



# **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*

Ana Beatriz Resplande de Andrade

**PATOLOGIAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL: Avaliação nas estações de transporte público  
Apinajé, Xambioá e Krahô em Palmas-TO**

Palmas -TO

2019

Ana Beatriz Resplande de Andrade  
PATOLOGIAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL: avaliação nas estações de transporte público  
Apinajé, Xambioá e Krahô em Palmas-TO

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

Palmas -TO

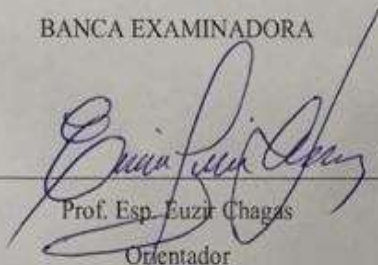
2019

ANA BEATRIZ RESPLANDE DE ANDRADE

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

Aprovado em: 19 / 11 / 2019

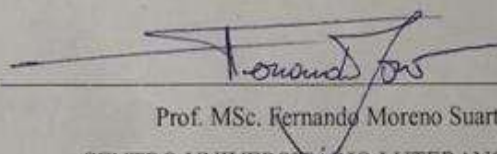
BANCA EXAMINADORA



---

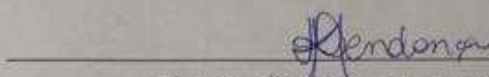
Prof. Esp. Euzir Chagas  
Orientador

CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS



---

Prof. MSc. Fernando Moreno Suarte Júnior  
CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS



---

Prof. Esp. Kênia Parente Lopes Mendonça  
CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Palmas – TO

2019

Dedico este trabalho aos pais, Neire Resplande de Andrade e Paulo Resplande da Silva, quem tanto batalharam para concretização desse sonho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, por sua infinita bondade, que possibilitou que mais esta etapa se concluísse.

Em seguida, gostaria de agradecer aos meus pais, Paulo Resplande da Silva e Neire Resplande de Andrade, que sempre estiveram do meu lado me incentivando, e muitas vezes se sacrificando para que os meus sonhos fossem realizados. À minha irmã Ana Paula que esteve do meu lado e colaborou para finalização desse trabalho. Aos meus tios Alaídes e Enezete que fizeram o papel de pais enquanto os meus estavam longe, e a minha prima Thais Raquel por exercer o papel de irmã mais velha, amo vocês. A minha gratidão aos meus amigos, que fizeram da jornada universitária um caminho mais feliz, o meu eterno muito obrigada.

“Um dia quando olhares para trás, verás que os dias mais belos foram aqueles em que lutaste.” – Sigmund Freud

## RESUMO

ANDRADE, Ana Beatriz Resplande. **Patologias em pavimento flexível: avaliação nas estações de transporte público Apinajé, Xambioá e Krahô em Palmas-TO**, 2019. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

Os pavimentos flexíveis são aqueles em que a camada de rolamento tem por finalidade receber diretamente a ação do tráfego, é formada por agregados minerais e ligante betuminoso. Este trabalho apresenta uma proposta de metodologia para avaliação da condição superficial do pavimento flexível e uma avaliação objetiva. Neste trabalho foi analisado o desempenho funcional e as patologias das estações de transporte público Apinajé, Xambioá e Krahô na cidade de Palmas- TO. A realização do estudo está fundamentada nas normas disponibilizada pelo DNIT. Após o levantamento das deformações, foram realizados os cálculos de Índice de Gravidade (IGG) e o do Levantamento visual Contínuo (LVC), nos quais o resultados retratam o estado de conservação da estação, o valor encontrado indica que os pontos não estão em perfeitas condições Ao final do trabalho foram propostas maneiras eficazes de restauração.

**Palavras-chave:** Pavimento, Patologias, Índice de Gravidade Global, Levantamento Visual Contínuo.

## ABSTRACT

ANDRADE, Ana Beatriz Resplande. **Pathologies in flexible pavement: evaluation at Apinajé, Xambioá and Krahô public transport stations in Palmas-TO**, 2019. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas/TO, 2019 .

Flexible pavements are those in which the rolling layer is intended to receive the direct action of traffic, is formed by mineral aggregates and bituminous binder. This paper presents a methodology proposal for the evaluation of the flexible pavement surface condition and an objective evaluation. In this work the functional performance and pathologies of the Apinajé, Xambioá and Krahô public transport stations in the city of Palmas-TO were analyzed. The study is based on the standards provided by DNIT. After the deformation survey, the Gravity Index (IGG) and Continuous Visual Survey (LVC) calculations were performed, in which the results depict the conservation status of the station, the value found indicates that the points are not perfect. conditions At the end of the work, effective ways of restoration were proposed.

**Keywords:** Pavement, Pathologies, Global Severity Index, Continuous Visual Survey.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Decomposição de rochas.....	22
Figura 2- Perfil resultante da decomposição das rochas .....	22
Figura 3 – Local de solos transportados.....	22
Figura 4– Seção transversal típica (autoestrada) .....	24
Figura 5– Distribuição de cargas no pavimento .....	25
Figura 6– Distribuição de esforços .....	26
Figura 7– Distribuição esforços.....	27
Figura 8– Efeitos superpostos .....	27
Figura 9– Trinca isolada: transversal.....	29
Figura 10– Trinca isolada: longitudinal .....	29
Figura 11– Trinca interligada: tipo jacaré .....	30
Figura 12– Trinca interligada: tipo bloco.....	30
Figura 13– Afundamento de trilha de roda .....	31
Figura 14– Afundamento local .....	32
Figura 15– Ondulação .....	32
Figura 16 – Escorregamento.....	33
Figura 17– Exsudação .....	33
Figura 18– Desgaste.....	34
Figura 19– Panela/ buraco .....	34
Figura 20– Remendo .....	35
Figura 21– Mapa de localização .....	37
Figura 22– Fluxograma .....	38
Figura 23- Treliça para medição das flechas da trilha de roda.....	41
Figura 24- Localização do trecho escolhido.....	45
Figura 25- Localização do trecho escolhido.....	45
Figura 26- Localização.....	46
Figura 27- Porcentagem de segmentos com as frequências de cada defeito.....	47
Figura 28- Porcentagem de segmentos com as frequências de cada defeito.....	50
Figura 29- Porcentagem de segmentos com as frequências de cada defeito.....	52
Figura 30- Desgaste .....	58
Figura 31- Escorregamento .....	58
Figura 32- Afundamento .....	59
Figura 33- Remendo .....	60

Figura 34- Trinca Couro de Jacaré .....	60
Figura 35- Afundamento Plástico .....	61
Figura 36- Painel .....	61

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Resumo dos defeitos – Codificação e Classificação .....	42
Quadro 2- Formulário para o levantamento visual contínuo: Apinajé .....	47
Quadro 3- Cálculo do IGGE.....	48
Quadro 4-Resumo .....	49
Quadro 5- Formulário para o levantamento Visual Contínuo .....	49
Quadro 6- Cálculo do IGGE.....	50
Quadro 7- Resumo .....	51
Quadro 8- Formulário para o levantamento Visual Contínuo .....	52
Quadro 9- Cálculo do IGGE.....	53
Quadro 10- Resumo .....	53
Quadro 11- Formulário de Inventário do estado da superfície .....	54
Quadro 12- Formulário de Inventário do estado da superfície .....	55
Quadro 13- Formulário de Inventário do estado da superfície .....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Frequência dos defeitos .....	39
Tabela 2- Conceitos do ICPF .....	39
Tabela 3- Determinação do Índice de Gravidade .....	40
Tabela 4- Pesos para cálculo .....	40
Tabela 5- Índice do Estado da Superfície do pavimento.....	41
Tabela 6- Valor do fator de Ponderação .....	42
Tabela 7- Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.....	44
Tabela 8- Cálculo do Índice de Gravidade Global .....	55
Tabela 9- Planilha de Cálculo do Índice de Gravidade Global .....	56
Tabela 10- Planilha de Cálculo do Índice de Gravidade Global .....	57

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
ICPF	Índice de Condição dos Pavimentos Flexíveis
IES	Índice do Estado de Superfície do Pavimento
IGGE	Índice de Gravidade Global Expedito
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
LVC	Levantamento Visual Contínuo
TRE	Trinca de Roda Externa
TRI	Trinca de Roda Interna

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Determinação do IGGE .....	40
Equação 2- Média Aritmética do ICPF .....	40
Equação 3- Média Aritmética do IGGE .....	40
Equação 4- Frequência Relativa .....	43
Equação 5- Média Aritmética .....	43
Equação 6- Desvio Padrão .....	43
Equação 7- Determinação do IGI .....	43
Equação 8- Determinação do IGG .....	43
Equação 9- Média Aritmética do ICPF.....	49
Equação 10- Determinação do IGGE.....	49
Equação 11- Média Aritmética do ICPF.....	51
Equação 12- Determinação do IGGE.....	51
Equação 13- Média Aritmética do ICPF.....	53
Equação 14- Determinação do IGGE.....	53

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1 OBJETIVO .....	19
<b>1.1.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>19</b>
<b>1.1.2 Objetivo Específico.....</b>	<b>19</b>
1.2 PROBLEMA.....	19
1.3 JUSTIFICATIVA.....	19
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1 HISTÓRICO .....	21
2.2 ORIGEM DOS SOLOS.....	21
<b>2.2.1 Solos Residuais .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.2 Solos Transportados.....</b>	<b>22</b>
2.3 PAVIMENTO .....	23
2.4 CAMADAS DO PAVIMENTO .....	23
<b>2.4. 1 Subleito .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4. 2 Regularização .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4. 3 Reforço do Subleito .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4. 4 Sub-base.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4. 5 Base .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4. 6 Revestimento .....</b>	<b>24</b>
2.5 CLASSIFICAÇÃO DO PAVIMENTO .....	25
2.6 DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS .....	26
<b>2.6.1 Distribuição das pressões .....</b>	<b>26</b>
2.7 TIPOS DE PATOLOGIAS .....	27
<b>2.7.1. Fenda .....</b>	<b>28</b>
<b>2.7.2 Afundamento.....</b>	<b>31</b>
<b>2.7.3 Ondulação ou Corrugação .....</b>	<b>32</b>
<b>2.7.4 Escorregamento.....</b>	<b>32</b>

<b>2.7.5 Exsudação</b> .....	<b>33</b>
<b>2.7.6 Desgaste</b> .....	<b>34</b>
<b>2.7.7 Panela ou buraco</b> .....	<b>34</b>
<b>2.7.8 Remendo</b> .....	<b>35</b>
<b>2.8 MÉTODOS DE CORREÇÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>2.8.1 Recuperação e áreas degradadas</b> .....	<b>35</b>
<b>2.8.2 Remendos Superficiais</b> .....	<b>35</b>
<b>2.8.3 Remendos Profundos</b> .....	<b>36</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>37</b>
<b>3.1 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA</b> .....	<b>37</b>
<b>3.2 IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS</b> .....	<b>38</b>
<b>3.3 LEVANTAMENTO VISUAL PARA AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE</b> .....	<b>38</b>
<b>3.3.1 Condições Gerais do Levantamento</b> .....	<b>39</b>
<b>3.3.2 Determinação do ICPF, IGGE e IES</b> .....	<b>40</b>
<b>3.4 AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS</b> .....	<b>41</b>
<b>3.4.1 Condições Gerais do Levantamento</b> .....	<b>41</b>
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÕES</b> .....	<b>45</b>
<b>4.1 DELIMITAÇÃO DO TRECHO</b> .....	<b>45</b>
<b>4.1.1 Apinajé</b> .....	<b>45</b>
<b>4.1.2 Xambioá</b> .....	<b>45</b>
<b>4.1.2 Krahô</b> .....	<b>46</b>
<b>4.2 LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO</b> .....	<b>46</b>
<b>4.2.1 Apinajé</b> .....	<b>46</b>
<b>4.2.2 Xambioá</b> .....	<b>49</b>
<b>4.2.3 Krahô</b> .....	<b>51</b>
<b>4.3 AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE</b> .....	<b>54</b>
<b>4.3.1 Apinajé</b> .....	<b>54</b>



<b>4.3.2 Xambioá.....</b>	<b>55</b>
<b>4.3.3 Krahô.....</b>	<b>56</b>
<b>4.4 PATOLOGIAS IDENTIFICADAS .....</b>	<b>57</b>
<b>4.4.1 Desgaste .....</b>	<b>57</b>
<b>4.4.2 Deslizamento.....</b>	<b>58</b>
<b>4.4.3 Afundamento .....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.4 Remendo .....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.5 Trinca de Jacaré.....</b>	<b>60</b>
<b>4.4.6 Exsudação .....</b>	<b>60</b>
<b>4.4.7 Panelas .....</b>	<b>61</b>
<b>4.5 MÉTODOS DE CORREÇÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>4.5.1 Apinajé.....</b>	<b>62</b>
<b>4.5.2 Xambioá e Krahô .....</b>	<b>62</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>66</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O projeto que será apresentado é referente às patologias nos pavimentos asfálticos. A determinação dos trechos se limitaram nas estações de ônibus de Palmas/TO, por serem os locais que exigem do pavimento, devido o fluxo dos ônibus.

