

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS ANTONIO NERY FERRARO

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS – ESTUDO
DE CASO EM MACAPÁ-AP**

MACAPÁ

2025

MATHEUS ANTONIO NERY FERRARO

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS – ESTUDO
DE CASO EM MACAPÁ-AP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Coordenação de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Amapá, como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Ma. Cristina Maria Baddini
Lucas

MACAPÁ

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

F376m Ferraro, Matheus Antonio Nery.
Manifestações patológicas em pavimentos asfálticos: estudo de caso em Macapá-AP /
Matheus Antonio Nery Ferraro. - Macapá, 2025.
1 recurso eletrônico. 51 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá,
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Macapá, 2025.
Orientadora: Cristina Maria Baddini Lucas.
Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Patologias do pavimento. 2. Defeitos em pavimentos flexíveis. 3. Índice de gravidade global. I. Lucas, Cristina Maria Baddini, orientadora. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 625.85

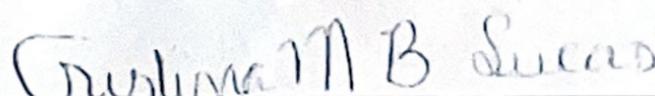
MATHEUS ANTONIO NERY FERRARO

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS – ESTUDO
DE CASO EM MACAPÁ-AP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Amapá, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Profa. Ma. Cristina Maria Baddini Lucas.

Aprovado em 4 de abril de 2025.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Ma. Cristina Maria Baddini Lucas
Orientadora – UNIFAP

Documento assinado digitalmente
gov.br JAMIL JOSE SALIM NETO
Data: 15/04/2025 20:48:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jamil José Salim Neto
Examinador interno – UNIFAP

Documento assinado digitalmente
gov.br JENNEFER LAVOR BENTES
Data: 16/04/2025 11:58:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Jennefer Lavor Bentes
Examinadora interna – UNIFAP



Prof. Me. Regis Brito Nunes
Examinador interno – UNIFAP

Dedico a minha família e amigos,
que foram suporte e incentivo nessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marco e Dalila, e a minha irmã, Desirée, pelo apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida e na realização desse trabalho, até quando eu mesmo duvidava da minha capacidade e competência.

Aos amigos da graduação, que compartilharam os desafios e as conquistas da trajetória universitária, e, em especial, a Aléxis Leite, Arthur Carvalho, Danilo Santos, Felipe Lobo, Juliely Alcolumbre e Larissa Almeida, com quem, para além da universidade, também dividi boa parte da minha vida pessoal durante a graduação.

À professora Cristina, pela paciência e orientação da monografia, e demais docentes do curso de Engenharia Civil, pela dedicação em repassar os conhecimentos e nos preparar para vida profissional.

RESUMO

FERRARO, Matheus Antonio Nery. **Manifestações patológicas em pavimentos asfálticos – estudo de caso em Macapá-AP**. 2025. 52p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Amapá, Macapá.

A pavimentação urbana é um componente fundamental da infraestrutura de uma cidade. A presença de falhas nos pavimentos asfálticos traz insegurança aos usuários e compromete a funcionalidade, gerando custos elevados de manutenção, por isso necessita de atenção para sua identificação precoce. Nesse contexto, dada a expansão urbana e a falta de estudos específicos em Macapá, este trabalho foi relevante para ajudar na investigação desses defeitos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar as manifestações patológicas em pavimentos asfálticos na cidade de Macapá/AP, em trecho da Avenida dos Timbiras, no bairro Novo Buritizal. Para isso, foi realizado um estudo de caso, através de pesquisa de campo, com vistorias *in loco*, para identificação e classificação das patologias e aplicação do Índice de Gravidade Global (IGG). Os resultados mostraram que as patologias mais frequentes foram as panelas (35%), trincas longitudinais curtas (13%) e remendos (10%) e o valor do IGG foi de 327,69 (“péssimo”). Com base nas análises realizadas, foram levantadas as prováveis causas e foram propostas possíveis soluções para manutenção e restauração, como selagem e fresagem. Concluiu-se que este trabalho proporcionou uma compreensão ampla das manifestações patológicas em pavimentos asfálticos no local estudado, sendo útil como ferramenta auxiliar para manutenção, e reforçando a importância do monitoramento contínuo das condições das vias, para garantir sua funcionalidade e segurança. Por fim, há uma grande diversidade e complexidade de defeitos, demandando análises adicionais mais aprofundadas, para elaboração de um plano estratégico, custo-efetivo, periódico e corretivo, que possa atender adequadamente as necessidades dos usuários.

Palavras-chave: patologias do pavimento; defeitos em pavimentos flexíveis; pavimentação asfáltica; índice de gravidade global.

ABSTRACT

FERRARO, Matheus Antonio Nery. **Pathological manifestations in asphalt pavements – case study in Macapá-AP**. 2025. 52 pages. Undergraduate Thesis (Bachelor's Degree in Civil Engineering), Federal University of Amapá, Macapá.

Urban pavement is a fundamental component of a city's infrastructure. The presence of flaws in asphalt pavements creates insecurity for users and compromises functionality, resulting in high maintenance costs, so it requires attention for early identification. In this context, given the urban expansion and the lack of specific studies in Macapá, this work was relevant for assisting in the investigation of these defects. Therefore, the objective of this study was to analyze pathological manifestations in asphalt pavements in the city of Macapá/AP, along a stretch of Avenida dos Timbiras in the Novo Buritizal neighborhood. To achieve this, a case study was conducted through field research, with on-site inspections to identify and classify the pathologies and apply the Global Severity Index (IGG, in Portuguese). The results showed that the most frequent pathologies were potholes (35%), short longitudinal cracks (13%), patches (10%), and the IGG value was 327.69 ('poor'). Based on the analyses, probable causes were raised and possible solutions for maintenance and restoration, such as sealing and milling, were proposed. It was concluded that this study provided a comprehensive understanding of pathological manifestations in asphalt pavements at the studied location, being useful as an auxiliary tool for maintenance, and reinforcing the importance of continuous monitoring of road conditions to ensure their functionality and safety. Finally, there is a wide diversity and complexity of defects, requiring more in-depth additional analyses for the development of a strategic, cost-effective, periodic, and corrective plan that can adequately meet the needs of users.

Keywords: pavement pathologies; defects in flexible pavements; asphalt paving; global severity index.

LISTA DE SIGLAS

AP – Amapá

PA – Pará

BA – Bahia

PR - Paraná

CNT – Confederação Nacional de Transportes

IGG – Índice de Gravidade Global

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

TER - Terminologia

FI – Fissura

TTC – Trinca isolada transversal curta

TTL – Trinca isolada transversal longa

TLC – Trinca isolada longitudinal curta

TLL – Trinca isolada longitudinal longa

J – Trinca interligada “jacaré” sem erosão

JE – Trinca interligada “jacaré” com erosão

TRR – Trinca isolada devido a retração térmica, dissecação da base ou revestimento

TB – Trinca interligada “em bloco” sem erosão

TBE – Trinca interligada “em bloco” com erosão

ALP – Afundamento plástico local

ATP – Afundamento plástico da trilha

ALC – Afundamento de consolidação local

ATC – Afundamento de consolidação da trilha

O – Ondulação ou corrugação

E – Escorregamento

EX – Exsudação

D – Desgaste

P – Panelas

RS – Remendo superficial

RP – Remendo profundo

FC – Classe das fendas

LVC - Levantamento Visual Contínuo

IRI - Índice de Irregularidade de Superfície

IES - Índice de Estado de Superfície

PRO – Procedimento

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Manifestações patológicas encontradas.	34
Gráfico 2: Número de ocorrências por tipo de patologias.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tensões, deformações e deslocamentos em pavimento asfáltico.	17
Figura 2: Pavimento flexível / semirrígido (corte transversal).....	18
Figura 3: Pavimento rígido (corte longitudinal).....	18
Figura 4: Representação esquemática dos defeitos.	25
Figura 5: Cálculo da frequência relativa.....	27
Figura 6: Cálculo do Índice de Gravidade Individual.	27
Figura 7: Cálculo do Índice de Gravidade Global.....	28
Figura 8: Delimitação do trecho de estudo.....	30
Figura 9: Delimitação do trecho de estudo (2).	30
Figura 10: Fluxograma do passo a passo da pesquisa de campo.....	31
Figura 11: Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos.....	32
Figura 12: Treliça para medição das flechas da trilha de roda.	33
Figura 13: Painela.	36
Figura 14: Trinca longitudinal curta.....	36
Figura 15: Remendo.	37
Figura 16: Miscelânea – trincas.....	37
Figura 17: Miscelânea (parte 2).....	38
Figura 18: Mapeamento das principais manifestações patológicas.....	39
Figura 19: Área parcialmente alagada.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo dos defeitos, codificação e classificação (parte 1).....	24
Tabela 2: Resumo dos defeitos, codificação e classificação (parte 2).....	24
Tabela 3: Fatores de ponderação das respectivas ocorrências.....	27
Tabela 4: Agrupamento de ocorrências do Índice de Gravidade Individual para cálculo do IGG.	28
Tabela 5: Classificação funcional do pavimento pelo IGG.	28
Tabela 6: Resumo das manifestações patológicas, classificação, possíveis causas e intervenções.....	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 O pavimento e o processo de pavimentação	16
3.2 As patologias do pavimento	20
4 METODOLOGIA.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
6 CONCLUSÃO.....	45
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	46
REFERÊNCIAS	47
ANEXOS	49
APÊNDICES	50

1 INTRODUÇÃO

A história do advento da pavimentação está ligada não só aos meios de transporte, mas também ao povoamento dos continentes, das conquistas territoriais, comerciais, culturais e religiosas, além da urbanização e desenvolvimento (BERNUCCI, 2010), assim sendo, a evolução da pavimentação está atrelada ao desenvolvimento da sociedade.

A pavimentação urbana é um componente fundamental da infraestrutura de uma cidade, trazendo diversos benefícios, como segurança, deslocamento eficiente e conforto. A presença de falhas nos pavimentos asfálticos traz insegurança aos usuários e compromete a funcionalidade, gerando custos elevados de manutenção (MARCATO, 2021).

No Brasil, um país continental, os estudos sobre essas vias de transportes são importantes, pois a posse de dados atualizados sobre as condições e qualidade das vias tem impacto direto na eficiência econômica e no desenvolvimento social do país, garantindo segurança e fluidez no tráfego de pessoas e mercadorias (CNT, 2024).

A mais recente pesquisa de rodovias da Confederação Nacional do Transporte (CNT), de 2024, revela uma classificação qualitativa das vias, onde apenas 33% englobaram os conceitos “ótimo” ou “bom”, a maioria estava com “regular” (40,4%), ruim (20,8%) e péssimo (5,8%). Outro destaque da pesquisa é o levantamento de pontos críticos, que abrange a presença de algum tipo de problema de pavimento ao longo da via, como desgastes, trincas e remendos, que podem representar sérios riscos à segurança dos usuários.

