

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DO SERTÃO – EIXO DAS TECNOLOGIAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PRISCILA MANUELA DA SILVA BATISTA

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EM  
TRECHOS DE BAIROS NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO– BA**

DELMIRO GOULVEIA – AL

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DO SERTÃO – EIXO DAS TECNOLOGIAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EM  
TRECHOS DE BAIROS NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO– BA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal  
de Alagoas – UFAL como requisito Parcial para  
obtenção do Título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Dayvson Carlos Batista de  
Almeida.

DELMIRO GOULVEIA – AL

2021

**Catálogo na fonte**

**Universidade Federal de Alagoas**

**Biblioteca do Campus Sertão**

**Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4 2209

B333a Batista, Priscila Manuela da Silva

Análise de manifestações patológicas de pavimentos asfálticos em trechos de bairros no município de Paulo Afonso - BA / Priscila Manuela da Silva Batista. – 2021.

74 f. : il.

Orientação: Dayvson Carlos Batista de Almeida.  
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas.  
Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2021.

1. Manifestações patológicas. 2. Pavimentação. 3. Paulo Afonso - Bahia. 4. Aplicativo SmartIRI. I. Almeida, Dayvson Carlos Batista de. II. Título.

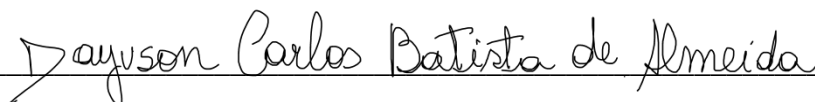
CDU: 625.75

## Folha de Aprovação

PRISCILA MANUELA DA SILVA BATISTA

### ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EM TRECHOS DE BAIROS NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO- BA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao  
Corpo docente do curso de Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Alagoas – UFAL –  
Campus do Sertão como requisito de bacharel  
em Engenharia Civil e aprovada em 27 de maio  
de 2021.

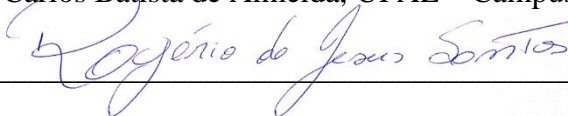


Prof. Msc. Dayvson Carlos Batista de Almeida, UFAL – Campus do Sertão (Orientador)

#### Banca Examinadora:



Prof. Msc. Dayvson Carlos Batista de Almeida, UFAL – Campus do Sertão (Orientador)



Prof. Msc. Rogério de Jesus Santos, UFAL – Campus do Sertão (Avaliador Interno)



Prof. Msc. Natália Alexandre de Holanda Cavalcanti, Engenheira Civil (Avaliadora Externa)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço sempre a Deus, pela oportunidade de realizar o meu sonho, que sempre foi cursar uma universidade pública e por nunca ter me deixado desistir.

Agradeço ao meu pai Manoel, minha mãe Suely, e aos meus irmãos, minha família que não me desamparou e sempre me apoiou, apesar da distância que tivemos que enfrentar durante todos os anos do curso.

Agradeço ao meu marido João, por ter me apoiado em momentos de choro, de raiva, de estresse, de alegrias. Obrigada por cada conquista comemorada junto a mim, seu apoio e consolo foram extremamente necessários e inesquecíveis.

Agradeço as minhas avós, Cecília, Marina Nogueira, Marina Vieira, Maria Nogueira, e especialmente a minha avó Maria Santana, por ter me acolhido todo esse tempo em sua casa, com todo amor e conforto do mundo, por ter sido minha segunda mãe, obrigada vovó.

Aos meus primos Matheus, Lucas e Elaine, aos meus tios, em especial meu tio e padrinho Givanildo, minha tia Magda, e minha tia Jeane, por sempre me acolherem em suas casas, e sempre me perguntarem se eu precisava de ajuda, obrigada.

As minhas amigas Verônica e Eva, sem vocês eu não teria conseguido.

Agradeço ao meu orientador Prof. Me. Dayvson Carlos Batista de Almeida, por ter me guiado pelo caminho mais prático e objetivo durante o desenvolvimento deste árduo trabalho.

## RESUMO

No Brasil, o transporte de cargas e passageiros ocorre predominantemente através de rodovias, sendo 60% de toda mercadoria brasileira utilizando o transporte rodoviário, o que torna o país dependente das mesmas com boas condições. É preciso redefinir prioridades, e implementar medidas que garantam de fato a recuperação da economia, a retomada da oferta de empregos e a segurança em todos os sentidos. Dessa forma, faz-se necessário melhorar a qualidade de nossas rodovias, reduzindo, assim, os acidentes e as mortes, o consumo de combustível e o desgaste dos veículos, entre outros desperdícios. É preciso determinar causas patológicas do pavimento urbano, verificando técnicas para caracterização das condições de superfície dos pavimentos, condições de drenagem e tráfego atuante. Buscando diagnósticos que permita estabelecer as condições reais de conservação das vias, através da realização de levantamentos visuais, dando enfoque na posição do poder público diante do problema. O trabalho busca fazer uma avaliação visual das manifestações patológicas encontradas em trechos de pavimentos urbanos no município de Paulo Afonso/BA. A fim de construir uma revisão bibliográfica, foram abordadas referências teóricas e normativas relevantes para o estudo do caso. Foram identificados durante a análise em campo problemas como panelas, trincas, afundamentos, dentre outras manifestações patológicas, estas que têm como principais causas, falhas de execução e de projeto, falta de manutenção adequada e má conservação do pavimento. Como ferramenta de análise, foi utilizado o aplicativo para smartphone SmartIRI. Desenvolvido por Almeida (2018) na Universidade Federal do Ceará, o aplicativo fornece valores de irregularidade longitudinal (IRI), velocidade e coordenadas de um levantamento. Ao utilizar o SmartIRI, obteve-se uma resposta quanto ao conforto do usuário ao trafegar as vias em estudo: Av. Moxotó, Av. Beira Rio, Rua Campos Sales, Av. do Aeroporto, e a Av. Getúlio Vargas. Dessa forma, foi possível complementar a análise junto aos resultados encontrados visualmente em campo. Dentre os valores medidos, observou-se um IRI médio classificado como bom, isto é,  $2 \leq \text{IRI} \leq 4$ , em todos os trechos avaliados. Apesar de os resultados do aplicativo serem satisfatórios, através da inspeção visual foi verificada a ocorrência regular de defeitos, apontando para uma necessidade de intervenção imediata, principalmente na Rua Campos Sales, em que, segundo o SmartIRI, 25% do trecho apresenta classificação regular, e na Avenida Beira Rio, em que, segundo o SmartIRI, 15,38% do trecho é classificada como regular.

Palavras-chaves: Manifestações Patológicas; Pavimento; Aplicativo SmartIRI.

## ABSTRACT

In Brazil, the major mode of transportation of goods and passengers is by roads, with 60% of all Brazilian goods using the road transport, what makes the country dependent of these roads with good conditions. It's necessary to reset priorities and implement measures that assure the recovery of the economy, the resumption of the job offers and the security in all ways. Therefore it's necessary to improve the quality of our highways, thus reducing the accidents, deaths, fuel consumption and the wear and tear on the vehicles, among other wastes. It's required to define the pathological causes of urban pavement, verifying techniques for characterizing the surface conditions of the pavements, drainage conditions and active traffic. Searching for diagnoses that allow the establishment of the real conditions of the roads conservation, through the realization of visual surveys. Focusing on the position of the public power in the face of the problem. The work seeks to make a visual assessment of the pathological manifestations found in stretches of urban pavements in the city of Paulo Afonso / BA. In order to build a literature review, theoretical and normative references relevant to the case study were addressed. Problems such as pans, cracks, sinking, among other pathological manifestations were identified during the field analysis, which have as main causes, execution and design failures, lack of proper maintenance and poor pavement conservation. As an analysis tool, the SmartIRI smartphone application was used. Developed by Almeida (2018) at the Federal University of Ceará, the application provides values for longitudinal irregularity (IRI), velocity and coordinates of a survey. When using SmartIRI, an answer was obtained regarding the user's comfort when traveling the roads under study: Av. Moxotó, Av. Beira Rio, Rua Campos Sales, Av. do Aeroporto, and Av. Getúlio Vargas. Thus, it was possible to complement the analysis with the results found visually in the field. Among the measured values, there was an average IRI classified as good, that is,  $2 \leq \text{IRI} \leq 4$ , in all evaluated stretches. Although the results of the application are satisfactory, the regular occurrence of defects was verified through visual inspection, pointing to a need for immediate intervention, especially on Rua Campos Sales, where, according to SmartIRI, 25% of the stretch has regular classification, and on Avenida Beira Rio, where, according to SmartIRI, 15.38% of the stretch is classified as regular.

Key-words: Pathological Manifestations; Floor; SmartIRI application.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Pavimento flexível (corte transversal) .....	15
Figura 2: Pavimento rígido (corte longitudinal) .....	16
Figura 3: Ruptura por resistência.....	22
Figura 4: Ruptura por fadiga.....	22
Figura 5: Exemplo de ruptura por deformação plástica em uma rodovia.....	23
Figura 6: Trinca Transversal.....	25
Figura 7: Trinca longitudinal.....	26
Figura 8: Trinca Tipo couro de jacaré.....	27
Figura 9: Trinca Tipo bloco.....	28
Figura 10: Trinca Tipo bloco.....	28
Figura 11: Afundamento Plástico.....	29
Figura 12: Afundamento plástico local.....	29
Figura 13: Afundamento de consolidação.....	30
Figura 14: Afundamento de consolidação.....	30
Figura 15: Ondulação.....	31
Figura 16: Escorregamento.....	32
Figura 17: Exsudação.....	32
Figura 18: Desgaste.....	33
Figura 19: Painela.....	34
Figura 20: Painela.....	34
Figura 21: Remendo.....	35
Figura 22: Faixas de variação do IRI.....	39
Figura 23: Mapa da localização da cidade de Paulo Afonso/BA.....	42
Figura 24: Representação para as faixas de tráfego F1 e F2.....	43
Figura 25: Rua Campos Sales, Bairro Clériston Andrade.....	44
Figura 26: Avenida do Aeroporto, Bairro Jardim Bahia.....	45
Figura 27: Avenida Beira Rio, Bairro Jardim Bahia.....	45
Figura 28: Avenida Moxotó, Bairro Moxotó.....	46
Figura 29: Avenida Getúlio Vargas, Bairro Centro.....	47
Figura 30: Suporte do smartphone.....	48



Figura 31: Patologia, tipo ondulação ou corrugação, localizada na Avenida Getúlio Vargas.....	58
Figura 32: Patologia, tipo panela ou buraco, localizada na Avenida Getúlio Vargas.....	59
Figura 33: Patologia, tipo panela ou buraco, localizada na rua Campos Sales.....	59
Figura 34: Patologia, tipo panela ou buraco, localizada na Avenida Beira Rio.....	60
Figura 35: Patologia, tipo panela ou buraco, localizada na Avenida do Aeroporto.....	60
Figura 36: Patologia, tipo trinca longitudinal, na Avenida Moxotó.....	61
Figura 37: Patologia, tipo trinca longitudinal, na Avenida Getúlio Vargas.....	62
Figura 38: Patologia, tipo escorregamento, localizada na Rua Campos Sales.....	63
Figura 39: Patologia tipo remendo, localizada na Avenida Moxotó.....	64
Figura 40: Patologia tipo remendo, localizada na Avenida do Aeroporto.....	64
Figura 41: Patologia, tipo afundamento de consolidação, localizada na Avenida Campos Sales.....	65
Figura 42: Patologia, trincas tipo couro de jacaré, localizada na Avenida Moxotó.....	66
Figura 43: Aplicação de ligantes, distribuição de agregados.....	67
Figura 44: Compressão do agregado, aplicação de lama asfáltica.....	67
Figura 45: Aplicação micro revestimento.....	68
Figura 46: Fresagem, pós fresagem, recapeamento.....	68

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	14
2.1    Objetivo geral .....	14
2.2    Objetivos específicos .....	14
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
3.1    Pavimento .....	15
3.1.1    Classificação.....	15
3.1.2    Camadas que compõe um pavimento flexível.....	16
3.2    Etapas construtivas .....	17
3.2.1    Dimensionamento do pavimento .....	19
3.2.2    Espessura mínima de revestimento .....	20
3.3    Patologias de um pavimento .....	20
3.3.1    Fendas .....	24
3.3.2    Fissura.....	24
3.3.3    Trinca.....	25
3.3.3.1    Trinca Transversal.....	25
3.3.3.2    Trinca Lonitudinal.....	25
3.3.3.3    Trinca de Retração.....	26
3.3.3.4    Trinca tipo couro de jacaré.....	26
3.3.3.5    Trinca tipo bloco.....	27
3.3.4    Afundamento.....	28
3.3.4.1    Afundamento plástico.....	29
3.3.4.2    Afundamento de consolidação.....	30
3.3.5    Ondulação.....	31

3.3.6	Escorregamento.....	31
3.3.7	Exsudação.....	32
3.3.8	Desgaste.....	33
3.3.9	Panela.....	33
3.3.10	Remendo.....	34
3.4	Avaliação dos pavimentos .....	37
3.4.1	Levantamento visual contínuo (LVC).....	38
3.4.2	Índice de Irregularidade Internacional (IRI) .....	38
3.4.3	Aplicativo SmartIRI.....	40
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>42</b>
4.1	Escolha dos trechos.....	43
4.2	Uso do aplicativo SmartIRI .....	47
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>70</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O pavimento na infraestrutura rodoviária está presente no Brasil desde 23 de junho de 1861, inaugurada por Dom Pedro II e idealizada pelo comendador Mariano Procópio, chamada de Estrada União e Indústria ligando a cidade de Petrópolis/RJ a Juiz de Fora/MG. A função de uma rodovia é aferir um meio confortável, econômico e seguro para a locomoção de pessoas e mercadorias (MATOS, 1981).