O sistema de infraestrutura urbana deve satisfazer a segurança ao tráfego dos usuários pela cidade, disponibilizando conforto, para que isso aconteça, é necessário que as vias estejam em constante manutenção.

Segundo Bernucci (2006), o revestimento asfáltico é a camada superior designada a resistir esforços diretamente das ações do tráfego e transmiti-las às camadas inferiores, melhorando as condições de rolamento.

As negligências, as cargas pesadas sobre o pavimento, a grande quantidade de fluxo de tráfego, a falta de manutenção e investimento, influenciam a ocorrência de patologias no pavimento. Sendo elas caracterizadas como deficiências que se desenvolvem ou agravam-se ao longo do tempo em função das intempéries, do tráfego ou por erros no dimensionamento.

Visando amenizar as anomalias nos pavimentos asfálticos, é necessário que o local seja vistoriado minuciosamente, considerando toda sua estrutura.

Conforme Silva (2008), o princípio da conservação de um pavimento baseia-se primeiramente em definir a causa das deformações. Para a preservação do pavimento é necessário um trabalho rotineiro efetuado com o objetivo de conservar o pavimento próximo de sua condição original, sob condições normais de tráfego e da temperatura.

Diante do exposto, este estudo tem por objetivo verificar a relação da degradação do pavimento, bem como os objetivos específicos, indicando os principais defeitos existentes no pavimento nas faixas dos ônibus e prováveis causas destes defeitos. Por fim, analisar influência do tráfego no surgimento e agravamento das patologias.

## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 Objetivo Geral

Estudar e avaliar as causas de patologias encontradas nos pavimentos asfálticos nas estações de ônibus de Palmas/TO, listando possíveis degradações e em cada uma delas propor metodologias para conservação e/ou restauração.

### 1.1.2 Objetivo Específico

- Listar as degradações superficiais do pavimento seguindo com as normas do DNIT (005/2003, 006/2003 e 008/2003);
- Verificar as patologias encontradas nas estações de ônibus Apinajé, Xambioá e Krahô em Palmas/TO;
- Analisar as causas das imperfeições com base no levantamento visual da superfície;
- Determinar o Índice de Condição dos Pavimentos Flexível (ICPF), do Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) e do Índice do Estado de Superfície do Pavimento (IES);
- Apresentar métodos para correções das patologias identificadas;

## 1.2 PROBLEMA

Quais são as causas e soluções encontradas para os problemas na pavimentação asfáltica nas estações de maior fluxo de Palmas/TO?

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A manutenção das obras de infraestrutura urbana possui características técnicas do revestimento, que deve ter uma conservação preventiva periódica e uma conservação corretiva rotineira, para que evite o surgimento e agravamento de imperfeições, assim eliminando as existentes.

Apesar de todo planejamento para que aconteça a execução das obras de pavimentação urbana, pode-se notar diversas patologias nas estações de ônibus observadas, sendo elas as que correspondem aos pontos que exigem de maior resistência do pavimento asfáltico de Palmas/TO.

Dessa forma, o pavimento deve ser projetado e executado de forma econômica e que atendam as solicitações estruturais. As camadas do pavimento devem oferecer um desempenho

satisfatório, referente à durabilidade, a capacidade de suportar cargas, dispondo sempre da segurança e conforto dos usuários.

Segundo Senço (2007), pavimento é uma estrutura executada sobre a terraplenagem, com finalidade de suportar esforços verticais provenientes do tráfego, e gerar conforto ao rolamento, tornando-o mais resistente ao desgaste.

A condição do pavimento, justifica-se em consequência ao excesso de peso e crescimento do tráfego, em que aumenta os custos da manutenção e conservação da via, dificultando a manutenção dos parâmetros de qualidade pelo órgão responsável. Portanto, isso agrava o estado de deterioração, ou seja, aumenta as patologias da rodovia, que são principalmente causadas pelos esforços não previstos no dimensionamento do pavimento (KLAMT et al., 2017).

Para análise superficial dos pavimentos a norma dispõe de condições exigíveis no levantamento visual que podem ser refletidas através do ICPF, do IGGE e do IES.

Um diagnóstico adequado, que identifique as causas que levaram às patologias é fundamental para um adequado projeto de recuperação.

Em resposta disso, através dos resultados obtidos na análise, essa pesquisa terá por intuito fazer uma listagem das deteriorações existentes no pavimento nas principais estações, estudando-as individualmente e com sua especificidade.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 HISTÓRICO**

Devido as necessidades diárias, para sobrevivência, a busca por meios de locomoção sempre foi existente na sociedade. A evolução dos meios de transportes terrestres, teve como marco a criação da roda, o homem pré-histórico, buscava alimentação e com isso, procurou facilitar os caminhos que percorriam com frequência, melhorando o rendimento de suas viagens. Com o passar do tempo, surgiu a necessidade dos caminhos trilhados se tornasse transitáveis durante todo tempo (SENÇO, 2007).

Senço (2007) enfatiza que procura de melhorias para o leito carroçável levou à utilização de revestimentos de pedras, de misturas betuminosas ou de concreto cimento. Com a evolução dos veículos de transportes, o pavimento flexível passou a ser utilizado como o principal pavimento das estradas brasileiras.

O engenheiro O. J. Porter foi um dos primeiros a criar métodos de dimensionamento de pavimento, o qual para realização se baseava no ensaio de resistência à penetração (SENÇO, 2007, p.5).

### **2.2 ORIGEM DOS SOLOS**

Caputo (1988, p. 14) descreve “Os solos são materiais que resultam do intemperismo ou meteorização das rochas, por desintegração mecânica ou decomposição química.”

Bernucci (2006) define o solo como uma formação natural, de estrutura solta e removível, que resulta da transformação de uma rocha-mãe, em decorrência de processos físico-químicos e biológicos.

Os solos se dividem em dois grupos: solos residuais e solos transportados (CHIOSSI, 2013, p. 82).

#### **2.2.1 Solos Residuais**

Os solos residuais são bastantes comuns no Brasil. Quase todos os tipos de rocha formam o solo residual. Sua formação vai decorrer do tipo e da composição mineralógica da rocha-mãe (DNIT, 2006).

Para Gusmão (2008, p. 18) o solo residual é um material derivado do intemperismo de rocha ou sedimento e que não foi transportado da sua locação original, sendo a desintegração e decomposição no material ocorre “in situ”.

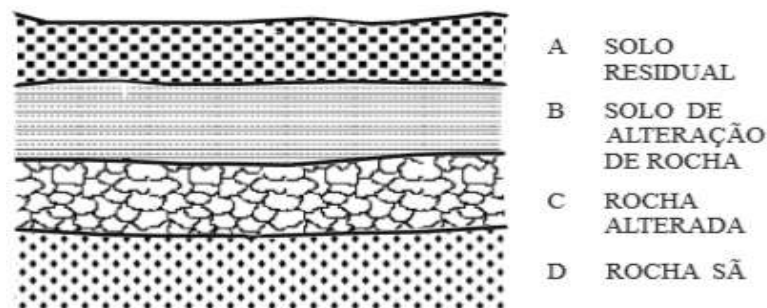
A Figura 1 apresenta a decomposição de rochas e posteriormente (Figura 2) o perfil resultante da decomposição das rochas.

Figura 1- Decomposição de rochas.

Tipo de rocha	Composição mineral	Tipo de solo	Composição
basalto	plagioclásio piroxênios	argiloso (pouca areia)	argila
quartzito	quartzo	arenoso	quartzo
filitos	micas (sericita)	argiloso	argila
granito	quartzo feldspato mica	arenoargiloso (micáceo)	quartzo e argila (micáceo)
calcário	calcita	argiloso	argila

Fonte: Chiossi (2013)

Figura 2- Perfil resultante da decomposição das rochas



Fonte: Chiossi (2013)

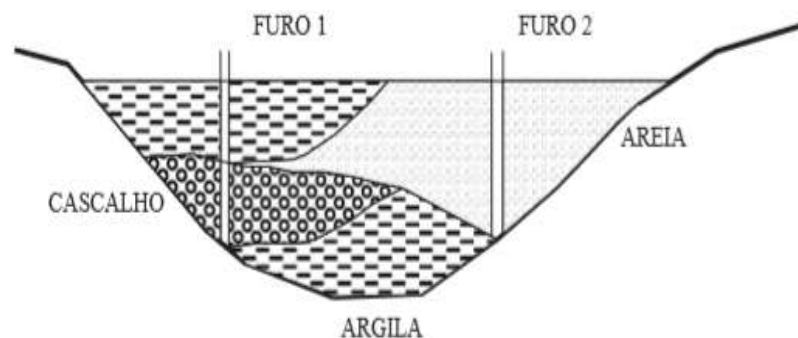
### 2.2.2 Solos Transportados

Os solos transportados geralmente formam depósitos mais inconsolidados e fofos que os residuais, e com profundidade variável. Se classificam em solos de aluvião, solos orgânicos, solos coluviais e solos eólicos (DNIT, 2006).

“Os solos transportados são aqueles, que após serem removido da rocha original, são depositados em outro local. Os responsáveis pelo transporte do material podem ser o vento, a água, o gelo e a força da gravidade” (GUSMÃO, 2008, p. 28).

A Figura 3 exemplifica uma área de solos transportados.

Figura 3 – Local de solos transportados



Fonte: Chiossi (2013)

## 2.3 PAVIMENTO

Pavimento tem por definição uma faixa de rolamento que sofre continuamente fluxo de tráfego, se tornando responsável por melhoras nas condições de trânsito, influenciando diretamente o desenvolvimento de uma área.

Conforme Balbo (2007), o pavimento é uma estrutura formada por camadas sobrepostas de materiais compactados, com a função de satisfazer estruturalmente e operacionalmente ao tráfego, de maneira duradoura e ao mínimo custo

Bernucci (2006, p.9) enfatiza que o pavimento é composto por camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície da terraplenagem, tornando-se destinado a receber os esforços provenientes do tráfego de veículos e clima, garantindo melhoria de conforto, economia e segurança aos usuários.

Segundo DNIT (2006) o pavimento é uma superestrutura formada por camadas de espessuras finitas, apoiado sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada do subleito.

