



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

EDUARDO DORNELAS NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS UTILIZANDO O MÉTODO
IGG – ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL. ESTUDO DE CASO: AV. CAUBI
SÉRGIO MELO LOCALIZADA NO BAIRRO RENASCER EM MACAPÁ-AP.**

MACAPÁ

2024

EDUARDO DORNELAS NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS UTILIZANDO O MÉTODO
IGG – ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL. ESTUDO DE CASO: AV. CAUBI
SÉRGIO MELO LOCALIZADA NO BAIRRO RENASCER EM MACAPÁ-AP.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira.

APROVADO EM: 31/10/2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ADENILSON COSTA DE OLIVEIRA**
Data: 20/11/2024 06:53:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira

Orientador – UNIFAP

Documento assinado digitalmente
 **JAMIL JOSE SALIM NETO**
Data: 19/11/2024 17:54:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jamil José Salim Neto

Examinador interno – UNIFAP

Documento assinado digitalmente
 **LUIS HENRIQUE RAMBO**
Data: 19/11/2024 16:33:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Luis Henrique Rambo

Examinador interno – UNIFAP

MACAPÁ

2024

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

N244a Nascimento, Eduardo Dornelas.

Avaliação de pavimentos flexíveis utilizando o método IGG - Índice de Gravidade Global. Estudo de caso: Av. Caubi Sérgio Melo localizada no bairro Renascer em Macapá-AP. / Eduardo Dornelas Nascimento. - Macapá, 2024.

1 recurso eletrônico. 136 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Engenharia Civil. Macapá, 2024.

Orientador: Adenilson Costa de Oliveira.

Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Pavimento. 2. Manifestações patológicas. 3. IGG. I. Oliveira, Adenilson Costa de, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 625.84

NASCIMENTO, Eduardo Dornelas. Avaliação de pavimentos flexíveis utilizando o método IGG - Índice de Gravidade Global. Estudo de caso: Av. Caubi Sérgio Melo localizada no bairro Renascer em Macapá-AP. Orientador: Adenilson Costa de Oliveira. 2024. 136 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Civil. Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2024.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por me dar força, saúde e sabedoria ao longo desta jornada que me auxiliou a formar e desenvolver não somente conhecimento, mas também valores como princípios e respeito. Me permitindo também que eu superasse os desafios que foram encontrados no caminho e alcançasse este momento importante.

Aos meus pais, M^a Luiza e Gilson, que sempre me apoiaram incondicionalmente, ofereço a glória deste momento e minha eterna gratidão. Saibam que vocês foram minha base, me proporcionando o amor, a educação e o suporte necessários para que eu pudesse seguir em frente e alcançar meus objetivos, sejam qual for eles. Amo vocês!

Aos meus irmãos, Arthur e Douglas, agradeço por todo carinho, apoio e incentivo. Sempre que precisei, vocês estiveram ao meu lado, compartilhando momentos de alegria, superação e crescimento. A paciência, cumplicidade e companheirismo foram fundamentais para que eu pudesse chegar firme no fim desta jornada. Amo vocês!

Aos meus professores, em especial ao Prof. Adenilson Oliveira que também é meu orientador, que compartilharam seus conhecimentos com dedicação e com muita paciência. Todos os esforços e contribuições de vocês me ajudaram significativamente para meu desenvolvimento pessoal e profissional. Muito obrigado!

Aos meus colegas, e alguns que se tornaram amigos durante a jornada árdua, com quem compartilhei momentos de grandes dificuldades, mas sempre com um sorriso no rosto. A troca de experiências, companheirismos e apoio mutuo tornaram esta longa caminhada enriquecedora e especial. Meus sinceros agradecimentos!

Por fim, um agradecimento de coração a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta jornada. A vocês, meu muitíssimo obrigado! Saudações alvinegras!

“Precisamos reconhecer o nosso valor, da mesma forma que precisamos reconhecer a nossa insignificância em alguns lugares”.