O pavimento é a estrutura construída sobre um terreno de fundação, e tem como função resistir às ações das cargas dos veículos e melhorar as condições de rolamento, oferecendo conforto e segurança aos usuários, mas tendo visto que em alguns locais, devido à idade dos seus pavimentos, carga excessiva e drenagem ineficiente, partes significativas já superaram a vida útil dos seus projetos originais, causando problemas patológicos no pavimento.

O território brasileiro possui extensas rodovias, e pavimentos urbanos. Entretanto, segundo dados oficiais da Pesquisa da Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2016), cerca de 60% da malha viária apresenta algum tipo de problema, sendo eles patologias características de pavimento flexível. As patologias são classificadas como defeitos funcionais e estruturais.

Foram avaliados os problemas na pavimentação das vias urbanas da cidade de Paulo Afonso/BA, que apresenta degradações em alguns bairros contendo uma listagem dos tipos de manifestações patológicas que se faz presente no pavimento urbano, onde esse tipo de pavimento possui suas limitações quanto ao dimensionamento, já que muitas vezes não são dimensionados, e a importância das restaurações, devido a situação compatível com o problema, ou seja, com a falta de procedimentos técnicos e a elaboração de projetos de manutenção.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2005), é importante identificar e estabelecer a condição do pavimento, coletando dados e avaliando informações sobre o mesmo, para compreender a situação e impedir que o problema seja definido de maneira imprópria. O município de Paulo Afonso/BA comporta aproximadamente 108.396 habitantes segundo o último censo de 2010, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

No presente trabalho foram usados procedimentos utilizados pelo DNIT, sendo feito uma avaliação das manifestações patológicas apresentadas, e uma análise dos resultados. Com

os resultados obtidos no diagnóstico dos problemas, será possível auxiliar no dimensionamento da restauração, caso esse se torne necessário.

Portanto, o trabalho tem como finalidade, compreender um conjunto de atividades que permite conhecer o estado de um pavimento em um determinado instante, apresentando conceitos técnicos das degradações, avaliando a qualidade dos pavimentos, identificando os níveis de defeitos com auxílio de diagnóstico dos tipos de patologias dos pavimentos.

Além disso, o objetivo é esclarecer a importância das vias para a mobilidade urbana e o conhecimento das condições do pavimento e de quanto se faz necessário um planejamento de restauração e manutenção para a conservação do mesmo. Portanto a região poderá ter um desenvolvimento melhor em questão de nível social, com a locomoção de pessoas, e em nível econômico, com transporte.

No Brasil, um dos métodos utilizados para verificar o conforto do usuário ligado as condições superficiais do pavimento é o Índice de Irregularidade Internacional (IRI), que indica o nível de irregularidade na camada superficial do pavimento, que também é relacionada ao conforto do usuário.

Avaliações estrutural e funcional, geralmente, envolvem processos que demandam a aquisição de equipamentos que tem um certo custo, necessitando de mão de obra qualificada e necessita de uma paralisação no trânsito. Contudo, os Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP) têm recebido grandes contribuições com o avanço da tecnologia, como por exemplo, os aplicativos para smartphones que possibilitam a coleta de dados de forma mais prática e sem grandes interferências do operador. Em 2018, foi desenvolvido o SmartIRI, capaz de medir as irregularidades apresentadas pela superfície do pavimento (ALMEIDA, 2018).

O trabalho utilizou o aplicativo SmartIRI, onde é um aplicativo de smartphone para sistema Android, pago, mas para estudantes que solicitarem o uso para fins acadêmicos, foi liberado um acesso gratuito por três meses. Assim sendo feito uma melhor análise das manifestações patológicas encontradas visualmente, comparando com os resultados encontrados no mesmo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Realizar uma análise visual das manifestações patológicas, identificando os problemas apontados, propondo medidas corretivas, e com o uso do aplicativo SmartIRI determinar valores de Índice de Irregularidade Internacional (IRI), em trechos do pavimento nos bairros de Paulo Afonso/BA.

### **2.2. Objetivo específico**

- Definir os trechos mais deteriorados da via de estudo, analisando quais as prováveis causas para os problemas apresentados.
- Realizar levantamentos patológicos através das recomendações feita pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).
- Obter valores rápidos e práticos da qualidade da via de estudo, com o uso do aplicativo SmartIRI.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Pavimento

O pavimento possui múltiplas camadas de finas espessuras que se colocam sobre um solo, seja terraplanado ou não, para fins de reforço do mesmo, e proporcionar conforto e segurança para veículos e pessoas. Sendo quatro as camadas principais do pavimento: reforço do subleito, sub-base, base, revestimento de base asfáltica. Para resistir as ações do tráfego, o revestimento de base asfáltica precisa absorvê-las e transmiti-las para as camadas inferiores, assim tendo a impermeabilização do asfalto.

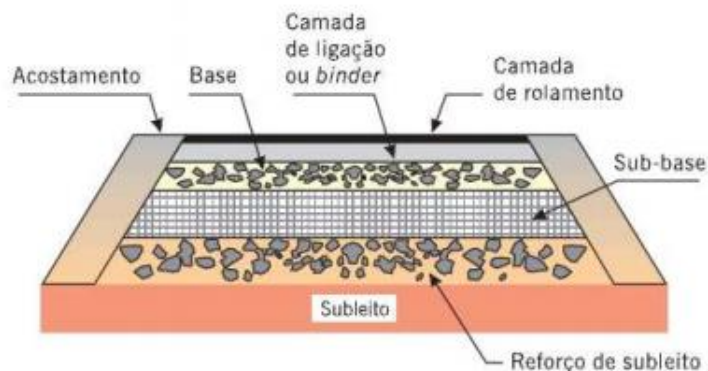
Os revestimentos podem ser classificados de acordo com os seus dois tipos de ligantes utilizados. O ligante a quente, com o uso do concreto asfáltico, o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), e o ligante a frio, com o uso de Emulsão Asfáltica (EAP).

##### 3.1.1 Classificação

Segundo (BERNUCCI, 2006), os pavimentos são basicamente classificados em três tipos: flexíveis, semirrígidos e rígidos.

Flexível: Pavimentos flexíveis tem a camada de maior contato com a carga aplicada, sendo esta superior às camadas inferiores, absorvendo toda a carga sofrida, e distribuindo-as igualmente as outras camadas, conforme a Figura 1.

Figura 1: Pavimento flexível (corte transversal).

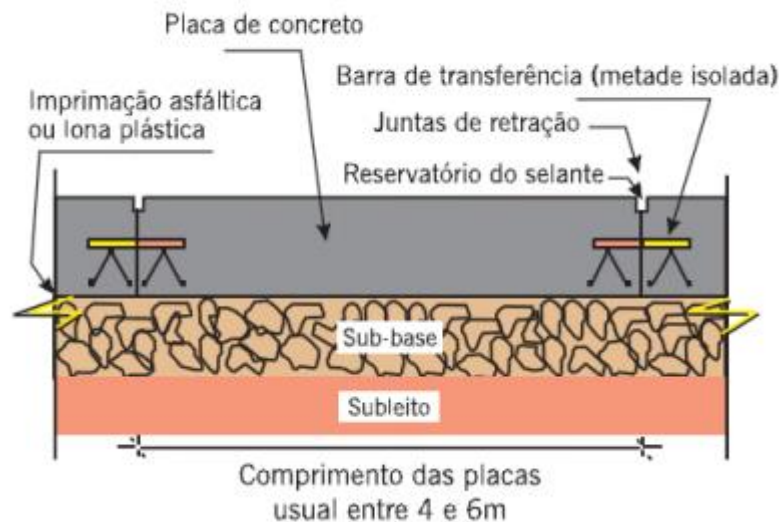


Fonte: Bernucci et al. (2006).

Semirrígido: Consiste em uma mistura do pavimento flexível e do rígido, já que uma camada de asfalto betuminoso é colocada sobre uma placa de concreto. Alguns autores não o classificam, apresentando somente o asfalto flexível e o asfalto rígido.

Rígido: São pouco deformáveis, e constituídos de camadas que trabalham essencialmente a tração, e o rompem justamente por tração na flexão, quando sujeito a deformações. Feito de placas de concreto de cimento Portland apoiado a uma camada de transição, conforme Figura 2.

Figura 2: Pavimento rígido (corte longitudinal).



Fonte: Bernucci et al. (2006).

### 3.1.2. Camadas que compõe um pavimento flexível

Para (BERNUCCI, 2006) a camada de uma seção transversal típica de um pavimento flexível, como mostra a Figura 2, é constituída por:

- Subleito: Terreno de fundação do pavimento.
- Regularização do subleito: Executado para receber e preparar o subleito, podendo ou não existir, dependendo das condições do leito. Cortes ou aterros de até 20 cm de espessura.



- **Reforço do subleito:** É considerado uma camada de espessura constante, situada acima da camada de regularização. Serve para melhorar as qualidades do subleito e regularizar a espessura da sub-base.
- **Sub-base:** Camada complementar à base, tendo as mesmas funções desta, construída quando não for aconselhável construir a base sobre a regularização ou o reforço do subleito. O seu material deve ser superior ao do reforço.
- **Base:** É a camada destinada a receber e distribuir os esforços do tráfego para o subleito, tendo características superiores do mesmo, tendo em vista que essa é a camada que se construirá o revestimento.
- **Revestimento:** Sendo a camada mais nobre do pavimento, deverá ser impermeável, e a mais resistente, pois recebe diretamente as ações do tráfego. Deverá melhorar as condições de rolamento quanto a comodidade, conforto e segurança. Transmite de uma forma atenuada as ações do tráfego as camadas inferiores.

### **3.2. Etapas construtivas**

O revestimento é a camada responsável por receber e transmitir a carga dos veículos, além de servir de proteção contra o intemperismo. O CBUQ é um dos tipos de revestimentos asfálticos mais utilizados nas vias urbanas e rodovias brasileiras. Normalmente composto por um agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e um ligante Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), obtido da destilação fracionada do petróleo e a mistura dos agregados, onde é lançado por equipamento adequado chamado de Vibro Acabadora.

Segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER, 1996) um Projeto de Engenharia tem sua versão final intitulada Projeto Executivo e visa, além de permitir a perfeita execução da obra, possibilitar a sua visualização, o acompanhamento de sua elaboração, seu exame e sua aceitação e o acompanhamento da obra. O processo comporta três etapas que se caracterizam pelo crescente grau de precisão: Estudos Preliminares; Anteprojeto e Projeto Executivo.

**Estudos Preliminares:** Determinação preliminar, por meio de levantamento expedido de todas as condicionantes do projeto das linhas a serem mais detalhadamente estudadas com vistas à escolha do traçado. Tais estudos devem ser subsidiados pelas indicações de planos diretores, reconhecimentos, mapeamentos e outros elementos existentes.

Anteprojeto: Definição de alternativas, em nível de precisão que permita a escolha do(s) traçado(s) a ser (em) desenvolvido(s) e a estimativa do custo das obras. Na fase de anteprojeto são desenvolvidos, ordinariamente os Estudos de Tráfego, Estudos Geológicos, Estudos Topográficos, Estudos Hidrológicos e Estudos Geotécnicos.

