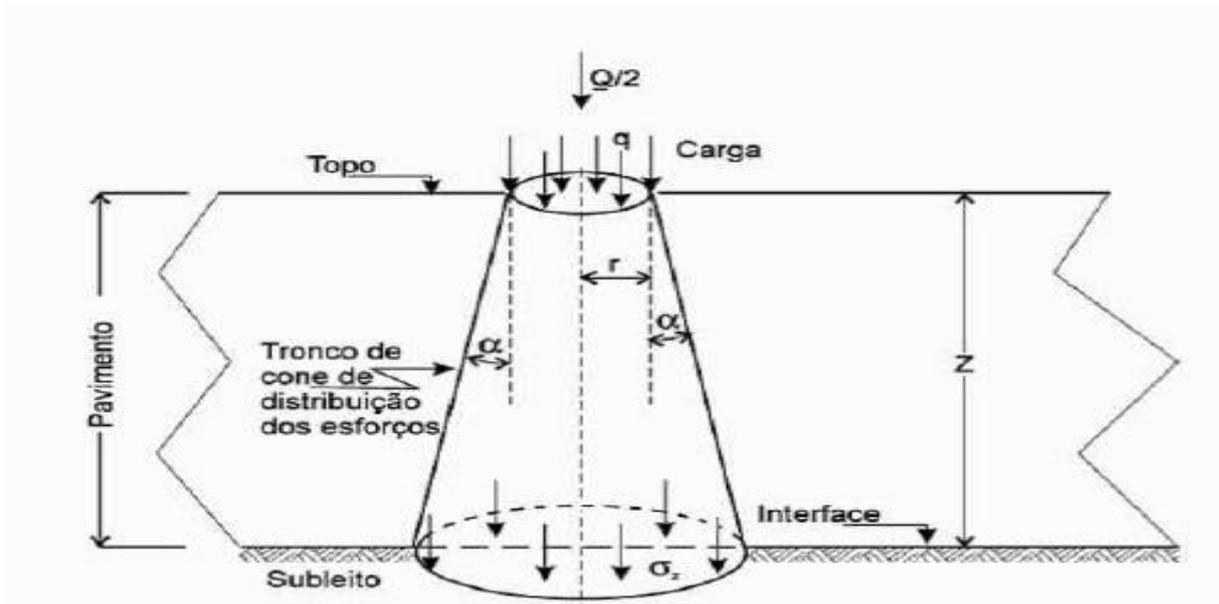
- Pavimento Semirrígido

O Manual de pavimentação do Dnit (2006) afirma que o pavimento semirrígido caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

### 2.2.3 Distribuição de tensões no pavimento flexível

Senço (1977) afirma que a fim de entender melhor as nomenclaturas das camadas que compõem um pavimento, é necessário observar que a distribuição dos esforços por meio dele terá de ocorrer de tal modo que as tensões que atuam na face entre o subleito e o pavimento sejam comportáveis à capacidade de carga dessa fundação. A figura abaixo apresenta a dissipação de tensões conforme um ângulo  $\alpha$ , de modo que a pressão de contato “q” pode ser considerada a pressão aplicada a uma profundidade  $z = 0$ . A partir daí, as pressões estão referidas às profundidades crescentes, chegando à interface entre o pavimento e o subleito, na profundidade  $z$ , com uma pressão  $\sigma_z$ .

Figura 1 - Distribuição de esforços no pavimento flexível.

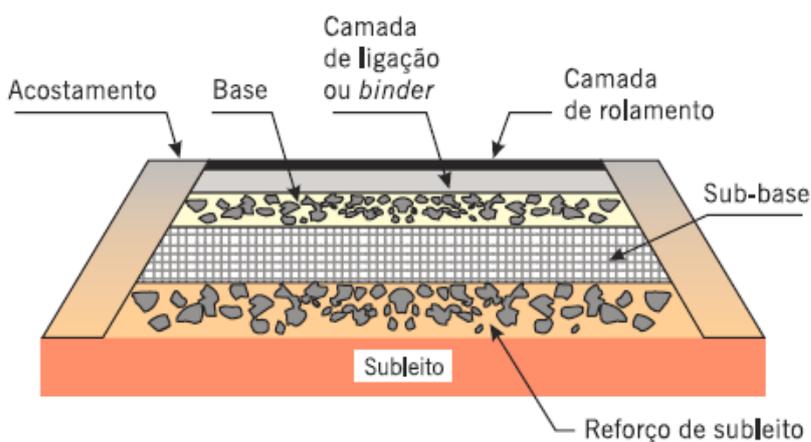


Fonte: Senço (1997).

## 2.2.4 Camadas do pavimento flexível

O pavimento flexível possui seção transversal composta por camadas – como o subleito (fundação), regularização, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento – de espessuras e materiais escolhidos com base em um dos vários métodos de dimensionamentos existentes na literatura.

Figura 2 - Sistema de várias camadas



Fonte: BERNUCCI *et al* (2008).

- Subleito

Segundo Senço (1977), subleito é o espaço de fundação do pavimento. Ele é executado após a terraplenagem e terá de exibir as características geométricas permanentes. A exemplo de uma estrada de terra em operação há certo tempo e que se deseja pavimentar, o subleito manifesta superfície desnivelada em decorrência do próprio uso e dos serviços de manutenção.

Conforme Senço (1977), o subleito, considerado um semiespaço infinito, caracteriza-se por ser a camada mais adjacente da superfície, pois à medida que as pressões provocadas pelas cargas móveis dos veículos se aprofundam no solo, essas tensões se tornam tão reduzidas a ponto de se tornarem insignificantes. Sua resistência varia de acordo com o método de dimensionamento de pavimentos utilizado.

- Regularização

Conforme Senço (1977), a regularização é uma camada que possui espessura inconstante, aplicada sobre a fundação e que visa dar forma, de acordo com o projeto, ao subleito. Ela terá de ser executada, preferencialmente em aterro, evitando: execuções de cortes

difíceis no material da superfície compactada, durante anos geralmente, pela movimentação de veículos; substituição de uma camada já compactada espontaneamente por outra ainda não compactada; a utilização desnecessária do equipamento de escarificação, atuando em uma camada consistente.

Senço (1969) esclarece que a execução da regularização, também intitulada de preparo do subleito, é paga por metro quadrado devido às dificuldades de medição dos volumes movimentados, além do fato de estes serem comumente volumes pequenos. A regularização terá de impor à superfície o aspecto geométrico do pavimento finalizado, fixando sua inclinação transversal. Nos trechos em tangente, rampas antagônicas com 2% de inclinação – 3 a 4%, em locais de precipitação elevada.

- Reforço Subleito

Senço (1977) explica que o reforço do subleito é uma camada de espessura contínua, sobreposta, quando pertinente, à regularização, com características tecnológicas nobres em relação às da regularização e inferiores às da camada de sub-base. Em função da nomenclatura de reforço do subleito, essa camada é, por vezes, atrelada à fundação. Contudo, essa ligação é simplesmente formal, pois o reforço do subleito é parte integrante de modo específico do pavimento e apresenta atribuições de complementar a sub-base que, por sua vez, tem funções de colaborar com a base. Desse modo, o reforço do subleito também suporta e dissipa forças verticais, não possuindo características de absorver permanentemente essas tensões, prerrogativa esta típica do subleito.

- Sub-base

Senço (1977) diz que a sub-base é a camada suplementar à base, no momento em que, pelo contexto econômico e técnico, for inviável assentar a base imediatamente sobre a regularização ou reforço do subleito. Conforme a regra geral – exceto os pavimentos de estrutura invertida – o material componente da sub-base terá de apresentar propriedades tecnológicas melhores que as do reforço; no que concerne ao material da base, terá de ser de qualidade superior à do material da sub-base.

- Base

É a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los. Na verdade, o pavimento pode ser considerado composto de base e revestimento, sendo que a base poderá ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço do subleito. (SENÇO, 1997, p. 20).