A presença de manifestações patológicas em pavimentos é um problema que necessita de atenção para sua identificação precoce, buscando solução e mobilização de esforços, a fim de realizar tratamento ou até mesmo minimizar sua incidência. Com o crescimento constante e, muitas das vezes, rápido dos centros urbanos, as manifestações patológicas podem ser notadas de modo cada vez mais frequente nas ruas e rodovias por todo país (SANTOS, 2023).

Essa avaliação da qualidade dos pavimentos nas cidades é de enorme importância, pois, de acordo com a Confederação Nacional do Transporte (2017), as más condições de pavimento aumentam o custo operacional, reduzem o conforto e a segurança dos passageiros e das cargas, além de causar prejuízos ambientais. Dessa forma, fica evidente a relevância do estudo das condições dos pavimentos nos municípios, abrangendo a análise das vias e identificação de manifestações patológicas.

Na cidade de Macapá, existe um cenário crescente de manifestações patológicas no pavimento asfáltico, decorrente de distintos fatores, físicos, químicos e climáticos, que

prejudicam a sua qualidade e interferem na utilização. Ademais, a ausência e/ou periodicidade inadequada de estudos e avaliações resultam em evolução dessas manifestações patológicas (SAMPAIO, 2024).

Por isso, realizar uma avaliação periódica do pavimento asfáltico das áreas da cidade possibilita a manutenção mais eficiente, evitando a necessidade de correções sem planejamento, uma vez que somente por meio de diagnóstico é possível estabelecer os procedimentos adequados para o restauro, reparo e/ou manutenção, de acordo com a característica de cada patologia.

Essas manifestações patológicas em pavimentos são um tema amplamente discutido na literatura técnica, mas os estudos de casos locais são fundamentais para adaptar as soluções às condições específicas de cada região. Nesse contexto, dada a expansão urbana e a falta de estudos específicos em Macapá, este trabalho tornar-se relevante para ajudar na identificação e investigação das patologias, buscando possíveis causas e propostas que promovam construções mais seguras, econômicas e sustentáveis.

Além disso, ressalta-se que esta pesquisa também pode trazer material para auxiliar os órgãos responsáveis e no desenvolvimento de futuros trabalhos, buscando reduzir o impacto que essas patologias geram. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar as manifestações patológicas em pavimentos asfálticos na cidade de Macapá/AP, em trecho da Avenida dos Timbiras, no bairro Novo Buritizal.

2 OBJETIVO

Objetivo geral: Analisar as manifestações patológicas em pavimentos asfálticos na cidade de Macapá/AP, em trecho da Avenida dos Timbiras, no bairro Novo Buritizal.

Objetivos específicos:

- Identificar e classificar as manifestações patológicas presentes no local de estudo.
- Levantar as possíveis causas
- Calcular o Índice de Gravidade Global (IGG) do local de estudo
- Propor possíveis soluções para a restauração ou manutenção

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico, foi realizada a fundamentação teórica para o trabalho.

3.1 O pavimento e o processo de pavimentação

- Pavimento

Bernucci *et al* (2008) em “Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros” consideram que “Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplanagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança”.

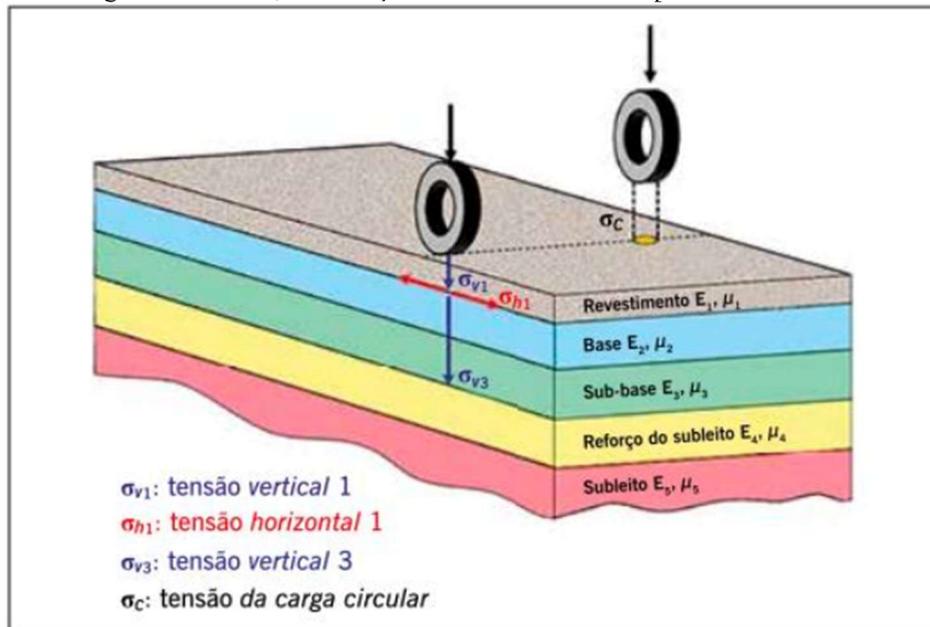
Conforme o Manual de Gerência de Pavimentos (2011), o sistema de pavimentação pode ser definido como um conjunto de elementos que interagem entre si e estão sujeitos a influências externas.

- Finalidade da pavimentação

A função do pavimento é proporcionar uma superfície segura e resistente, garantir a trafegabilidade e proporcionar conforto e segurança aos usuários (MARCATO, 2021).

Conforme o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006) são destinadas três funções básicas ao pavimento, são elas: resistir a função de distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos do tráfego, que estão representados na Figura 1; melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e conforto; resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento.

Figura 1: Tensões, deformações e deslocamentos em pavimento asfáltico.



Fonte: Bernucci *et al* (2022).

- Características do pavimento

A Confederação Nacional do Transporte, em 2017, ressalta que o pavimento, a fim de desempenhar adequadamente sua função, deve apresentar características de durabilidade, conforto e segurança. A durabilidade da estrutura está relacionada à sua capacidade de resistir às cargas impostas pelo tráfego e às influências climáticas. O conforto está associado ao índice de serventia, que representa a capacidade de um trecho específico de pavimento proporcionar uma rodagem suave e adequada em qualquer condição de tráfego. A segurança diz respeito à interação entre o veículo e o revestimento (condições do pavimento).

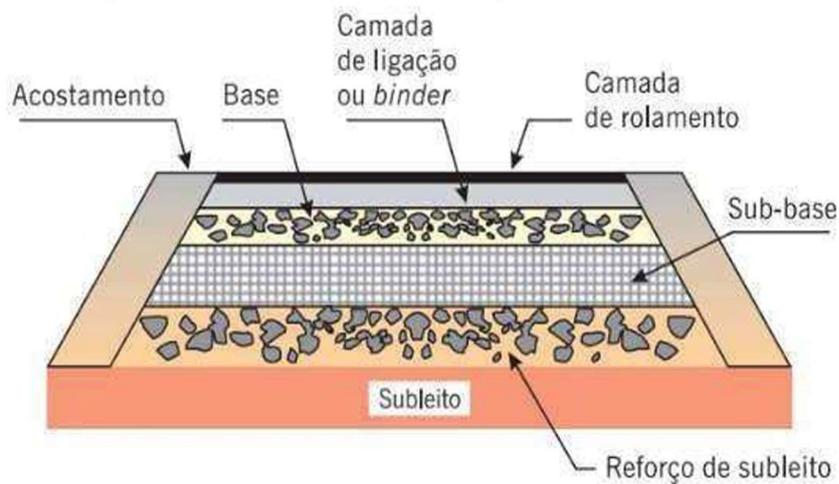
- Tipos de pavimento

Os pavimentos são comumente designados em três categorias distintas: pavimentos flexíveis, semirrígidos e rígidos, como mostrados nas figuras 2 e 3. O Manual de Pavimentação do DNIT (2006) os define como:

- a) Flexível: todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

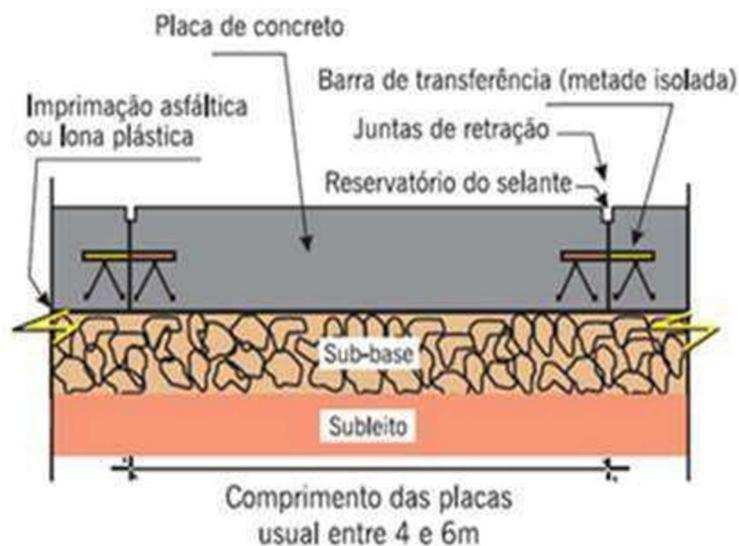
- b) Semirrígido: caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.
- c) Rígido: apresenta revestimento com uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado, como por exemplo pavimento construído por lajes de concreto de cimento Portland.

Figura 2: Pavimento flexível / semirrígido (corte transversal).



Fonte: Bernucci *et al* (2008)

Figura 3: Pavimento rígido (corte longitudinal).



Fonte: Bernucci *et al* (2008)

- Elementos do pavimento

Sobre as características e divisões das camadas da pavimentação, de acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT (2006), entende-se que, seguidamente à terraplenagem, são construídas as camadas de pavimentos (base, sub-base, reforço de subleito e subleito) para facilitar o tráfego de pedestres e motoristas e principalmente para resistir às cargas procedentes dos veículos. No Brasil, o material principal de revestimento do pavimento é o asfalto. A vida útil desse tipo de pavimento, conforme o Manual de Pavimentação do DNIT, tendo em vista a correta manutenção, é de 8 a 12 anos.