Projeto Executivo: Compreende o detalhamento do Anteprojeto e perfeita representação da obra a ser executada, devendo definir todos os serviços a serem realizados devidamente vinculados às Especificações Gerais, Complementares ou Particulares, quantificados e orçados segundo a metodologia estabelecida para a determinação de custos unitários e contendo ainda o plano de execução da obra, listagem de equipamentos a serem alocados e materiais e mão-de-obra em correlação com os cronogramas físicos e financeiros.

Na fase de projeto são complementados os estudos e desenvolvidos o Projeto Geométrico, Projeto de Terraplenagem, Projeto de Drenagem, Projeto de Pavimentação, Projeto de Obra-de-Arte Especiais, Projeto de Interseções, Projeto de Obras Complementares (envolvendo, Sinalização, Cercas e Defensas) e Projeto de Desapropriação.

As instruções ambientais são exigidas e regidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 1986), na resolução nº 001/86 que caracteriza que a construção de rodovias é uma obra de engenharia capaz de causar significativas mudanças no meio ambiente. No artigo 2º da resolução 001/86 do CONAMA nos diz que: Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – (RIMA), a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em um caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

I - Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento;

VI - Linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230KV;

VII - Obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins hidrelétricos, acima de 10MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques;

XI - Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW.

### **3.2.1. Dimensionamento do pavimento**

**Subleito:** É o terreno de fundação onde será apoiado todo o pavimento. Deve ser considerado e estudado até as profundidades em que atuam significativamente as cargas impostas pelo tráfego (de 60cm a 1,50 m de profundidade). Requer atenção especial, através de estudos geotécnicos, que possibilitam o seu reconhecimento, identificação e quantificação das suas características físicas e mecânicas assim como a obtenção dos parâmetros geotécnicos necessários ao dimensionamento da estrutura. A espessura final do pavimento assim como os tipos de materiais a serem empregados é função das condições do subleito. Quanto pior forem as condições do subleito, maior será a espessura do pavimento, podendo muitas vezes, ser requerida a substituição parcial do mesmo, com troca por outro de melhores condições (DNIT, 2006).

**Tráfego:** As cargas dos veículos são transmitidas ao pavimento através das rodas dos pneumáticos. Para efeito de dimensionamento de pavimentos o tráfego de veículos comerciais (caminhões, ônibus) é de fundamental importância. No projeto geométrico são considerados tanto o tráfego de veículos comerciais quanto o tráfego de veículos de passageiros (carro de passeio), constituindo assim o tráfego total. No Brasil, os veículos comerciais devem obedecer a certos limites e as cargas por eixo não podem ser superiores a determinados valores, segundo a Resolução do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) nº 803, de 22.10.2020. Quem regulamenta estes limites para as cargas máximas legais é a chamada Lei da Balança (DNIT, 2006).

**Materiais:** Segundo (DNER, 1996), nesta fase são feitos estudos específicos nas jazidas da região próxima à construção da rodovia que serão analisadas para possível emprego na construção das camadas do pavimento (regularização do subleito, reforço, sub-base, base e revestimento). Estes estudos são baseados nos dados da Geologia da região e podem ser utilizados fotografias aéreas, mapas geológicos, além de pesquisa com os moradores da região, reconhecimento de jazidas antigas, depósitos aluvionares às margens dos rios, etc. Durante os trabalhos é feita também a localização das fontes de abastecimentos de água.

O DNER fixa o modo como deve ser procedido o estudo de jazidas. Normalmente são feitas em duas etapas: Prospecção preliminar (inspeção expedida no campo; sondagens, e ensaios de laboratório), e prospecção definitiva (sondagens e coleta de amostras; ensaios de laboratório e avaliação de volume das ocorrências).

### 3.2.2. Espessura mínima de revestimento

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é um dos pontos ainda em aberto na engenharia rodoviária, quer se trate de proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, quer se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão. As espessuras na Tabela 1 a seguir recomendadas, visam, especialmente, as bases de comportamento puramente granular e são definidas pelas observações efetuadas.

Tabela 1: Espessura mínima de revestimento betuminoso.

<b>N</b>	<b>Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso</b>
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: DNIT, Manual de pavimentação, 2006, p.147.

No caso de adoção de tratamentos superficiais, as bases granulares devem possuir alguma coesão, pelo menos aparentes, seja devido à capilaridade ou a entrosamento de partículas.

### 3.3. Patologias de um pavimento

Conforme a Norma DNIT 005/2003-TER, as patologias de superfície são danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser classificados a olho nu sobre terminologia segundo as normas.

A norma DNIT 005/2003-TER informa que se deve avaliar em que estado encontra-se os pavimentos asfálticos e diagnosticá-los em cada situação para definir uma solução

tecnicamente adequada, que se possa trabalhar em uma restauração de acordo com as manifestações patológicas encontradas, que se corrigidas inicialmente pode-se conseguir uma maior durabilidade do mesmo, caso contrário pequenas manifestações patológicas podem evoluir para patologias maiores e mais complicadas e difíceis de serem recuperadas.

Patologias podem ser classificadas em estrutural e funcional. Uma patologia de classe estrutural está associada à diminuição da capacidade do pavimento no suporte de cargas, na perda de sua integridade estrutural. As patologias de classe funcional estão relacionadas às condições de segurança e trafegabilidade do pavimento em termos de rolamento (DNIT, 2006).

O clima contribui para aceleração da deterioração do pavimento, pois a infiltração da água da chuva pode ocasionar a queda da capacidade de suporte, com isso, quando o tráfego solicita a estrutura ocasiona maiores deslocamentos, assim provocando danos estruturais e funcionais. A variação de temperatura também degrada o pavimento, pois o aumento desta afeta a viscosidade dos ligantes asfálticos e a resistência da mistura.

Como a cidade de Paulo Afonso/BA possui um clima semiárido, com temperatura máxima média diária de 35°, explica algumas das falhas apresentadas no pavimento asfáltico. Já as deformações permanentes e as temperaturas baixas, ocasionam trincas por retração, que se possuir uma camada de revestimento fina, e construída sobre materiais deformáveis, fica mais vulnerável ao trincamento por fadiga (BERNUCCI et al, 2006).

Segundo (BALBO, 1997), um pavimento pode sofrer sete tipos de rupturas variadas, onde elas acarretam o início do surgimento de patologias. Onde podem ser causadas pelo clima, por excesso de carga, projetos e execução mal executados, vida útil e alto índice de uso. Essas rupturas são por: resistência, fadiga, deformação plástica, retração hidráulica, retração térmica, propagação de trinca, funcional.

- Ruptura por resistência: para que ocorra rompimento por resistência é necessário que, um certo esforço solicitante seja aplicado sobre o pavimento asfáltico e, se iguale ou supere o valor correspondente a resistência de alguma das camadas ao dado esforço. Onde ao longo do tempo, a resistência inicial de alguma camada pode ficar vulnerável, fazendo com que um esforço mais leve acabe acarretando um rompimento por resistência (Figura 3).

Figura 3: Ruptura por resistência.



Fonte: Notas do Professor Deividi Pereira, Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

- Ruptura por fadiga: nesse tipo de ruptura o material (aquele que apresenta ligações cristalinas entre partículas) se rompe por esforços menores que a resistência. Ela se manifesta através de fissuras interligadas, causando microfissuras que podem se tornar fraturas, conseguindo romper o pavimento (Figura 4). Importante detalhar que solos não sofrem fadiga, eles sofrem acúmulos de deformações plásticas (permanentes).

Figura 4: Ruptura por fadiga.



Fonte: Bernucci. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros, 2008, pág. 445.

- Ruptura por deformação plástica: é caracterizada por ser uma ruptura funcional. Ocorre no material, tendo a ação de uma carga, onde não se recupera mesmo cessando o carregamento. O pavimento se rompe ao longo de sua vida útil quando, em função das constantes solicitações e dos materiais que o mesmo compõe, á armazenamento de tensões residuais referentes a essas solicitações, onde essa deformação em certo momento irá se tornar permanente, de acordo com a Figura 5.

Figura 5: Exemplo de ruptura por deformação plástica em uma rodovia.



Fonte: Franco 2007.

- Ruptura por retração hidráulica: consiste em uma variação volumétrica que ocorre em misturas cimentadas geralmente em função da evaporação da água presente na mistura. Esse processo faz com que o concreto sofra retração ocasionando o surgimento de fissuras em sua estrutura interna. Para evitar essa forma de ruptura é necessária atenção ao processo de cura, para que esse seja realizado de maneira adequada à mistura em questão.
- Ruptura por retração térmica: os fenômenos de retração térmica devido a variações de temperatura também podem ocasionar tensões de tração e tais ações são comumente observadas em regiões em que a temperatura varia intensamente entre baixas e altas ao longo do tempo. Isso acaba gerando aumento de fissuras ou surgimento de novas.

- Ruptura por propagação de trinca: a propagação de trincas no revestimento asfáltico, decorrentes de várias solicitações é, em geral, resultado de três etapas, com mecanismos diferentes: início do fissuramento, que consome apenas pequena parcela da vida de fadiga; crescimento estável da trinca, que corresponde à maior parcela da vida de fadiga; propagação instável da trinca, que culmina na ruptura. Ela ocorre em um plano perpendicular ao eixo da tensão de tração. As principais forças dirigidas para o início e propagação das trincas são as cargas do tráfego, a variação de temperatura e a variações de umidade do solo. Elas se apresentam, portanto, sob forma longitudinal, irregular ou interligada. Essa propagação é consequência da concentração de tensões entorno da região da trinca, o que faz com que a vida de fadiga da camada superficial seja drasticamente reduzida (FONTES, 2009).
- Ruptura funcional: Ao se avaliar questões funcionais, estão sendo avaliadas as características superficiais do pavimento, ou seja, são analisados os aspectos visíveis percebidos pelos usuários e como o conforto do rolamento influencia na qualidade do mesmo, como por exemplo: defeitos e irregularidades que causam desconforto ao se trafegar. Quando o pavimento ele não exerce essa função, considera -se que houve uma ruptura funcional.

A norma DNIT 005/2003 estabelece as principais características e causas de patologias de pavimentos flexíveis com o objetivo de padronizar os termos técnicos empregados para identificá-los, conforme se apresentam a seguir.

### **3.3.1. Fendas**

Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas. Subdivide-se em fissura e trinca, onde são diferenciadas por aspectos visuais (DNIT, 2003).

### **3.3.2. Fissura**

São fendas de espessura capilar, no sentido longitudinal, transversal ou obliquamente, que podem ser vistas a uma distância inferior a 1,50 metros, com aberturas inferiores a 1mm, não causando problemas funcionais aos pavimentos.



Segundo a norma DNIT 005/2003-TER “As fissuras são fendas incipientes que ainda não causam problemas funcionais ao revestimento, não sendo assim consideradas quanto à gravidade nos métodos atuais de avaliação das condições de superfície”.

### **3.3.3. Trinca**

Fenda facilmente visível a olho nu, com espessura maior que a da fissura, podendo ser de forma de trinca isolada ou interligada. Podem ser longitudinais, ou seja, paralelas ao eixo da rodovia, ou transversais, que são perpendiculares ao eixo da rodovia (DNIT, 2003).

#### **3.3.3.1. Trinca transversal**

Trinca isolada na direção predominantemente ortogonal ao eixo da pista (Figura 6), quando possui tamanho inferior a 1 metro é denominado trinca transversal curta e quando caso contrário a 1 metro é denominado trinca transversal longa. São geralmente causadas por retração térmica do CBUQ ou da base cimentada, pela retração plástica da base cimentada ou ainda por recalques diferenciais (DNIT, 2003).

Figura 6: Trinca Transversal.



Fonte: DNIT 005/2003 TER, p.6.

#### **3.3.3.2. Trinca longitudinal**

São trincas isoladas que se manifestam na direção predominantemente paralela ao eixo da pista (Figura 9), quando possui tamanho inferior a 1 metro é denominado trinca longitudinal curta e quando seu tamanho é superior a 1 metro é denominado trinca longitudinal longa (Figura

7). Normalmente são sinais que apresentam uma degradação por fadiga, ou uma junta de construção que foi mal executada (DNIT, 2003).

Figura 7: Trinca longitudinal.



Fonte: DNIT 005/2003 TER, p.6.