(Autor desconhecido)

RESUMO

Esse trabalho discute sobre vias pavimentadas, seus conceitos, funcionalidades e importância, com o foco na aplicação do Índice de Gravidade Global – IGG – método normatizado pelo DNIT (006/2003) para avaliação de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. O transporte rodoviário é extremamente importante para economia e mobilidade do país, pois são responsáveis por 60% das cargas e 90% dos passageiros. Todavia, a infraestrutura rodoviária enfrenta problemas como a falta de investimentos em manutenção e/ou reabilitação, afetando diretamente a segurança e conforto dos usuários. A metodologia aplicada (IGG) tem como objetivo identificar as manifestações patológicas nos pavimentos e determinar sua gravidade, assim é possível estabelecer um plano de ação direcionado à correção dos defeitos identificados, permitindo a adoção de estratégias mais eficientes para a resolução dos problemas, maximizando o uso dos recursos disponíveis. No estudo realizado, o método IGG foi utilizado para avaliar as condições da Av. Caubi Sérgio Melo, em Macapá-AP, uma importante via que conecta vários bairros. Os resultados indicaram que a via apresenta um estado funcional considerado ruim. Considerando-se o estado funcional e consoante a parâmetros de tomada de decisão, o recapeamento é uma solução potencialmente indicada para o trecho, possibilitando a proposta de uma ação corretiva para prolongar a vida útil do pavimento. Em outras palavras, esse método contribui para a durabilidade da malha viária e para um melhor retorno dos investimentos em infraestrutura, melhorando a qualidade do transporte rodoviário do país.

Palavras-chaves: pavimento, manifestações patológicas, IGG.

ABSTRACT

This study discusses paved roads, their concepts, functionalities, and importance, with a focus on the application of the Global Severity Index (GSI) – a method standardized by DNIT (006/2003) for evaluating flexible and semi-rigid pavements. Road transport is extremely important for the country's economy and mobility, as it is responsible for 60% of freight and 90% of passenger transportation. However, road infrastructure faces issues such as lack of investment in maintenance and/or rehabilitation, directly impacting user safety and comfort. The applied methodology (GSI) aims to identify pavement defects and determine their severity, allowing for a targeted action plan to address identified defects and adopt more efficient strategies for problem resolution, thereby maximizing the use of available resources. In the study conducted, the GSI method was used to evaluate the conditions of Av. Caubi Sérgio Melo in Macapá-AP, an important road connecting several neighborhoods. The results indicated that the road is in a functionally poor condition. Considering the functional state and decision-making parameters, resurfacing is a potentially recommended solution for the section, enabling a corrective action proposal to extend the pavement's useful life. In other words, this method contributes to the durability of the road network and provides a better return on infrastructure investment, ultimately improving the quality of road transport in the country.

Keywords: pavement, pathological manifestations, GSI.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cargas do pavimento	21
Figura 2 - Diferença básica entre os tipos de pavimentos.....	21
Figura 3 - Trinca isolada transversal	26
Figura 4 - Trinca isolada longitudinal	26
Figura 5 - Trinca tipo couro de jacaré	27
Figura 6 - Trinca interligada tipo bloco.....	28
Figura 7 - Ondulação	29
Figura 8 - Escorregamento	29
Figura 9 - Exsudação	30
Figura 10 - Buraco ou panela	31
Figura 11 - Desgaste	32
Figura 12 - Remendo	32
Figura 13 - Av. Caubi Sérgio Melo no Google Maps	36
Figura 14 - Nova Ponte Sérgio Arruda.....	37
Figura 15 - Ponte do Pantanal	37
Figura 16 - Fluxograma do trabalho.....	38
Figura 17 – Principais materiais utilizados	39
Figura 18 - Exemplo de demarcação	40
Figura 19 - Exemplo de planilha para levantamento de dados de acordo com método IGG ..	42
Figura 20 - Classificação das categorias e codificação das patologias	43
Figura 21 - Trecho 1	45
Figura 22 - Trecho 2	46
Figura 23 - Trecho 3	47

Figura 24 - Trecho 4	48
Figura 25 - Trecho 5	49
Figura 26 - Trecho 6	50
Figura 27 - Trecho 7	51
Figura 28 - Nomenclaturas das patologias	53
Figura 29 - Trecho 1 da Av. Caubi S. Melo	54
Figura 30 - Estação 1	55
Figura 31 - Estação 6	55
Figura 32 - Trecho 2 da Av. Caubi Sérgio Melo	56
Figura 33 - Estação 11	57
Figura 34 - Estação 14	57
Figura 35 - Trecho 3 da Av. Caubi S. Melo	58
Figura 36 - Estação 21	59
Figura 37 - Estação 24	59
Figura 38 - Trecho 4 da Av. Caubi S. Melo	60
Figura 39 - Estação 30	61
Figura 40 - Estação 32	61
Figura 41 - Trecho 5 da Av. Caubi S. Melo	62
Figura 42 - Estação 35	63
Figura 43 - Estação 38	63
Figura 44 - Trecho 6 da Av. Caubi S. Melo	64
Figura 45 - Estação 44	65
Figura 46 - Estação 46	65
Figura 47 - Trecho 7 da Av. Caubi S. Melo	66