As definições de cada camada são (BALBO, 2016):

- a) Revestimento: também chamada de capa de rolamento, é a camada que recebe diretamente as ações verticais e horizontais dos veículos e tráfego. Recebe cargas estáticas e dinâmicas, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, desagregação de componentes ou perda de compactação, precisa ser composto por materiais bem aglutinados ou dispostos de maneira a evitar sua movimentação horizontal. Também protege as demais camadas, absorvendo e transmitindo de forma atenuada os esforços de compressão e tração. É suscetível aos agentes climáticos.
- b) Base: camada disposta a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os ao subleito, e sobre a qual se constrói o revestimento. Pode ser construída por solo estabilizado naturalmente, mistura de solos e agregados (solo-brita), brita graduada tratada com cimento, solo estabilizado quimicamente com ligante hidráulico ou asfáltico, concretos, dentre outros.
- c) Sub-base: camada corretiva do subleito e complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura de base. Podem ser utilizados os mesmos materiais da base.
- d) Reforço de subleito: camada granular do pavimento executada com o objetivo de melhorar a capacidade de suporte de carga do subleito e de reduzir espessura da sub-base. Age como reforço, podendo suportar maiores pressões oriundas de cargas aplicadas sobre o pavimento.
- e) Subleito – é o terreno de fundação do pavimento. Os esforços impostos sobre sua superfície serão aliviados em sua profundidade. Deve-se, portanto, ter maior preocupação com seus extratos superiores em que os esforços solicitantes atuam com maior magnitude. O subleito é constituído de material natural consolidado e compactado.

3.2 As patologias do pavimento

- Principais causas de patologias do pavimento

Conforme Castro (2009), as patologias em pavimentações são modificações na parte superficial ou nas camadas da estrutura de um pavimento, de maneira que modifique de forma negativa, alterando o seu desempenho. Dentre os fatores que contribuem para o surgimento de patologias em pavimentação, afetando a sua funcionalidade, os três principais são:

- a) Projeto inadequado: materiais e medidas inadequados para o tráfego estabelecido em projeto; materiais utilizados fora das especificações padrões; execução da obra fora das espessuras pré-estabelecidas em cálculos;
- b) Intemperismo: refere-se ao conjunto de agentes biológicos, químicos e físicos (naturais), que atua sobre os elementos básicos que constituem um pavimento: asfalto e agregado, onde o primeiro é o que sofre mais impacto da ação da oxidação e da ação da água, que destrói suas propriedades mecânicas;
- c) Tráfego: o desgaste ocasionado pela ação abrasiva dos pneus do tráfego de veículos causa deformações elásticas no pavimento, provocando a aparição de rupturas em sua estrutura.

- Classificação dos defeitos de pavimentação (MARCATO, 2021; SILVA, 2008).

- a) Físicos ou relacionados ao comportamento estrutural: em relação a estrutura do pavimento, irregularidades longitudinais e transversais, deformações plásticas ligadas a natureza estrutural de cada camada do pavimento; trincas, instabilidade e desagregação, afetam a capacidade do pavimento em suportar as cargas do tráfego.
- b) Funcionais ou relacionados ao conforto e à segurança do usuário: em relação qualidade de rolamento, ou seja, irregularidades na superfície do pavimento; deformações superficiais (superfícies molhadas tornam-se derrapantes). Afetam a segurança e as condições de dirigibilidade.

- Tipos de patologias

A norma DNIT 005/2003 – TER define os termos técnicos, cataloga e padroniza a linguagem no que se refere a defeitos nos pavimentos. Silva (2008) também conceitua as patologias. Segue a explicação de cada uma delas:

a) Fenda

São denominadas de fendas quaisquer descontinuidades na superfície do pavimento podendo assumir a feição de fissuras, trincas isoladas longitudinais ou transversais e trincas interligadas tipo couro de jacaré ou em bloco.

b) Fissura (FI)

Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinalmente, transversalmente ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada a distâncias inferiores a 1,5 m, com abertura inferior a 1 mm.

c) Trinca

Fenda existente no revestimento, facilmente visível à vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada. largura superior às fissuras, as quais só são visíveis à distância inferior a 1,5m. As trincas no revestimento podem ser devido à fadiga ou não. O fenômeno de fadiga está relacionado com a repetição de passagem de carga de veículo comercial. Os automóveis não causam problemas estruturais, mas somente a redução do atrito, o que podem causar acidentes.

c.1) Trinca isolada

c.1.1) Trinca transversal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente perpendicular ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 1 m é denominada trinca transversal curta (TTC). Quando a extensão for superior a 1 m, denomina-se trinca transversal longa (TTL). São causadas pela reflexão de juntas ou trincas subjacentes (devido a movimentação térmica e/ou cargas do tráfego) ou retração da própria camada asfáltica.

c.1.2) Trinca longitudinal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 1 m é denominada trinca longitudinal curta (TLC). Quando a extensão for superior a 1 m, denomina-se trinca longitudinal longa (TLL). São causadas pela má execução da junta de construção, reflexão de trincas, assentamento da fundação, retração do revestimento de asfalto ou estágio inicial da fadiga.

c.2) Trincas interligadas

c.2.1) Trincas tipo couro de jacaré (J)

Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Estas trincas podem apresentar erosão (JE) ou não nas bordas. Caracteriza-se por ter ângulos agudos e a maior aresta tem comprimento inferior a 30cm.

c.2.2) Trincas em bloco (TB)

Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo ou não, apresentar erosão (TBE) acentuada nas bordas. São causadas pela retração do revestimento asfáltico e por variações diárias de temperatura, que resultam em ciclos diários de tensões e deformações. As trincas em blocos indicam que o asfalto sofreu endurecimento significativo, devido a sua oxidação ou volatilização dos maltenos, tornando-o menos flexível. Esta patologia também se caracteriza por ter uma configuração aproximada de um retângulo, com áreas variáveis de $0,1\text{m}^2$ a 10m^2 (EUA, 2014).

d) Afundamento

Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada ou não, de pequena elevação do revestimento asfáltico, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

d.1) Afundamento plástico

Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de pequena elevação do revestimento asfáltico. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento plástico local (ALP); quando a extensão for superior a 6m e estiver localizado ao longo da trilha de roda, é denominado afundamento plástico da trilha de roda ou flecha na trilha de roda (ATP).

d.2) Afundamento de consolidação

Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de pequena elevação do revestimento asfáltico. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local (ALC); quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda ou flecha na trilha de roda (ATC).

e) Ondulação (O) ou Corrugação

Deformação caracterizada por irregularidades longitudinais, com pequenos comprimentos de onda e amplitude irregular, acompanhadas ou não de escorregamentos, resultando em sensíveis vibrações para os veículos em movimento. Devido baixa estabilidade da mistura asfáltica, excesso de asfalto (baixa resistência da massa asfáltica), excesso de agregado fino, graduação inadequada, agregado de textura lisa e arredondado. Estão associadas às tensões cisalhantes horizontais geradas pelos veículos em áreas submetidas à aceleração ou frenagem. É comum em subidas, rampas, curvas e interseções.

f) Escorregamento (E)

Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua. Ocorre devido à falta de aderência (ausência de limpeza) entre a camada de revestimento e a camada subjacente, ou por massa asfáltica com baixa resistência. Frequente principalmente em áreas de frenagem e de interseções, quando o veículo causa o deslizamento da massa asfáltica (baixa aderência) ou sua deformação (baixa resistência).

g) Exsudação (EX)

Excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento. No calor o asfalto se dilata e, não havendo espaço para ele ocupar, devido a um baixo volume de vazios ou excesso de ligante (problema na massa asfáltica), o mesmo exsudará através do revestimento e ter-se-á uma superfície (normalmente na trilha de roda) que brilha devido o excesso de ligante betuminoso. Também, com calor, o asfalto diminui sua viscosidade e o agregado penetra dentro dele.

h) Desgaste (D)

Efeito do arrancamento progressivo do ligante e do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais. No limite podemos ter uma superfície polida, comprometendo a segurança a derrapagem. O arrancamento progressivo dos agregados é um estágio avançado do desgaste superficial. A causa é a volatilização e a oxidação do asfalto, sob a ação abrasiva do tráfego e do intemperismo, o arrancamento ocorre em idades avançadas.

i) Panela (P) ou buraco

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas, inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento e provocar a desagregação dessas camadas. A panela é uma cavidade ou buraco que se forma no revestimento e pode atingir a base. Os buracos são evoluções das trincas, afundamentos ou desgastes. A água é comprimida e, como ela é incompressível, tende a desagregar ou amolecer as camadas do pavimento, e dessa forma aumentará os afundamentos em trilha de roda. O acúmulo de água de chuva nas trincas superficiais, existentes na camada asfáltica, leva a uma degradação mais rápida do revestimento. Por isso, na estação chuvosa, há uma tendência de se formarem mais buracos nas ruas e rodovias. Para corrigir essa ocorrência é executado remendo de superfície ou remendo profundo.

j) Remendo

É a correção, em área localizada, de defeito do pavimento. Considera-se remendo superficial (RS) quando houver apenas correção do revestimento; ou profundo (RP) quando, além do revestimento, forem corrigidas uma ou mais camadas inferiores, podendo atingir o subleito.

As tabelas 1 e 2 resumem as patologias descritas em DNIT 005/2003 – TER. A figura 4 traz, em seguida, uma representação esquemática.

Tabela 1: Resumo dos defeitos, codificação e classificação (parte 1).