### **3.3.3.3. Trinca de retração**

Segundo (DNIT, 2003), a trinca de retração seria uma trinca isolada onde não são atribuídas com o problema de fadiga, mas sim devido aos fenômenos de retração térmica do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida situadas abaixo do revestimento trincado.

### **3.3.3.4. Trinca tipo couro de jacaré**

Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré, como mostra a Figura 8. Essas trincas podem apresentar ou não erosão acentuada nas bordas” (DNIT, 2005, p.378).

Figura 8: Trinca Tipo couro de jacaré.



Fonte: Bernucci et al. 2006.

Bernucci et al. 2008, citam que as principais causas da trinca couro de jacaré podem ocorrer pela ação repetitiva de cargas do tráfego, ação climática, envelhecimento do ligante e perda de flexibilidade, execução de compactação mal feita, deficiência no teor de ligante asfáltico, subdimensionamento, alta rigidez do revestimento em estrutura com elevada deflexão, reflexão das trincas de mesma natureza, recalques, entre outros.

#### **3.3.3.5. Trinca tipo bloco**

São conjuntos de trincas que ficam interligadas formando uma aparência de blocos (Figura 9), onde podem apresentar erosão em suas bordas. Elas podem aparecer caso seja feita uma camada de revestimento em cima de um pavimento de blocos já existentes, como mostra a Figura 10 (BERNUCCI et al, 2006).

Figura 9: Trinca Tipo bloco.



Fonte: Bernucci et al. 2006.

Figura 10: Trinca Tipo bloco.



Fonte: DNIT 005/2003 TER, p.7.

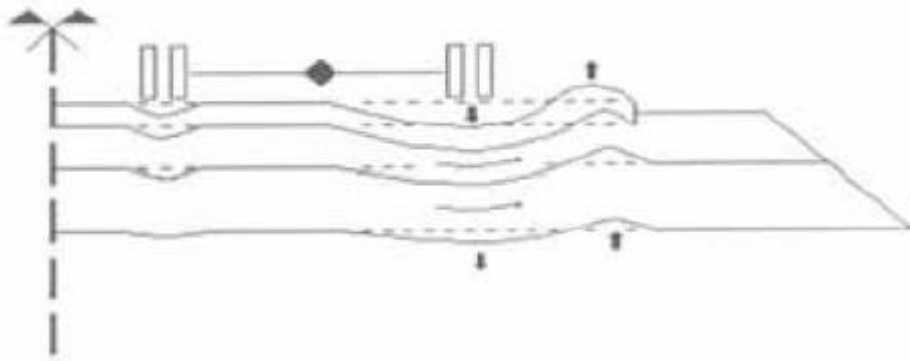
#### **3.3.4. Afundamento**

Depressão do revestimento que se forma na região onde se dá à passagem das cargas, ou seja, nas trilhas de roda. Em sua fase inicial esta falha só é perceptível após a ocorrência de chuva, pois os sulcos ficam preenchidos por água (DNIT, 2005, p.380). Dividido em duas partes, afundamento plástico e de consolidação.

### 3.3.4.1. Afundamento plástico

Causado pela fluência plástica de uma ou de mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de uma menor elevação do revestimento asfáltico (Figura 11). Quando o afundamento tem um comprimento inferior a 6 metros é considerado um afundamento plástico local (Figura 12), caso se mantenha por uma extensão superior a 6 metros é considerado afundamento plástico da trilha de roda. (DNIT, 2005)

Figura 11: Afundamento Plástico.



Fonte: Manual de conservação DNIT, 2005.

Figura 12: Afundamento plástico local.



Fonte: (New Roads Consultoria, 2016. Disponível em: <<http://newroads.com.br/2015/03/recuperacao-e-reforco-de-pavimentos/>>).

### 3.3.4.2. Afundamento de consolidação

Afundamento também classificado como local ou trilha de roda. É causado pela diferença de uma ou mais camadas de um pavimento ou do subleito, sem estar em companhia de pequena elevação do revestimento asfáltico, como mostra a Figura 13 e a Figura 14, (DNIT, 2003).

Figura 13: Afundamento de consolidação.



Fonte: Bernucci et al. 2006.

Figura 14: Afundamento de consolidação.



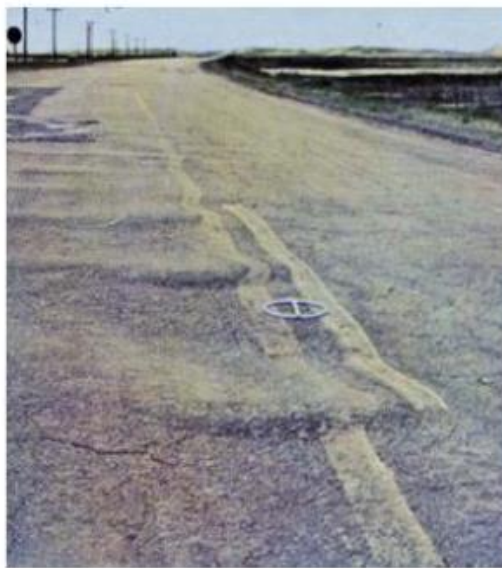
Fonte: DNIT 005/2003 TER, p.8.

### 3.3.5. Ondulação

Patologia que tem como característica ondulações na camada de revestimento. Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais de caráter plástico e permanente na superfície do pavimento (DNIT, 2005, p.381).

Normalmente é frequentemente mais visualizado em locais do pavimento onde possui baixa velocidade de trânsito ou locais de parada, conforme Figura 15.

Figura 15: Ondulação.



Fonte: DNIT 005/2003 TER, p.9.

### 3.3.6. Escorregamento

Tem como característica o deslocamento do revestimento em relação a base (Figura 16), com as visíveis formações de fendas com o formato de meia lua. Uma das causas para a ocorrência dessa patologia, é quando o pavimento é submetido a calor excessivo, o que provoca a fluência do CBUQ (DNIT, 2003).

Figura 16: Escorregamento.



Fonte: DNIT 005/2003 TER, p.9.

### 3.3.7. Exsudação

É o excesso do ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela mudança do ligante através do revestimento. Pode ocorrer através do calor em excesso, ficando com uma aparência de molhado ao ser observado de longe, de acordo com a Figura 27 (DNIT, 2003)

Figura 17: Exsudação.



Fonte: DNIT 005/2003 TER, p.10.



### 3.3.8. Desgaste

Segundo a norma do DNIT 005/2003-TER o desgaste é a perda do agregado miúdo do revestimento e se caracteriza por possuir uma superfície áspera provocada pelos esforços tangenciais do tráfego, conforme Figura 18.

Figura 18: Desgaste.



Fonte: Bernucci et al. 2006.

### 3.3.9. Panela

Panelas são rupturas estruturais localizadas, que está mais enfraquecida do que o seu entorno. Não sendo reparados, rapidamente conduzirão à decomposição dos trechos adjacentes, vindo a comprometer ainda mais seriamente a rodovia. (DNIT, 2005, p.321).

A água com a solicitação do tráfego ela tende a desagregar as camadas do pavimento, quando o acúmulo de água acontece em superfície que possui trincas superficiais, ocorre a aceleração na degradação do pavimento (Figura 19). Trata-se de uma patologia muito grave (Figura 20), prejudica conforto e segurança do usuário, e ainda aumenta o custo de transporte.

Figura 19: Panela.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER, pág. 11.

Figura 20: Panela.



Fonte: ARAÚJO, 2013.

### 3.3.10. Remendo

Com os efeitos já existentes de panelas, são realizadas as operações “tapa-buraco” (Figura 21), que consiste em cobrir as panelas com uma ou mais camadas de pavimento. Mesmo

sendo uma forma de reparação, ainda assim é considerado uma patologia, pois pode causar desconforto no rolamento. É dividido em remendo superficial e profundo.

Figura 21: Remendo.



Fonte: <https://www.sindetransrp.com/noticias/conheca-os-13-principais-defeitos-do-pavimento-das/>.

No remendo superficial temos, correção do revestimento com aplicação de uma camada betuminosa. Já para remendo profundo, temos a correção do pavimento com a substituição do revestimento e de uma ou mais camadas inferiores do pavimento, geralmente são retangulares.

Resumidamente, a maioria dos defeitos citados estão esquematizados no Quadro 1, seguido do Quadro 2.

Quadro 1: Resumo de defeitos.

**Tabela 4 - Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação (Norma DNIT 005/2003 – TER)**

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

Fonte: (DNIT – Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos – 2006), p. 61.

Quadro 2: Resumo de defeitos.

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

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

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

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

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

Fonte: (DNIT – Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos – 2006), p. 61.

### 3.4. Avaliação dos pavimentos

A avaliação de um pavimento pode ser feita de várias formas, como por exemplo se o mesmo precisa de manutenção, reconstrução, ou se foi executado de acordo com o projeto.

Conforme (DANIELESKI, 2004) o pavimento possui quatro objetivos principais: conforto de rodagem, capacidade de suportar cargas previamente dimensionadas, segurança e conforto visual (fatores estéticos). Dessa forma, sob o parecer técnico e do usuário, um pavimento adequado é aquele cuja superfície de rolamento seja boa, suportando cargas, possuindo ligação segura entre pneu e superfície, tanto no rolamento quanto na frenagem, possuindo ainda, uma aparência agradável, e que não gere desconforto ao usuário.

A avaliação funcional tem como objetivo a determinação do grau de deterioração do revestimento do pavimento, com identificação dos problemas que afetam o conforto e a segurança dos pavimentos. (SILVA, 2005).

A avaliação funcional de um pavimento relaciona-se à apreciação do estado de sua superfície e de como este estado influencia no conforto ao rolamento. Para este fim, dois parâmetros da avaliação são bastante consistentes: o Valor da Serventia Atual (VSA) e o Índice de Irregularidade Internacional (IRI), (BRASIL, 2011). Nos dias de hoje, o VSA tem sido substituído pelo Levantamento Visual Contínuo (LVC).

A degradação superficial pode ser classificada de forma subjetiva, ou seja, inspeções visuais realizadas por profissionais devidamente treinados, ou de forma objetiva, através das definições dos tipos de defeitos situados na superfície do pavimento.

No Brasil, a avaliação funcional subjetiva é regulamentada pela norma DNIT 009/2003 – PRO (avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento) e a objetiva através da norma DNIT 006/2003 – PRO (Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento) e DNIT 007/2003 – Pro (Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento).

O Índice Global de Gravidade (IGG) obtido pelo método DNIT 006/2003 – Pro, serve como parâmetro numérico para avaliação da intensidade de deterioração do pavimento rodoviário, refletindo também o estado de cada trecho considerado de forma isolada, permitindo a comparação entre os trechos distintos (FILHO; FELEX; RODRIGUES, 1996).

#### **3.4.1. Levantamento visual contínuo (LVC)**

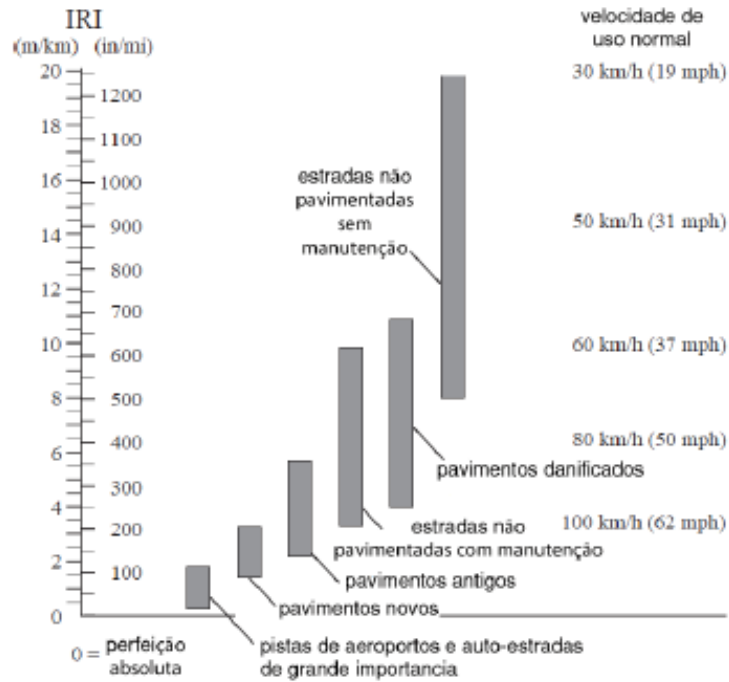
O LVC ele avalia e quantifica o nível de patologias numa pista. A avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos é feita através da observação de vídeos e fotos dos defeitos existentes no pavimento da rodovia em análise (BRASIL, 2011).