Figura 48 - Estação 48.....	67
Figura 49 - Estação 54.....	67
Figura 50 - Árvore de decisão para Desgastes	74
Figura 51 - Árvore de decisão para Deformação Permanente nas Trilhas de Roda.....	75
Figura 52 - Árvore de decisão para Remendos	76
Figura 53 - Desgaste.....	84
Figura 54 – ATC e Desgaste	85
Figura 55 - Desgaste.....	86
Figura 56 - ATC e Desgaste	87
Figura 57 - ATC e Desgaste	88
Figura 58 – ATC, Desgaste e Remendo	89
Figura 59 - ATC e Desgaste	90
Figura 60 – Desgaste	91
Figura 61 - Exsudação, Desgaste e Remendo	92
Figura 62 - ALP, Desgaste e Remendo	93
Figura 63 - ALC, Desgaste e Remendo.....	94
Figura 64 - ALP e Desgaste.....	95
Figura 65 - Exsudação, Desgaste e Remendo	96
Figura 66 - ATC, Exsudação e Desgaste.....	97
Figura 67 - Desgaste, Remendo e Panela	98
Figura 68 - ALP e Desgaste.....	99
Figura 69 - Desgaste.....	100
Figura 70 - Exsudação e Desgaste.....	101
Figura 71 - Exsudação e Desgaste.....	102

Figura 72 - Exsudação, Desgaste e Remendo	103
Figura 73 - Desgaste, Panela, Remendo e TLC.....	104
Figura 74 - Desgaste	105
Figura 75 - Desgaste	106
Figura 76 - ALP e Desgaste.....	107
Figura 77 - ATC e Desgaste	108
Figura 78 - Desgaste	109
Figura 79 - Desgaste e Remendo.....	110
Figura 80 - ALP, Desgaste e Remendo	111
Figura 81 - ATC, Desgaste e Remendo.....	112
Figura 82 - ATC, Exsudação, Desgaste e TLL	113
Figura 83 - Desgaste e Remendo.....	114
Figura 84 - ALP, Exsudação e Desgaste	115
Figura 85 - ATC, Exsudação e Desgaste.....	116
Figura 86 - ATC e Desgaste	117
Figura 87 – ATP, Desgaste e Remendo	118
Figura 88 - ATC e Desgaste	119
Figura 89 - ALC, Desgaste e Remendo.....	120
Figura 90 - ALC, Desgaste e TTC.....	121
Figura 91 - ATC, Exsudação e Desgaste.....	122
Figura 92 - ATC, Desgaste, Remendo e JE.....	123
Figura 93 - ATC e Desgaste	124
Figura 94 - ATC, Desgaste, Remendo e Panela	125
Figura 95 - ALC e Desgaste	126

Figura 96 - ATC, Desgaste, Remendo e J	127
Figura 97 - ATC e Desgaste	128
Figura 98 - ATC, Desgaste e J.....	129
Figura 99 - ATC e Desgaste	130
Figura 100 - ATC, Desgaste e TLL.....	131
Figura 101 - ATC e Desgaste	132
Figura 102 - ATC e Desgaste	133
Figura 103 - ATC e Desgaste	134
Figura 104 - ATC e Desgaste	135
Figura 105 - ATC e Desgaste	136
Figura 106 - ATC e Desgaste	137

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Planilha Anexo B montagem da frequência absoluta	70
Quadro 2 - Planilha Anexo B montagem da frequência absoluta (continuação e conclusão).	71
Quadro 3 - Cálculo IGI e IGG.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valor do Fator de Ponderação	44
Tabela 2 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG	44
Tabela 3 - Causas do Desgaste	74
Tabela 4 - Causas da Deformação Permanente	75
Tabela 5 – Causas das Panelas e Remendos	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Ocorrências no pavimento.....	68
Gráfico 2 - Manifestações patológicas	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEDA – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ALC – Afundamento de Consolidação Local