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

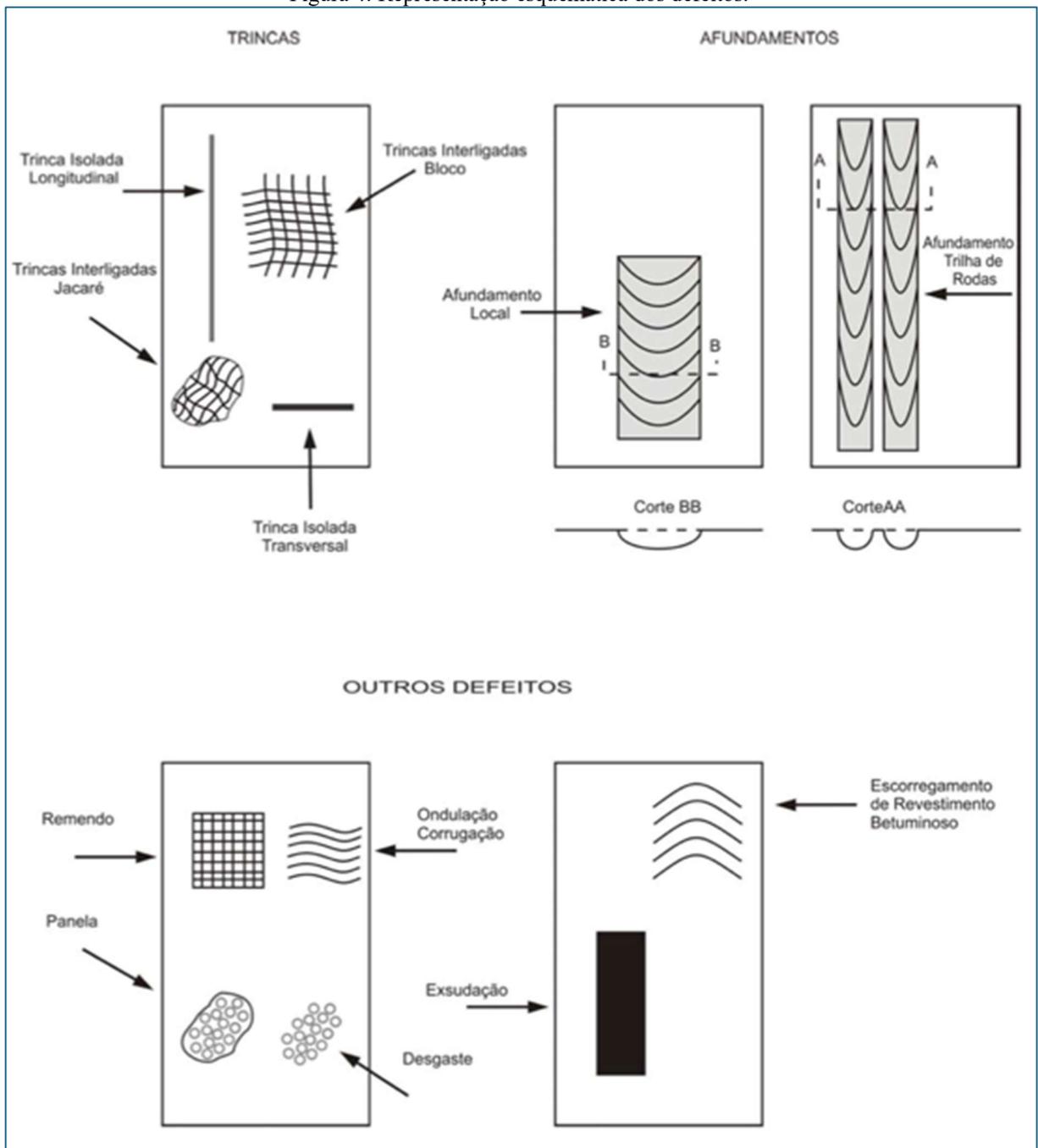
Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Tabela 2: Resumo dos defeitos, codificação e classificação (parte 2).

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

Fonte: DNIT 005/2003 – TER

Figura 4: Representação esquemática dos defeitos.



Fonte: DNIT 005/2003 – TER

- Avaliação superficial de defeitos de pavimentos

O desempenho funcional refere-se à capacidade do pavimento de satisfazer sua condição principal, que é a de fornecer uma superfície com serventia adequada em termos de qualidade de rolamento (DNIT, 2006).

Segundo Bernucci (2022), do ponto de vista do usuário, o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois os defeitos ou irregularidades nessa superfície são percebidos uma vez que afetam seu conforto.

De acordo com a Confederação Nacional dos Transportes (2007), existem basicamente duas técnicas para a análise da qualidade de rolamento da superfície dos pavimentos, são elas: avaliações subjetivas, onde é feita a análise do estado do pavimento, executada a partir de conceitos qualitativos. E as avaliações objetivas, onde a análise do estado do pavimento é executada a partir de uma quantificação numérica e do grau de degradação dos defeitos analisados.

A avaliação do desempenho funcional pode ser realizada por diversos métodos, cabe citar o Levantamento Visual Contínuo (LVC), Índice de Irregularidade de Superfície (IRI), Índice de Estado de Superfície (IES), etc.

Dentre diferentes métodos de avaliação estabelecidos pelo DNIT (2003) para levantamentos de defeitos em pavimentos rodoviários, existe o Índice de Gravidade Global (IGG). Este índice permite retratar o grau de degradação do pavimento, mediante a quantificação e classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas trilhas de roda (DNIT, 2003)

Para pistas simples, a área de análise é delimitada por marcações de estações a cada 20 metros ao longo do trecho avaliado, alternados em relação ao eixo da pista de rolamento. Cada marcação corresponde a uma área total de análise de 6 metros, sendo 3 metros à frente e 3 metros atrás da marcação. Em cada área demarcada deve ser anotada a presença de qualquer ocorrência (defeito) no pavimento seguindo o inventário do estado da superfície do pavimento presente na norma DNIT 006/2003 – PRO.

Ele consiste em uma avaliação objetiva, onde o levantamento é realizado a pé, verificando os defeitos e preenchendo o inventário de ocorrências (anexo 1), e a partir dos dados registrados, é possível calcular a frequência absoluta, frequência absoluta considerada (apenas para trincas) e frequência relativa (figura 5), em combinação com os fatores de ponderação (tabela 3) de cada tipo de defeito, então pode-se calcular o Índice de Gravidade Individual (IGI) (figura 6) e, a partir do somatório do IGI de todas as ocorrências (tabela 4), tem-se o Índice Gravidade Global (figuras 7). Assim, a classificação funcional do pavimento para o IGG varia de péssimo (> 160) a ótimo ($0 < IGG < \text{ou} = 20$) (tabela 5).

Figura 5: Cálculo da frequência relativa.

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n}$$

onde:

f_r - frequência relativa;

f_a - frequência absoluta;

n - número de estações inventariadas.

Fonte: DNIT 006/2003 - PRO

Tabela 3: Fatores de ponderação das respectivas ocorrências.

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

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

Figura 6: Cálculo do Índice de Gravidade Individual.

$$IGI = f_r \times f_p$$

onde:

f_r - frequência relativa;

f_p - fator de ponderação

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

Tabela 4: Agrupamento de ocorrências do Índice de Gravidade Individual para cálculo do IGG.

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

Fonte: DNIT 006/2003 – PRO

Figura 7: Cálculo do Índice de Gravidade Global.

$$IGG = \sum IGI$$

onde:

Σ IGI - somatório dos Índices de Gravidade Individuais,

Fonte: DNIT 006/2003 - PRO

Tabela 5: Classificação funcional do pavimento pelo IGG.

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

Fonte: DNIT 006/2003 - PRO

4 METODOLOGIA

Foi realizado uma pesquisa descritiva e exploratória. Para alcançar os objetivos propostos, foi feito um estudo de caso, combinando métodos qualitativos e quantitativos. A seguir, descrevem-se as etapas principais.

Etapa 1 - Revisão bibliográfica

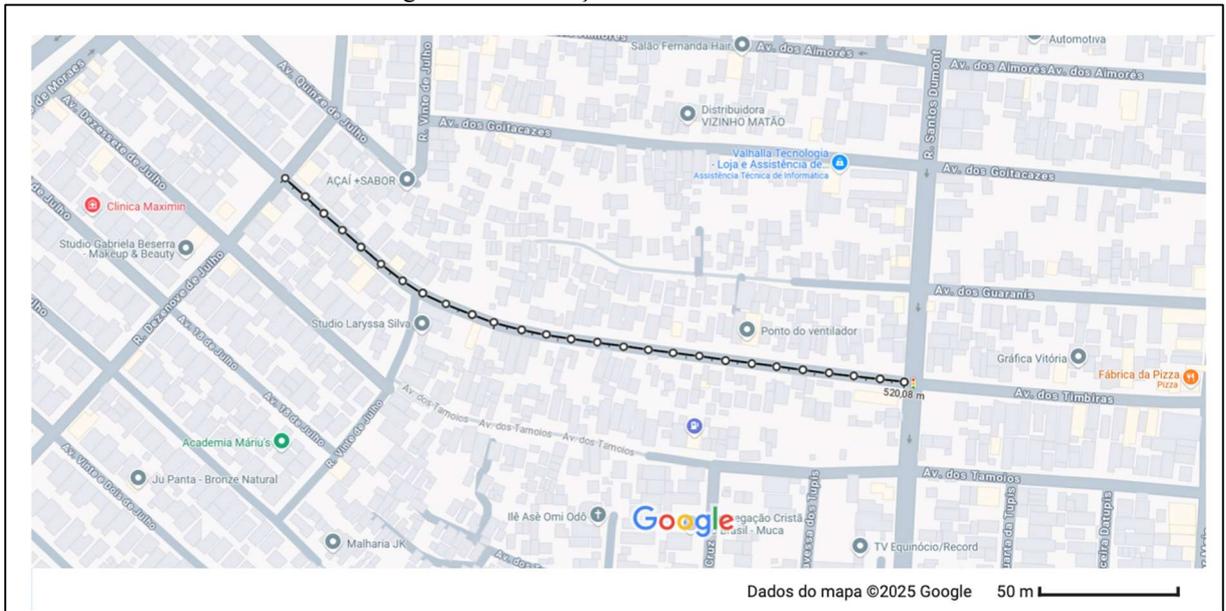
Foi realizado um levantamento teórico sobre pavimentos, suas definições, funções, características e elementos, além de suas manifestações patológicas e de exemplos de métodos de avaliação dos defeitos de pavimentos asfálticos, visando construir marco teórico para fundamentar o estudo e embasar a análise dos dados e discussão dos resultados.

Etapa 2 - Delimitação do trecho estudado

O estudo de caso foi realizado em perímetro urbano da cidade de Macapá/AP, tendo sido escolhida a Avenida dos Timbiras, uma via arterial, no trecho situado entre a avenida 19 de Julho e a rua Santos Dumont (figuras 8 e 9). O trecho estudado é uma pista simples e possui duas faixas de tráfego e extensão de aproximadamente 520 metros.

O local representa uma das vias de maior fluxo no bairro Novo Buritizal, com grande circulação de pessoas e veículos, também sendo rota de transporte público. Além disso, a escolha desta via justifica-se por sua relevância, uma vez que interliga zonas importantes no bairro, além de ser área residencial e comercial, e do seu histórico recorrente de problemas relacionados a deterioração do pavimento asfáltico, sendo de grande importância o mapeamento e registro das patologias.

Figura 8: Delimitação do trecho de estudo.



Fonte: Autor, via Google Maps (2025)

Figura 9: Delimitação do trecho de estudo (2).



Fonte: Autor, via de Google Maps (2025)

Etapa 3 - Pesquisa de campo

Figura 10: Fluxograma do passo a passo da pesquisa de campo.



Fonte: Autor (2025).

O fluxograma acima detalha o passo a passo desenvolvido. Para realizar a pesquisa de campo, foi preciso planejar o dia, para que atividades não fossem interrompidas pelas condições climáticas, e quando houvesse menos tráfego na avenida.

Para realizar o levantamento de dados em campo, foi feita a análise visual por meio de visitas à avenida, para fazer inspeção na via, de modo a documentar as manifestações patológicas presentes no pavimento. Durante essas vistorias, foram feitos registros fotográficos e realizadas conversas com os moradores da região, anonimizados, buscando informações sobre impacto dos defeitos do pavimento e sobre manutenção no local, conforme modelo disposto no Apêndice 1.