- Revestimento

Senço (1977) explica que a camada de revestimento, também intitulada de capa de rolamento ou, somente, capa, é a camada, sempre que possível, impérvia, que recebe imediatamente a ação da circulação das cargas, e destina-se a melhorar a superfície de rolamento no que tange às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste, ou seja, aumentando a durabilidade da estrutura. No dimensionamento dos pavimentos, serão fixadas as camadas que devem ser construídas, sendo lógico que subleitos de boa qualidade exigem pavimentos menos espessos e, em consequência, poderão dispensar a construção de camadas como reforço ou sub-base. Nos métodos de dimensionamento, a capa de rolamento tem espessura escolhida, seja em decorrência de critérios próprios ou mesmo do tráfego previsto. Para vias simples – duas faixas de tráfego e mãos duplas de direção – espessuras de 3 a 5 cm são usuais. Para autoestradas, têm-se revestimentos mais espessos, entre 7,5 e 10 cm.

Bernucci *et al.* (2008) salienta que o revestimento é a camada que objetiva receber a os esforços provocados por veículos e pela a ação climática. Logo, essa camada terá de ser o mais impermeável possível, além de resistente aos esforços de contato pneu-pavimento em movimento, que variam de acordo com a carga e a velocidade dos veículos. Nos pavimentos brasileiros dominantes usa-se como capa de rolamento uma mistura de agregados minerais, de variadas granulometrias, que podem ainda variar em relação à fonte, com ligantes asfálticos que, bem proporcionados e processados, assegurem ao serviço realizado os requisitos de impenetrabilidade, flexibilidade, continuidade, durabilidade, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, conforme o clima e a movimentação prevista para o local, e resistência à derrapagem

Ainda segundo Bernucci *et al.* (2008) esclarece que as condições técnicas e de qualidade de um pavimento asfáltico serão atendidas com um projeto apropriado da estrutura do pavimento e com o projeto de dosagem da mistura asfáltica comportável com as demais camadas adotadas. Essa dosagem passa pela devida escolha de materiais dentro dos requisitos necessários, proporcionados de maneira a suportarem as solicitações prenunciadas da movimentação de veículos e do ambiente. Em casos mais corriqueiros, até um certo volume de tráfego, a capa de rolamento asfáltica de um pavimento novo consiste de apenas uma camada de mistura asfáltica.

De acordo com Bernucci *et al.* (2008), o material de revestimento pode ser constituído em usina própria (misturas usinadas), móvel ou fixa, ou até mesmo pode ser feito na devida pista (tratamentos superficiais). Os revestimentos são também identificados quanto ao tipo de

ligante: a frio com o uso de Emulsão asfáltica de petróleo, EAP, ou a quente com o uso de Cimentos Asfálticos de Petróleo – CAP.

Bernucci *et al.* (2008) relata que em casos de recomposição da capacidade estrutural ou operacional, fora os tipos mencionados, pode-se também usar outros tipos de misturas asfálticas que se executam em usinas móveis especiais. Essas usinas promovem a mistura agregados-ligante, diretamente antes da aplicação no pavimento. As misturas podem ser dissociadas em outras novas relativamente fluidas (lama asfáltica e microrrevestimento) e misturas reutilizadas com uso de fresadoras-recicladoras. Todas essas misturas possuem condições próprias de dosagem e obedecem a determinado fim, estando associadas a espessuras dimensionadas em relação ao tráfego e à qualidade dos materiais contidos nas demais camadas. Em seguida serão mencionados alguns tipos de revestimentos:

- Revestimentos flexíveis

Nos revestimentos betuminosos, como o nome indica, o aglutinante utilizado é o betume, seja asfalto, seja alcatrão. Tem merecido a preferência dos projetistas e dos construtores, muito embora deva ser considerado boa norma administrativa e técnica, o uso do concreto de cimento, deixando alternativa válida para que as decisões não se restrinjam a um tipo único de pavimento.

- Concreto asfáltico (CA) ou concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)

É o mais distinto dos revestimentos flexíveis. É composto pela mistura de agregados, satisfazendo rigorosas especificações, e betume regularmente dosado. A mistura é feita em usina, com severo controle de granulometria, teor de betume, temperaturas do agregado e do betume, aplicação, transporte e compressão, sendo mesmo o serviço de mais acurado controle dos que compõem as etapas da pavimentação. Por isso, o concreto asfáltico — concreto betuminoso, quando o ligante é o asfalto — tem sido preferido para revestimentos das autoestradas e das vias expressas.

- Pré-misturado a quente

É também uma mistura, obtida em usina, de agregado e asfalto ou alcatrão. No entanto, as especificações quanto ao pré-misturado a quente são menos rigorosas do que as do concreto betuminoso, quer quanto à granulometria, quer quanto à estabilidade, ou quanto ao índice de vazios. No pré-misturado a quente, o agregado é aquecido até uma temperatura próxima da temperatura do betume — como no concreto betuminoso, justificando o nome dado ao produto. A expressão "a quente", assim, refere-se a uma exigência quanto ao agregado.

- Pré-misturado a frio

Pode ser definido como a mistura de agregado e asfalto ou alcatrão, em que o agregado é empregado sem prévio aquecimento, ou seja, à temperatura ambiente. É um produto menos nobre que o pré-misturado a quente e o concreto betuminoso.

- Tratamentos superficiais

Consistem na aplicação de uma ou mais camadas de agregado ligadas por pinturas betuminosas. Quando a pintura correspondente a uma camada de agregado é aplicada sobre essa camada, diz-se que o tratamento superficial é de penetração direta. Quando a pintura correspondente a uma camada de agregado é aplicada sob essa camada, diz-se que o tratamento superficial é de penetração invertida. Em ambos os casos, os tratamentos superficiais podem ser:

- a. simples: uma camada de agregado e uma pintura de betume;
- b. duplo: duas camadas de agregado e duas pinturas de betume;
- c. triplo: três camadas de agregado e três pinturas de betume. É o mais utilizado para pavimentação;
- d. quádruplo: quatro camadas de agregado e quatro pinturas de betume.

## 2.3 PATOLOGIA

### 2.3.1 Definição

A palavra patologia deriva do grego – *pathos*: doença; e *logia*: ciência – significando literalmente “estudo da doença”. No ramo da engenharia civil, associa-se essa palavra aos estudos dos danos contidos em quaisquer estruturas ou edificações.

“Desvio em relação ao que é adequado ou considerado o estado normal de algo”. (HOUAISS, 2011, p.706).

## 2.4 PATOLOGIA NO PAVIMENTO

### 2.4.1 Definição

Estudo dos defeitos contidos no pavimento.

#### 2.4.2 Tipos de defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semirrígidos

- Fenda

De acordo com o Dnit (2003a), fenda é qualquer ruptura no revestimento da estrutura que leve a ranhuras de maior ou menor grau, apresentando-se de variadas formas, ela pode se apresentar como fissura ou trinca de acordo com o exposto a frente.

- Fissura

O Dnit (2003a) explica que a fissura é um tipo de abertura muito estreita contida no revestimento, apenas visível a olho nu a uma distância menor que 1,50 m. Observação: as fissuras, brechas principiantes, até então não provocam danos operacionais ao revestimento, de modo que não são avaliadas no que se refere à magnitude pelos métodos modernos de análises das condições do revestimento do pavimento.

- Trinca

Conforme o Dnit (2003a), trinca é uma fenda que se apresenta no revestimento do pavimento, simplesmente visível a olho nu, com abertura maior que a da fissura e que pode manifestar-se com aspecto de trinca isolada ou trinca interligada.

Nas trincas isoladas são encontrados os seguintes tipos de trincas:

- Trinca transversal

O Dnit (2003a) afirma que a trinca isolada exibe direção prevalente ortogonal ao eixo da trajetória. Na ocasião em que ela tiver dimensão menor ou igual 100 cm é intitulada trinca transversal curta. Ao passo que seu prolongamento for maior que 100 cm chama-se trinca transversal longa.