## 2.4 CAMADAS DO PAVIMENTO

### 2.4.1 Subleito

Para Senço (2007, p. 15) o subleito é o terreno de fundação do pavimento. Rocha (2009) afirma que é a camada em que as outras camadas repousam, sendo a plataforma da estrada finalizada, posteriormente após os serviços de cortes e aterros.

Balbo (2007) enfatiza que o subleito deve ser composto de material natural consolidado e compactado.

### 2.4.2 Regularização

É a camada que possui espessura desnivelado, executada sobre o subleito (SENÇO, 2007).

### 2.4.3 Reforço do Subleito

Segundo Senço (2007), reforço do subleito é uma camada de espessura contínua construída acima da regularização. Este, também tem por função resistir e distribuir o esforços verticais, não absorvendo-o totalmente, devido ser característica específica do subleito. Podendo ser considerado como uma camada suplementar a do subleito ou camada complementar da sub-base.

A camada de reforço do subleito não é obrigatório, devido as espessuras das camadas superiores serem maiores (BALBO, 2007, p. 38).

#### 2.4. 4 Sub-base

Considera-se a camada complementar à base, quando dispensável executar a base sobre a regularização ou reforço do subleito. Seguindo o princípio da pavimentação, o material a da sub-base deve ter características superiores às do reforço do subleito (SENÇO, 2007).

#### 2.4. 5 Base

Conforme Senço (2007) é a camada designada a resistir os esforços verticais provenientes do tráfego. O material da base deve ser de melhor qualidade que o da sub-base.

A base tem por função aliviar as tensões nas camadas inferiores, distribuindo-as, e resistindo às deformações (ROCHA,2009).

#### 2.4. 6 Revestimento

Senço (2007) afirma que o revestimento deve ser o mais impermeável possível, afim de receber toda ação do tráfego e com a função de melhorar o rolamento.

Para Rocha (2009) o revestimento tem por finalidade impermeabilizar, oferecendo acabamento final, otimizando o conforto e a resistência à derrapagem.

O revestimento deverá, entre outras funções, receber as cargas, estáticas ou dinâmicas, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, desagregação de componentes ou, ainda perda de compactação.” (BALBO, 2007, p. 36)

A Figura 4 ilustra uma seção transversal de um pavimento.

Figura 4– Seção transversal típica (autoestrada)



Fonte: Senço (2007)



## 2.5 CLASSIFICAÇÃO DO PAVIMENTO

Segundo DNIT (2006) os pavimentos classificam-se em:

- Flexíveis:
- Semi-rígido:
- Rígidos:

Nos pavimentos flexíveis (Figura 5) todas as camadas sofrem deformações elásticas. A carga aplicada é distribuída em frações parecidas nas camadas, de modo com que todas se movimentam com a ação do tráfego. Para o seu dimensionamento deve ser levado em consideração a resistência do subleito e as solicitações do tráfego. O revestimento é composto por uma mistura formada por agregados e ligantes asfálticos

Os pavimentos rígidos (Figura 5) se distinguem devido o revestimento possuir uma elevada rigidez em relação as outras camadas, absorvendo quase todas as tensões oriundas do tráfego. Utilizam na camada de revestimento, placas de concreto cimento Portland.

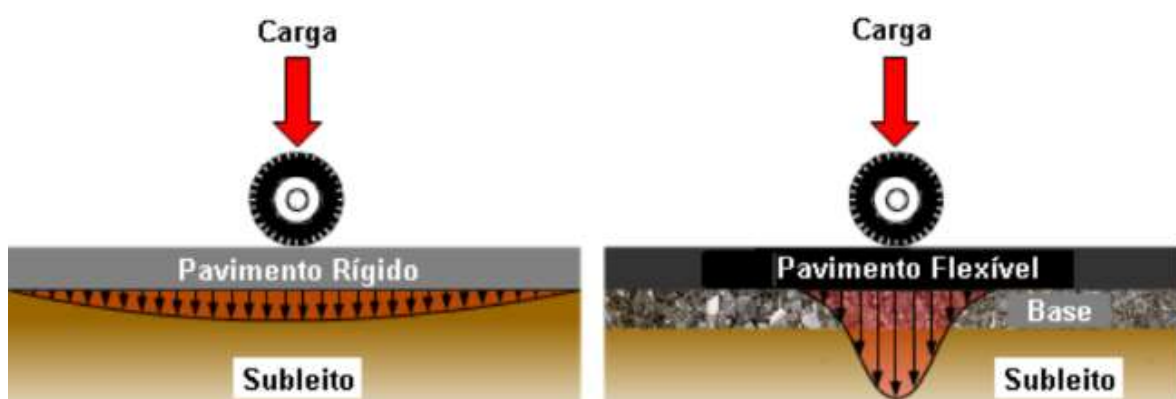
Quando a base for cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias classifica-se como semi-rígida.

De acordo com Bernucci et al. (2006) o pavimento classifica-se em dois tipos, são eles: rígidos e flexíveis. Atualmente existe uma tendência de usar a nomenclatura pavimentos de concreto cimento e pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento utilizado no pavimento.

Para Senço (2007), são pavimentos flexíveis aqueles em que as deformações, até certo limite não chegam ao rompimento. São dimensionadas apenas para resistir basicamente à compressão e a tração na flexão, surgem as bacias de deformação sob as rodas dos veículos, deixando a estrutura deformada permanentemente, e gerando o rompimento a fadiga.

Figura 5– Distribuição de cargas no pavimento

Rígido e Flexível

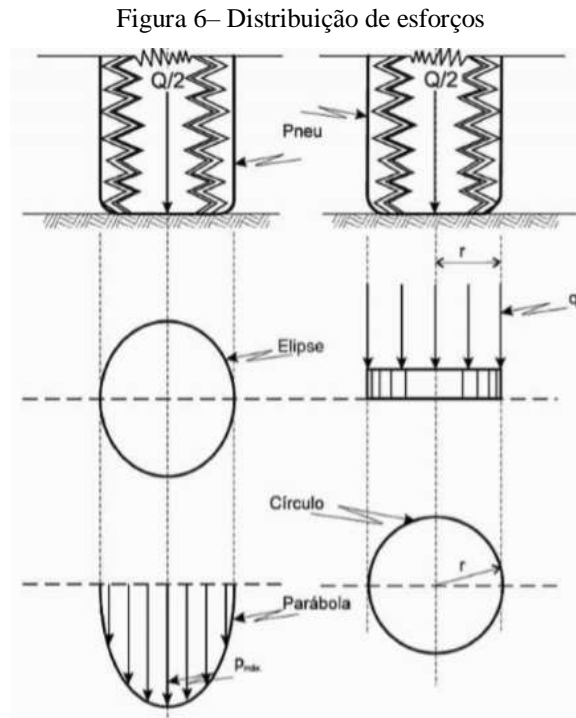


Fonte: Bernucci (2006)

## 2.6 DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS

As cargas são transferidas aos pavimentos por meio das rodas pneumáticas dos veículos, criando uma área de contato elítica entre o pneu e o pavimento. A pressão gerada pela carga, possui distribuição parabólica. (SENÇO, 2007).

A Figura 6 apresenta a área de contato entre os pneus e o pavimento.



Fonte: Senço (2007)

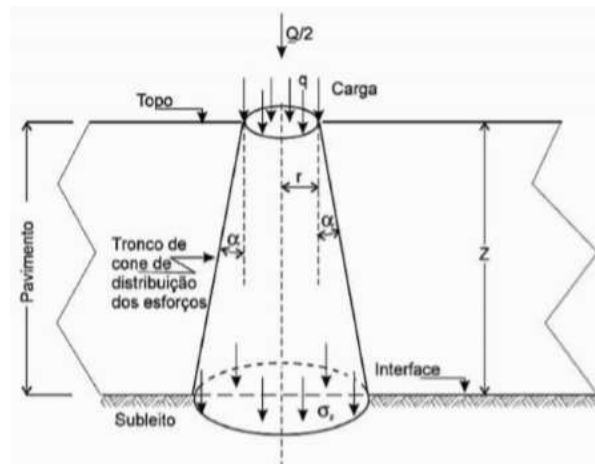
### 2.6.1 Distribuição das pressões

Senço (2007) afirmava que para melhor compreensão das camadas de um pavimento, é preciso considerar que a pressão exercida entre o pavimento e a fundação, ou subleito, seja suportável com a capacidade de carga do subleito.

Para Senço (2007) é de extrema importância utilizar os materiais de melhor qualidade, pois as camadas superiores sofrem maiores pressões, levando em consideração que a pressão é dissipada ao decorrer do pavimento.

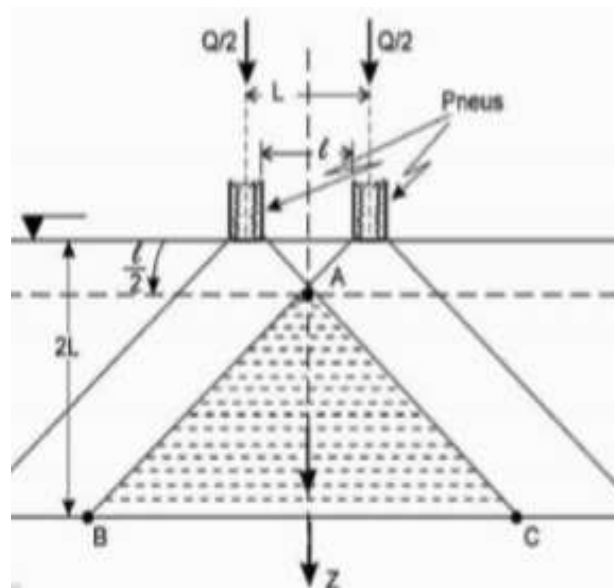
Segundo Senço (2007), as figuras 7 e 8 apresentam as pressões distribuídas segundo um ângulo  $\alpha^1$  de forma que a pressão contacto  $q$  pode ser considerada a pressão aplicada a uma profundidade  $z = 0$ . As pressões são referidas às profundidades crescentes chegando na profundidade  $z$ , com um pressão  $\sigma^2$ .

Figura 7– Distribuição esforços



Fonte: Senço (2007)

Figura 8– Efeitos superpostos



Fonte: Senço (2007)

## 2.7 TIPOS DE PATOLOGIAS

Segundo Silva (2008) as patologias no pavimento flexível podem ser classificadas em: deformações superficiais (corrugações e afundamentos), defeito de superfície (exsudação de asfalto e desgaste), panela, deslize do revestimento betuminoso e trincas e fissuras.

Os defeitos podem surgir devido a erros ou inadequações (precoce), devido a utilização pelo tráfego ou por intempéries (médio e longo prazo). Os erros que se destacam pela redução da vida do projeto são os equívocos na dosagem, falhas ou incoerência construtiva e ausência de manutenção e conservação (BERNUCCI, 2006).

Os motivos dos surgimentos das patologias em pavimentos asfálticos podem ser a má execução, falha ao definir os materiais a serem utilizados, manutenção, solicitações de tráfego e ações climáticas (ROCHA, 2009).

Relacionando as patologias ocorrentes nos pavimentos flexíveis o DNIT (2003) disponibiliza de normas para utilizar de base de avaliação de qualidade dos pavimentos.

### **2.7.1. Fenda**

Caracteriza-se por fenda qualquer interrupção sobre o pavimento, apresentando-se por fissuras ou trincas (DNIT, 2003).

Segundo Bernucci (2006) caracterizada como um dos defeitos de mais significância ao pavimento, sendo subdivididas por tipologia ou gravidade.

#### **2.7.1.1 Fissura**

DNIT (2003) define fissura como abertura de largura capilar, podendo ser posicionada longitudinalmente, transversalmente ou obliquamente ao eixo da via.

Bernucci (2006, p.415) enfatiza que somente aberturas perceptível a olho nu à distância de 1,5m podem ser classificadas como fissura.