O trajeto para a marcação das estações foi feito no sentido da avenida 19 de julho para a rua Santos Dumont, com duração de aproximadamente 4 horas e contando com uma equipe composta por três pessoas.

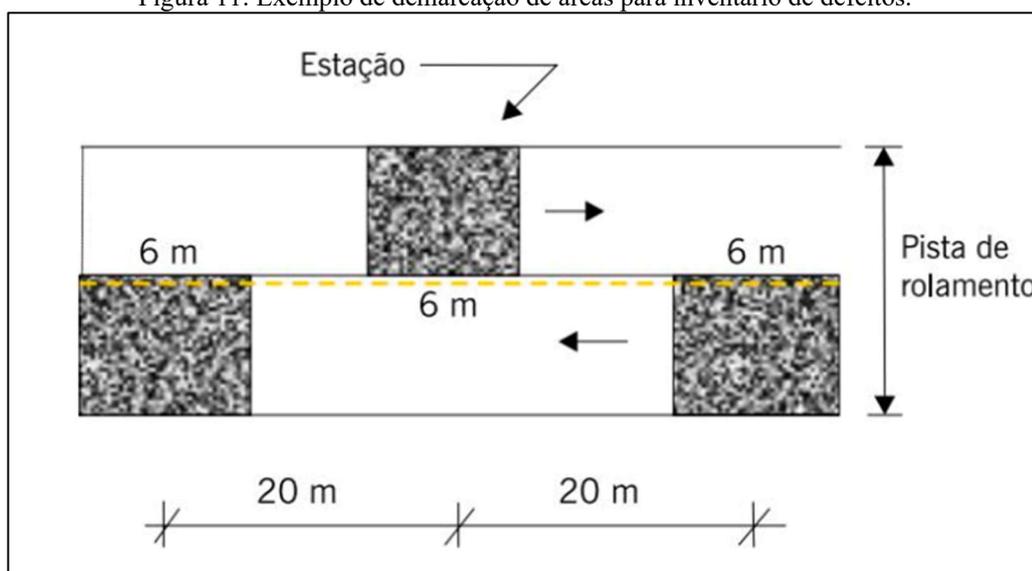
Ainda durante a pesquisa de campo, foi realizado o mapeamento das patologias presentes, para a medição do IGG, através do preenchimento do inventário de ocorrências, com base no modelo do DNIT 006/2003 (anexo 1).

Etapa 4 - Análise das patologias:

Após a coleta dos dados na pesquisa de campo, foi feita a análise seguindo dos passos:

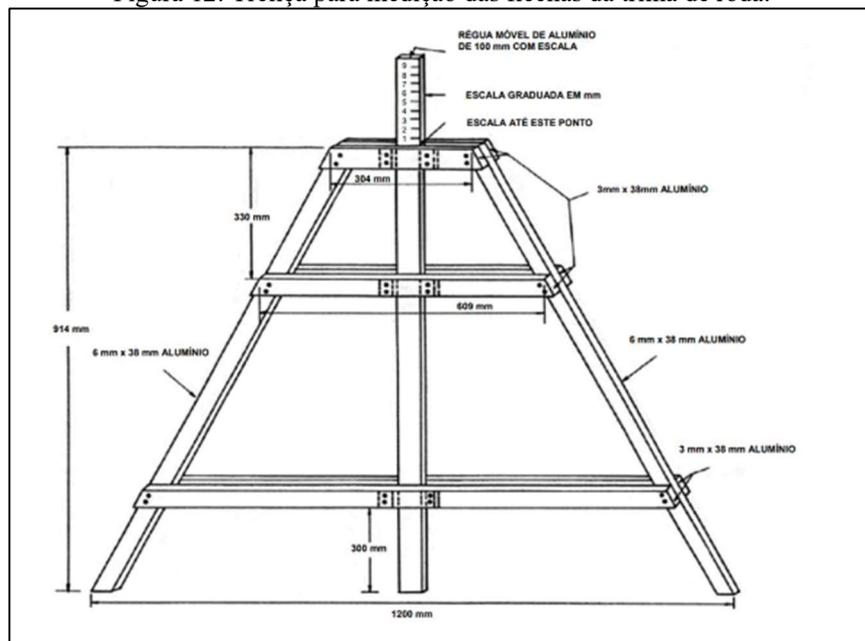
- a) Identificação e classificação das patologias, de acordo com as tipologias e especificações da literatura técnica, em especial segundo as terminologias do DNIT 005/2003, anteriormente apresentadas no referencial teórico.
- b) Classificação do IGG do local de estudo, baseado parcialmente na avaliação objetiva superficial de pavimentos rodoviários, dos tipos flexíveis e semirrígidos, do DNIT (006/2003). Considerando-se que o presente estudo foi realizado em pavimentos urbanos e não rodoviários e por não haver norma que estabeleça critérios e condições para a avaliação de pavimentos urbanos, foram feitas adaptações. Para análise do IGG, a cada 20 m, o trecho de interesse é subdividido em áreas de análise com 6 m de extensão, alternando a faixa de rolamento de análise em cada estação, como demonstrado na figura 11. Além disso, foi realizado um cálculo IGG de forma simplificada, sendo retirado os valores da trilha de roda interna e externa, uma vez que o equipamento (treliça de medição das flechas de trilha de roda, padronizada pelo DNIT – figura 12) não estava disponível para uso do pesquisador. O cálculo do IGG foi disponibilizado no Apêndice 2.
- c) Levantamento das possíveis causas e proposições de soluções, baseadas nas normas e diretrizes sobre pavimentação, como as do DNIT e da CNT, além de artigos, livros e relatórios técnicos.

Figura 11: Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos.



Fonte: Bernucci *et al.* (2008)

Figura 12: Treliça para medição das flechas da trilha de roda.

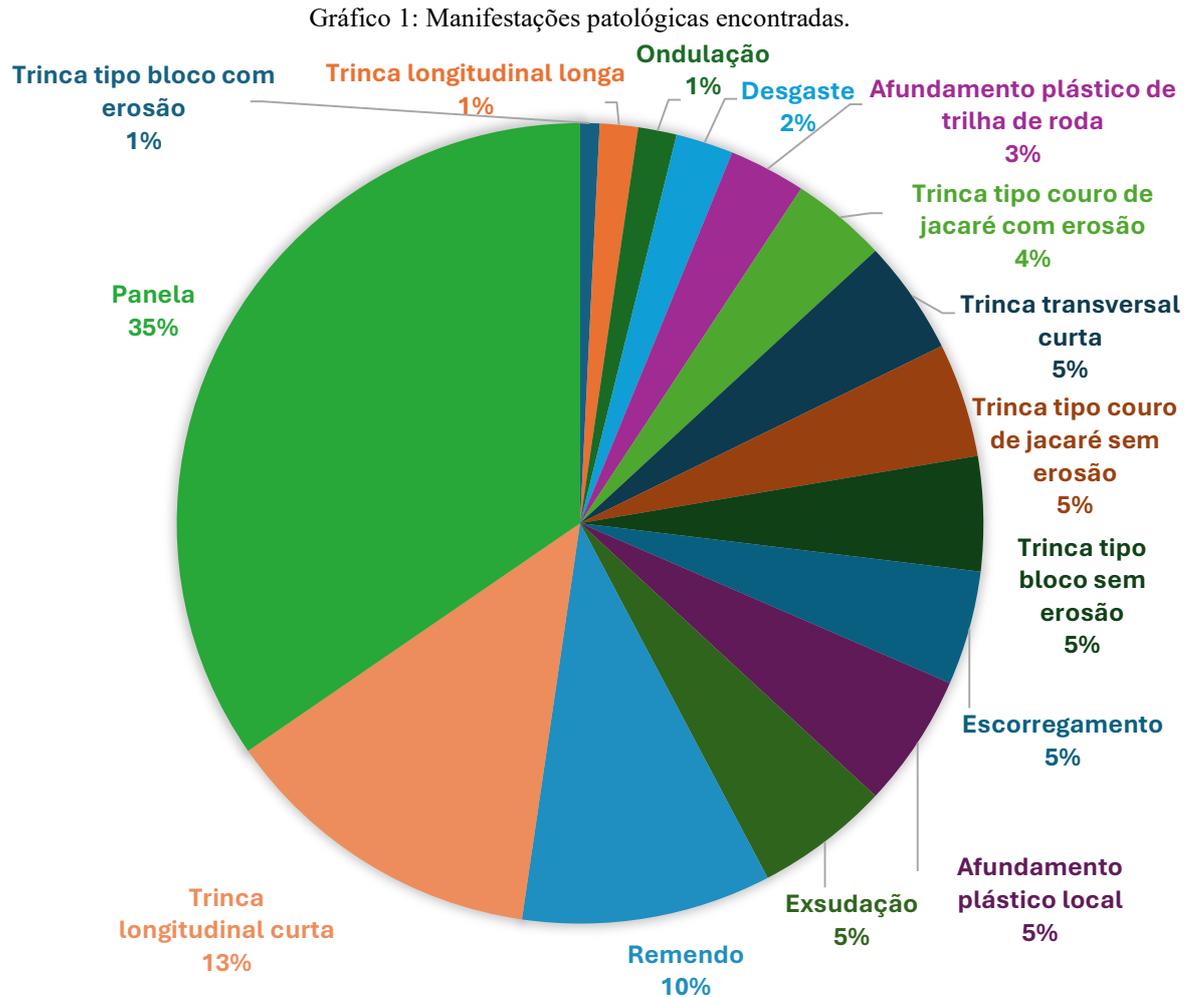


Fonte: DNIT (2003)

Não foi necessária a aprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), segundo a resolução 466/2012, pois trata-se de uma pesquisa da qual as referências foram obtidas em materiais já publicados e colocado à disposição na literatura, não havendo, portanto, influência direta aos seres humanos e de não haver intervenção, pelo pesquisador, no meio ambiente e sem manuseio de materiais, além de englobar pesquisa de opinião pública sem possibilidade de identificação dos participantes, que não requer apreciação pelo Sistema CEP/Conep.