ALP – Afundamento Plástico Local

ATC – Afundamento de Consolidação da Trilha de Roda

ATP – Afundamento Plástico da Trilha de Roda

CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo

CNT – Confederação Nacional de Transportes

D - Desgaste

DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestruturas e Transportes

E - Escorregamento

EAP – Emulsões Asfálticas de Petróleo

EX – Exsudação

FC – Classe das Fendas

IGG – Índice de Gravidade Global

IGI – Índice de Gravidade Individual

J – Trincas Interligadas do Tipo Jacaré sem Erosão

JE – Trincas Interligadas do Tipo Jacaré com Erosão

NBR – Norma Técnica Brasileira

O – Ondulação

P – Panela

PSA – Ponte Sérgio Arruda

R – Remendo

TB – Trincas Interligadas Tipo Bloco sem Erosão

TBE – Trincas Interligadas Tipo Bloco com Erosão

TLC – Trincas Isoladas Longitudinais Curtas

TLL – Trincas Isoladas Longitudinais Longas

TTC – Trincas Isoladas Transversais Curtas

TTL – Trincas Isoladas Transversais Longas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	OBJETIVO GERAL.....	18
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.2	JUSTIFICATIVA.....	18
1.3	PROBLEMA	18
1.4	HIPÓTESE	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	PAVIMENTO	20
2.1.1	ESTRUTURA DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	23
2.1.2	PROCESSO DE DETERIORAÇÃO DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS.....	24
2.1.2.1	DESEMPENHO FUNCIONAL	24
2.1.2.2	DESEMPENHO ESTRUTURAL	24
2.2	PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	25
2.2.1	TRINCAS/FENDAS	25
2.2.2	AFUNDAMENTO	28
2.2.3	ONDULAÇÃO E CORRUGAÇÃO	28
2.2.4	ESCORREGAMENTO	29
2.2.5	EXSUDAÇÃO	30
2.2.6	PANELA OU BURACO.....	30
2.2.7	DESGASTE.....	31
2.2.8	REMENDOS	32
2.3	ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL - IGG.....	33

3	METODOLOGIA.....	35
3.1	DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	35
3.2	ETAPAS DO TRABALHO	38
3.3	CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO E MATERIAIS NECESSÁRIOS	39
3.4	APLICAÇÃO DO MÉTODO IGG – ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL	40
3.5	ESTAÇÕES DE AMOSTRAGENS	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
4.1	LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS PELO MÉTODO IGG.....	52
4.2	ANÁLISE DOS DEFEITOS E DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO	68
4.3	CALCULO DO IGG	70
4.4	CAUSAS DOS DEFEITOS IDENTIFICADOS E ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO.....	73
4.5	VANTAGENS, DESVANTAGENS E LIMITAÇÕES EM CONTEXTOS URBANOS	77
4.5.1	VANTAGENS.....	77
4.5.2	DESVANTAGENS E LIMITAÇÕES	77
4.6	APLICAÇÃO DO IGG PARA A PRIORIZAÇÃO DE MANUTENÇÃO EM VIAS URBANAS	78
5	CONCLUSÃO.....	79
6	REFERENCIAS	
7	ANEXO A – ANEXO B (NORMATIVO) - FORMULÁRIO DE INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO	
8	ANEXO B – FOTOS DE TODAS AS ESTAÇÕES INVENTARIADAS COM SUAS PATOLOGIAS IDENTIFICADAS	

1 INTRODUÇÃO

A construção de vias de transportes tornou-se uma atividade essencial desde as antigas civilizações, ou seja, começou a fazer parte do entendimento deles que ter acesso a locais de forma estratégica é uma grandeza que geraria economia. No Brasil, na década de 1950, deu-se início um plano inovador de pavimentação nas rodovias paulistas que influenciou na criação de uma comissão técnica chamada de Departamento de Estradas de Rodagem – DNER – que teve a participação nos projetos e construções de várias rodovias de norte a sul do país (Balbo, 2007).