#### **3.4.2. Índice de irregularidade internacional (IRI)**

A irregularidade longitudinal, trata-se de uma medida padrão relacionada ao somatório dos deslocamentos ocorridos na suspensão de um veículo, sendo expresso nas unidades m/km ou mm/m. Podemos definir assim, que a irregularidade da superfície do pavimento está relacionada com a qualidade de rodagem e com a segurança da via, sendo o principal parâmetro de definição da qualidade funcional de uma rodovia.

Esse método é aceito como a medida de irregularidade para o controle de obras e sistemas de gerenciamento entre outros objetivos. Podemos ver na Figura 22 onde são representadas diversas faixas de variação do IRI dependendo do caso e situação.

Figura 22: Faixas de variação do IRI.



Fonte: Sayers e Karamihas (1998).

Como qualificar o estado em que se encontra o pavimento, o DNIT estabeleceu níveis de conceitos atribuíveis e relativos às condições de superfície do pavimento, mais especificamente ao IRI, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Condição de Pavimentos em função de IRI.

CONCEITO	IRI (m/km)
<b>Excelente</b>	1 – 1,9
<b>Bom</b>	1,9 – 2,7
<b>Regular</b>	2,7 – 3,5
<b>Ruim</b>	3,5 – 4,6
<b>Péssimo</b>	>4,6

Fonte: Adaptado de DNIT (2003).

### 3.4.3. Aplicativo SmartIRI

Segundo (ALMEIDA, 2018), o uso de aplicativos em smartphones, tem algumas vantagens, como, a realização de levantamentos mais rápidos, com produtividade e sem maiores interferências, aumentando a objetividade do método. Com o uso dos smartphones, os dados ficam mais acessíveis ao usuário através de plataformas online, bem como mais facilmente visualizados e compreendidos pelos envolvidos no processo de gestão de pavimentos, facilitando decisões que possam ser futuramente tomadas.

O SmartIRI é um aplicativo para Android desenvolvido por (ALMEIDA, 2018), na Universidade Federal do Ceará (UFC), para a avaliação das rodovias brasileiras, em especial as vias do estado do Ceará.

O aplicativo é utilizado em um veículo por meio de um suporte fixado no para-brisas e baseia-se na utilização de sensores presentes em smartphones, tais como o acelerômetro e o sensor do Sistema de Posicionamento Global (GPS - Global Positioning System), para a obtenção dos dados de aceleração vertical, velocidade e localização. Os dados provenientes do acelerômetro e do receptor de GPS são processados de modo a permitir que a obtenção do IRI georreferenciado seja informado ao usuário em tempo real. O SmartIRI fornece os valores de IRI, velocidade e as coordenadas do levantamento.

Calcula-se os valores de IRI através de correlação com o RMSVA (Root Mean Square Vertical Acceleration), no qual o próprio aplicativo faz o processamento dos dados de aceleração vertical e calcula o IRI a cada 100 m percorridos, informando as coordenadas geográficas do respectivo trecho. O SmartIRI, após calcular o IRI, apresenta um arquivo no formato .kml, que permite ao usuário a visualização do trecho monitorado por meio de mapas, segmentando o trecho a cada 100 m em uma escala de cores que obedece a determinados parâmetros conforme estabelece (ALMEIDA, 2018).

Recomenda-se que, para o bom desempenho do aplicativo: a velocidade percorrida para o levantamento seja de 60 km/h; o levantamento ocorra em segmentos de 100 metros, aproximadamente; e o veículo utilizado seja de passeio, do tipo médio-padrão e esteja em boas condições de suspensão (DNER, 2003).

Foi proposto por (ALMEIDA, 2018) uma nova classificação para o resultado de IRI, para as condições de trafegabilidade através do SmartIRI na Tabela 3 a seguir.



Tabela 3 :Classificação das condições de trafegabilidade proposta para o SmartIRI.

<b>CONCEITO</b>	<b>SmartIRI (ALMEIDA, 2018)</b> <b>(m/km)</b>
<b>Excelente</b>	$IRI < 2$
<b>Bom</b>	$2 \leq IRI < 4$
<b>Regular</b>	$4 \leq IRI < 6$
<b>Ruim</b>	$6 \leq IRI$
<b>Péssimo</b>	-

Fonte: Adaptado de (ALMEIDA, 2018).

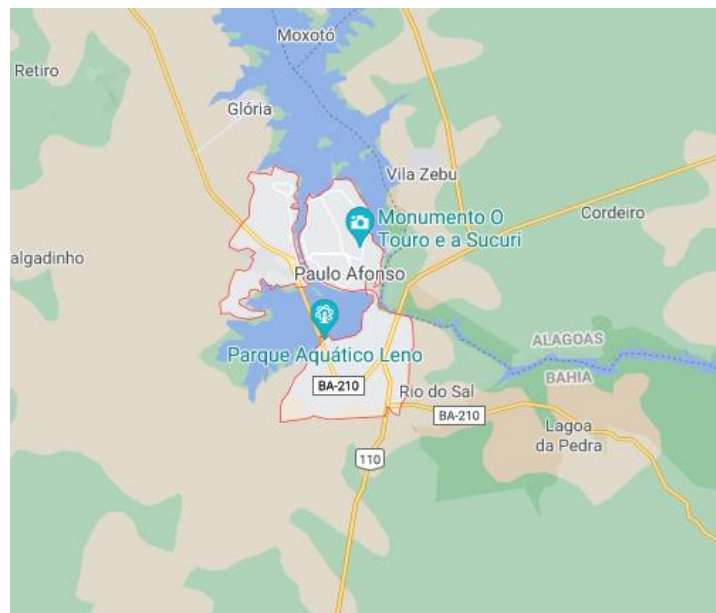
#### 4. METODOLOGIA

A sistemática deste trabalho pode ser classificada como básica, dado que determina criar conhecimentos úteis para o desenvolvimento da ciência com aplicação prática prevista, compreendendo verdades e interesses, realizada através de revisões bibliográficas.

O estudo foi feito através das observações e levantamentos realizados em campo. A referida observação das manifestações patológicas causadas no pavimento apresentado tem por finalidade apontar os defeitos e problemas mais frequentes encontrados. O uso do aplicativo SmartIRI, contribuiu para enriquecer a análise virtual feita em campo.

Realizou-se um estudo de caso em trechos nos bairros: Moxotó, Jardim Bahia, Clériston Andrade e Centro, no município de Paulo Afonso no estado da Bahia (Figura 23). Bairros como Jardim Bahia e Clériston Andrade, possuem uma movimentação de veículos um pouco menor do que o Centro, e o Moxotó. Com essas comparações, podemos ver como se encontram o estado do revestimento desses pavimentos. É no revestimento, que fica visível a perda da qualidade, surgimento das irregularidades, onde faz com que, o usuário tenha uma perda de segurança e conforto de rolamento.

Figura 23: Mapa da localização da cidade de Paulo Afonso/BA.



Fonte: Google Maps, 2021.

A partir do momento da implantação de um pavimento, cabe ao órgão responsável pela sua gestão identificar e efetuar as atividades de manutenção necessárias. As práticas de manutenção são imprescindíveis e visam manter ou restabelecer as condições da via, devendo, portanto, ser iniciadas logo após a sua abertura ao tráfego.

A manutenção de um pavimento compreende todas as intervenções que afetem, direta ou indiretamente, o nível de serventia atual e o desempenho futuro do pavimento. A manutenção pode ser de dois tipos fundamentais: a conservação e a restauração. (GONÇALVES, 1999, p.34).

#### 4.1. Escolha dos trechos

As vias de estudo possuem pista simples de rolamento e duas faixas de tráfego (uma em cada sentido), e pavimentação em revestimento flexível. A Figura 24 mostra a representação para as faixas de tráfego, (F1 e F2).

Figura 24: Representação para as faixas de tráfego F1 e F2.



Fonte: A autora 2021.

No bairro Clériston Andrade, a rua escolhida foi a Campos Sales, por ser uma das ruas mais movimentadas do bairro, e recém pavimentada. O bairro não possui linha de transporte coletivo, o trecho escolhido possui 350m, conforme a Figura 25.

Figura 25: Rua Campos Sales, Bairro Clériston Andrade.



Fonte: Google Maps, 2021.

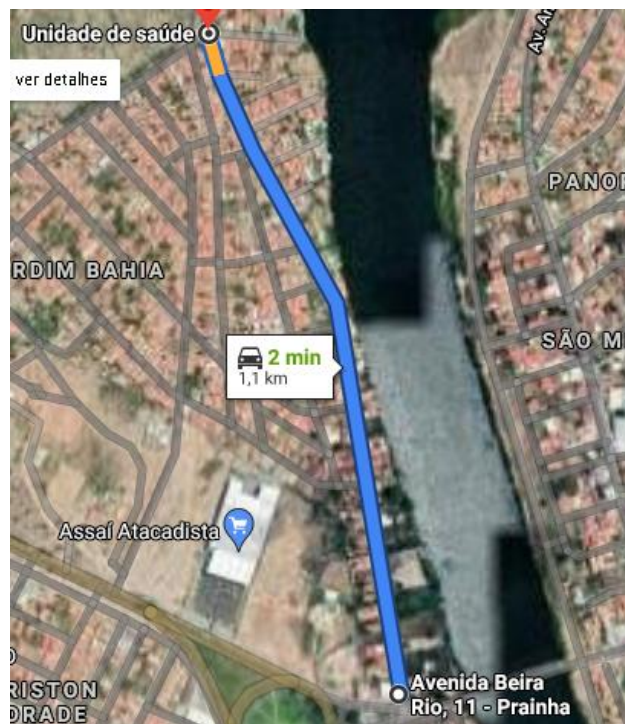
Bairro Jardim Bahia, possui uma maior movimentação de veículos, incluindo, o de transporte coletivo, onde também possui via de acesso a outras cidades, foram escolhidas, duas vias, a Avenida do Aeroporto, onde fica localizado o Aeroporto de Paulo Afonso, e o Atacadista Assaí, sendo uma via de grande movimentação de veículos, com trecho escolhido de 950m, conforme a Figura 26 e a Avenida Beira Rio, onde se encontra um ponto de ônibus municipal coletivo, com trecho escolhido de 1,1km, conforme a Figura 27.

Figura 26: Avenida do Aeroporto, Bairro Jardim Bahia.



Fonte: Google Maps, 2021.

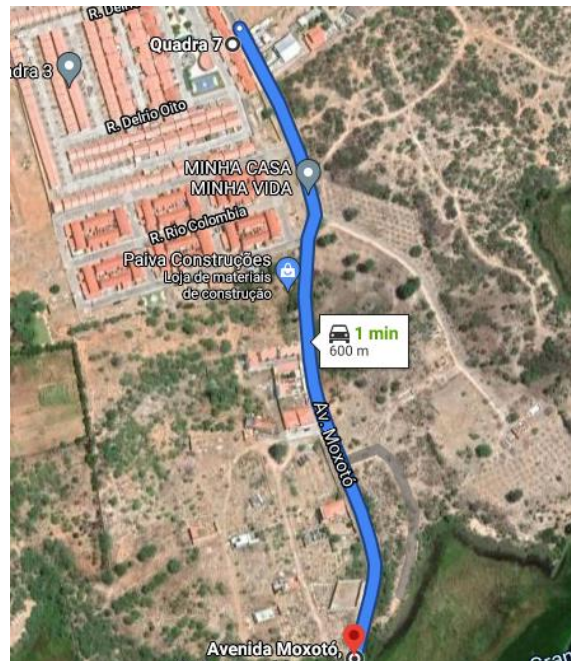
Figura 27: Avenida Beira Rio, Bairro Jardim Bahia.



Fonte: Google Maps, 2021.

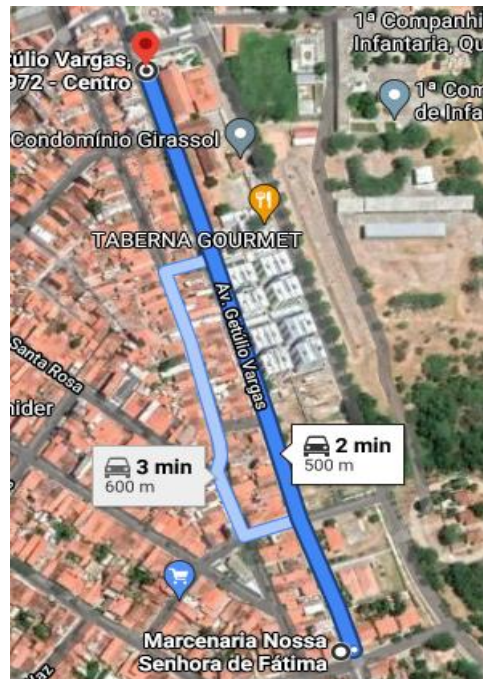
Bairro Moxotó, foi escolhida a Avenida Moxotó, que é uma via de acesso aos bairros mais periféricos da cidade, bastante movimentada, próxima ao rio São Francisco, a via para estudo conforme Figura 28 possui trecho de 600m. E no centro, foi escolhida a Avenida Getúlio Vargas, que possui dois condomínios fechados com alta mobilidade de veículos, com trecho escolhido de 500m, conforme a Figura 29.