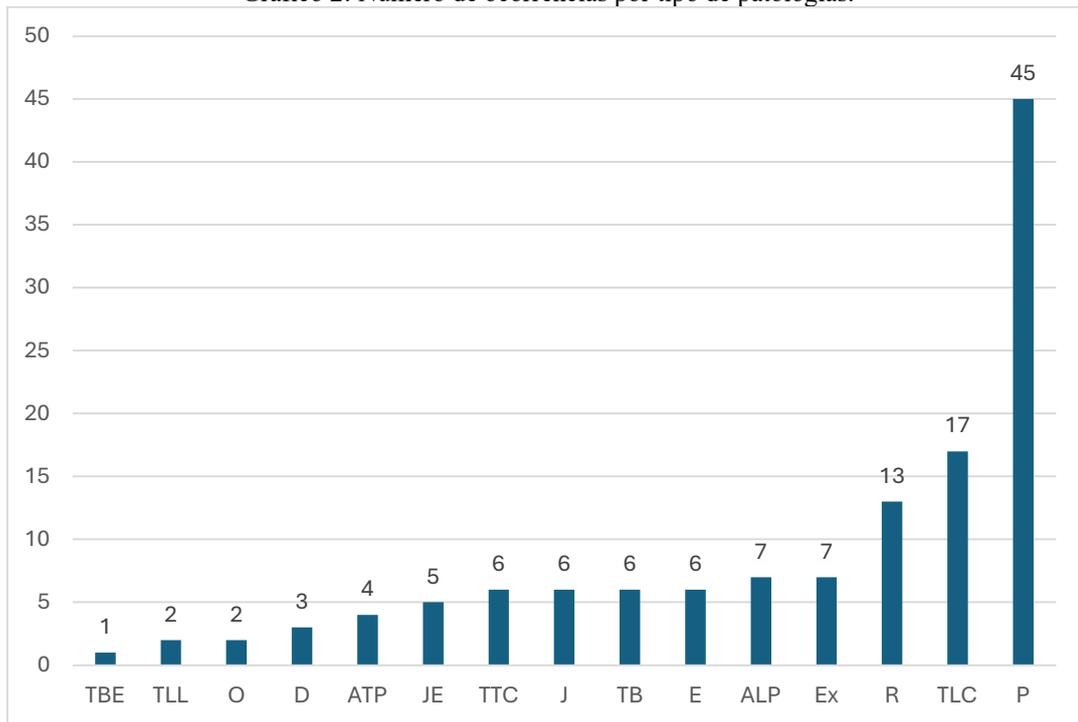
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos levantamentos das patologias existentes no trecho estudado são apresentados neste tópico. É possível observar nos gráficos 1 e 2 a frequência de distribuição dos defeitos encontrados.



Fonte: Autor, dados da pesquisa (2025).

Gráfico 2: Número de ocorrências por tipo de patologias.



Fonte: Autor, dados da pesquisa (2025).

Foram identificadas 130 ocorrências no local de estudo. As principais patologias identificadas foram: Panela (n=45; 35%) – figura 13, Trinca Longitudinal Curta (n=17; 13%) – figura 14, e Remendo (n=13; 10%) – figura 15. Com frequência de 5%, há uma miscelânea de patologias, como: trinca transversal curta, trinca interligada em “jacaré”, trinca interligada “em bloco” (figura 16), escorregamento, exsudação e afundamento local (figura 17). Por meio do levantamento fotográfico, pode-se observar os defeitos com maiores incidências a seguir.

Figura 13: Panela.



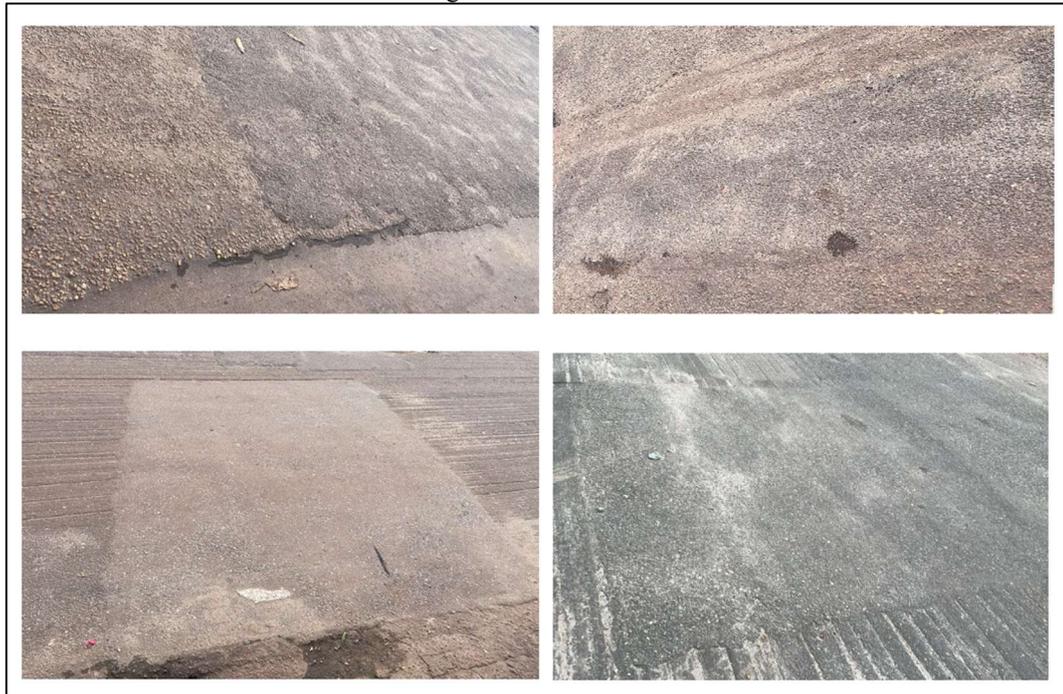
Fonte: Autor, dados da pesquisa (2025)

Figura 14: Trinca longitudinal curta.



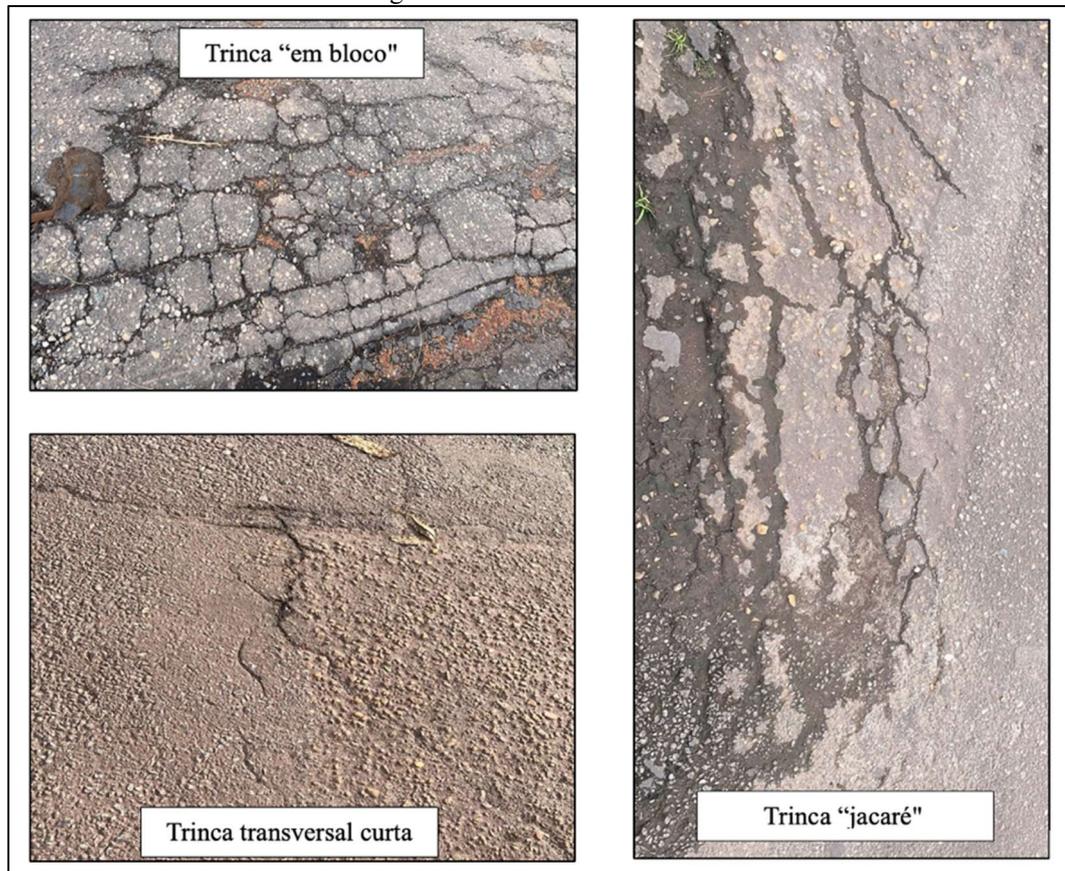
Fonte: Autor, dados da pesquisa (2025)

Figura 15: Remendo.



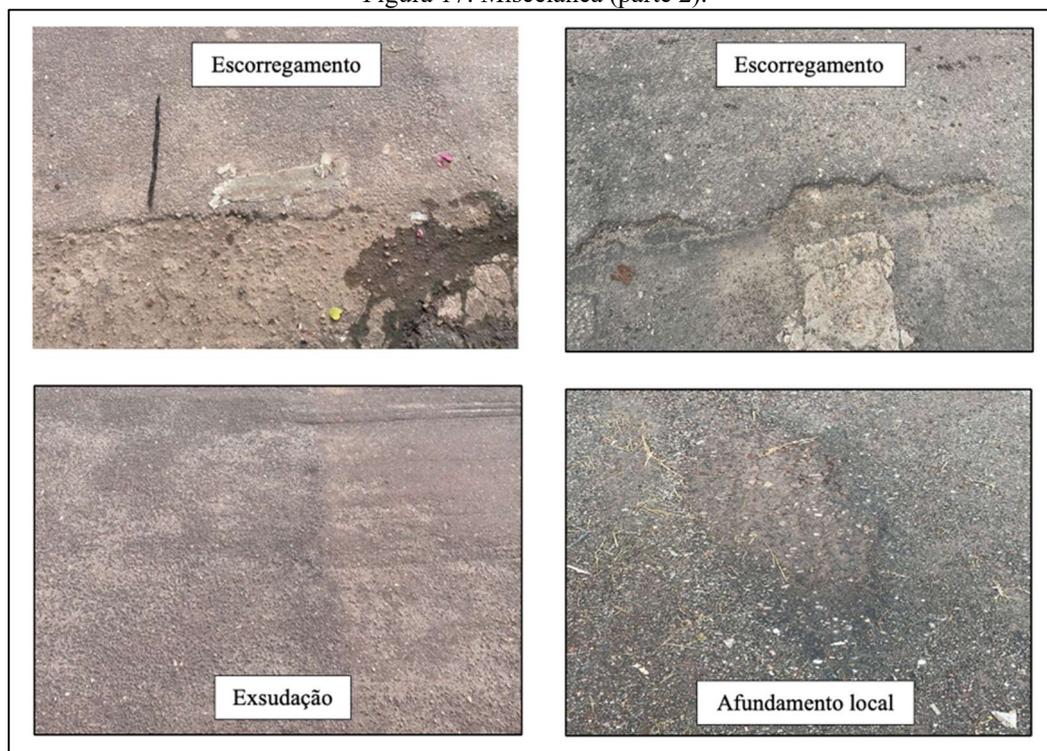
Fonte: Autor, dados da pesquisa (2025).