O transporte rodoviário no país é de fundamental importância para o desenvolvimento socioeconômico, tanto que hoje é o principal meio de mobilidade de pessoas e mercadorias. De acordo com a última pesquisa realizada pela Confederação Nacional de Transporte (CNT), as rodovias são responsáveis pelo deslocamento de 65% das cargas e 95% dos passageiros. Em outras palavras, o país se tornou dependente e fez com que a qualidade das infraestruturas rodoviárias seja um fator crítico para economia. Ademais, cerca de 67,5% das rodovias brasileiras são consideradas regular, ruim ou péssima (CNT, 2023).

Balbo (2007) acredita que a pavimentação de uma via tem como principal objetivo melhorar a operação de tráfego, independente da característica física. Proporcionando essa qualidade de rolamento, os custos operacionais dos veículos dos usuários são expressivamente reduzidos. Além disso, é levado em consideração as questões ambientais e, dessa forma, as estruturas dessas obras bem dimensionadas, propiciam um tráfego confortável e seguro.

Entretanto, mesmo levando em consideração diversos fatores para garantir uma pavimentação com qualidade, o tempo garante a deterioração dessas infraestruturas e, na maioria das vezes, sua manutenção não é feita ou é feita de forma inadequada. Para poder ser feitas avaliações das condições das vias, são utilizados métodos de levantamento técnico, sendo o Índice de Gravidade Global – IGG – um dos mais relevantes, conforme é descrito na norma do DNIT 006/2023 (DNIT, 2003). Esse método permite uma análise objetiva, classificando os defeitos observados e auxiliando nos reparos e manutenções. A aplicação desse índice contribui para um planejamento mais eficiente das intervenções, otimizando recursos e garantindo condições seguras.

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar as condições de superfície atuais do trecho em análise, utilizando o método mencionado, que é a Avenida Caubi Sérgio Melo, localizada em Macapá-AP. Esta via desempenha um papel importante na interligação de quatro bairros na zona norte da cidade.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o estado de conservação do pavimento asfáltico executado na Av. Caubi Sérgio Melo, no bairro Renascer, em Macapá-AP, pela realização da avaliação da superfície do pavimento, por meio da aplicação do método do Índice de Gravidade Global – IGG.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conseqüentemente, como parte da avaliação superficial do pavimento, pode-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Descrever e conceituar os tipos de pavimentos e patologias;
- Identificar as manifestações patológicas no trecho analisado;
- Sugerir intervenções para a mitigação dessas manifestações patológicas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Manter a qualidade dos pavimentos é uma ação importante para a uma melhor mobilidade e o desenvolvimento econômico de uma região. Os pavimentos flexíveis estão sujeitos a desgastes ao longo do tempo devido aos esforços do tráfego, intempéries e desgastes. A realização de uma avaliação objetiva do seu estado de conservação é uma ferramenta importante para identificar a necessidade de manutenção e reabilitação, contribuindo para a segurança dos usuários e redução dos custos de intervenção.

A avenida Caubi Sérgio Melo, localizada, em sua grande parte, no bairro Renascer, é responsável pela ligação entre quatro bairros, o que a torna uma via com função coletora de tráfego de grande importância na região. As condições da superfície do seu pavimento encontram-se visivelmente comprometidas, sendo mais agravantes em alguns trechos. A última intervenção datada foi a cerca de 10 anos atrás. Dessa forma, faz-se necessário uma avaliação para entender sua atual condição e conseqüentemente adotar medidas corretivas mais duradouras.

1.3 PROBLEMA

Consoante do contexto apresentando, tem-se a seguinte situação problema: Qual a real condição do pavimento existente na Av. Caubi Sérgio Melo e quais ações são necessárias para melhoria do seu estado de conservação?

1.4 HIPÓTESE

Parte-se da hipótese de que, o estado funcional do pavimento da Av. Caubi Sérgio Melo pode ser classificado com aplicação do método IGG, e que a classificação tende a apontar um grau de deterioração elevado, evidenciando a necessidade de intervenção para melhorar suas condições de rolamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PAVIMENTO

A superestrutura em obras civis de rodovias, ruas e aeroportos são constituídas por um sistema de camadas de diferentes materiais com diferentes características de resistência e deformação, com espessuras finitas, assente sobre o terreno de fundação, considerado como semi-espaço infinito e designado como subleito, denominada de pavimento (Senço, 1997).