#### **2.7.1.2 Trinca**

Caracteriza-se como trinca as aberturas perceptíveis a olho nu à uma distância superior a 1,5m (BERNUCCI, 2006, p.415). As trincas no revestimento podem ser ocasionadas por fadiga, que está relacionada com a repetição da passagem de carga dos veículos (SILVA, 2008).

##### **2.7.1.2.1 Trinca isolada**

###### a) Trinca transversal

Segundo DNIT (2003) a Figura 9 são trincas apresentadas na direção perpendiculares a da via. As trincas que possuem a extensão de até 100 cm são denominadas como trinca transversal curta, ou como longa, quando a extensão for superior a 100 cm.

Figura 9– Trinca isolada: transversal



Fonte: DNIT (2003)

b) Trinca longitudinal

As trincas (Figura 10) que apresentam direção paralela a via. Se apresentar extensão de até 100 cm denomina-se trinca longitudinal curta, ou trinca longitudinal longa, quando superior (DNIT 2003).

Figura 10– Trinca isolada: longitudinal



Fonte: DNIT (2003)

c) Trinca de retração

Se atribui devido a retração térmica do material utilizado no revestimento ou do material de base rígida ou semi-rígida inferiores ao do revestimento trincado (DNIT 2003).

### 2.7.1.2.2 Trinca interligada

#### a) Trinca tipo “couro de jacaré”

São trincas interligadas (Figura 11) sem preferência de sentido, identificado por esse nome devido ter aparência de couro de jacaré (DNIT 2003).

Figura 11– Trinca interligada: tipo jacaré



Fonte: DNIT (2003)

#### b) Trinca tipo “bloco”

A Figura 12 caracteriza-se por trinca tipo bloco devido apresentar a formatos de blocos, com lados bem definidos (DNIT 2003).

Figura 12– Trinca interligada: tipo bloco



Fonte: DNIT (2003)

## 2.7.2 Afundamento

Segundo Bernucci (2006) são deformações permanentes do revestimento ou das camadas inferiores. Podem ser classificados como: afundamento por consolidação e afundamentos plásticos.

### 2.7.2.1 Afundamento plástico

Ocasionado pela fluidez plástica das camadas do pavimento, juntamente do sollevamento. Se a extensão do afundamento for de até 6 m é designado afundamento plástico local (Figura 14), na Figura 13 apresenta o afundamento de trilha de roda, caracterizado por ser superior a 6 m e por estar localizado no decorrer da trilha de roda (DNIT, 2003).

Figura 13– Afundamento de trilha de roda

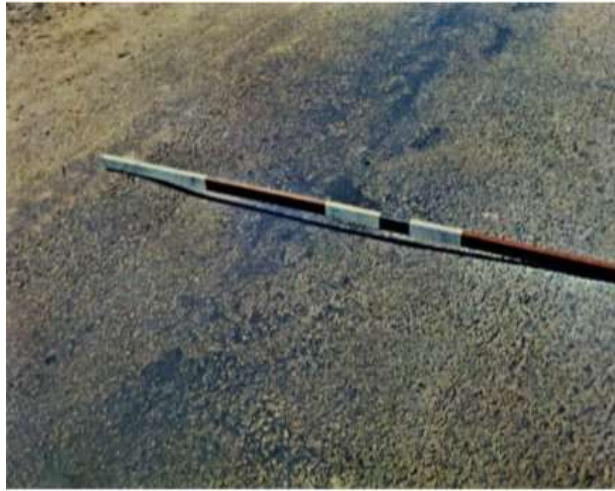


Fonte: DNIT (2003)

### 2.7.2.2 Afundamento de consolidação

Provocado pelo endurecimento das camadas do pavimento, seguido de sollevamento. Se ocorrer em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local, se for superior e estiver ao longo da trilha de roda é designado consolidação da trilha de roda (DNIT, 2003).

Figura 14– Afundamento local



Fonte: DNIT (2003)

### 2.7.3 Ondulação ou Corrugação

Silva (2008) enfatiza que as corrugações são caracterizadas por ondulações ao eixo da pista, conhecida popularmente como costela de vaca. Esta se dá à má execução, o excesso de asfalto ou finos. Estão associadas as tensões cisalhantes geradas pelo efeito de aceleração ou frenagem dos veículos. Sendo mais comum em rampas, curvas e interseções (Figura 15).

Figura 15– Ondulação



Fonte: DNIT (2003)

### 2.7.4 Escorregamento

Identificado pelo deslize do revestimento, com manifestações de fendas em forma de meia-lua (DNIT, 2003).



Na figura 16 é exemplo de escorregamento ocasionado pela baixa resistência da massa asfáltica ou ausência de congutinação entre a camadas superficiais e as camadas mais profundas (RIBEIRO, 2017; SILVA 2008).

Figura 16 – Escorregamento



Fonte: DNIT (2003)

### 2.7.5 Exsudação

Bernucci (2006) enfatiza que a exsudação se dá pelo fato de ligante em excesso na superfície, como manchas escurecidas.

Segundo (DNIT, 2003; SILVA, 2008) exsudação se caracteriza pelo surgimento de ligante betuminoso na superfície, resultando num aspecto negro e brilhante, conforme a Figura 17. Este se dá pelo excesso de ligante e/ou baixo volume de vazios, fazendo com que haja uma menor viscosidade no asfalto.

Figura 17– Exsudação



Fonte: DNIT (2003)

### 2.7.6 Desgaste

Resultado de arrancamento do agregado do pavimento (Figura 18), causado por esforços do tráfego (DNIT, 2003). Classificado por associação tráfego com o intemperismo, o motivo é a volatilização e a oxidação do asfalto (SILVA, 2008).

Figura 18– Desgaste



Fonte: DNIT (2003)

### 2.7.7 Panela ou buraco

Panelas são cavidades sucedem no revestimento, consequências de uma desintegração localizada (Figura 19), normalmente provocado ausência de aplicação de asfalto ou por abertura da base devido a uma drenagem deficiente (YOSHIZANE, 2005)

Figura 19– Panela/ buraco



Fonte: DNIT (2003)

### **2.7.8 Remendo**

Na Figura 20, DNIT (2006) descreve como sendo o preenchimento má executado de panelas.

#### **2.7.8.1 Remendo Profundo**

Situação em que se preenche mais de uma camada do pavimento, tendo como forma retangular (DNIT, 2006).

#### **2.7.8.2 Remendo Superficial**

Correção que acontece somente na camada do revestimento, com aplicação de betume (DNIT, 2006).

Figura 20– Remendo



Fonte: Bernucci (2006)

## **2.8 MÉTODOS DE CORREÇÃO**

### **2.8.1 Recuperação e áreas degradadas**

Primeiramente, demarcar as áreas deterioradas apresentando formato de um quadrilátero; cortar o revestimento removendo o pavimento existente até uma profundidade que haja recomposição do pavimento. Executar o preenchimento com brita graduada em camadas de 15 cm de espessura, compactando-as, posteriormente, a superfície deve ser imprimada com CM-30; completar o preenchimento e aplicar a pintura de ligação (DNIT, 2010).

### **2.8.2 Remendos Superficiais**

DNIT (2010) Os remendos superficiais devem ser executados para selamento das trincas superficiais, para que se evite a penetração da umidade, impedindo maiores desgastes. Este tipo

de reparo pode ser executado através da aplicação da capa selante ou de uma camada fina de material asfáltico e agregado miúdo.

Segundo Yoshizane (2005) a capa selante consiste na aplicação de ligante asfáltico ou de ligante com agregados, com a função de renovar a superfície, melhorando a condição de atrito pneu-pavimento, selando trincas com pequenas aberturas.

Para o preparo da área onde se aplicará o remendo, recortar os revestimento existente, formando uma vala de cantos retos, remover o material solto usando vassouras. Sobre a superfície deverá ser aplicado emulsão asfáltica, e por seguinte o espalhamento do material de preenchimento. Logo a seguir, iniciar a compactação com rolo pneumático e liberar ao tráfego (DNIT, 2010).

### **2.8.3 Remendos Profundos**

Para os remendos profundos deve-se remover toda área degradada, incluindo eventualmente o subleito. Para o seu preparo, deve ser aberto cortes de bordas verticais, estendendo-se à distância de 30 cm da superfície não afetada. As faces do corte deve receber a pintura de ligação (DNIT, 2010).

Segundo DNIT (2010) se o fundo da abertura atingir a camada da base de material granular, deve ser feita uma limpeza intensa e a imprimação antes de receber a mistura asfáltica.

Posteriormente, é realizado o preenchimento da vala, por meio da mistura asfáltica quente ou a frio, de graduação densa, espalhando cuidadosamente para que seja evitado a desagregação e assim compactando com rolo pneumático ou placa vibratória (DNIT, 2010).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada nas principais estações de ônibus de Palmas-TO (Figura 21), enfatizando os pontos que mais sofrem patologias na pavimentação, a pesquisa ocorreu durante o ano de 2019.

Visando o estudo da identificação e o levantamento visual realizado nos trechos, analisando as causas das patologias, classificou-se essa pesquisa como análise quantitativa e qualitativa.

Figura 21– Mapa de localização



Fonte: Google Earth

As coordenadas referentes aos pontos de estudo são:

- Estação Apinajé: Latitude 10°10'44.80"S; longitude 48°20'2.37"O
- Estação Xambioá: Latitude 10°13'12.40"S; longitude 48°19'50.02"O
- Estação Krahô: Latitude 10°15'24.73"S; longitude 48°19'58.19"O

Para a maior compreensão das etapas realizadas nesse trabalho, apresenta-se na Figura 22 um fluxograma dos procedimentos seguidos na pesquisa.

Figura 22– Fluxograma



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2 DEFEITOS NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS

A análise superficial baseou-se na norma do DNIT 005/2003 que consiste na verificação das condições físicas dos pavimentos por meio da identificação de imperfeições ou defeitos na superfície. Elaborada por meio de procedimentos e inspeções padronizado por normas.

A caracterização dos defeitos é resultado de três principais condições, são elas: a espécie do defeito, a gravidade e a dimensão da patologia.

### 3.3 LEVANTAMENTO VISUAL PARA AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE

A avaliação é realizada mediante a norma DNIT 008/2003- PRO, na qual determina os procedimentos exigíveis do levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Para o levantamento visual, houve uma modificação na metodologia da norma para que se obtivesse um melhor resultado.

### 3.3.1 Condições Gerais do Levantamento

A realização do levantamento foi realizado em um dia ensolarado, para que se evitasse a insuficiência solar. A inspeção realizou-se sem auxílio de um veículo, devido a pequena extensão do trecho.

O método da realização prosseguiu da seguinte forma, cada estação de ônibus foi identificada de acordo com os bolsões, sendo analisada individualmente.

Os trechos foram divididos e avaliados de forma específica, ao final de cada ponto analisado, anotou-se a frequência dos defeitos de acordo com a quantidade e a ocorrência das deformações, apresentado na tabela a seguir (Tabela 1).

Tabela 1- Frequência dos defeitos

<b>Panelas (P) e Remendos (R)</b>		
<b>Código</b>	<b>Frequência</b>	<b>Quant./m</b>
A	Alta	$\geq 50$
M	Média	20 – 50
B	Baixa	$\leq 20$
<b>Demais defeitos</b>		
<b>Código</b>	<b>Frequência</b>	<b>% por m</b>
A	Alta	$\geq 50$
M	Média	50 – 10
B	Baixa	$\leq 10$

Fonte: DNIT, 2003.