Figura 16: Miscelânea – trincas.



Fonte: Autor, dados da pesquisa (2025)

Figura 17: Miscelânea (parte 2).



Fonte: Autor, dados da pesquisa (2025)

Outros pesquisadores, como Ribeiro (2017), Silva (2019) e Batista (2021), também encontraram as panelas, trincas e remendos como patologias prevalentes nos trechos urbanos analisados em seus estudos.

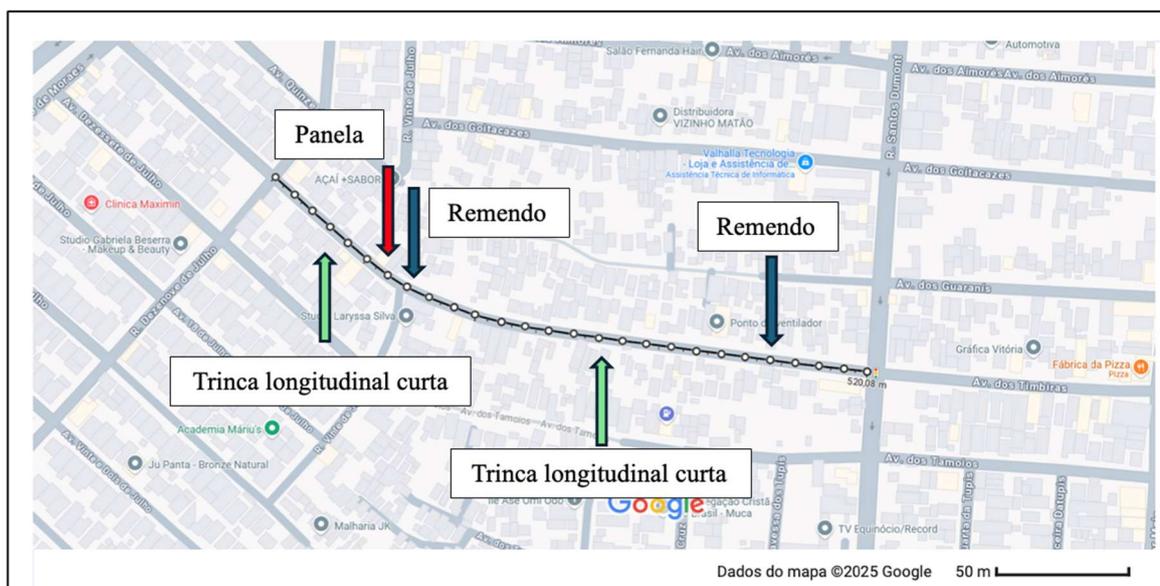
Segundo o DNIT (2006), a patologia do tipo panela é considerada grave, por isso merece destaque, uma vez que afeta o pavimento estruturalmente, permitindo o acesso das águas superficiais ao interior da estrutura, e funcionalmente, pois a irregularidade longitudinal interfere na segurança do tráfego e no custo do transporte. Ela pode ser causada por trincamento por fadiga.

Ao percorrer a avenida, ainda pode-se observar a presença de vários remendos, na maioria das vezes são provocados por solicitação alta do tráfego, emprego de material de má qualidade e problemas construtivos. Diretamente ligadas aos remendos, pelo desnível decorrente de má aplicação, podem estar presentes também as ondulações, mas nesse estudo representou apenas 1% das ocorrências levantadas.

Em relação a presença das trincas (transversais e longitudinais), são causadas pela contração da capa asfáltica e propagação às camadas inferiores. É importante destacar que, nos períodos chuvosos, a falta de drenagem adequada poderá levar a recalques dos pavimentos e formação de novas trincas (SILVA, 2008).

Com base nos resultados obtidos, foi possível mapear os trechos da via de acordo com a patologia mais frequentemente encontrada, conforme a representação esquemática na figura 18. As panelas foram mais frequentes na estação 7, já as trincas longitudinais curtas, nas estações 4 e 16 e os remendos, nas estações 8 e 23.

Figura 18: Mapeamento das principais manifestações patológicas.



Fonte: Autor, dados da pesquisa (2025).

Após identificar e classificar as manifestações patológicas analisadas, é possível fazer algumas proposições sobre prováveis reparos. Não se pode definir o tipo de intervenção mais adequado a ser realizado, pela natureza do estudo, mas pode-se fazer sugestões.

De acordo com Bernucci (2008), para fendas e trincas, propõe-se que uma das formas de recuperação e reparos pode ser através da utilização de técnicas de capa selante, tratamento superficial de recapeamento, lama asfáltica e microrrevestimento asfáltico.

Em relação aos defeitos de afundamento, ondulação e corrugações, Bernucci (2008), sugere a utilização de fresagem e recapagem, para restauração da qualidade ao rolamento da superfície, ou como melhoramento da capacidade de suporte.

Já os remendos, segundo Yoshizane (2005), entende-se que eles constituem um defeito e um método de reparo, sendo bastante utilizado na manutenção de rodovias e ruas, porque todos os pavimentos, em algum momento, vão apresentar buracos, resultados do tráfego, de reparos das redes de água, gás, esgoto, telefone, energia elétrica, entre outros. Também são utilizados para correção de escorregamentos. Quando o remendo apresentar problemas, a solução seria a retirada do remendo e a colocação de um novo de forma correta.

Quanto as panelas, o remendo é uma das intervenções principais. O preenchimento de panelas é uma atividade de conservação da pavimentação, mas também considerado um defeito por apontar um local de fragilidade e pode provocar danos ao rolamento (BERNUCCI, 2008).

A tabela 6 resume as principais patologias encontradas neste estudo, com suas possíveis causas e intervenções, com base nas orientações da CNT (2017).

Ressalta-se que a execução de intervenções deve ser feita mediante projeto, considerando também o volume de tráfego e condições climáticas, garantindo medidas adequadas e economicamente viáveis.

Tabela 6: Resumo das manifestações patológicas, classificação, possíveis causas e intervenções.¹

Patologia	Classe	Possíveis causas	Possíveis intervenções
Panela	Funcional e estrutural	Evolução das trincas de fadiga; tráfego elevado; ação da água; desintegração localizada na superfície do pavimento; deficiência na compactação; umidade excessiva em camadas de solo; falha na imprimação.	Remendo
Remendo	Funcional e estrutural	Má construção; má qualidade dos materiais; carga de tráfego; ação do meio ambiente	Retirada e colocação de novo remendo de forma correta
Desgaste	Funcional e estrutural	Falta de manutenção; fluxo de cargas; má qualidade do material; falhas de adesividade ligante-agregado; presença de água; deficiência no teor de ligante; problemas executivos ou de projeto de misturas.	Fresagem ou recapagem
Ondulação	Funcional e estrutural	Escorregamento de material; má qualidade da construção; má aplicação de remendo; falta de estabilidade da mistura asfáltica; excessiva umidade do solo subleito; contaminação da mistura asfáltica; falta de aeração das misturas líquidas de asfalto.	Retirada e colocação de remendo
Trinca (“bloco”)	Funcional e estrutural	Contração do revestimento asfáltico por alternância de temperaturas; baixa resistência à tração da mistura asfáltica.	Selagem
Trinca (“jacaré”)	Estrutural	Colapso do revestimento asfáltico devido ações do tráfego; má qualidade da estrutura ou de uma das camadas do pavimento; baixa capacidade de suporte	Remendo ou selagem do material

¹ A Tabela 6 continua na página seguinte.

		do solo; envelhecimento do pavimento (fim da vida); asfalto duro ou quebradiço.	
Trinca longitudinal	Funcional e estrutural	Dilatação ou contração do asfalto; estágio inicial da fadiga; má execução da junta longitudinal de separação entre as duas faixas de tráfego; recalque diferencial; propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento.	Selagem
Afundamento	Funcional e estrutural	Deformações das camadas; fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito; falha na dosagem de mistura asfáltica – excesso de ligante asfáltico; falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante.	Fresagem e recapagem
Fissura	Ainda não causam problemas funcionais e estruturais	Má dosagem do asfalto, excesso de finos (ou material de enchimento) no revestimento; compactação excessiva ou em momento inadequado	Selagem
Escorregamento	Funcional e estrutural	Má qualidade de materiais; má aplicação; falhas construtivas e de pintura de ligação.	Aplicação de remendo
Trinca transversal	Funcional e estrutural	Contração da capa asfáltica; propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento	Selagem

Fonte: Autor (2025)

Como descrito na metodologia deste trabalho, durante a pesquisa de campo, também foi realizado o cálculo do IGG, após a contagem da frequência de defeitos. Foram analisadas 26 estações, entretanto, existiam áreas de alagamento em alguns trechos da via (figura 19) decorrentes de seu grau de degradação. Por isso, 2 estações foram analisadas apenas parcialmente. Em virtude da disponibilidade da equipe e do período de chuvas da região, não foi possível reanalisar essas estações em data posterior.

É importante salientar que a interação constante entre as chuvas intensas, características da região Norte no “inverno amazônico”, e a estrutura do pavimento, favorece a infiltração de água, especialmente em vias com sistemas de drenagem inadequados ou inexistentes (SARDINHA, 2024).

Portanto, essas características climáticas e geológicas tornam fundamental o desenvolvimento de soluções adaptadas às especificidades regionais, como o uso de materiais

resistentes à umidade, técnicas construtivas apropriadas e sistemas eficientes de drenagem, para garantir a durabilidade e funcionalidade.

Figura 19: Área parcialmente alagada.



Fonte: Autor, dados da pesquisa (2025)

Acredita-se que o número de ocorrências possa ter sido subestimado, devido áreas de alagamento que impossibilitaram análises de possíveis patologias submersas e pela adaptação do cálculo.

Dessa forma, o resultado do IGG foi de 327,69, sendo possível concluir que o pavimento se encontra em estado elevado de degradação, conceituado como “péssimo” ($IGG > 160$). Dado esperado baseado a inspeção visual prévia, que detectou manifestações patológicas em todo os segmentos.

Em termos de comparação com outros trabalhos que utilizaram a análise do IGG, estudos de Sardinha, 2024, em rodovia na região Norte (PA), de Silva (2021), em vias na região Nordeste (BA), de Gabriel (2021), em vias na região Sul (PR), encontraram grau de degradação conceituado como “ruim”, sinalizando, em diversas regiões do país, para a necessidade de maior monitoramento da qualidade dos pavimentos no Brasil.

Compreende-se que a via não traz características adequadas para trânsito e de segurança de seus usuários, revelando que se faz necessária intervenção de grande porte e elevado custo, de acordo com orientações do DNIT.