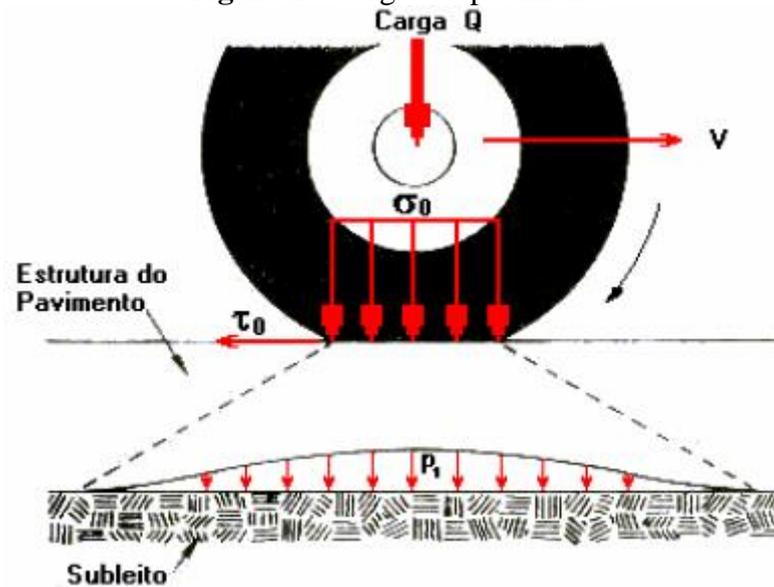
De acordo com Moura (2014) o pavimento é uma estrutura construída depois dos serviços de terraplanagem, a fim de resistir e distribuir ao subleito as cargas verticais resultantes dos veículos, oferecendo as melhores condições de rolamento nos quesitos segurança e conforto, além de suportar as forças horizontais assegurando melhor durabilidade a superfície e rolamento.

Conforme prescreve a NBR 7207 (ABNT, 1982), o pavimento em seu conjunto visa garantir resistência e distribuição ao subleito mediante as cargas verticais produzidas pelo tráfego, condições cômodas e seguras de rolamento aos usuários e resistência as cargas horizontais que nele atuam tornando mais durável a superfície de rolamento.

Balbo (2011) destaca que acima de tudo o pavimento deve ser capaz de proporcionar a melhoria operacional do tráfego, na medida em que se desenvolve uma superfície regular e estável, menos ruidosa e mais aderente, promovendo mais conforto ao deslocamento dos veículos, mas segurança nas condições de umidade além de melhor conforto ambientes.

Dias (2019) quando o pavimento é solicitado a uma carga Q correspondente ao veículo, que desloca-se a uma velocidade V constante, recebe θ_0 que corresponde a tensão de compressão e τ_0 que corresponde a tensão de cisalhamento (Figura 1). As camadas que formam a estrutura do pavimento devem receber e transmitir as cargas verticais que se aplicam na superfície, para que o subleito receba uma parcela menos pesada desta tensão superficial (p_1). A tensão de cisalhamento que se aplicada na área superficial do pavimento demanda que esta tenha uma mínima coesão.

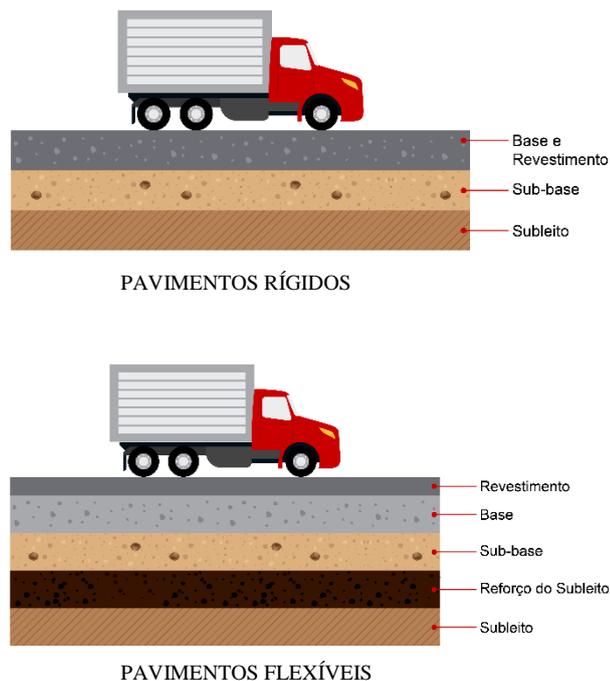
Figura 1 - Cargas do pavimento



Fonte: Santana, 1993

Os pavimentos classificam-se em rígidos e flexíveis (Figura 2). Popularmente são chamados de pavimentos de concreto e pavimentos asfálticos, respectivamente, referindo-se ao tipo de revestimento usado na camada superficial do pavimento (Bernucci et al. 2022). Esse estudo limita-se a estudar os pavimentos flexíveis, por isso esses são mais aprofundados

Figura 2 - Diferença básica entre os tipos de pavimentos.