Em seguida, a qualidade da superfície do pavimento avaliou-se visualmente, classificando-o segundo os conceitos do ICPF apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Conceitos do ICPF

<b>CONCEITO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>ICPF</b>
Ótimo	Necessita apenas de conservação rotineira.	5 – 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA - Desgaste superficial e trincas não muito severas em áreas não muito extensas.	4 – 3
Regular	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO - pavimento trincado, com “panelas” e remendos pouco frequentes e com irregularidade Longitudinal ou transversal.	3 – 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS - Defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas - remendos superficiais ou profundos.	2 - 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO - defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas - infiltração de água e descompactação da base.	1 – 0

Fonte: DNIT, 2003 (Adaptado)

### 3.3.2 Determinação do ICPF, IGGE e IES

Após o lançamento dos dados no Anexo B, calculou-se o IGGE, com a seguinte fórmula:

$$IGGE = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (Ppr \times Fpr) \quad (1)$$

Onde:

- Ft e Pt: frequência e peso do conjunto de trincas;
- Foap e Poap: frequência e peso do conjunto de deformações;
- Fpr e Ppr: frequência e peso do conjunto de painéis e remendos.

Para determinação da gravidade de cada sigla foram utilizadas as tabelas a seguir (Tabela 3 e Tabela 4):

Tabela 3- Determinação do Índice de Gravidade

<b>Painéis (P) e Remendos (R)</b>		
<b>Frequência</b>	<b>Fator Fpr Quantidade/ M</b>	<b>Gravidade</b>
A- ALTA	$\geq 50$	3
M- MÉDIA	20 –50	2
B-BAIXA	$\leq 20$	1
<b>Demais defeitos (trincas e deformações)</b>		
<b>Frequência</b>	<b>Fatores Ft e Foap (%)</b>	<b>Gravidade</b>
A- ALTA	$\geq 50$	3
M- MÉDIA	50 –10	2
B-BAIXA	$\leq 10$	1

Fonte: DNIT, 2003.

Tabela 4- Pesos para cálculo

<b>Gravidade</b>	<b>Pt</b>	<b>Poap</b>	<b>Ppr</b>
3	0,65	1,00	1,00
2	0,45	0,70	0,80
1	0,30	0,60	0,70

Fonte: DNIT, 2003.

Posteriormente, a realização do cálculo do ICPF, que baseia-se na média aritmética dos índices obtidos no formulário de levantamento (Anexo A), os resultados do índice foram lançados no Quadro Resumo (Anexo B) apresentado pela norma do DNIT 008/2003.

$$ICPF = \frac{\sum ICPF}{\text{quantidade de segmentos}} \quad (2)$$

Após o cálculo do ICPF, se calculou a média aritmética do IGGE, da seguinte forma:

$$IGGE = \frac{\sum IGGE}{\text{quantidade de segmentos}} \quad (3)$$



Por último se definiu o IES (Índice do Estado da Superfície), que designa através do ICPF e do IGGE. O IES determina o grau de degradação do pavimento, conforme a Tabela 5:

Tabela 5- Índice do Estado da Superfície do pavimento

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

Fonte: DNIT, 2003.

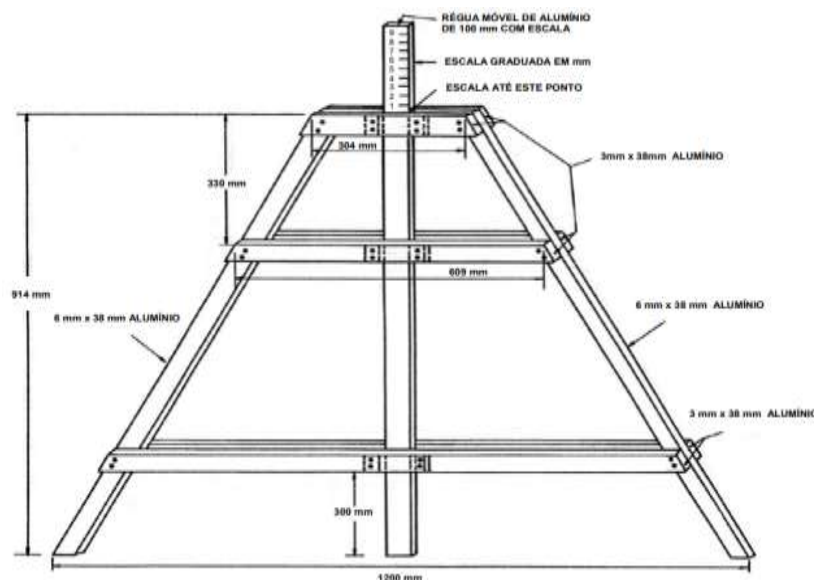
### 3.4 AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

A análise é realizada através da avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis embasado na norma DNIT 006/2003- PRO, na qual prescreve as condições exigíveis para avaliação.

#### 3.4.1 Condições Gerais do Levantamento

Para a realização de avaliação da superfície se utilizou uma régua de alumínio, tendo como base 1,20m de comprimento, instalada uma régua móvel em seu ponto médio, para possível medição das flechas da trilha de roda (Figura 23), utilizando como material de auxilio uma caneta e formulário.

Figura 23- Treliça para medição das flechas da trilha de roda



Fonte: DNIT, 2003.

As superfícies avaliadas: trilhas de roda interna (TRI) e externa (TRE) foram medidas em milímetros e posteriormente, os valores obtidos lançados no Anexo C.

Após o levantamento dos dados referente aos pavimentos, identificou-se os defeitos e os subdividiram seguindo a classificações da Tabela 6, analisando a codificação (Quadro 1).

Tabela 6- Valor do fator de Ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER “Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia” (ver item 6.4 e Anexo D)	Fator de Ponderação fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT, 2003

Quadro 1- Resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

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

Fonte: DNIT, 2003

Em seguida calculou a frequência absoluta, equivalente ao número de vezes em que a ocorrência foi verificada.

$$FR = \frac{Fa \times 100}{n} \quad (4)$$

Onde:

- Fr : frequência relativa;
- Fa : frequência absoluta;
- n: número de estações inventariadas.

Definindo-se média de variância para as flechas TRI e TRE medidas.

$$\bar{X} = \frac{\sum xi}{n} \quad (5)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(xi-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (6)$$

- $\bar{X}$  : média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);
- xi : valores individuais;
- s : desvio padrão dos valores das flechas medidas;
- s<sup>2</sup> : variância.

Para cada uma das ocorrências listadas se calculou o Índice de Gravidade Individual (IGI) com a seguinte fórmula:

$$IGI = fr \times fp \quad (7)$$

Em que:

- fr: frequência relativa;
- fp: fator de ponderação, obtido com a Tabela 6.

O Índice de Gravidade Global foi calculado para cada trecho homogêneo preenchendo o Anexo D. O IGG é calculado de acordo com o IGI, obtido através da seguinte fórmula:

$$IGG = \sum IGI \quad (8)$$

A tabela a seguir retrata o grau de degradação da superfície analisada (Tabela 7).

Tabela 7- Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

<b>Descrição</b>	<b>Limites</b>
ÓTIMO	$IGG \leq 20$
BOM	$20 < IGG \leq 30$
REGULAR	$40 < IGG \leq 80$
RUIM	$80 < IGG \leq 160$
PÉSSIMO	$IGG > 160$

Fonte: DNIT, 2003

Os anexos C e D foram preenchidos, de acordo com os dados obtidos.

## 4 RESULTADO E DISCUSSÕES

### 4.1 DELIMITAÇÃO DO TRECHO

#### 4.1.1 Apinajé

A estação analisada possui uma extensão de aproximadamente 310 m, conforme a Figura 24, estando localizada nas coordenadas de Latitude  $10^{\circ}10'44.80''S$ ; longitude  $48^{\circ}20'2.37''O$ . Foi elegida devido ser a única estação localizada na região norte de Palmas, contando com um grande volume de tráfego dos veículos.

Figura 24- Localização do trecho escolhido



Fonte: Google Earth

#### 4.1.2 Xambioá

O trecho examinado (Figura 25), está localizado nas coordenadas Latitude  $10^{\circ}13'12.40''S$ ; Longitude  $48^{\circ}19'50.02''O$ , possuindo uma extensão de aproximadamente 104 m. Este trecho é de grande importância quando se trata do fluxo de ônibus na cidade, pois através desta, os usuários podem se deslocar para as quadras vizinhas.

Figura 25- Localização do trecho escolhido



Fonte: Autor, 2019.

### 4.1.2 Krahô

O ponto avaliado se localiza nas coordenadas Latitude  $10^{\circ}15'24.73''S$ ; longitude  $48^{\circ}19'58.19''O$ , situado na avenida Teotônio Segurado, tendo uma extensão de aproximadamente 83 m, conforme Figura 26.

Figura 26- Localização



Fonte: Autor, 2019.

## 4.2 LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO

O LVC determinado pelo DNIT 008/2003- PRO se dá por conferir e representar o estado da condição do pavimento, se tornando útil para uma provável restauração, visto que as causas da degradação do pavimento podem ser determinadas. A análise da situação geral do pavimento é a etapa mais importante do levantamento das condições da superfície.

### 4.2.1 Apinajé

No Quadro 2 apresentam os resultados obtidos através do levantamento em campo, mostrando as frequências de cada defeito. Assim como o ICPF estabelecido na Tabela 2, no qual determina o condição do pavimento, através da avaliação visual.

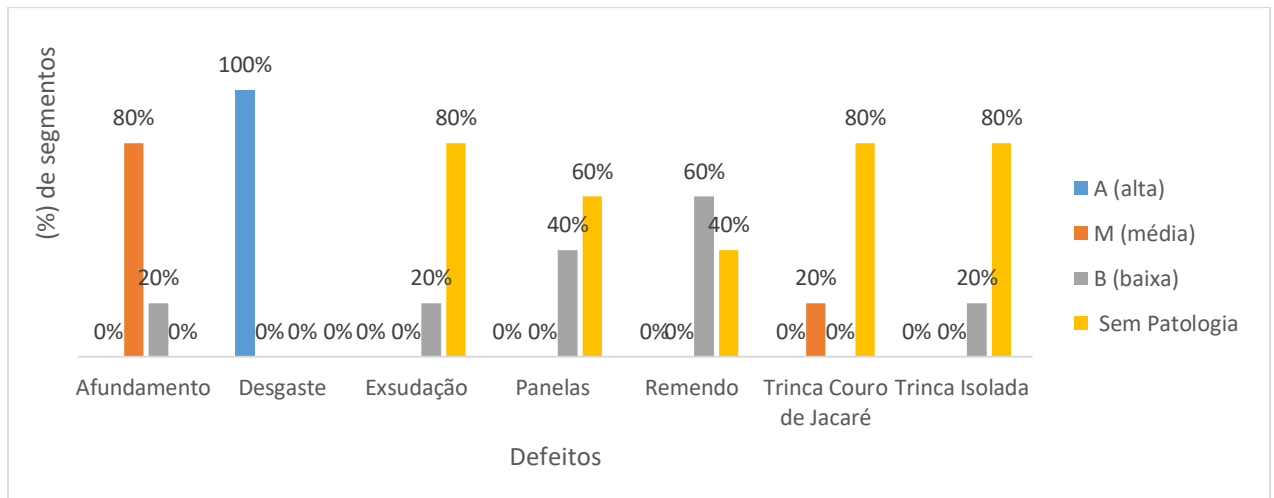
Quadro 2- Formulário para o levantamento visual contínuo: Apinajé

Ext. :		Nº PISTA/LADO : 1											
Largura da Pista:					Largura do Acostamento:								
SEG MEN TO	FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										I	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	
	Nº DO SEG	Ext	P	TRINCAS			R	DEFOR- MAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			C P F
T R				T J	TB	AF		O	D	EX	E		
1	48,56					B	M		A			2	CBUQ
2	41,02	B				B	M		A			2	CBUQ
3	96,22						M		A	B		3	CBUQ
4	78,92	B	B			B	M		A			3	CBUQ
5	42,57			M			B		A			4	CBUQ

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 27, mostra a porcentagem dos segmentos com alta, média e baixa frequência.