Ademais, a identificação de um IGG elevado sugere a necessidade de realizar análises estruturais na busca de soluções para a via analisada. Este pressuposto ganha ainda maior relevância ao considerar que o resultado do IGG observado poderia ser ainda maior, caso a medição com treliça fosse incorporada à análise, fomentando uma compreensão mais completa e abrangente do estado do pavimento. Vale frisar que o IGG é um critério complementar, sendo necessárias outras formas de avaliação para traçar um projeto robusto de restauração.

Essa constatação denota a gravidade das ocorrências presentes na superfície do pavimento delimitado da Avenida dos Timbiras, sugerindo que intervenções não apenas superficiais, mas também de natureza estrutural, possam ser necessárias para assegurar a integridade e a funcionalidade adequada da via.

Notadamente, os efeitos dessas deteriorações nos pavimentos interferem de forma negativa no setor social e econômico e, conforme o grau de severidade das manifestações patológicas evolui, vai aumentando o comprometimento da circulação e segurança de veículos e pessoas.

Situação também percebida pelos moradores do local de estudo, que, dentre as entrevistas anonimizadas realizadas na pesquisa de campo, evidenciaram preocupação com os seguintes temas: piora do impacto em mobilidade; interferência no acesso aos comércios da região com prejuízo econômico; degradação do patrimônio; dificuldade de coleta de lixo e aumento de acidentes de trânsito.

Diante disso, de forma paralela, a percepção do autor e os resultados deste trabalho são reforçados pelo requerimento apresentado em 12/03/25 (data posterior à pesquisa de campo) pelos vereadores, na Câmara Municipal de Macapá, “drenagem e revitalização asfáltica da Av. Timbiras, no perímetro que compreende as ruas Santos Dumont e 19 de Julho”, em caráter urgente, devido à deterioração e alagamentos recorrentes (CVM, 2025).

Nesse contexto, a realização deste estudo de caso mostrou sua relevância, uma vez que trouxe uma ferramenta de estudo da Universidade como método auxiliar na busca por soluções práticas e imediatas para problemas reais e de grande impacto na região.

Também é importante destacar que, apesar dos dados obtidos, esse estudo também reafirma a necessidade de realizar avaliações estruturais e funcionais adicionais e mais abrangentes. A inclusão dessas análises proporcionaria maior precisão no diagnóstico da via, na avaliação de custos e no desenvolvimento de estratégias para reabilitação, podendo contribuir para uma gestão mais eficiente da infraestrutura viária, com garantia de sua durabilidade, segurança e desempenho a longo prazo.

Por fim, ressalta-se que, para uma boa conservação do pavimento asfáltico, além da realização dentro das especificações corretas e da análise das manifestações patológicas, deve ser realizada a manutenção preventiva periódica, reduzindo o aparecimento ou agravamento, evitando a necessidade de intervenções corretivas mais onerosas.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho proporcionou uma compreensão detalhada das manifestações patológicas em pavimentos asfálticos presentes na Avenida dos Timbiras, perímetro entre a avenida 19 de Julho e a rua Santos Dumont, na cidade de Macapá/AP. Os resultados obtidos ao longo deste estudo reforçam a importância do monitoramento contínuo das condições das vias para garantir sua funcionalidade e segurança.

O estudo de caso foi capaz de atender os objetivos propostos, onde, através do levantamento bibliográfico e da análise em campo das patologias, foi possível realizar identificação e classificação, avaliar as causas prováveis, bem como propor possíveis intervenções, buscando melhorias para a região.

Além disso, a metodologia adotada permitiu: caracterizar defeitos significativos, expostos registros fotográficos; calcular o IGG, ainda que adaptado, foi eficaz para avaliação objetiva do estado da via, com identificação de pontos críticos no mapeamento; levantar os principais impactos socioeconômicos sofridos pelos moradores do local.

No entanto, é importante destacar que há necessidade de realizar avaliações estruturais e funcionais mais aprofundadas no pavimento, proporcionando maior precisão no diagnóstico e na formulação de soluções.

Concluindo essa análise global, percebe-se a diversidade dos problemas enfrentados, patologias como as panelas, as trincas longitudinais curtas e os remendos destacaram-se, não apenas pela sua frequência, mas pelo impacto significativo que tem sobre a segurança e o conforto dos condutores, como também evidenciada na condição de degradação com conceito “péssimo”, encontrada conforme valor calculado do IGG.

Dessa forma, a conclusão é que a via estudada tem uma grande complexidade de problemas e necessita de intervenção, demandando análises mais precisas e abrangentes, para elaboração de um plano estratégico, custo-efetivo, periódico e corretivo, para a realização da manutenção e que possa atender adequadamente as necessidades dos usuários.

Por fim, este trabalho pode servir como ferramenta auxiliar para fornecer um diagnóstico rápido das condições dos pavimentos asfálticos urbanos e ajudar os gestores na tomada de decisão, além de servir de base para futuros estudos da Universidade.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Aplicação de outros métodos de avaliação de defeitos superficiais de pavimento, como o Índice de Irregularidade da Superfície (IRI) e Levantamento Visual Contínuo (LVC)
- Análise granulométrica do pavimento asfáltico
- Análises estruturais e estudo de tráfego da região afetada

REFERÊNCIAS

- BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. Oficina de Textos, 2016.
- BATISTA, P.M.S. **Análise de manifestações patológicas de pavimentos asfálticos em trechos de bairros no município de Paulo Afonso– BA**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a UFAL – Alagoas, 2021.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; SOARES, J. B.; CERATTI, J. A. P. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.
- BERNUCCI, L. B.; MOTA, L.M.G.; SOARES, J. B; CERATTI, J.A.P. **Pavimentação Asfáltica - Formação Básica para Engenheiros**, 2010.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; SOARES, J. B.; CERATTI, J. A. P. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2ª edição, 2022. 756p.
- CASTRO. **Defeito dos pavimentos asfálticos e suas causas**. Rio Grande do Sul, 2009
CNT - Confederação Nacional dos Transportes. **Relatório gerencial: anuário CNT do transporte**. 2017
- CNT - Confederação Nacional dos Transportes. **Pesquisa CNT Rodovias 2024**. 2024
- CNT. Pesquisa CNT: **por que os pavimentos das rodovias do brasil não duram?** 2017. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/cnt-divulga-estudo-por-que-pavimento-rodovias-brasil-nao-duram-resultados>. Acesso em: 23 mar. 2025.
- CVM. Câmara de Vereadores de Macapá. Requerimento 475/2025 – Drenagem e Revitalização Asfáltica da Avenida Timbiras, Macapá. 2025. Disponível em: https://macapa.wdsolucoes.com.br/pdf.view.php?filename=redacao_original&url=uploads/8656.pdf. Acesso em 23 mar. 2025.
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Gerência de Pavimentos**. 2. ed. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2011.
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Restauração de pavimentos asfálticos**. 2. ed. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2006.
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes. **Manual de Pavimentação**. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006.
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia – Norma DNIT 005/2003 – TER**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2003
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Avaliação objetiva da**

superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento - Norma DNIT 006/2003 – PRO. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2003.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (EUA). U.S Department of Transportation. **Distress identification manual:** for the Long-Term Pavement Performance Program. 5. ed. Georgetown Pike, VA, may 2014.

GABRIEL, G. C.; VERDADE, L.L. **Avaliação dos defeitos de pavimento flexível através do método do Índice de Gravidade Global (IGG) em Apucarana-PR.** Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 13, n. 4, p. 18-27, dez. 2021.

MARCATO, V.; OLIVEIRA, R. **Manifestações patológicas em estruturas asfálticas: estudo de caso na rodovia MG-190.** GETEC, v.10, n.30, p.54-70/2021

RIBEIRO, A.J.A; BEZERRA, F.R.D; NETO, J.C.P. **Metodologia prática de avaliação de patologias no pavimento asfáltico em avenida de Fortaleza/CE.** Conex. Ci. e Tecnol. Fortaleza/CE, v.11, n. 6, p. 91 - 99, dez. 2017

SAMPAIO, D. et al. **Análise das manifestações patológicas em pavimentos asfálticos: um estudo de caso.** Revista Caderno Pedagógico, v.21, n.13, 2024.

SANTOS, P. H. M. et al. **Análise das manifestações patológicas na pavimentação asfáltica da avenida Santos Dumont no município de Codó-MA.** Open Science Research X, vol 10, 2023.

SARDINHA, E.M. **Avaliação objetiva de pavimentos pelo método IGG/DNIT. Estudo de caso, rodovias de acesso ao porto do Arapari, a partir de Abaetetuba-PA.** 2024. 83f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

SILVA, F. D. **Avaliação superficial de pavimentos através do método IGG (Índice de Gravidade Global): estudo de caso em um trecho na Av. Moxotó em Paulo Afonso – Bahia.** 2021. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Unidade Delmiro Gouveia - Campus do Sertão, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2021.

SILVA, L.L.M. **Avaliação Superficial de Pavimentos, usando o método IGG, (Índice de Gravidade Global):** Um estudo de caso, em um trecho na Av. Anhanguera, em Goiânia, Goiás. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao IFECT – Goiás, 2019.

SILVA, P. F. A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2008. 128 p.

YOSHIZANE, H. P. **Defeitos, Manutenção e Reabilitação de Pavimento Asfáltico.** Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica Ceset, Limeira, 2005.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Modelo de entrevista aos moradores

Data: ___/___/_____.

Pergunta: O estado de conservação dessa rua traz impacto no seu dia a dia?

Instruções:

- a) Se não entender “impacto”, usar o termo “problema”;
- b) Se responder “não”, encerrar;
- c) Se responder “sim”, acrescentar: “de que forma?”, “Pode me dar um exemplo?”

Respostas:

Morador A: _____
_____.

Morador B: _____
_____.

Morador C: _____
_____.

Outros: _____
_____.

Apêndice 2 – Planilha para cálculo do IGG (adaptado)

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (adaptado)								
		SEGMENTO	ESTAÇÃO	ESTAÇÃO	EXTENSÃO (m)			
			1	26	520,00			
ITEM	NATUREZA DO DEFEITO		FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA	COEFICIENTE DE PONDERAÇÃO	DE	IGI	OBSERVAÇÕES
1	(FC-1) FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR		19	73,08	0,20		14,62	
2	(FC-2) J, TB		6	23,08	0,50		11,54	
3	(FC-3) JE, TBE		5	19,23	0,80		15,38	
4	ALP, ATP		8	30,77	0,90		27,69	
5	O, P e E		55	211,54	1,00		211,54	
6	Ex		7	26,92	0,50		13,46	
7	D		3	11,54	0,30		3,46	
8	R		13	50,00	0,60		30,00	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	0,00			4/3 (1)		0,00	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trihas.	0,00			1 (2)		0,00	
11	Número de estações inventariadas						26	
12	ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL - IGG						327,69	
13	CONCEITO						PÉSSIMO	