Figura 28: Avenida Moxotó, Bairro Moxotó.



Fonte: Google Maps, 2021.

Figura 29: Avenida Getúlio Vargas, Bairro Centro.



Fonte: Google Maps, 2021.

Para cada uma das vias escolhidas, foi feita uma análise visual na área verificando os aspectos do pavimento. Foi levado em consideração a presença ou não de trincas, bem como as dimensões e classificações dessas, a presença ou não de painéis, afundamentos, remendos, ondulações, escorregamentos, e desgaste superficial.

#### 4.2. Uso do aplicativo SmartIRI

Para o levantamento, utilizou-se o smartphone G7 Plus, da marca Motorola, contendo as funcionalidades necessárias para medição, que são: giroscópio, acelerômetro e GPS, para a georreferenciação do trecho. O aparelho foi fixado no para-brisa de um veículo da marca Honda, modelo Honda Civic, motorização 2.0 e ano 2017, com todas as funções operacionais revisadas e pneus calibrados em 36 psi, de acordo com a orientação do fabricante, com velocidade média de 60 km/h.

Suporte veicular para smartphones, utilizou-se o modelo SP T24 da marca Feitun. O suporte recomendado mostrou-se eficiente diante do problema relatado e contribuiu para atenuar erros causados pela vibração excessiva, como mostra a Figura 30.

Figura 30: Suporte do smartphone.



Fonte: A autora 2021.

Os levantamentos foram realizados em cada sentido da faixa de tráfego. Durante o levantamento, não foi desviado dos defeitos presentes no pavimento, para que a coleta dos resultados fosse coerente com a situação real existente na superfície do trecho.

Após o término do levantamento de dados em cada faixa de tráfego, o aplicativo fornece uma planilha com os resultados obtidos, em intervalos de leitura de aproximadamente 100 metros, classificados em uma escala qualitativa e quantitativa dos valores de IRI. De posse da planilha eletrônica com os valores de IRI e os trechos georreferenciados, realizou-se uma análise descritiva desses dados, por meio do software Excel.

O aplicativo foi calibrado apenas para veículo de passeio, não sendo aconselhável a sua utilização para veículos de maior porte e não sendo possível alterar a calibração padrão do aplicativo, (ALMEIDA, 2018).



## 5. RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos, possibilitou-se realizar a identificação de algumas das manifestações patológicas, assim como suas prováveis causas, medidas de controle e reparo.

Para os resultados encontrados com o uso do aplicativo para smartphone SmartIRI, foram obtidas tabelas de cada via analisada, geradas pelo próprio. As tabelas 4 a 18, mostram os resultados para as duas faixas de tráfego.

Tabela 4: Resultados obtidos através do aplicativo SmartIRI para a Avenida Moxotó em F1.

<b>Avenida Moxotó</b>					
<b>Faixa</b>	<b>Trechos</b>	<b>Velocidade Média (Km/h)</b>	<b>Distância acumulada (m)</b>	<b>IRI (m/km)</b>	<b>Classificação</b>
<b>F1</b>	1	61	27	4,1045	REGULAR
	2	49	56	2,5599	BOM
	3	62	90	2,1914	BOM
	4	72	129	1,8124	EXCELENTE
	5	58	172	2,1073	BOM
	6	34	228	4,9039	REGULAR
	7	60	292	3,0617	BOM
	8	59	365	2,9677	BOM
	9	69	443	2,4441	BOM
	10	78	534	1,8832	EXCELENTE
	11	82	638	1,4733	EXCELENTE

Fonte: A autora 2021.

Tabela 5: Resultados obtidos através do aplicativo SmartIRI para a Avenida Moxotó em F2.

<b>Avenida Moxotó</b>					
<b>Faixa</b>	<b>Trechos</b>	<b>Velocidade Média (Km/h)</b>	<b>Distância acumulada (m)</b>	<b>IRI (m/km)</b>	<b>Classificação</b>
<b>F2</b>	1	52	25	1,4665	EXCELENTE
	2	48	58	2,2289	BOM
	3	61	102	2,6783	BOM
	4	65	153	2,4545	BOM
	5	68	211	4,2256	REGULAR
	6	32	276	4,8905	REGULAR
	7	55	355	2,4633	BOM
	8	62	441	2,1922	BOM
	9	62	538	2,9087	BOM
	10	77	641	2,8845	BOM
	11	67	750	4,5372	REGULAR

Fonte: A autora 2021.

Como observado nos dados da Faixa F1 na Tabela 4 da Avenida Moxotó, verifica-se que 27,27 % e 54,54 % dos segmentos são classificados, respectivamente, com os conceitos de IRI excelente e bom, o que significa boas condições de rolamento da via. Já na faixa F2 (Tabela 5) da Avenida Moxotó, verifica-se que apenas 9% dos segmentos são classificados como excelente, e 63,63% bom, e nota-se um aumento da classificação regular que, passou de 18,18% na Faixa F1, para 27,27% na Faixa F2. A Tabela 6 traz uma análise estatística descritiva dos resultados obtidos.

Tabela 6: Análise estatística descritiva.

<b>Avenida Moxotó</b>		
<b>Trecho</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
<b>Média</b>	2,44	2,67
<b>Desvio Padrão</b>	1,03	1,08
<b>Coefficiente de variação</b>	0,42	0,40
<b>Menor Valor</b>	1,81	1,46
<b>Maior Valor</b>	4,90	4,89
<b>Classificação</b>	BOM	BOM

Fonte: A autora 2021.

Conforme observado na Tabela 6, os valores de IRI apresentam média de 2,44 e desvio padrão de 1,03 para F1, o que demonstra uma baixa variabilidade de IRI ao longo do trecho, que pôde ser classificado no geral como bom. Por outro lado, para F2 a média de IRI foi de 2,67 com desvio padrão de 1,08, no geral classificado como bom.

Tabela 7: Resultados obtidos através do aplicativo SmartIRI para a Avenida Beira Rio em F1.

<b>Avenida Beira Rio</b>					
<b>Faixa</b>	<b>Trechos</b>	<b>Velocidade Média (Km/h)</b>	<b>Distância acumulada (m)</b>	<b>IRI (m/km)</b>	<b>Classificação</b>
	1	19	23	4,0953	REGULAR
	2	39	54	3,5327	BOM
	3	46	88	3,3802	BOM
	4	52	136	2,7039	BOM
	5	58	188	3,2249	BOM
	6	58	250	2,5703	BOM
<b>F1</b>	7	61	339	3,8605	BOM
	8	62	435	2,7553	BOM
	9	62	542	2,4600	BOM
	10	56	654	2,3902	BOM
	11	72	778	4,3656	REGULAR
	12	61	914	2,2156	BOM
	13	57	1057	2,2098	BOM

Fonte: A autora 2021.

Tabela 8: Resultados obtidos através do aplicativo SmartIRI para a Avenida Beira Rio em F2.

<b>Avenida Beira Rio</b>					
<b>Faixa</b>	<b>Trechos</b>	<b>Velocidade Média (Km/h)</b>	<b>Distância acumulada (m)</b>	<b>IRI (m/km)</b>	<b>Classificação</b>
<b>F2</b>	1	32	34	3,2563	BOM
	2	39	70	3,5233	BOM
	3	46	108	3,7202	BOM
	4	53	164	3,0439	BOM
	5	61	231	4,8695	REGULAR
	6	64	304	2,7803	BOM
	7	61	392	3,6105	BOM
	8	63	491	2,6153	BOM
	9	63	606	2,4431	BOM
	10	51	729	2,4237	BOM
	11	54	860	4,6531	REGULAR
	12	57	1016	2,5365	BOM
	13	59	1177	3,1178	BOM

Fonte: A autora 2021.

Como observado nos dados da Faixa F1 na Tabela 7 da Avenida Beira Rio, verifica-se que 84,61 % e 15,38 % dos segmentos são classificados, respectivamente, com os conceitos de IRI bom e regular. Já na faixa F2 (Tabela 8) da Avenida Beira Rio, verifica-se as mesmas porcentagens para as classificações. A Tabela 9 traz uma análise estatística descritiva dos resultados obtidos.

Tabela 9: Análise estatística descritiva.

<b>Avenida Beira Rio</b>		
<b>Trecho</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
<b>Média</b>	2,75	3,11
<b>Desvio Padrão</b>	0,73	0,79
<b>Coefficiente de variação</b>	0,26	0,25
<b>Menor Valor</b>	2,20	2,42
<b>Maior Valor</b>	4,36	4,86
<b>Classificação</b>	BOM	BOM

Fonte: A autora 2021.

Analisando a Tabela 9, os valores de IRI apresentam média de 2,75 e desvio padrão de 0,73 para F1, o que demonstra uma baixa variabilidade de IRI ao longo do trecho, que pôde ser classificado no geral como bom. Para F2 a média de IRI foi de 3,11 com desvio padrão de 0,79, no geral classificado como bom.

Tabela 10: Resultados obtidos através do aplicativo SmartIRI para a Rua Campos Sales em F1.

Rua Campos Sales						
Faixa	Trechos	Velocidade Média (Km/h)	Distância acumulada (m)	IRI (m/km)	Classificação	
F1	1	36	20	3,1533	BOM	
	2	27	96	3,8676	BOM	
	3	29	163	4,8387	REGULAR	
	4	47	201	2,7042	BOM	
	5	50	227	2,3853	BOM	
	6	63	283	1,9861	EXCELENTE	

Fonte: A autora 2021.

Tabela 11: Resultados obtidos através do aplicativo SmartIRI para a Rua Campos Sales em F2.

Rua Campos Sales						
Faixa	Trechos	Velocidade Média (Km/h)	Distância acumulada (m)	IRI (m/km)	Classificação	
F2	1	25	19	3,5609	BOM	
	2	32	77	3,7560	BOM	
	3	46	135	4,8738	REGULAR	
	4	54	193	2,4449	BOM	
	5	59	251	2,9782	BOM	
	6	59	309	4,2436	REGULAR	

Fonte: A autora 2021.

Observa-se nos dados da Faixa F1 na Tabela 10 da Rua Campos Sales, verifica-se que 66,66 % e 16,66 % dos segmentos são classificados, respectivamente, com os conceitos de IRI bom e regular. Já na faixa F2 (Tabela 11) da Rua Campos Sales, verifica-se que a porcentagem da classificação Bom sem mantém, mas teve um aumento para a regular, ficando agora com 33,33%. A Tabela 12 traz uma análise estatística descritiva dos resultados obtidos.

Tabela 12: Análise estatística descritiva.

<b>Rua Campos Sales</b>		
<b>Trecho</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
<b>Média</b>	2,92	3,65
<b>Desvio Padrão</b>	1,04	0,86
<b>Coefficiente de variação</b>	0,35	0,23
<b>Menor Valor</b>	1,98	2,44
<b>Maior Valor</b>	4,83	4,87
<b>Classificação</b>	BOM	BOM

Fonte: A autora 2021.

Analisando a Tabela 12, os valores de IRI apresentam média de 2,95 e desvio padrão de 1,04 para F1. Para F2 a média de IRI foi de 3,65 com desvio padrão de 0,86, no geral classificado como bom.

Tabela 13: Resultados obtidos através do aplicativo SmartIRI para a Avenida do Aeroporto em F1.

<b>Avenida do Aeroporto</b>						
<b>Faixa</b>	<b>Trechos</b>	<b>Velocidade Média (Km/h)</b>	<b>Distância acumulada (m)</b>	<b>IRI (m/km)</b>	<b>Classificação</b>	
<b>F1</b>	1	25	34	3,7226	BOM	
	2	35	70	3,4282	BOM	
	3	49	108	3,0630	BOM	
	4	56	164	3,5201	BOM	
	5	18	231	3,8138	BOM	
	6	26	304	3,8327	BOM	
	7	38	392	3,0780	BOM	
	8	58	491	2,3997	BOM	
	9	63	606	2,7093	BOM	
	10	68	729	3,7322	BOM	
	11	43	860	2,9376	BOM	
	12	55	1016	2,4833	BOM	

Fonte: A autora 2021.