Figura 3 - Trinca isolada transversal

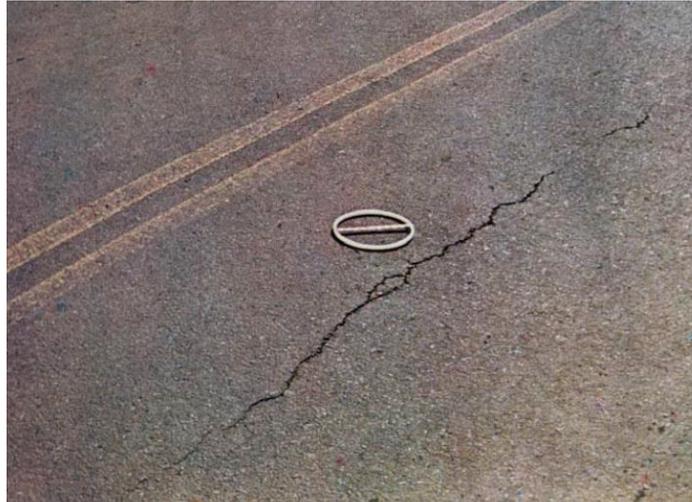


Fonte: DNIT (2003a).

- Trinca longitudinal

Segundo o Dnit (2003a), trinca isolada é aquela que exibe direção prevalente análoga à do eixo da via. Na ocasião em que exibir prolongamento menor ou igual a 100 cm, é intitulada trinca longitudinal curta. Ao passo que a dimensão for maior que 100 cm, chama-se trinca longitudinal longa.

Figura 4 - Trinca isolada longitudinal



Fonte: DNIT (2003a).

- Trinca de retração

O Dnit (2003a) diz que trinca isolada não está relacionada aos eventos de fadiga, mas sim aos de retração térmica ou do material da superfície pavimentada ou do material de base rígida ou semirrígida contidos abaixo da superfície trincada.

Dentre trincas interligadas são encontrados os seguintes tipos de trincas:

- Tipo “Couro de Jacaré”

De acordo com o Dnit (2003a), este é um grupo de trincas articuladas sem direções primazes que lembram a aparência de couro de jacaré. Elas exibem, ou não, erosão marcante nas extremidades.

Figura 5 - Trinca interligada tipo couro de jacaré



Fonte: Autoria própria (2018).

- Tipo “Bloco”

Segundo o Dnit (2003a), é um grupo de trincas articuladas representadas pela forma de blocos, constituídos de lados marcantes, que podem, ou não, exibir erosão considerável nas extremidades.

Figura 6 - Trinca tipo bloco



Fonte: DNIT (2003a).

- Afundamento

O DNIT (2003a) afirma que afundamento é um defeito perene determinado por depressão no revestimento do pavimento, aliado, ou não, a solevamento, exibindo-se com o aspecto de afundamento plástico ou de consolidação.

- Afundamento plástico

Conforme o Dnit (2003a), afundamento ocasionado pela fluência plástica de uma ou mais camadas da estrutura pavimentada ou de sua fundação, aliado ao sollevamento. Quando acontece em dimensão de até 6 m é intitulado afundamento plástico local; sempre que o prolongamento for maior que 6 m e for identificado no decurso da trilha de roda é intitulado afundamento plástico da trilha de roda.

Figura 7 - Afundamento local



Fonte: DNIT (2003a).

Figura 8 - Afundamento da trilha de roda.



Fonte: DNIT, 2003a.

- Afundamento de consolidação

O Dnit (2003a) diz que afundamento de consolidação é ocasionado pela estabilização diferencial de uma ou mais camadas da estrutura pavimentada ou fundação sem estar junto de sollevamento. Em ocasião que ocorre prolongamento de até 6 m, intitula-se afundamento de

consolidação local; noutra em que o prolongamento for acima de 6m e for identificado no decurso da trilha de roda é intitulado afundamento de consolidação da trilha de roda.

- Ondulação ou Corrugação

Conforme o Dnit (2003a), ondulação é um defeito identificado mediante ondulações ou corrugações transversais contidas no revestimento do pavimento.

Figura 9 - Ondulações ou corrugações



Fonte: DNIT, 2003a.

- Escorregamento

O Dnit (2003a) diz que escorregamento é uma alteração do posicionamento do revestimento quanto à camada inferior da estrutura pavimentada, com surgimento de aberturas em formato de meia-lua.

Figura 10 - Escorregamento



Fonte: DNIT, 2003a.

- Exsudação

O Dnit (2003a) explica que exsudação ocorre pelo exagero de ligante composto por betume na superfície pavimentada, ocasionado pelo deslocamento do ligante por meio do revestimento.

Figura 11 - Exsudação



Fonte: DNIT, 2003a.

- Desgaste

Segundo o Dnit (2003a), o desgaste é resultado do arrancamento evolutivo do agregado da estrutura pavimentada, identificado por aspereza da superfície da capa de rolamento e ocasionado por cargas tangenciais provocados pelo tráfego.

Figura 12 – Desgaste



Fonte: Autoria própria (2018).

- Buraco ou Panela

O DNIT (2003a) afirma que panela é o buraco formado no revestimento devido a variados fatores (inclusive pela ausência de coesão entre camadas sobrepostas, gerando o deslocamento destas), que podem atingir as camadas subjacentes do pavimento, levando à desagregação dessas camadas.

Figura 13 - Panela ou buraco

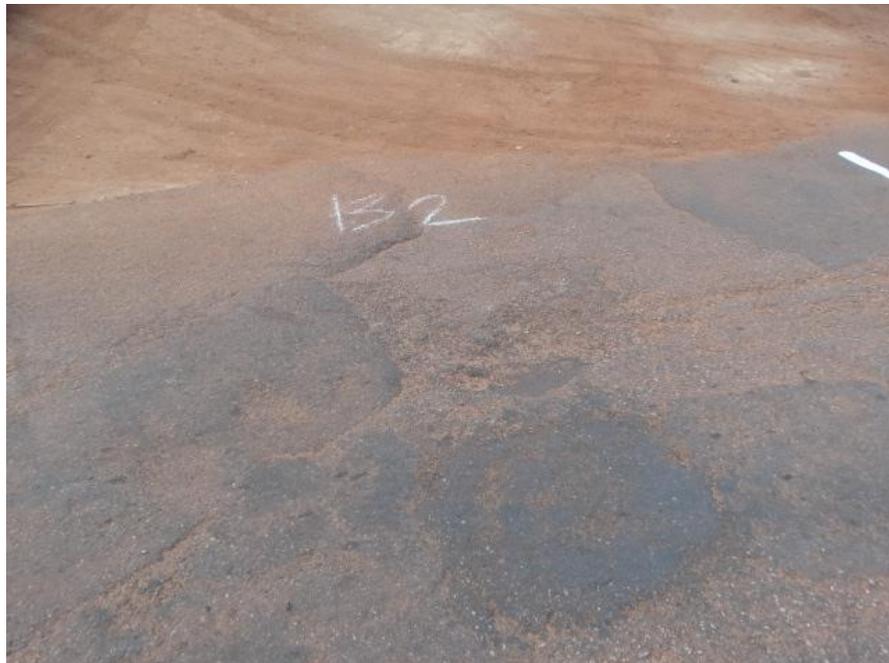


Fonte: DNIT, 2003a.

- Remendo

Conforme o Dnit (2003a), remendo é um buraco repleto de uma ou mais camadas de pavimento em operação intitulada de “tapa-buraco”.

Figura 14 – Remendos aliados a desgaste.



Fonte: Aatoria própria (2018).

- Remendo profundo

De acordo com o Dnit (2003a), ocorre quando é feita a troca da capa de rolamento e, possivelmente, de uma ou mais camadas subjacentes do pavimento. Comumente, apresenta aspecto retangular.

- Remendo superficial

Segundo o Dnit (2003a), ocorre quando é feita a reparação, em área localizada, da capa de rolamento, pela colocação de uma camada de betume.

### **2.4.3 Simbologia e classificação dos defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semirrígidos**

São catalogadas no seguinte anexo as trincas e a simbologia utilizada para todas as deformações definidas na NBR 005/2003a do DNIT.