Figura 27- Porcentagem de segmentos com as frequências de cada defeito



Fonte: Autor, 2019

Através do formulário, nota-se que todo trecho possui desgaste (D), se caracterizando como alta frequência, com 20 % de trincas isoladas (TR), possuindo Trinca Couro de Jacaré (TJ) sendo frequente em 20%, ao longo trecho pôde observar que as panelas (P) estão presentes em 40%, caracterizando-se como baixa. Os remendos (R) estão presentes em 60% do segmento, possuindo também uma elevada frequência de afundamentos. Os defeitos de exsudação (EX) se classificaram em uma porcentagem de 20%.

O Quadro 3 retrata os cálculos dos Índices de Gravidade Global Expedito (IGGE) de cada segmento avaliado, sendo que estes foram realizados seguindo a Eq. (1), descrevendo os resultados. A tabela relata as frequências e pesos determinados, do conjunto de trincas (Ft, Pt), de deformações (Foap, Poap) e de painéis e remendos (Fpr, Ppr).

Quadro 3- Cálculo do IGGE

CÁLCULO DO IGGE: APINAJÉ												
MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS IGGE- ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (CÁLCULO)										Folha de:	
Código PNV Trecho do pnv	Ext. PNV:	Ext. EXEC.:	UNIT.:		Nº PISTA /LAD O:	VMD:	MÊS/ ANO: 07 DE SETEMBR O DE 2019	MR Nº:	MR Nº:			
	INÍCIO:	Largura da pista:										
	FIM:	Largura do acostamento:										
SEGMENTO		TRINCAS			DEFORMAÇÕES			Painel + Remendo			(Ft x Pt) + (Foap+ Poap)+ (Fpr+Ppr)	
Nº DO SEG	EXTENSÃO	Ft %	Pt	Ft x Pt	Fo ap %	Poap %	Foap x Poap	Fpr nº	Ppr	Fpr x Ppr		
1	48,56	0	0,3	0	35	0,7	24,5	1	0,7	0,7	25,2	
2	41,02	0	0,3	0	35	0,7	24,5	3	0,8	2,4	26,9	
3	96,22	0	0,3	0	50	0,7	35	0	0,7	0	35	
4	78,92	10	0,3	3	45	0,7	31,5	2	0,8	1,6	36,1	
5	42,57	35	0,45	15,75	10	0,6	6	0	0,7	0	21,75	

Fonte: Elaborado pelo autor

Após os dados coletados e lançados na tabela, obtiveram-se as médias aritméticas do ICPF e do IGGE dos segmentos, sendo assim:

$$\sum \text{ICPF} = 2+2+3+3+4 = 14$$

$$\sum \text{IGGE} = 25,2+26,9+35+36,1+21,75 = 144,95$$

$$\sum \text{ICPF} = \frac{14}{5} = 2,8 \quad (9)$$

$$\sum \text{IGGE} = \frac{144,95}{5} = 28,99 \quad (10)$$

Através dos índices ICPF e IGGE, o trecho pode ser classificado o IES como “Regular”, nota-se então que diante desse estado, devem ser realizadas correções em pontos localizados ou recapeamento. O Quadro 4 demonstra um resumo com os resultados obtidos a partir do levantamento visual contínuo.



Quadro 4-Resumo

QUADRO RESUMO: APINAJÉ									
MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS RESULTADOS DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO						Folha de:		
Código PNV Trecho do pnv	Ext. PNV:	Ext. EXEC.:			UNIT.:	Nº PISTA/ LADO: 1	MÊS/ ANO: 07 DE SETEMBRO DE 2019	MR Nº:	MR Nº:
	INÍCIO:	Largura da pista:							
	FIM:	Largura do acostamento:							
Nº DO SEG	SEGMENTO			RESULTADOS					
	Extensão		ICPF	IGGE	IES				
					Valor	Cód.	Conceito		
1	48,56	2	25,2	3	C	REGULAR			
2	41,02	2	26,9	3	C	REGULAR			
3	96,22	3	35	3	C	REGULAR			
4	78,92	3	36,1	3	C	REGULAR			
5	42,57	4	21,75	2	B	BOM			
TRECHO		2,8	28,99	3	C	REGULAR			

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.2 Xambioá

O Quadro 5 é resultado do levantamento dos tipos de patologias apresentadas ao longo do trecho, indicando a condição e frequência dos defeitos.

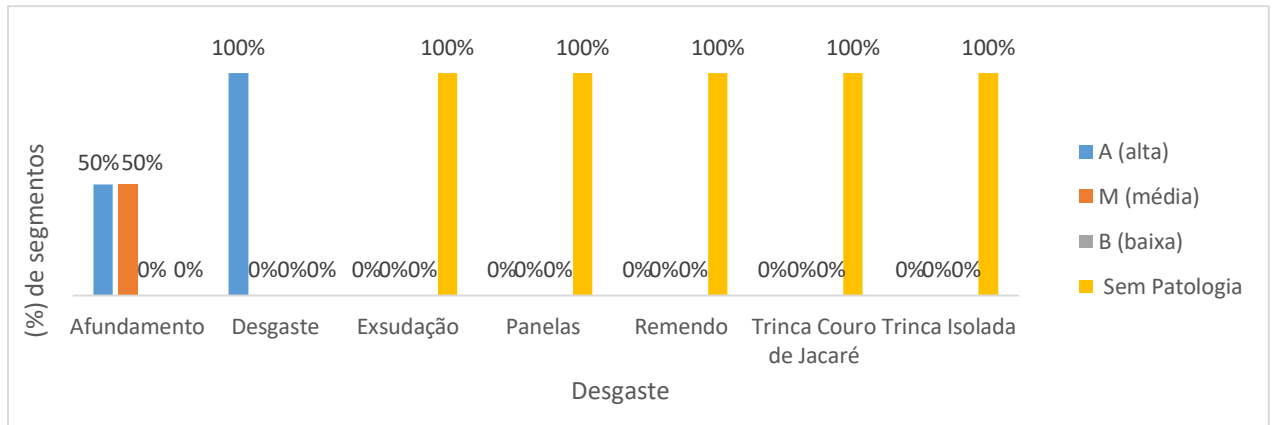
Quadro 5- Formulário para o levantamento Visual Contínuo

Ext. :		Nº PISTA/LADO : 1										
Largura da Pista:				Largura do Acostamento:								
SEG MEN TO	FREQUÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)									I  C  P  F	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	
	Nº DO SE G	Ext	TRINCAS			DEFOR- MAÇÕES		OUTROS DEFEITOS			TIPO DE REVESTIMENTO	
P			T R	T J	TB	R	AF	O	D	EX		E
1	49,13						A		A	A	1	CBUQ
2	54,86						B		A		3,5	CBUQ

Fonte: Elaborado pelo autor

Através dos resultados do Quadro 5 foi possível produzir o gráfico presente na Figura 28, referente a frequência dos defeitos identificados, seguidos da porcentagem de ocorrência das patologias no trecho, classificando-as como alta, média ou baixa frequência.

Figura 28- Porcentagem de segmentos com as frequências de cada defeito



Fonte: Autor, 2019

O defeito de desgaste está presente em 100% do trecho, sendo a manifestação patológica mais frequente. Em seguida, o afundamento aparece com a porcentagem dividida entre alta e média. As outras manifestações apresentadas no gráfico não foram identificadas no trecho analisado.

De acordo com o formulário do LVC, foram obtidos o quantitativo de patologias no trecho. Através das tabelas que fornecem os valores dos pesos e frequências de defeitos, foi possível realizar o cálculo do Índice de Gravidade Global Expedido (IGGE), conforme o Quadro 6.

Quadro 6- Cálculo do IGGE

CÁLCULO DO IGGE: XABIOÁ											
MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS IGGE- ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (CÁLCULO)										Folha de:
Código PNV Trecho do pnv	Ext. PNV:	Ext. EXEC.:	UNIT.:	Nº PISTA/LADO :	VMD :	MÊS/ ANO: 07 DE SETEMBRO DE 2019	MR Nº:	MR Nº:			
	INÍCIO:	Largura da pista:									
	FIM:	Largura do acostamento:									
SEGMENTO		TRINCAS			DEFORMAÇÕES			Painela + Remendo			IGGE=(Ft x Pt)+(Foap+Poap)+(Fpr+Ppr)
Nº DO SEG	EXTENSÃO	Ft %	Pt	Ft x Pt	Foap %	Poap %	Foap x Poap	Fpr nº	Ppr	Fpr x Ppr	
1	22,84	0	0,3	0	50	1	50	0	0,7	0	
2	29,86	0	0,3	0	10	0,6	6	0	0,7	0	6

Fonte: Elaborado pelo autor

A última etapa do Levantamento Visual Contínuo é o quadro de resumos, no qual o Índice de Estado da Superfície do Pavimento (IES) indica um código e conceito sobre cada

trecho analisado de acordo com o Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF) e do Índice Global Expedito (IGGE), como podemos visualizar os resultados no Quadro 7.

Quadro 7- Resumo

QUADRO RESUMO: XAMBIOÁ								
MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS RESULTADOS DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO						Folha de:	
Código PNV Trecho do pnv	Ext. PNV:	Ext. EXEC.:			UNIT.:	Nº PISTA/ LADO: 1	MÊS/ ANO: 07 DE SETEMBRO DE 2019	MR Nº:
	INÍCIO:	Largura da pista:						
	FIM:	Largura do acostamento:						
Nº DO SEG	SEGMENTO			RESULTADOS				
	Extensão	ICPF	IGGE	IES				
				Valor	Cód.	Conceito		
1	22,84	1	50	5	D	RUIM		
2	29,86	3,5	6	1	B	BOM		
TRECHO		2,25	28	3	C	REGULAR		

Fonte: Elaborado pelo autor

Através dos dados do quadro de cálculo IGGE atingiu o seguinte resultado para o ICPF e IGGE:

$$\sum \text{ICPF} = 1 + 3,5 = 4,5$$

$$\sum \text{IGGE} = 50 + 6 = 56$$

$$\sum \text{ICPF} = \frac{4,5}{2} = 2,25 \quad (11)$$

$$\sum \text{IGGE} = \frac{56}{2} = 28 \quad (12)$$

O trecho da estação avaliada classificou-se como regular - conforme o resultado do Levantamento Visual Contínuo - deve ser realizado uma correção dos pontos localizados ou recapeamento.

#### 4.2.3 Krahô

O levantamento contínuo foi realizado conforme as orientações já descritas na metodologia, através dele foi possível obter as ocorrências das patologias nos trechos e com isso, feito a quantificação. Os trechos com defeitos e os seus níveis de severidade, de acordo com o Quadro 8.