Tabela 14: Resultados obtidos através do aplicativo SmartIRI para a Avenida do Aeroporto em F2.

<b>Avenida do Aeroporto</b>					
<b>Faixa</b>	<b>Trechos</b>	<b>Velocidade Média (Km/h)</b>	<b>Distância acumulada (m)</b>	<b>IRI (m/km)</b>	<b>Classificação</b>
<b>F2</b>	1	30	32	3,2597	BOM
	2	45	67	3,7443	BOM
	3	59	107	3,1244	BOM
	4	58	164	3,2728	BOM
	5	63	233	3,6293	BOM
	6	65	307	3,5782	BOM
	7	66	397	3,6527	BOM
	8	66	496	2,0965	BOM
	9	72	610	2,9890	BOM
	10	63	732	3,1965	BOM
	11	61	861	2,8733	BOM
	12	59	1003	2,4720	BOM

Fonte: A autora 2021.

Apesar da Classificação de IRI ter sido 100% boa para as duas faixas (Tabela 13) e (Tabela 14), nota-se que em média o IRI está entre 2,5 e 3,5. Se comparado com o padrão DNIT para as condições de pavimento, o IRI entre 2,5 e 3,5 já seria classificado como regular. Uma explicação para esses resultados, seria a presença de defeitos onde o aplicativo não consegue detectar através do deslocamento vertical que sofre o veículo, tais como fissuras e trincas.

A tabela 15 traz uma análise estatística descritiva dos resultados obtidos.

Tabela 15: Análise estatística descritiva.

<b>Avenida do Aeroporto</b>		
<b>Trecho</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
<b>Média</b>	3,25	3,22
<b>Desvio Padrão</b>	0,52	0,49
<b>Coefficiente de variação</b>	0,15	0,15
<b>Menor Valor</b>	2,39	2,09
<b>Maior Valor</b>	3,83	3,74
<b>Classificação</b>	BOM	BOM

Fonte: A autora 2021.

Analisando a Tabela 15, os valores de IRI apresentam média de 3,25 e desvio padrão de 0,52 para F1. Para F2 a média de IRI foi de 3,22 com desvio padrão de 0,49, classificado como bom.

Tabela 16: Resultados obtidos através do aplicativo SmartIRI para a Avenida Getúlio Vargas em F1.

Avenida Getúlio Vargas						
Faixa	Trechos	Velocidade Média (Km/h)	Distância acumulada (m)	IRI (m/km)	Classificação	
F1	1	34	25	2,7846	BOM	
	2	45	51	4,8366	REGULAR	
	3	49	79	4,6722	REGULAR	
	4	48	111	3,2399	BOM	
	5	42	147	3,4176	BOM	
	6	17	185	3,3274	BOM	
	7	25	226	3,4002	BOM	
	8	17	273	2,5665	BOM	
	9	13	327	2,8944	BOM	

Fonte: A autora 2021.

Tabela 17: Resultados obtidos através do aplicativo SmartIRI para a Avenida Getúlio Vargas em F2.

Avenida Getúlio Vargas						
Faixa	Trechos	Velocidade Média (Km/h)	Distância acumulada (m)	IRI (m/km)	Classificação	
F2	1	15	21	3,8217	BOM	
	2	35	43	2,3687	BOM	
	3	47	68	2,1253	BOM	
	4	50	95	2,9849	BOM	
	5	54	129	3,6378	BOM	
	6	20	168	3,1562	BOM	
	7	41	211	3,9823	BOM	
	8	20	263	3,9827	BOM	
	9	17	319	4,3126	REGULAR	

Fonte: A autora 2021.

Observando as Tabelas 16 e 17, para as duas faixas, a classificação foi quase 100% boa. Na Faixa F1, 22,22% foi classificada como regular, e na F2 apenas 11,11%. Para o aplicativo fazer essa medição dos deslocamentos verticais no veículo, é preciso que o condutor não desvie



de nenhum defeito encontrado, mas no caso dessa via, foi inviável não desviar, pois apresentava grandes defeitos, podendo então explicar a classificação sendo quase inteira boa. A tabela 18 traz uma análise estatística descritiva dos resultados obtidos.

Tabela 18: Análise estatística descritiva.

<b>Avenida Getúlio Vargas</b>		
<b>Trecho</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
<b>Média</b>	3,32	3,63
<b>Desvio Padrão</b>	0,79	0,76
<b>Coefficiente de variação</b>	0,23	0,20
<b>Menor Valor</b>	2,56	2,12
<b>Maior Valor</b>	4,83	4,31
<b>Classificação</b>	BOM	BOM

Fonte: A autora 2021.

Os valores de IRI (Tabela 18) apresentam média de 3,32, e desvio padrão de 0,79 para F1. Para F2 a média de IRI foi de 3,6 com desvio padrão de 0,76, classificado como bom.

De acordo com as tabelas apresentadas anteriormente com resultados obtidos através do deslocamento vertical sofrido pelo veículo durante o tráfego, nos dando um resultado rápido e prático de IRI, foi observado que a maior parte do estudo das vias foi considerada de acordo com dados uma classificação boa, e poucas vezes excelente e algumas vezes regular.

Nas faixas F1 e F2 em cada via, observa-se quando aparece a classificação regular, encontra se aproximadamente em uma mesma localização, pois as patologias se manifestavam em locais específicos dos trechos analisados, condizendo com o encontrado visualmente. Quando a classificação aparece excelente, são trechos que estão realmente em um estado de vida muito boa, e conservados.

Para uma certa comparação entre os dados fornecidos pelo aplicativo, nos trechos em estudo o levantamento de dados foi realizado através de observação visual, na qual foi percorrida toda extensão da via, permitindo um acervo fotográfico de vários pontos do revestimento do pavimento, sendo que se destacaram alguns tipos de patologias, algumas com uma frequência maior e outras com uma frequência menor.

Foi encontrado patologia do tipo Ondulação, que segundo o (DNIT, 2005, p.381), possíveis causas da ocorrência de ondulação ou corrugação, são: “Instabilidade da mistura

betuminosa da camada de revestimento e/ou a base de um pavimento; excesso de umidade das camadas subjacentes; contaminação da mistura asfáltica por materiais estranhos; retenção de água na mistura asfáltica”.

Em determinado trecho da via, de acordo com a Figura 31, foi observado ondulações e corrugações nas transversais ao eixo da pista onde o terreno é mais íngreme. A causa provável é instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou a base de um pavimento.

Figura 31: Patologia, tipo ondulação ou corrugação, localizada na Avenida Getúlio Vargas.



Fonte: A autora 2021.

Foram encontradas “panelas”, que de acordo com o (DNIT, 2005, p.321), possíveis causas desse tipo de patologia, são: “Excesso de carga por eixo dos veículos; deficiência de projeto; deficiências construtivas; ação da água devido à infiltração”

As panelas ou buracos, conforme as Figuras 32,33,34 e 35, foram encontrados em todas as vias, mas em trechos específicos, porém em ambos os sentidos. Isso explica a classificação do aplicativo SmartIRI, sendo boa, mesmo com graves defeitos, são trechos específicos, difíceis

do condutor não desviar. Como as vias Avenida Beira Rio e Avenida do Aeroporto possuem um grande tráfego de veículos de cargas pesadas, a causa provável é o excesso de carga por eixo dos veículos, para Rua Campos Sales e Avenida Getúlio Vargas, possivelmente se trata de falta de manutenção desse revestimento.

Figura 32: Patologia, tipo panela ou buraco, localizada na Avenida Getúlio Vargas.



Fonte: A autora 2021.

Figura 33: Patologia, tipo panela ou buraco, localizada na rua Campos Sales.



Fonte: A autora 2021.

Figura 34: Patologia, tipo panela ou buraco, localizada na Avenida Beira Rio.



Fonte: A autora 2021.

Figura 35: Patologia, tipo panela ou buraco, localizada na Avenida do Aeroporto.



Fonte: A autora 2021.

Patologia tipo trinca longitudinal, as possíveis causas desse tipo de patologia, são: Junta de construção mal feita; Contração/ dilatação do revestimento devido ao gradiente técnico ou envelhecimento do asfalto; propagação das trincas existentes nas camadas subjacentes, como

por exemplo, das bases tratadas com cimento ou juntas de revestimentos rígidos (trincas de propagação). (DNIT, 2005, p.377).

As trincas registradas no decorrer das vias na Avenida Moxotó conforme Figura 36, e na Avenida Getúlio Vargas conforme Figura 37, apresentaram algumas espessuras principalmente no sentido longitudinal, paralelas ao tráfego dos veículos, muito difíceis de serem detectadas pelo veículo com o uso do aplicativo, além da análise virtual feita para detectar esses defeitos, deve ser feito outro método mais preciso para pontuar sua classificação. Sua causa provável é contração/dilatação do revestimento.

Figura 36: Patologia, tipo trinca longitudinal, na Avenida Moxotó.



Fonte: A autora 2021.

Figura 37: Patologia, tipo trinca longitudinal, na Avenida Getúlio Vargas.



Fonte: A autora 2021.

Foi encontrada a patologia tipo Escorregamento, segundo o (DNIT, 2005, p.382), possíveis causas desse tipo de patologia, são: “Ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual este se apoia (deficiências na imprimação ou pintura de ligação); limitada inércia do revestimento asfáltico devido à pequena espessura; compactação deficiente das misturas asfálticas ou da porção superior da camada de base; fluência plástica do revestimento na ocorrência de altas temperaturas”.

Conforme Figura 38 a causa provável é fluência plástica do revestimento na ocorrência de altas temperaturas, visto que a região onde fica a cidade de Paulo Afonso, possui essas características.

Figura 38: Patologia, tipo escorregamento, localizada na Rua Campos Sales.



Fonte: A autora 2021.

Patologia tipo Remendo, onde as possíveis causas desse tipo de patologia, são: Solicitação intensa do tráfego; emprego de material de má qualidade; agressividade das condições ambientais; problemas construtivos. (DNIT, 2005, p.385).

O aparecimento de remendos, foi observado nas Avenidas Moxotó (Figura 39) e do Aeroporto conforme pode ser observado na Figura 40. A causa provável seria o emprego de material de baixa qualidade ou má construção.

Figura 39: Patologia tipo remendo, localizada na Avenida Moxotó.



Fonte: A autora 2021.

Figura 40: Patologia tipo remendo, localizada na Avenida do Aeroporto.



Fonte: A autora 2021.

Foi encontrada a patologia do tipo Afundamento de Consolidação, onde possíveis causas desse tipo de patologia, são: Compactação insuficiente de uma ou mais camadas durante



a construção; mistura asfáltica inadequada (com baixa estabilidade); enfraquecimento de uma ou mais camadas devido à infiltração de água. (DNIT, 2005, p.380).

Em um trecho da Avenida Campos Sales foi observado na Figura 41, a patologia tipo afundamento. Sua causa provável é enfraquecimento de uma ou mais camadas devido à infiltração de água. É observado com frequência a manutenção da companhia de água e esgoto nesse local.

Figura 41: Patologia, tipo afundamento de consolidação, localizada na Avenida Campos Sales.



Fonte: A autora 2021.

Patologia, trincas tipo couro de jacaré suas possíveis causas desse tipo de patologia, são: Colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego; subdimensionamento ou má qualidade da estrutura de uma das camadas do pavimento; baixa capacidade de suporte do solo; envelhecimento do pavimento (fim da vida); asfalto duro ou quebradiço. (CNT, 2017, p.85).

Foi a patologia apresentada com maior frequência em todas as vias de estudo, principalmente no trilho de rodas dos veículos, as trincas tipo couro de jacaré tem como causa, o envelhecimento do pavimento. Observa-se que não foi realizado, uma fresagem, manutenção, desse revestimento, conforme a Figura 42.

Figura 42: Patologia, trincas tipo couro de jacaré, localizada na Avenida Moxotó.



Fonte: A autora 2021.

Identificando as patologias de cada vida de estudo, observou-se que a Rua Campos Sales foi a que mais apresentou problemas, como as panelas, trincas tipo couro de jacaré, afundamento, escorregamento. Foi a via que estava recém pavimentada, e que ainda mostra muitos defeitos a serem tratados.