Classes das trincas isoladas:

FC-1: trincas contendo brechas maiores que as das fissuras e inferiores a 1,0mm.

FC-2: trincas contendo brechas maiores que 1,0 mm e sem erosão nas extremidades.

FC-3: trincas contendo brechas maiores que 1,0 mm e com erosão nas extremidades.

Classe das trincas conectadas:

As trincas interligadas são definidas como FC-2 e FC-3 se exibirem ou não erosão nas extremidades.

Quadro 1- Resumo dos defeitos

**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		
"Painelas" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P		
Remendos				Remendo Superficial		RS	
				Remendo Profundo		RP	

Fonte: Dnit (2003a)

## 2.5 AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMIRRÍGIDOS

O Dnit (2003b) explica que este método leva em consideração a contagem e a definição de ocorrências aparentes, além da medida dos defeitos perenes nas trilhas de roda. De acordo com diversos autores, o estado da superfície de um pavimento asfáltico terá de ser observado, analisadas suas deformações e causas, e conferindo a ele índices numéricos que definam sua condição como um todo. O Dnit determina um processo de levantamento sistemático de deformações e funções do Índice de Gravidade Global (IGG), que poderá ser utilizado em projetos de reforço. É por meio desse índice que se chega ao conceito de degradação do pavimento. Geralmente, o levantamento das deformações e a determinação do IGG antecedem a investigação estrutural a fim de melhor respaldá-la.

Segundo explica Bernucci *et al.* (2008), o levantamento das deformações demanda o uso de planilhas para anotações das ocorrências, materiais para marcação de estacas e áreas da investigação, e treliça metálica para dimensionamento do afundamento nas trilhas de roda das áreas observadas. O IGG não é calculado para a área total da pista, e sim de maneira amostral para certas estações com área e afastamento entre elas definidos pela norma 06/2003 do DNIT.

Bernucci *et al.* (2008) elucida que as estações são registradas nas vias de pista simples a cada 20 m, intermitentes entre faixas, assim sendo, em cada faixa a cada 40 m; nas rodovias de pista dupla, a cada 20 m, na faixa de maior solicitação pela movimentação de veículos, em cada uma das pistas

De acordo com Bernucci *et al.* (2008), a superfície de análise equivale a 3m antes e 3m depois de cada uma das estacas delimitadas, gerando em cada estação uma área igual a 6m de extensão e largura análoga à da pista a ser analisada. Faz-se a anotação em uma planilha (tabela 7) dos defeitos existentes na área marcada usando a simbologia, designação e codificação das deformações mostradas na norma DNIT 05/2003. Nota-se que este método não se preocupa com a área atingida pelo defeito, e sim com sua ocorrência ou não.

Bernucci *et al.* (2008) relata que os afundamentos nas trilhas de roda externa e interna terão de ser medidos com o auxílio da treliça metálica e registrados na planilha na coluna relativa à estação na qual foi feita apenas uma medição em cada trilha. Terão de ser registrados os afundamentos nas trilhas externa e na interna, e anotada a existência de escorregamentos e afundamentos por consolidação. De posse dos dados obtidos, é necessário partir para uma

análise preliminar de maneira a dividir a via em seções que tenham as mesmas características ou defeitos.

De acordo com o Dnit (2003b), o procedimento contabiliza as frequências absolutas  $fa$  de cada um dos tipos de defeitos contidos na norma 05/2003 do DNIT (somatório da quantidade de estações que apresentam aquele tipo de defeito) e uma frequência  $fr$ , relativa ao conjunto das estações de um dado segmento; ou seja, é a frequência absoluta vezes a porcentagem de estações nas quais ocorre este tipo de deformação, sendo que 100% equivale ao total de estações de uma dada seção.

O Dnit (2003b) estabelece um fator de ponderação prefixado para cada natureza de defeito, ou seja, confere a gravidade daquele tipo de defeito sobre os demais. Na figura 19 são apresentados estes fatores, que devem ser utilizados para o cálculo do Índice de Gravidade Individual – IGI - expresso por:

$$IGI = fr \times fp \quad (1)$$

Onde:

IGI = índice de gravidade individual de cada tipo de defeito;

$fr$  = frequência relativa;

$fp$  = fator de ponderação. (DNIT, 2003, p. 5).

Tabela 1 - Exemplo de planilha de cálculo do IGG

Tipo	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	(FCI) F, TTC, TTL, TLC, TLL, TRE	3	30,0%	0,2	6,00
2	(FCII) J, TB	2	20,0%	0,5	10,00
3	(FCIII) JE, TBE	3	30,0%	0,8	24,00
4	ALP, ATP	3	30,0%	0,9	27,00
5	O, P, E	0	0,0%	1,0	0,00
6	Ex	0	0,0%	0,5	0,00
7	D	5	50,0%	0,3	15,00
8	R	0	0,0%	0,6	0,00
9	F = (TRI + TRE)/2 em mm	TRI = 0,2	TRE = 1,0	F = 0,6	0,15
10	FV = (TRiv + TREv)/2	TRiv = 0,18	TREv = 1,33	FV = 0,76	0,76
Número de estações inventariadas		10	IGI = (F x 4/3) quando F ≤ 30		IGI = FV quando FV ≤ 50
Índice de gravidade global		83	IGI = 40 quando F > 30		IGI = 50 quando FV > 50

Fonte: BERNUCCI *et al.* (2008).

O Dnit (2003b) diz que o IGG reflete as condições operacionais da situação superficial dos pavimentos, a designação de um termo objetiva diferenciar os casos, dividindo-os em classes, porém o termo não deverá substituir a referência ao valor calculado, tendo em vista que segmentos de mesma denominação podem ter valores variados de IGG, e logo, condições diferentes a serem consideradas no projeto de reparação. O IGG é calculado pela seguinte fórmula:

$$IGG = \sum IGI \quad (2)$$

Onde:

$\sum IGI$  é o somatório dos Índices de Gravidade Individuais.

O IGG deve ser calculado para cada segmento idêntico. (DNIT, 2003, p. 5).

## 2.6 TÉCNICAS DE REPARAÇÃO DE DEFEITOS NO PAVIMENTO

Para conter e reparar pontualmente os defeitos no pavimento supracitados que atrapalham o tráfego e causam prejuízos aos usuários, foram desenvolvidas as técnicas a seguir:

- Panela/Buraco

Panelas podem ser corrigidas por remendos bem executados. De acordo como Dnit (2006) a confecção dos remendos deve ser composta pelas seguintes etapas: regularização da degradação (delimitação geométrica da panela); impermeabilização (imprimação) das camadas granulares atingidas; espalhamento, conformação e compactação do material de enchimento e selagem superficial (quando o material de enchimento apresentar índices de vazios elevados). Eles podem ser superficiais ou profundos.

- Remendo superficial ou tapa-buraco: consiste em reparar degradações localizadas (panelas, depressões secundárias, etc.) no revestimento, de modo a se evitar maiores danos ao pavimento e se obter uma superfície de rolamento segura e confortável.

- Remendo profundo: consiste em operações corretivas localizadas de porte um pouco maior, podendo incluir a remoção de frações de camadas granulares subjacentes. Nestes casos, deverá ser feita a substituição dos materiais de características e suporte deficientes por outros, com propriedades adequadas, concluindo com a reparação do revestimento com misturas asfálticas.

- Remendo

Se por um lado a técnica de remendos é a mais empregada e das mais eficientes, por outro, nem sempre ela é executada de forma satisfatória, gerando problema no próprio remendo devido à má regularização de sua superfície, requerendo nova recuperação com o passar do tempo. No caso de remendos mal executados, a solução mais eficiente é remover o remendo por meio de microfresagem e executar a técnica descrita no item anterior.