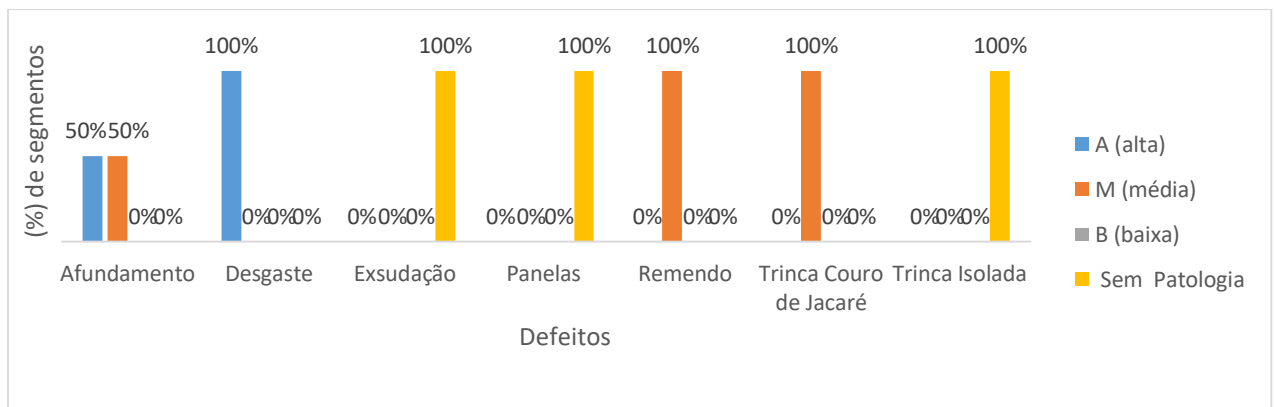
Quadro 8- Formulário para o levantamento Visual Contínuo

Ext. :		N° PISTA/LADO : 1											
Largura da Pista:					Largura do Acostamento:								
SEGMENTO		FREQÜÊNCIA DE DEFEITOS (A, M, B, ou S)										INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	
N° DO SEG	Ext	TRINCAS			R	DEFORMAÇÕES			OUTROS DEFEITOS			I C P F	TIPO DE REVESTIMENTO
		T R	T J	T B		A F	O	D	EX	E			
1	38,55			M	M	A		A		M	1	CBUQ	
2	43,87			M	M	B		A		M	3	CBUQ	

Fonte: Elaborado pelo autor

Através dos resultados do Quadro 8, foi possível produzir o gráfico presente na Figura 26, referente a frequência dos defeitos identificados, seguidos da porcentagem de ocorrência das patologias no trecho, classificando-as como alta, média ou baixa frequência

Figura 29- Porcentagem de segmentos com as frequências de cada defeito



Fonte: Autor, 2019

De acordo com os dados obtidos através do levantamento visual contínuo prescrito pela norma do DNIT 008/2003 e analisando a Figura 29, foi possível perceber o grande índice de ocorrências de desgastes caracterizando-se como alta, seguidos de afundamentos que se classificaram como alta e média frequência.

Após os levantamentos das patologias em campo foi calculado o IGGE que leva em consideração a frequência e o peso de cada patologia, conforme o Quadro 9.

Quadro 9- Cálculo do IGGE

CÁLCULO DO IGGE: XABIOÁ											
MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS IGGE- ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (CÁLCULO)										Folha de:
Código PNV Trecho do pnv	Ext. PNV:	Ext. EXEC.:	UNIT.:		Nº PISTA/LADO :	VMD :	MÊS/ ANO: 07 DE SETEMBRO DE 2019	MR Nº:	MR Nº:		
	INÍCIO:	Largura da pista:									
	FIM:	Largura do acostamento:									
SEGMENTO		TRINCAS		DEFORMAÇÕES			Panela + Remendo			IGGE=(Ft x Pt)+(Foap+Poap)+(Fpr+Ppr)	
Nº DO SEG	EXTENSÃO	Ft %	Pt	Ft x Pt	Foap %	Poap %	Foap x Poap	Fpr nº	Ppr		Fpr x Ppr
1	35,17	45	0,45	20,25	50	1	50	2	0,7	1,4	71,65
2	40,48	35	0,45	15,75	40	0,7	28	3	0,8	2,4	46,15

Fonte: Elaborado pelo autor

Com os dados levantados obteve-se o valor do IGGE de 58,9m e um ICPF de 2, sendo possível estabelecer o índice do estado da superfície do pavimento como 5 (Quadro 10), mostrando que o estado da pavimentação é ruim.

$$\sum \text{ICPF} = 1+3 = 4$$

$$\sum \text{IGGE} = 71,65+46,15 = 117,80$$

$$\sum \text{ICPF} = \frac{4}{2} = 2 \quad (13)$$

$$\sum \text{IGGE} = \frac{117,80}{2} = 58,90 \quad (14)$$

Quadro 10- Resumo

QUADRO RESUMO: KRAHÔ											
MT DNIT	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDOS RESULTADOS DO LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO										Folha de:
Código PNV Trecho do pnv	Ext. PNV:	Ext. EXEC.:		UNIT.:	Nº PISTA/LADO: 1	MÊS/ ANO: 07 DE SETEMBRO DE 2019	MR Nº:	MR Nº:			
	INÍCIO:	Largura da pista:									
	FIM:	Largura do acostamento:									
Nº DO SEG	SEGMENTO	RESULTADOS									
	Extensão	ICPF	IGGE	IES							
				Valor	Cód.	Conceito					
1	35,17	1	71,65	8	E	PÉSSIMO					
2	40,48	3	46,15	4	C	REGULAR					
TRECHO		2	58,9	5	D	RUIM					

Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.3 AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE

#### 4.3.1 Apinajé

Quadro 11- Formulário de Inventário do estado da superfície

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																						
RODOVIA: AV. TEOTÔNIO SEGURADO										OPERADOR:					FOLHA:							
TRECHO: ESTAÇÃO APINAJÉ										REVESTIMENTO:					ESTACA OU QUILOMETRO							
SUBTRECHO:										DATA: 07 DE SETEMBRO DE 2019												
Pontos	TRINCAS						AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS					
	ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLID													
	FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC- 2		FC- 3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE
	1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm
1												x						x	x		10	22
2												x			x			x	x		7	11,5
3												x					x	x			5	8
4						x						x			x			x	x		6	10
5							x					x						x			18	18

Fonte: Elaborado pelo autor

Por meio dos Quadro 11 foi possível analisar de forma sucinta, quais foram os tipos de defeitos identificados do trecho estudado, dividindo e avaliando cada ponto.

Desta forma, identificou-se as seguintes patologias em cada ponto:

- Ponto 1: Afundamento de consolidação (ALC), e os desgastes (D) foram identificados ao longo de todo trecho, aparecendo também remendos (R);
- Ponto 2: Afundamento de consolidação (ALC), as painelas (P), desgaste (D) e remendo (R);
- Ponto 3: Afundamento de consolidação (ALC), exsudação (EX) e desgaste (D).
- Ponto 4: Trincas isoladas (TRR), afundamento de consolidação (ALC), painela (P), desgaste (D) e remendo (R);
- Ponto 5: Trinca de jacaré (J), afundamento de consolidação (ALC) e desgaste (D).

Inicialmente para o cálculo do IGG é necessário encontrar a frequência relativa de cada tipo de defeitos utilizando a equação (4), em seguida calcula-se IGI de cada tipo de defeito de acordo com a equação (7), relacionando o fator de ponderação expresso na Tabela (6). Os valores calculados são expressos utilizando a planilha de cálculo do IGG (Tabela 7) seguindo a norma do DNIT 006/2003- PRO. Por fim, o índice de gravidade global é encontrado fazendo somatório dos índices de gravidade individuais equação (8).

A Tabela 8 apresenta os valores encontrados através do levantamento, assim como os valores calculados para se obter o IGG.

Tabela 8- Cálculo do Índice de Gravidade Global

CÁLCULO DO IGG: APINAJÉ						
TIPO	NATUREZA DO DEFEITO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA		FREQUÊNCIA RELATIVA	FATOR DE PONDERAÇÃO	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL
1	FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TER	1		20	0,2	4
2	(FCII) J, TB	1		20	0,5	10
3	(FCIII) JE, TBE	0		0	0,8	0
4	ALP, ATP, ALC, ATC	5		100	0,9	90
5	O, P, E	2		40	1	40
6	Ex	1		20	0,5	10
7	D	5		100	0,3	30
8	R	3		60	0,6	36
9	F= TRI+ TER/2	9,2	13,9	11,55	1,33	15,36
10	F= TRIv + TREv/2	27,7	34,5	31,1	31,1	31,1
NÚMERO DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS		5		IGI= F x 4/3, quando F ≤ 30		IGI= FV, quando FV ≤ 50
ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL		266,46		IGI= 40, quando F > 30		IGI= FV, quando > 50

Fonte: Elaborado pelo autor

Com o valor do Índice de Gravidade Global calculado, foi possível verificar, analisando de acordo com a Tabela 7, que o valor encontrado para o trecho estudado se resulta em 266,46 se classificando como de péssima qualidade.

Os defeitos que mais influenciam para o IGG ser ruim são os afundamentos identificados no trecho. Somente o afundamento eleva o IGG para 90, devido ser o defeito que mais danifica a camada de rolamento do pavimento.

#### 4.3.2 Xambioá

Quadro 12- Formulário de Inventário do estado da superfície

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																							
RODOVIA: AV. TEOTÔNIO SEGURADO										OPERADOR:					FOLHA:								
TRECHO: ESTAÇÃO XABIOÁ										REVESTIMENTO:					ESTACA OU QUILOMETRO								
SUBTRECHO:										DATA: 07 DE SETEMBRO DE 2019													
Pontos	TRINCAS						AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS						
	ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLID										
	FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	TRI	TRE	
	1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm	
1													x									20	42
2													x									17	30

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme o Quadro 12 foi possível analisar nos pontos estudados a presença das seguintes patologias:

- Ponto 1: Afundamento plástico local (ALP), afundamento de consolidação (ALC) e os desgastes (D);
- Ponto 2: Afundamento de consolidação (ALC), e desgaste (D) ao longo de todo trecho analisado.

Tabela 9- Planilha de Cálculo do Índice de Gravidade Global

CÁLCULO DO IGG: XAMBIOÁ						
TIPO	NATUREZA DO DEFEITO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA		FREQUÊNCIA RELATIVA	FATOR DE PONDERAÇÃO	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL
1	(FCI) F, TTC, TTL, TLC, TLL, TER	0		0	0,2	0
2	(FCII) J, TB	0		0	0,5	0
3	(FCIII) JE, TBE	0		0	0,8	0
4	ALP, ATP, ALC, ATC	3		150	0,9	135
5	O, P, E	1		50	1	50
6	Ex	0		0	0,5	0
7	D	2		100	0,3	30
8	R	0		0	0,6	0
9	F= TRI+ TER/2	18,5	36	27,25	1,33	36,24
10	F= TRI <sub>v</sub> + TRE <sub>v</sub> /2	4,5	72	38,25	38,25	38,25
NÚMERO DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS		2		IGI= F x 4/3, quando F ≤ 30		IGI= FV, quando FV ≤ 50
ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL		289,49		IGI= 40, quando F > 30		IGI= FV, quando > 50

Fonte: Elaborado pelo autor

Através do valor 289,49 resultante do cálculo de IGG (Tabela 9), caracteriza-se o grau de degradação do pavimento como em péssima condição, o que significa está insatisfatório, podendo ser considerada péssima para o conforto, a segurança e trafegabilidade para os usuários.

### 4.3.3 Krahô

Quadro 13- Formulário de Inventário do estado da superfície

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																						
RODOVIA: AV. TEOTÔNIO SEGURADO										OPERADOR:										FOLHA:		
TRECHO: ESTAÇÃO KRAHÔ										REVESTIMENTO:										ESTACA OU QUILOMETRO		
SUBTRECHO:										DATA: 07 DE SETEMBRO DE 2019												
Pontos	TRINCAS						AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS								TRINCAS RODAS			
	ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLID										TRI mm	TRE mm		
	FI 1	TTC 1	TTL 1	TLC 1	TLL 1	TRR 1	FC-2		FC-3		ALP 4	ATP 4	ALC 4	ATC 4	O 5	P 5	E 5	EX 6			D 7	R 8
	J 2	TB 2	JE 3	TBE 3																		
1							x							x			x		x	x	17	30
2							x				x						x		x	x	7,5	22

Fonte: Elaborado pelo autor



Por se tratar de uma avaliação técnica, foi possível perceber as ocorrências patológicas no trecho avaliado conforme o Quadro 13.