A patologia tipo panela, foi a mais observada ao longo das vias de todos os bairros, e a menos observada foi do tipo remendo e escorregamento, mas trincas, fissuras e desgaste foram observados em todas.

Após identificar as manifestações patológicas analisadas, é possível fazer alguns apontamentos sobre prováveis reparos.

Para fendas e trincas, pontua-se que em suas formas de recuperação e reparos podem-se utilizar as técnicas de capa selante, tratamento superficial, lama asfáltica e micro revestimento asfáltico, as Figuras 43, 44 e 45, mostram as etapas respectivamente de Aplicação de ligantes, distribuição de agregados, Compressão do agregado, aplicação de lama asfáltica e, Aplicação micro revestimento, onde todas essas técnicas, são selantes, superficiais, com a capacidade de selar esses defeitos, para que não se tornam futuramente defeitos maiores.

Figura 43: Aplicação de ligantes, distribuição de agregados.



Fonte: (BERNUCCI, 2008).

Figura 44: Compressão do agregado, aplicação de lama asfáltica.



Fonte: (BERNUCCI, 2008).

Figura 45: Aplicação micro revestimento.



Fonte: (BERNUCCI, 2008).

Para a patologia de afundamento, ondulação e corrugações, (BERNUCCI, 2008, p.188), sugere que: “Fresagem é a operação de corte, com uso de máquinas especiais (Figura 46), do revestimento asfáltico existente em um trecho de via, ou de outra camada do pavimento, para restauração da qualidade ao rolamento da superfície, ou como melhoramento da capacidade de suporte”.

Figura 46: Fresagem, pós fresagem, recapeamento.



Fonte: (BERNUCCI, 2008).

Já para os remendos:

Os remendos constituem o método de reparo mais utilizado na manutenção de rodovias e ruas, porque todos os pavimentos, uma hora ou outra, vão apresentar buracos, resultados do tráfego, de reparos das redes de água, gás, esgoto, telefone, energia elétrica, entre outros (YOSHIZANE, 2005, p.7).

## 6. CONCLUSÕES

A avaliação funcional das vias é um procedimento padrão e de fácil execução, que permite com que se possa tomar decisões simples, os órgãos municipais responsáveis pelo pavimento no município, deveriam usar de tal procedimento, pois a malha viária de um município é um patrimônio e deve ser preservado com uma gestão de manutenção e conservação.

As manifestações patológicas observadas tiveram como destaques possivelmente, falta de drenagem, e principalmente falta de manutenção das vias. As soluções que vimos as prefeituras adotarem, são, operações tapa buraco e ou recapeamento, mal executado e sem planejamento ou gestão de acordo com as normas e orientações adequadas.

Em relação ao estudo apresentado, através de relato fotográfico, uso de aplicativo para Smartphone, diagnósticos e classificação, conclui-se que de fato, os trechos apresentados, não estavam em perfeitas condições, principalmente os trechos da Rua Campos Sales e da Avenida Beira Rio, onde apresentaram diversas manifestações patológicas facilmente identificadas, principalmente as do tipo panela ou buraco. A Avenida do Aeroporto, apresentou os melhores resultados, pode-se dizer que, por ser uma das Avenidas de maior importância, e com recente manutenção, esses tenham sido uma das explicações para tal resultado, onde foi obtida a classificação 100% bom.

Apesar de a maior parte dos resultados de IRI terem sido classificados como bons, se fosse seguir o padrão DNIT de classificação de pavimento, esses resultados teriam sido outros, pois o Almeida (2018), faz uma classificação mais abrangente desses resultados de IRI, numa escala de variação maior.

O aplicativo auxilia nos resultados de uma inspeção visual, mas não consegue captar realmente todos os defeitos que as vias possuem, mas gera conteúdo com avaliação numérica quantitativa e qualificativa dos defeitos das vias, e ressaltando que o aplicativo foi criado para uso nas rodovias estaduais do Ceará.

Concluindo, quando o projeto é bem executado, e existe manutenção preventiva, é possível a redução da maioria das manifestações patológicas observadas no trabalho. Existe uma necessidade premente de gestão em pavimentação asfáltica em vias públicas para se confirmar a qualidade da obra e também do conforto, segurança e economia ao usuário.

## REFERÊNCIAS BIBLIORÁFICAS

- ALMEIDA, L.C. **Aplicativo para smartphone destinado à medição da irregularidade longitudinal em rodovias**. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- ALVAREZ.S.P. **Patologias e manutenção no pavimento asfáltico no município de Bocaina/SP**. Monografia – Universidade de Araraquara, Araraquara, 2019.
- ARAÚJO, ANDRÉ L.C. **Pavimentação – Reciclagem a frio “in situ” com espuma asfalto**. Monografia- Engenharia Civil. UNISUAM. 2013.
- BALBO, J. T., **Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção**. São Paulo. Plêiade, 1997.
- BERNUCCI, Liedi Bariani et all. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006.
- BERNUCCI, L.B.; MOTTA, L.M.G.; GERATTI, J.A.P.; SOARES, J.B. **Pavimentação Asfáltica – Formação Básica do Engenheiro**. Rio de Janeiro, 2008 – 3 Reimpressão 2010, Gráfica Imprinta.
- BRASIL. Departamento Internacional de Infraestrutura de Transporte. **Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis, DNER-PRO 011/79**, Rio de Janeiro-RJ, 16 p., 1979.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 001, 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**. Disponível em:  
<<http://www.ima.al.gov.br/wizard/docs/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20N%C2%BA001.1986.pdf>>. Acesso em: 04 de maio de 2021.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de gerência de pavimentos**. Rio de Janeiro, 2011. (Publicação IPR, 745).
- CARGOBR. **Transporte Rodoviário: O mais utilizado no Brasil**. Disponível em:<<https://blog.cargobr.com/?s=Transporte+Rodovi%C3%A1rio%3A+O+mais+utilizado+no+Brasil.+>>. Acesso em: 04 de maio de 2021.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. CNT. 2016. **Dados referentes a pavimentação no Brasil no ano de 2015**. Disponível em: [www.cnt.org.br/](http://www.cnt.org.br/) Acesso em: 17 de setembro de 2020.
- CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. CONTRAM. **Resolução n° 803, 22 de outubro de 2020**. Ministério da Infraestrutura/Conselho Nacional de Trânsito. 2020.
- DANIELESKI, M. L., **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre**. 187f. Monografia (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento**. DNERPRO

009/2003. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional De Estradas De Rodagem, Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER. **Manual de Pavimentação**. 1996. Disponível em:

<[www1.dnit.gov.br/arquivos.../ipr/ipr.../Manual%20de%20Implantação%20Básica.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos.../ipr/ipr.../Manual%20de%20Implantação%20Básica.pdf)>  
Acesso em: 15 de setembro de 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER. **Método de projetos de pavimentos flexíveis**. 1981. Disponível em: < [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/667\\_metodo\\_de\\_projeto\\_de\\_pavimentos\\_flexiveis.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/667_metodo_de_projeto_de_pavimentos_flexiveis.pdf) > Acesso em: 04 de maio de 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT. **Manual de Conservação Rodoviária**. IPR – 710. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em:

<[http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual%20de%20Conservacao%20Rodoviaria.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Conservacao%20Rodoviaria.pdf)>. Acesso em 24 de março de 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE. DNIT.

Publicação IPR- 719. **Manual de Pavimentação**, 1996. Disponível em:

<[http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual\\_de\\_Pavimentacao\\_Versao\\_Final.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf)>. Acesso em: 16 de setembro de 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT.

**Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2006, 3. ed. Rio de Janeiro, 2006, 278 p.

DNIT 005/2003 – TERMINOLOGIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos**. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT 006/2003-PRO: **Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos – Procedimento**. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.

DNIT 008/2003-PRO: **Levantamento Visual Contínuo para Avaliação da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos**. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.

DNIT 009/2003-PRO: **Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos – Procedimento**. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.

FILHO, Glauco Pontes; FELEX, José Bernardes; RODRIGUES, John Kennedy G. **Automatização do Cálculo do Índice de Gravidade Global** (1995). In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 7<sup>a</sup>. 1996, São José dos Campos. Anais...São José dos Campos, Associação Brasileira de Pavimentação, Santos. p 239-262.

FONTES, L. P. T. L. **Optimização do Desempenho de Misturas Betuminosas com Betume Modificado com Borracha para Reabilitação de Pavimentos**. Tese de Doutorado. Universidade do Minho. Universidade Federal de Santa Catarina. 545 p., 2009.

GOOGLE MAPS. **Cidade e bairros Paulo Afonso, BA**. Disponível em:<  
<https://www.google.com/maps/place/Paulo+Afonso,+BA/@-9.4380724,-38.2717516,11z/data=!4m5!3m4!1s0x70930cc78a6f9ff:0xdb68770589a8cabb!8m2!3d-9.4061251!4d-38.2163717> > Acesso em: 04 de maio de 2021.



- GONÇALVES, Fernando Pugliero. **O Diagnóstico e a Manutenção dos Pavimentos**. Notas de aula, ITA, São José dos Campos, 1999.
- GUARNIERI R. **Proposta de metodologia para avaliação e manutenção de pavimentos urbanos: Aplicação no município de Bocaina/SP**. Monografia – Universidade Uniara de Araraquara. 2016.
- HERMES. B.T. **Impacto do alto tráfego em pavimento dimensionado para baixo tráfego – Estudo de caso: Coronel Barros – RS**. Monografia – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí–RS, 2013.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico: População no último censo, 2010**. Rio de Janeiro, 2011.
- LIMA. J. H. **A ausência de fiscalização do excesso de peso e o desgaste precoce do pavimento flexível nas rodovias federais**. Monografia – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasília, 2017.
- MARQUES. G. L. O. **Notas de aula de Pavimentação**. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2006.
- MARQUESINI.R.D. **Avaliação funcional e estrutural de um segmento da rua Minas Gerais no município de Tuneiras do Oeste – PR**. Monografia – Universidade Federal do Paraná, Campo Mourão–PR.2012.
- MATOS, R. J. C. **Corografia Histórica da Província de Minas Gerais (1837)**. Belo Horizonte: Livraria Itatiaia Editora, 1981. v. 1.
- NEW ROADS CONSULTORIA. **Recuperação e Reforço de Pavimentos**. 2015. Disponível em < <http://newroads.com.br/2015/03/recuperacao-e-reforco-de-pavimentos/>> Acesso em: 17 de março de 2021.
- PEREIRA. D. **Mecanismos de Ruptura do Pavimento**. Notas de aula. Universidade Federal de Santa Maria. 2019.
- RONCARATI. **RESOLUÇÃO CONTRAN Nº 803, DE 22.10.2020**. Disponível em: <<https://www.editoraroncarati.com.br/v2/Diario-Oficial/Diario-Oficial/RESOLUCAO-CONTRAN-N%C2%BA-803-DE-22-10-2020.html#:~:text=metrol%C3%B3gica%20em%20vigor,-,Art>>. Acesso em: 06 de maio de 2021.
- SAYERS, M. W.; KARAMIHAS, S. M. **The little book of profiling: basis information bout measuring and interpreting road profiles**. The regent of the University of Michigan, 1998. 98p.
- SCARANTO, M.; GONÇALVES, F. P., **Manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos**. 2008. Passo Fundo, RS. p.12. Disponível em <[http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art7\\_N12.pdf](http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art7_N12.pdf)> Acesso em: 17 de março de 2021.
- SCHIMDIT.M. **Estudo de patologias em pavimentos asfálticos na cidade de Santa Maria – RS**. Monografia – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria–RS, 2016.
- SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. vol. 2. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SILVA, A.C. **Estudo de caso de patologias em pavimento flexível em rodovia do oeste do Paraná.** Monografia – Universidade Paranaense, Toledo–PR, 2015.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos.** São Paulo: PINI, 2005.

SINDETRANS. Sindicato das Empresas de Transportes de Cargas de Ribeirão Preto e Região. **Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias.** Disponível em: <<https://www.sindettransrp.com/noticias/conheca-os-13-principais-defeitos-do-pavimento-das/>>. Acesso em: 06 de maio de 2021.

SPARK.W. **Condições meteorológicas médias de Paulo Afonso.** Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/31084/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Paulo-Afonso-Brasil-durante-o-ano#Sections-Temperature>>. Acesso em: 06 de maio de 2021.

TRANSPORTE RODOVIÁRIO. **Desempenho do setor, infraestrutura e investimentos.** Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Estudo/transporte-rodoviario-desempenho>>. Acesso em: 06 de maio de 2021.

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