- Trincas isoladas

Segundo Bernucci *et al.* (2008), o tratamento por selagem das trincas isoladas é eficiente no retardamento de sua evolução e da conseqüente necessidade de uma intervenção de

restauração de maior magnitude. O procedimento inicia-se com a abertura de trinca para limpeza e selagem, em seguida é feita a aplicação do produto selante e por fim a aplicação de cal para proteção (caso se aplique uma nova camada de revestimento asfáltico).

- Trincas interligadas

De acordo com Bernucci *et al.* 2008, uma das medidas para controle e redução de reflexão das trincas é a utilização de geotêxteis impregnados com ligante asfáltico na interface entre o revestimento antigo deteriorado e um recapeamento. Devido à presença do geotêxtil, tem-se uma taxa maior de ligante asfáltico nessa interface do que a obtida com uma pintura de ligação convencional. Isso, associado à presença do geotêxtil, faz com que ocorra um retardo na reflexão das trincas. E, quando refletidas, a reflexão é atenuada e normalmente na direção horizontal.

- Afundamento

Para o tratamento de afundamentos são sugeridas duas técnicas, a saber: o recapeamento e a fresagem. De acordo com Rocha (2010) O recapeamento é a construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o pavimento já existente, incluindo, geralmente, uma camada para corrigir o nivelamento do pavimento antigo, seguida de uma camada com espessura uniforme. Enquanto a fresagem, segundo Bernucci *et al.* 2008, é a operação de corte do revestimento asfáltico existente em um trecho para restauração da qualidade ao rolamento da superfície ou melhorar sua capacidade de suporte.

- Ondulação/Corrugação

Segundo Rocha (2010), as técnicas recomendadas para recuperar pavimentos com esse defeito também são as mesmas utilizadas na recuperação dos afundamentos: o recapeamento e a fresagem.

- Desgaste

Segundo Bernucci *et al.* 2008, a lama asfáltica tem sua aplicação principal em manutenção de pavimentos, especialmente nos revestimentos com desgaste superficial e pequeno grau de trincamento, sendo nesse caso um elemento de impermeabilização e rejuvenescimento da condição funcional do pavimento. Além dela, o concreto asfáltico também é muito eficiente quando se trata de correção de desgaste e demais defeitos funcionais que provoquem irregularidade elevada no pavimento.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 DESENHO DE ESTUDO**

Segundo o Detran (2018), a frota de veículos computados em Palmas – TO é de 180.566, o que equivale em relação à população, estimada em 286.787 habitantes conforme o IBGE (2017), a uma proporção de 1,6 habitantes por veículo. Com essa alta demanda e o aumento constante da frota de automóveis, é imprescindível para a qualidade de vida dos palmenses que as vias da cidade tenham pavimentos capazes de resistir aos esforços oriundos do tráfego e propiciar conforto e segurança durante os deslocamentos. Com base nas referências bibliográficas, foi analisado um trecho da Av. LO 25 constituído de pavimento flexível.

Esta pesquisa teve com finalidade metodológica a pesquisa aplicada, para a qual foi necessária a coleta de informações e dados do local a fim de obter resultados práticos visando à solução do problema em estudo. A forma de abordagem da pesquisa foi qualitativa, pois foram tratados o estado atual e as particularidades do pavimento instalado na via em estudo. Em relação ao objeto metodológico foi uma pesquisa descritiva, pois foram levantados dados por meio de técnicas de coleta para análise, descrição e interpretação da situação do pavimento.

O procedimento metodológico da pesquisa foi um levantamento baseado em mecanismo descrito em norma técnica de referência para determinação dos resultados das análises feitas em campo. O local de realização metodológica da pesquisa foi apenas um.

#### **3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA**

A pesquisa foi realizada como estudo de caso de uma seção importante da Avenida LO 25, localizada em Palmas – TO. Esse trecho de pista simples, contendo duas faixas de tráfego, foi escolhido devido à ocorrência demasiada de manifestações patológicas contidas no pavimento flexível ali instalado, além do elevado fluxo de veículos que circulam pela região. O segmento explorado da avenida parte da rotatória da Marginal Leste da Av. TO 0-50 e vai até a Avenida Teotônio Segurado totalizando uma extensão de 2.052,69 m e sua análise prática ocorreu no mês de agosto de 2018. A figura abaixo mostra o percurso objeto de estudo.

Figura 15 - Trecho da Avenida LO 25 explorado



Fonte: GOOGLE EARTH PRO (2018).

### 3.3 OBJETO DE ESTUDO

Essa pesquisa foi realizada com o propósito de avaliar as condições superficiais do pavimento flexível da Avenida LO 25, situada em Palmas – TO, com delimitação de aproximadamente 2.000 m, sendo que todo o procedimento foi baseado em bibliografias. O trecho em questão foi estudado a fim de se obter informações por meio de levantamentos realizados em campo que serviram de base para a tomada de decisão acerca da melhor intervenção possível para o problema. Os procedimentos realizados inicialmente para a coleta de dados foram a identificação e classificação dos defeitos a fim de identificar a condição atual da superfície do pavimento.

### 3.4 MÉTODO DE LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

#### 3.4.1 Aparelhagem necessária

A norma do DNIT 006/2013, que reza sobre a avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis realizada neste trabalho, recomenda o uso de uma treliça de alumínio, padronizada, tendo 1,20m de comprimento na base, dotada de régua móvel instalada em seu

ponto médio e que permite medir, em milímetros, as flechas da trilha de roda; contudo, devido à dificuldade de encontrar esse equipamento, foi feita uma adaptação a fim suprir sua função no levantamento. Para tanto, foi utilizada uma régua de pedreiro e a ela acoplada uma régua comum em posição perpendicular em relação à régua de pedreiro. Além disso foram utilizados equipamentos e materiais auxiliares para localização e demarcação das estações de avaliação na pista, tais como: diastímetro, giz, tinta, pincel, formulários, etc.

### **3.4.2 Diagnostico das manifestações patologias contidas na via**

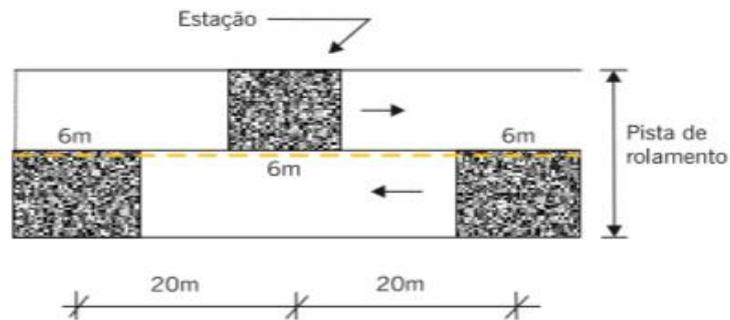
Os tipos de manifestações patológicas presentes no pavimento rodoviário flexível estão descritos no item 2.4.2. Conhecendo esses defeitos, foi possível partir para o diagnóstico das deformações contidas na via estudada. A inspeção visual e medição dos defeitos são as formas de diagnósticos que direcionaram a pesquisa à obtenção das definições e classificações dos problemas em tela.

### **3.4.3 Realização da avaliação objetiva da superfície do pavimento**

A avaliação e classificação das condições do pavimento foram feitas em conformidade com a norma DNIT 006/2003 – avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - descrita no item 2.5.1. Ela regulamenta a análise do estado de deterioração do pavimento através da contagem e classificação da ocorrências das manifestações patologias aparentes e de suas medidas permanentes na trilha de roda, atribuindo fatores de ponderação para enfatizar a gravidade de cada defeito considerado, a fim de, por meio de uma escala pré-determinada, definir o conceito de degradação do pavimento (ótimo, bom, regular, ruim ou péssimo).

A avenida foi dividida em 100 estações distando 20 m uma da outra, intercalando entre as duas faixas de tráfego, ou seja, foram marcadas 50 estacas em cada lado da pista. A distância entre as estacas do mesmo lado foi de 40 m. Em cada estação foi delimitada uma área de análise de 6 m com as dimensões correspondentes a 3 m antes e 3m depois da marcação da estação (Figura 16) pela largura da faixa de rolamento. Conforme o projeto geométrico da via (1996), a largura das faixas não é padrão ao longo da avenida em função da bifurcação para entradas e saídas das rotatórias.