Fonte: Autor (2024).

O pavimento rígido possui revestimento constituído de concreto de cimento (Bernucci et al., 2022). Suas camadas trabalham especialmente à tração. O método de dimensionamento se baseia nas propriedades resistentes das placas de concreto, das quais se apoiam em uma camada de transição chamada sub-base (Souza, 2020).

De acordo com Souza (2020) a espessura das camadas se define através da baixa resistência à tração do concreto. Deve-se levar em consideração a fadiga, além disso deve-se dar atenção ao coeficiente de reação do subleito e das forças aplicadas. Esse tipo de pavimento caracteriza-se pela deformidade baixa e maior vida útil.

Por sua vez, o pavimento flexível possui camadas que se deformam elasticamente. A carga proveniente do tráfego distribui-se de modo equivalente entre elas, o que resulta em um campo de tensões centrados nas proximidades do ponto de aplicação da carga (Balbo, 2017).

De modo geral, o pavimento flexível precisa de camadas espessas, a fim de garantir que as tensões no solo de fundação sejam menores que a resistência. A coesão entre as camadas é menor, nesse tipo de pavimento, com isso a deformação é maior, resultando em uma depressão localizada em profundidade considerável da superfície (Miranda, Silva, 2022).

Silva (2002) explica que as cargas e deformações que resultam da carga das rodas dos veículos que trafegam pela via distribuem-se de modo com que as camadas do revestimento e a base atenuam as força verticais que comprimem o subleito absorvendo as tensões cisalhantes.

No Brasil, o tipo de pavimento mais aplicado nas vias urbanas e rodovias são de base asfáltica que, quando executados adequadamente proporcionam flexibilidade, durabilidade, impermeabilização, estabilidade, resistência à fadiga, a derrapagem e ao trincamento térmico, conforme o clima e o tráfego estimado para determinada localidade (Bernucci et al., 2022).

O revestimento asfáltico é a solução mais tradicional e empregada em novos pavimentos e na recuperação de vias. Conforme Bernucci et al. (2022) 95% das estradas pavimentadas do Brasil são revestidas com material asfáltico. A Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (ABEDA) afirma que mais de 90% das estradas pavimentadas brasileiras são de revestimento asfáltico.

Quanto aos projetos de pavimentação, esses devem ser desenvolvidos prevendo a máxima qualidade dos pavimentos, detalhando os requisitos técnicos para tal finalidade, estimando a estrutura, a dosagem e a escolha dos materiais e insumos, garantindo então a resistência adequada para as demandas de tráfego e do clima. Até um certo volume de tráfego,

é comum o revestimento ser executado com uma camada de mistura asfáltica única (Bernucci et al., 2010).

O material asfáltico execução do revestimento pode ser produzido em usinas, fixas ou móveis, ou podem ainda ser preparados na própria pista. Destaca-se que os pavimentos asfálticos classificam-se quanto ao tipo de ligante: a quente com o uso de CAP, ou a frio com o uso de EAP (Bernucci et al., 2022).

Em situações em que há necessidade de reestruturar a capacidade estrutural ou funcional, além dos tipos de pavimentos citados, existem outros tipos de misturas asfálticas que são processadas em usinas móveis especiais que fazem a mistura agregados-ligante no momento da execução no pavimento, podendo separar-se em novas misturas relativamente fluidas, sendo essas as lamas asfálticas e micro revestimento, e misturas recicladas com uso de fresadoras-recicladoras. Cada uma dessas misturas tem critérios distintos de dosagem e asseguram certa finalidade, sempre relacionadas a espessuras calculadas em função do tráfego e do tipo de insumos aplicados nas demais camadas (Bernucci et al., 2010).

2.1.1 ESTRUTURA DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Os pavimentos flexíveis se constituem das seguintes camadas: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, sendo que o subleito a estrutura de fundação e com isso, parte essencial do sistema (Balbo, 2011).