- Ponto 1: Trinca de jacaré (J), afundamento de consolidação (ALC), escorregamento (E), desgastes (D) e remendos (R);
- Ponto 2: Trinca de jacaré (J), afundamento plástico local (ALP), escorregamento (E), desgastes (D) e remendos (R);

Finalizando os cálculos, pode-se encontrar os valores do Índice de gravidade Individual (IGI) e o resultado do Índice de Gravida Global (IGG), o procedimento posterior foi a classificação do pavimento de acordo com a Tabela 7 (Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG). A nota obtida do IGG na Tabela 10 foi de 394,00 (P), classificada de acordo com a norma do DNIT 006/2003.

Tabela 10- Planilha de Cálculo do Índice de Gravidade Global

CÁLCULO DO IGG: KRAHÔ						
TIPO	NATUREZA DO DEFEITO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA		FREQUÊNCIA RELATIVA	FATOR DE PONDERAÇÃO	ÍNDICE DE GRAVIDADE INDIVIDUAL
1	(FCI) F, TTC, TTL, TLC, TLL, TER	0		0	0,2	0
2	(FCII) J, TB	2		100	0,5	50
3	(FCIII) JE, TBE	0		0	0,8	0
4	ALP, ATP, ALC, ATC	2		100	0,9	90
5	O, P, E	2		100	1	100
6	Ex	0		0	0,5	0
7	D	2		100	0,3	30
8	R	2		100	0,6	60
9	$F = \text{TRI} + \text{TER}/2$	12,25	26	19,13	1,33	25,44
10	$F = \text{TRIV} + \text{TREv}/2$	45,13	32	38,57	38,57	38,57
NÚMERO DE ESTAÇÕES INVENTARIADAS		2		$\text{IGI} = F \times 4/3$ , quando $F \leq 30$		$\text{IGI} = \text{FV}$ , quando $\text{FV} \leq 50$
ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL		394,00		$\text{IGI} = 40$ , quando $F > 30$		$\text{IGI} = \text{FV}$ , quando $> 50$

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.4 PATOLOGIAS IDENTIFICADAS

Para identificação das deformações, as análises foram realizadas nos dias 07 e 08 de setembro de 2019. De acordo com o que preconiza a norma do DNIT 005/2003 na avaliação do pavimento deve conter relatórios fotográficos.

Apresenta-se a seguir as patologias identificadas no pavimento asfáltico.

##### 4.4.1 Desgaste

Na Figura 30 verificou-se a ocorrência de desgaste, estas sendo localizadas nas três estações analisadas.

O desgaste é resultado do desprendimento de agregado, podendo ser provocado pela perda de coesão entre o agregado e o ligante, devido a ação do tráfego juntamente com as condições climáticas, execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis, deslocamento da película betuminosa, devido pressões hidrostáticas ou falha dos bicos espargidores.

Figura 30- Desgaste



Fonte: Autor, 2019.

#### 4.4.2 Escorregamento

Dentre os defeitos observados, o escorregamento de massa é bastante acentuado na estação Xambioá, conforme a Figura 31.

Figura 31- Escorregamento



Fonte: Autor, 2019.

O escorregamento pode ser ocasionado por ligação inadequada entre o revestimento e a camada de ligação, compactação inadequada ou deficiente. No ponto analisado ocorreu devido ser uma área de frenagem. A ocorrência indica baixa aderência entre a camada de revestimento e a base ou a baixa resistência da massa asfáltica.

#### 4.4.3 Afundamento

As deformações por afundamento (Figura 32) estão acentuadas em alguns pontos do trechos analisados, estes foram identificados nas três estações.

Este defeito é resultante do deslocamento entre as camadas.

Figura 32- Afundamento



Fonte: Autor, 2019.

#### 4.4.4 Remendo

Há uma quantidade considerável de remendos encontrados na estação Krahô, conforme a Figura 33, localizados também na Apinajé mas com menor frequência.

Esses remendos podem ser considerados defeitos pelo fato de causarem desconforto devido o uso de material de má qualidade e a má execução.

Figura 33- Remendo



Fonte: Autor, 2019.

#### 4.4.5 Trinca de Jacaré

A existência dessa patologia foi identificada nas estações Apinajé e Krahô. As fendas (Figura 34) podem ser provocadas pela mudança de temperatura que causam contrações no revestimento.

Figura 34- Trinca Couro de Jacaré



Fonte: Autor, 2019.

#### 4.4.6 Exsudação

Na estação Apinajé foi possível verificar a existência de afundamento plástico, conforme a Figura 35. Este pode ter ocorrido devido a dosagem inadequada ou falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante.

Figura 35- Afundamento Plástico



Fonte: Autor, 2019.

#### 4.4.7 Panelas

Como pode-se observar, foram encontradas patologias do tipo Panelas (Figura 36) na estação Apinajé. Notou-se que esta patologia se deu devido ao surgimento de trincas por fadiga, que causaram deslocamento da camada da superfície do asfalto, podendo sofrer uma evolução dependendo da ação do tráfego e dos fatores climáticos.

Figura 36- Panela



Fonte: Autor, 2019.

#### 4.5 MÉTODOS DE CORREÇÃO

Todo pavimento necessita de manutenção e reparos frequentes. Para adotar técnicas de reparos, recuperação e manutenção é necessário o diagnóstico das patologias, determinando as prováveis causas e as medidas viáveis, atendendo os critérios do projeto e econômico.

Para as patologias identificadas nas estações avaliadas apresenta-se alguns procedimentos de recuperação e reparos.

##### 4.5.1 Apinajé

A partir dos resultados obtidos, nota-se que não há necessidade de retirar a estrutura do pavimento, pois as patologias identificadas são superficiais e não comprometem a camadas inferiores do pavimento.

Na estação Apinajé propõe-se a correção de pontos localizados e recapeamento para a recuperação do pavimento trincado e das panelas e remendos poucos frequentes que foram identificados.

Para que o procedimento seja executado corretamente, as etapas a serem seguidas são:

- Fazer limpeza de todo material solto;
- Recortar a área afetada em cantos retos;
- Pintar fundo e laterais do buraco com o revestimento betuminoso, preparando a superfície para recebimento do material;
- Preencher o buraco com a massa;
- No final, fazer compactação para eliminação de vazios e evitar a infiltração de água.

##### 4.5.2 Xambioá e Krahô

Devido a concentração de diversas patologias encontradas nas estações Xambioá e Krahô, a proposta ideal:

- a) Reparo de panelas ou buracos;
- b) Recomposição de segmentos trincados por fadiga;
- c) Reperfilamento.

Para isso deve ser feita a remoção do revestimento asfáltico existente e da base até a espessura necessária, refazendo a camada de base e executando a compactação de maneira correta. E por fim, execução do novo revestimento em CBUQ.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a funcionalidade de três estações de transporte público de Palmas- TO, mediante a contagem e classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações nas trilhas de rodas, regida pela norma do DNIT 006/2003-PRO, além de determinar a condição do pavimento, seguindo a norma DNIT 008/2003-PRO.

Através da análise somada à inspeção durante o estudo, foi possível identificar que as referidas estações apresentam manifestações patológicas generalizadas, acarretando problemas funcionais e de durabilidade, de acordo com os parâmetros disponibilizados pelo DNIT. Os principais defeitos responsáveis pelo comprometimento dessas são os desgastes, os deslizamentos, as trincas e afundamentos.

Para analisar a eficiência do pavimento, primeiramente, verificou-se a ocorrência das deformações e desagregações existentes. No entanto, vê-se que as patologias acontecem por diversos fatores, por falhas de execução e/ou agentes naturais.

Com relação ao estado de superfície do pavimento, realizado através do levantamento visual contínuo, os trechos da estação Apinajé e Xambioá apresentaram uma condição regular, e através da interpretação dos dados e da norma do DNIT 008/2003 conclui-se que para sanar as patologias e melhorar a trafegabilidade necessitaria de recapeamento e correção de pontos localizados. Na estação Krahô para o reparo correto do pavimento seria um recapeamento com correções prévias em áreas localizadas.

Na realização do ensaio do IGG- DNIT 006/2003, foi possível analisar as patologias e ocorrências de desgaste apresentadas pelo pavimento, com a finalidade de verificar se o pavimento possuía condições de tráfego. De acordo com a avaliação, o pavimento apresentou nas três estações como com uma condição péssima com trincas, fissuras e desgastes decorrentes do volume de tráfego e ao desgaste natural da parada dos ônibus.

Conclui-se que é válido a realização de estudos que elaboram medidas de prevenção e conservação do pavimento. Desse modo, o agravamento das condições do pavimento será evitado, e consequentemente seus custos serão menores.

## REFERÊNCIAS

BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo, oficina de Textos; 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ABEDA, 2006.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 6ª edição, 1988.

CHIOSSI, Nivaldo José. **Geologia de engenharia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

DNIT, **Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos**- Procedimento, Rio de Janeiro- RJ, 2003.

\_\_\_\_\_. **Manual de Pavimentação**, IPR/DNIT/ABNT, Publicação 719, Rio de Janeiro, Brail, 2006.

\_\_\_\_\_. **Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos** - Terminologia, Rio de Janeiro – RJ, 2003.

\_\_\_\_\_. **Levantamento Visual Contínuo para Avaliação da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos** - Procedimento, Rio de Janeiro – RJ, 2003.

\_\_\_\_\_. **Pavimentação asfáltica: Recuperação de defeitos em pavimentos asfálticos**- Especificação de serviço, Rio de Janeiro- RJ, 2010.

Gusmão Filho, **Jaime de Azevedo**. **Solos da formação geológica ao uso na engenharia**. 2ª ed. Recife. Editora Universitária da UFPE, 2008.

KLAMT, R. A.; SPECHT, L. P.; BUDNY, J.; KNIERIM, L. S. **A influência da sobrecarga nos pavimentos e a importância da fiscalização de pesagem veicular nas rodovias brasileiras**. Revista CIATEC– UPF, v. 9 (2), p. 52-65. 2017.

RIBEIRO, T. P. **Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento, ano 2. v. 1, p. 733-754. set. 2017.

ROCHA. R. S. **Patologias de Pavimentos Asfálticos e suas Recuperações** – Estudo de caso da Avenida Pinto de Aguiar. 2009. 24 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Católica do Salvador, Salvador, BA, 2009.

Senço, W. 1929. **Manual de Técnicas de Pavimentação**, Vol.1. 2ª. ed. São Paulo. Editora PINI, 2007.

SILVA, Paulo Fernando. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2008. v. 1.



YOSHIZANE, Prof. Hiroshi Paulo. Defeitos, **Manutenção e Reabilitação de Pavimento Asfáltico**. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET, Limeira, 2005.







## ANEXO D

RODOVIA: PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						Data:	Folha:
TRECHO:						Estaca ou Quilômetro	Estaca ou Quilômetro
SUB-TRECHO:						REVESTIMENTO TIPO:	
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR				0,2		
2	(FC - 2) J, TB				0,5		
3	(FC - 3) JE, TBE				0,8		
4	ALP, ATP, ALC, ATC		X		0,9		
5	O, P, E		X		1,0		
6	EX		X		0,5		
7	D		X		0,3		
8	R		X		0,6		
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE =	TRI =	F =	1 A ( ) 1 B ( )		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv =	TRiv =	FV =	2 A ( ) 2 B ( )		
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		n =	$\Sigma$ IND. GRAVID. IND. = IGG				Conceito
1A) $IGI = \bar{F} \times 4/3$ quando $\bar{F} \leq 30$						Operador	
2A) $IGI = \bar{FV}$ quando $\bar{FV} \leq 50$						Cálculo	
1B) $IGI = 40$ quando $\bar{F} > 30$						Visto	
2B) $IGI = 50$ quando $\bar{FV} > 50$							