Figura 16 – Exemplo da delimitação das estações.



Fonte: BERNUCCI *et al.* (2008).

Figura 17 - Delimitação da área de análise (6m x largura da faixa analisada).



Fonte: SCHMIDT (2016).

### 3.4.4 Diagnostico das prováveis causas das manifestações patológicas contidas na via

A fim de identificar as causas dos defeitos contidos na via foi necessário observar todos os aspectos que compõem o projeto da avenida como: projeto de pavimentação, a geometria do trecho, a existência de drenagem ineficiente no local, a localização dos defeitos na pista, o período de maior ocorrência dos problemas, as variações de temperaturas da região, a recorrência das manutenções feitas no local, a aderência das camadas da estrutura, a espessura

das camadas da seção transversal, bem como a seleção do tipo de revestimento utilizado no local.

### **3.4.5 Sugestão de intervenções para sanar o problema**

As intervenções possíveis foram mensuradas somente após o diagnóstico dos defeitos contidos na avenida, o conhecimento das espessuras das camadas da seção transversal da estrutura pavimentada e o estudo das propriedades dos materiais que as compõem. Feito isso, foi possível partir para a identificação das soluções mais viáveis para os defeitos, tais como descreve o item 2.6 deste trabalho. Os resultados apresentados na pesquisa são úteis para duas finalidades: preventiva e corretiva.

A primeira está ligada à forma de execução do serviço a fim de evitar futuros reaparecimentos dos defeitos encontrados. A segunda, em virtude de reparar os problemas já instalados na via. Na cidade de Palmas, as soluções de rejuvenescimento comumente adotadas pela prefeitura municipal para reparação do pavimento urbano são: aplicação de lama asfáltica, microrrevestimento e CBUQ; e para manutenção das vias: o asfalto pré misturado a frio de acordo com levantamento feito pela Petrobrás (2013).

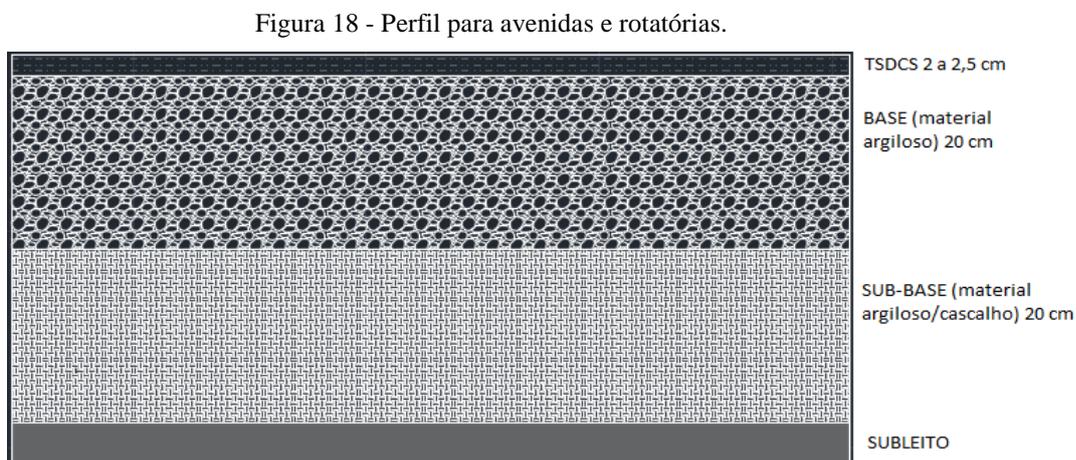
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avenida estudada foi construída em 1996 e desde então não passou por nenhum tipo de intervenção total no pavimento buscando alguma forma de restauração, apenas remendos pontuais, quando necessário e recapeamento nas rotatórias. Ela possui 10,5m de largura, 2.052,69 m de locação de eixo e inclinação de 2% para os bordos. Sua estrutura é composta pelas camadas descritas nas figuras 18 e 19.

A via analisada possui revestimento flexível composto por tratamento superficial duplo com capa selante que possui vida útil de no mínimo de dez anos (com manutenção) conforme estudo realizado pela Petrobrás (2013).

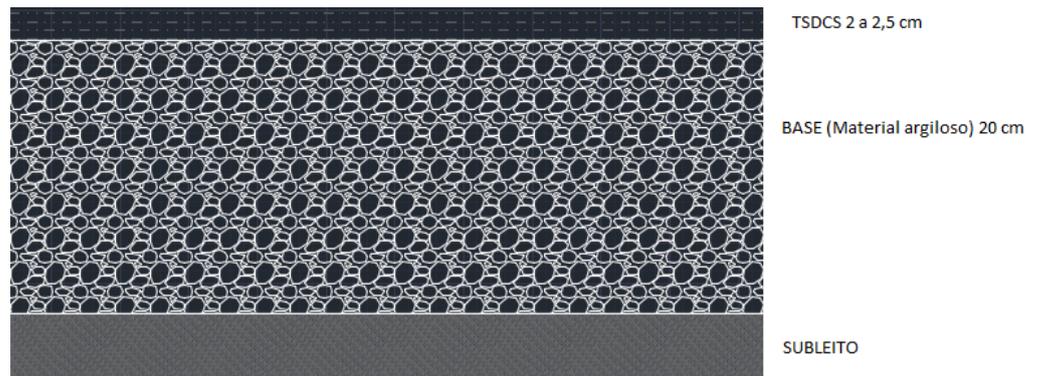
Foram analisadas 100 estações ao longo da avenida e observou-se que 26% delas têm meio fio danificado ou não possuem. Não se tem informações precisas acerca da periodicidade das manutenções na via, contudo a Prefeitura Municipal de Palmas desempenha esse papel, dentre outras formas, por meio do serviço de tapa buraco utilizando pré-misturado a frio na execução dos remendos de acordo com o que informa o levantamento de campo para a Petrobrás (2013).

Segundo dados fornecidos pela Prefeitura de Municipal (2018), o perfil da estrutura do pavimento de acordo com sua utilização é:



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 19 - Perfil para arruamento das quadras.



Fonte: Autoria própria (2018).

A realização da avaliação objetiva da superfície do pavimento da Avenida LO 25 se deu no mês de agosto de 2018 e possibilitou a identificação dos principais defeitos ali contidos, dentre eles o desgaste teve maior destaque por estar presente em 87 % das estações verificadas.

De acordo com Bernucci *et al.* (2008), o desgaste pode ser provocado por falhas de adesividade ligante-agregado; presença de água aprisionada e sobrepressão em vazios da camada de revestimento gerando descolamento de ligante; problemas de dosagem – deficiência no teor de ligante; falhas de bico na aplicação do tratamento superficial; problemas executivos ou de projeto de misturas – segregação de massa asfáltica; e seleção deficiente de agregados – problemas de adesividade somados à potencialidade de polimento das superfícies dos agregados pela ação dos pneus de veículos.

Figura 20 – Estação 35 apresenta defeitos no revestimento asfáltico dos tipos: panela, remendo e desgaste, além disso há ausência de meio fio.



Fonte: Autoria própria (2018).

A figura 21 apresenta grande quantidade de remendos mal executados, que demonstram falta de técnica adequada para o reparo, formando solevamentos na estação 22. Segundo Bernucci *et al.* (2008), apesar de ser uma atividade de conservação, o remendo é considerado um defeito por apontar um local de fragilidade do revestimento e por provocar danos ao conforto ao rolamento.

Figura 21 - Estação 22 apresenta defeitos no revestimento asfáltico dos tipos: remendo e desgaste, além disso o meio fio está deteriorado.



Fonte: autoria própria (2018).

A figura 22 apresenta o início da formação de panelas, defeito que pode ser oriundo de várias causas, mas que neste caso originou-se em decorrência da formação de trincas tipo couro de jacaré combinadas com a ação do tráfego e intempéries e com isso foi removida apenas a camada de revestimento.

Figura 22 – Trecho da estação 10 que apresenta desgaste, panelas e trincas tipo couro de jacaré.



Fonte: Autoria própria (2018).



Quadro 2 - Dados de entrada para o cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG) do trecho

AVENIDA: LO - 25 PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG) TRECHO: entre a Av. Teotônio Segurado e a marginal leste da Rodovia TO-050 SUB-TRECHO: REVESTIMENTO TIPO: TSD CS						Data: 16/08/2018	Folha:
						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
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	5	5	5	0,2	1	
2	(FC - 2) J, TB	11	11	11	0,5	5,5	
3	(FC - 3) JE, TBE	0	<del>0</del>	0	0,8	0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	<del>0</del>	0	0,9	0	
5	O, P, E	17	<del>17</del>	17	1,0	17	
6	EX	0	<del>0</del>	0	0,5	0	
7	D	87	<del>87</del>	87	0,3	26,1	
8	R	50	<del>50</del>	50	0,6	30	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE = 3,03	TRI = 2,33	F = 2,68	1 A ( 3,57) 1 B ( )	3,57	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv = 2,30	TRIV = 2,07	FV = 2,19	2 A ( 2,19) 2 B ( )	2,19	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n = 100	Σ IND. GRAVID. IND. = IGG			85,36	Conceito: <b>RUIM</b>
1A) IGI = $\bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$				2A) IGI = $\sqrt{FV}$ quando $\sqrt{FV} \leq 50$		Operador	ANDRESSA
1B) IGI = 40 quando $\bar{F} > 30$				2B) IGI = 50 quando $\sqrt{FV} > 50$		Cálculo: ANDRESSA	

Fonte: autoria própria (2018).

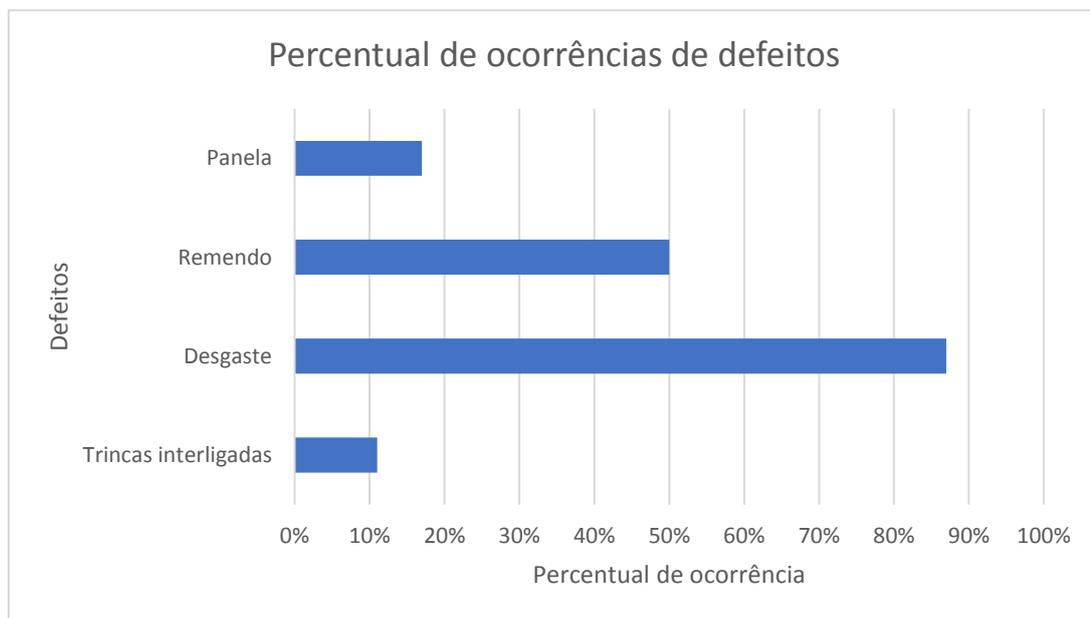
O conceito “ruim” foi identificado de acordo com os parâmetros de IGG, especificados pela NBR DNIT 06/2003 - PRO conforme mostra o quadro 3, para todo o trecho estudado por ser um segmento homogêneo. Esse dado alerta para a redução do desempenho funcional da via em decorrência da deterioração do pavimento que diminuiu sua capacidade de cumprir com a principal finalidade, que é fornecer uma superfície com serventia adequada em termos de qualidade ao rolamento.

Quadro 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: autoria própria (2018).

Figura 23 – Gráfico comparativo entre os defeitos mais recorrentes constatados no trecho analisado.



Fonte: Autoria própria (2018).

Tendo em vista que o trecho analisado não foi verificado do ponto de vista estrutural, mas sim funcional, podemos destacar que o primeiro passo para solucionar os problemas identificados no levantamento é aplicar as técnicas de restauração pontuais necessárias para a correção de cada defeito constatado em particular, conforme especifica o item 2.6. Em seguida, deve ser feita a varredura e limpeza da pista, a imprimação e logo após a aplicação da pintura de ligação.

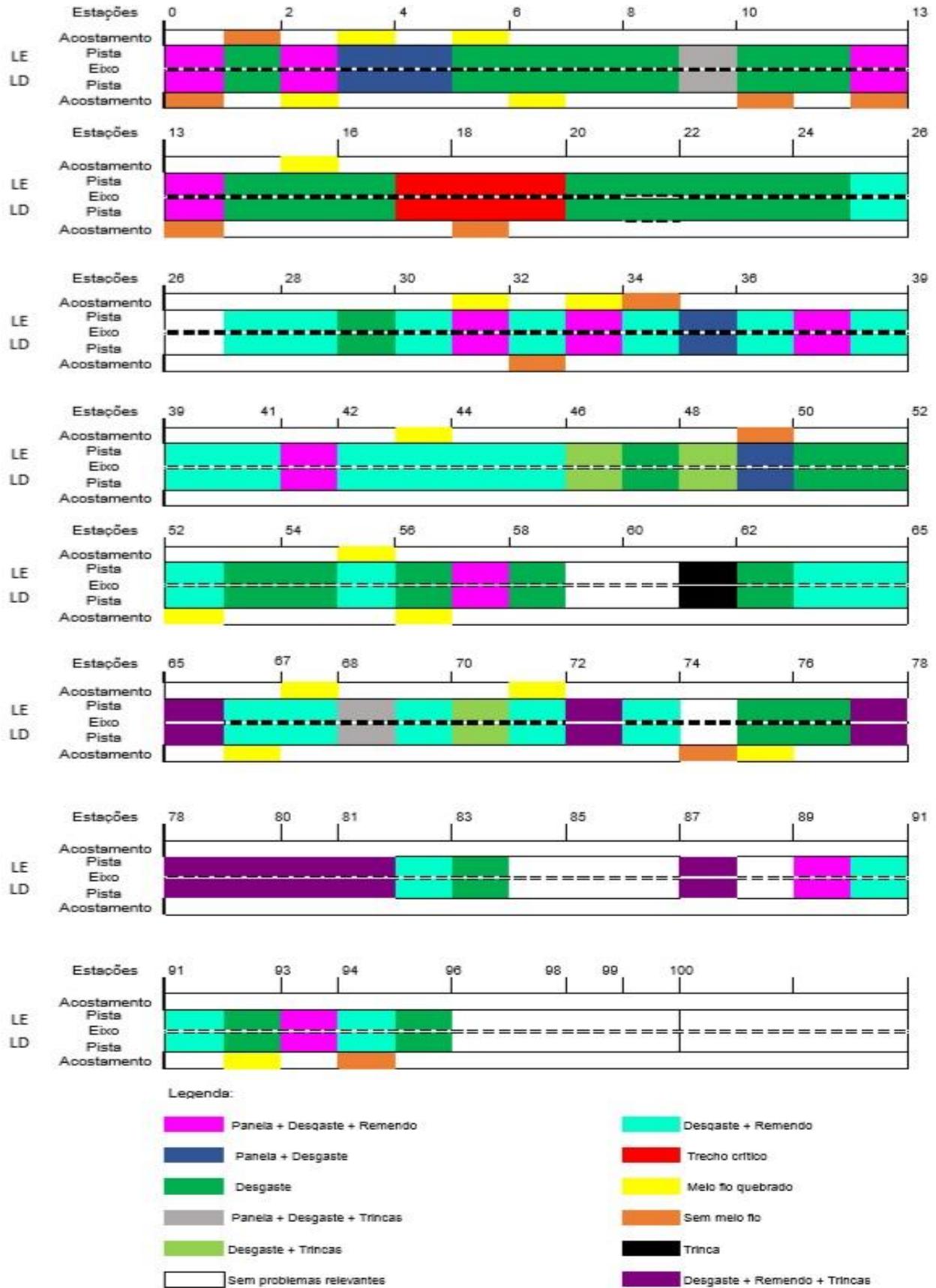
Feito isso, será feita intervenção por meio do recapeamento do pavimento de todo o trecho, que de acordo com o Dnit (2006) consiste na adequada sobreposição ao pavimento existente de uma camada constituída de mistura betuminosa e/ou concreto de cimento Portland a fim de conferir à superfície existente adequado aporte estrutural, mantendo-a assim apta a exercer, em continuidade, um novo ciclo de vida, de conformidade com as premissas técnico-econômicas.

O material escolhido para o recapeamento foi o CBUQ (produto da mistura convenientemente proporcionada de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico, ambos aquecidos em temperaturas previamente escolhidas, em função da característica viscosidade-temperatura do ligante) por ser uma mistura asfáltica muito resistente de acordo com Bernucci *et al.* (2008).

Esse produto será aplicado com espessura mínima de 3 cm (conforme recomendação de SENÇO, 1929) em decorrência do baixo número N da avenida, que é  $5 \times 10^5$  constatado pelo levantamento feito pela Petrobrás (2013) para avenidas coletoras secundárias de Palmas - TO.

A figura 24 apresenta o diagrama unifilar de defeitos localizados por estação que expõe, para melhor compreensão, o mapeamento dos problemas pontuais de cada estação ao longo da Avenida.

Figura 24 – Diagrama unifilar de defeitos localizados por estação.



Fonte: Autoria própria (2018).

## 6 CONCLUSÃO

A avaliação funcional da superfície da via é um procedimento padrão e de simples execução que permite a tomada de decisão quanto aos reparos necessários para o pavimento. O Dnit utiliza-se dessa ferramenta para a conservação rodoviária e planejamento dos trabalhos a serem executados nas rodovias, a curto e longo prazo. Da mesma forma, os municípios podem se valer dessa técnica para a obtenção de equivalente modelo de gestão da qualidade em suas vias.

A partir do levantamento realizado na via e dos resultados obtidos, empregando o procedimento DNIT-PRO 006/2003 e adaptando para uma avenida, foi possível inferir que o estado de deterioração da avenida é ruim e necessita de reparos pontuais e recapeamento em toda a sua extensão para sanar os defeitos e propiciar, assim, conforto e segurança aos usuários ao transitarem pela superfície de rolamento. Apesar disso, nota-se que o pavimento ali instalado cumpriu suas funções durante a vida útil de projeto, tendo em vista que não houve intervenção global no trecho.

Os defeitos observados tiveram sua gênese num sistema ineficiente de drenagem da via, ação da repetição de cargas do tráfego, falhas de bico na aplicação do tratamento superficial, falha construtiva – deficiência na compactação, dentre outros fatores. As soluções adotadas pelas pequenas prefeituras por todo o país, usualmente restringem-se a operações tapa-buraco e/ou rejuvenescimento. Observa-se à luz desta pesquisa que o trabalho de rejuvenescimento seria insuficiente para o trecho considerado por não solucionar a longo prazo os problemas em tela.

Por fim, pode-se afirmar que os dados referentes ao projeto de pavimentação, onde se encontram as descrições das camadas estruturais e demais detalhes da via escolhida, foram de grande relevância para entender quais poderiam ser as causas das manifestações patológicas encontradas. Com isso, foi possível inferir que, apesar de atualmente estar com um IGG considerado ruim, em função do desgaste e dos demais defeitos, causados por fadiga principalmente, o projeto executivo da via cumpriu o planejado para o tempo de projeto de 10 anos, estando o pavimento hoje, com 22 anos, sem revitalizações totais.

## REFERÊNCIAS

- AVAR, F S P, and Fabio Tonin. Mecânica Dos Solos REVISÃO : **Conceitos de Solos**. 2013.
- BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2006. 501p
- BRASIL Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações** – 6ª Ed. Vol. 1 – Rio de Janeiro: LTC, 1988. 234p.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. - DNIT. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologias** – Norma 005/2003-TER. Rio de Janeiro, 2003a. 12p.
- Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes – DNIT. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos** – Norma 006/2003-PRO. Rio de Janeiro, 2003b. 13p.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. - DNIT. **Manual de pavimentação** – 3ª Ed. - Rio de Janeiro, 2006a. 274p.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. - DNIT. **Manual de conservação Rodoviária** – 2ª Ed. - Rio de Janeiro, 2005. 564p.
- Galeria de fotos**. 2017. Disponível em: <<https://www.afserviceengenharia.com/galeria>>. Acesso em: 25 mar. 2018 [http://www1.dnit.gov.br/anexo/Anexo/Anexo\\_edital0768\\_14-03\\_0.pdf](http://www1.dnit.gov.br/anexo/Anexo/Anexo_edital0768_14-03_0.pdf)
- RIBEIRO, Thiago Pinheiro. **Estudo descritivo das principais patologias em pavimento flexível**. 2017. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-flexivel>>. Acesso em: 10 set. 2018.
- SCHMIDT, Melissa. **Estudo de patologias em pavimentos asfálticos na cidade de santa maria** – RS.2016. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - Rs, 2016.
- SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação** - Vol. 1. 2ª Ed. ampl. - São Paulo: Pini, 2007. 761p.
- VARGAS, Milton. McGraw-Hill do Brasil. **Introdução à Mecânica dos Solos**. Editora da Universidade de São Paulo. SP, 1977

## **APÊNDICE A**

Resultados da avaliação da superfície do pavimento (levantamento em campo)



RODOVIA: AV. LO 25		OPERADOR: Andreas Oliveira Sonego										FOLHA:											
TRECHO: entre a Av. Teotônio Segurado e a marginal leste da Rodovia TO-050		REVESTIMENTO TIPO: T SD CS										ESTACA OU QUILOMETRO											
SUBTRECHO:		DATA:16/08/2018										QUILOMETRO											
Estaca ou km	Seção Terrain	TRINÇAS ISOLADAS			INTERLIGADAS			AFUNDAMENTOS			OUTROS DEFEITOS			TRINÇAS RODAS			Observações:						
		FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC - 2	FC - 3	ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E		EX	D	R	TRI	TRE	
40	OK	1	1	1	1	1	1	J2	TB2	JE3	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	
41																				x	x	5	7
42																				x	x	7	9
43																				x	x	3,5	4
44																				x	x	0	2
45																				x	x	3	3
46																				x	x	1	4
47																				x	x	1,5	2
48																				x	x	1	3,5
49																				x	x	3	7
50																				x	x	6	8
51																				x	x	2	5
52																				x	x	6	4
53																				x	x	7	8
54																				x	x	3	3
55																				x	x	4	6
56																				x	x	2	1,5
57																				x	x	3	4
58																				x	x	2,5	4
59																				x	x	8	7
60																				x	x	1	3
61																						0	0
62																						0	0
63																						0	1
64																						2	1,5
65																				x	x	1	1
66																				x	x	2	2
67																				x	x	2	1
68																				x	x	3	2,5
69																				x	x	2	2
70																				x	x	2	2
71																				x	x	3	1
72																				x	x	4	3
73																				x	x	5	5
74																				x	x	6	6
75																				x	x	4	4
76																				x	x	5	6
77																				x	x	0	0
78																				x	x	1	3,5