O subleito, de acordo com Miranda e Silva (2022) é executado pelo próprio terreno de fundação, preparado para receber o pavimento industrial. Atua como fundação direta, essa camada é vital na transmissão de cargas do pavimento para o solo.

O reforço do subleito, por sua vez, é executado sobre o subleito, sendo uma camada estabilizada granulometricamente, e precisa ser compactada e regularizada com o máximo de atenção. É executado quando há necessidade de diminuir a espessura da camada de sub-base, quando o subleito apresenta capacidade de suporte baixa (DNIT 138/2010).

A sub-base é uma camada complementar à camada de base, ambas têm as mesmas funções. Deve ser executada acima da camada de subleito ou reforço do subleito, além disso deve ser perfeitamente compactada e regularizada (DNIT 139/2010).

A base, conforme o DNIT 141 (2010), é a camada da estrutura do pavimento destinada a atender as cargas de compressão oriundas do tráfego, distribuindo adequadamente à camada

subjacente. Deve ser executada sobre a sub-base, subleito e reforço do subleito sendo submetida a regularização e compactação.

Bernucci et al. (2022) explicam que o revestimento asfáltico é a camada superior da estrutura do pavimento, deve resistir diretamente às solicitações do tráfego e transmiti-las amenizando às camadas inferiores, além de promover a impermeabilização do pavimento e as melhores condições de rolamento, com o máximo de segurança e conforto aos usuários.

2.1.2 PROCESSO DE DETERIORAÇÃO DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

A estrutura do pavimento é projetada e executada a fim de atender a um tempo de vida útil. Nesse sentido, a cada ciclo de vida o pavimento sai de um estado ótimo de uso para um estado de condição de desgaste. Esse desgaste decorrente do tempo é chamado de deterioração do pavimento (DNIT, 2006).

De acordo com Melo (2021), compreender as causas da deterioração de um pavimento é vital no processo de análise dos eventos que provocam tal condição, bem como para definir as técnicas mais adequadas para sua restauração.

2.1.2.1 DESEMPENHO FUNCIONAL

O desempenho funcional é a característica do pavimento que permite que ele atenda a sua principal função: promover uma superfície de rolamento adequada quando a qualidade. Conforme pesquisa realizada no *AASHO Road Test*, o defeito no pavimento que mais incomoda dos usuários é a irregularidade longitudinal (DNIT, 2006).

A irregularidade longitudinal é qualquer desnível na superfície da via em relação ao plano de referência, que interfere na dinâmica dos veículos, na qualidade do rolamento e nas cargas dinâmicas sobre a rodovia (DNIT, 2006).

Diversos são os medidores de irregularidade longitudinal, que são de fácil acesso a quaisquer órgãos rodoviários, visando facilitar as análises de medidas diretas do perfil em várias unidades. Assim, quando o pavimento alcançar os níveis limites de irregularidades devem ser previstos planos de reabilitação (DNIT, 2006).

2.1.2.2 DESEMPENHO ESTRUTURAL

O desempenho estrutural relaciona-se a capacidade do pavimento de atender a sua função estrutural, sem favorecer falhas relevantes. Esse desempenho relaciona-se diretamente com a preservação dos investimentos, nesse sentido é preciso manter sob controle os cronogramas e técnicas para execução de manutenções no pavimento, a fim de alcançar o

melhor custo-benefício (DNIT, 2006).

2.2 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Em pavimentos asfálticos, as manifestações patológicas se tratam de defeitos nos pavimentos, decorrentes do processo de deterioração. Essas patologias se originam a partir de projetos mal elaborados, erros de execução, materiais e insumos de baixa qualidade, ausência de controle tecnológico ou da própria deterioração decorrente do tempo. Esses defeitos tendem a provocar a deterioração da camada de revestimento e conseqüentemente de suas camadas subjacentes, prejudicando então a segurança e o conforto do rolamento, resultando ainda em prejuízos aos usuários e seus veículos (Ferreira et al., 2020).

Assim, Machado (2013) explica que quando deteriorados, os pavimentos devem ser submetidos a processos que visem recuperá-los e, para que a execução dessa recuperação seja adequada é essencial, inicialmente, identificar as causas do desgaste. Além disso, é preciso definir o período correto para intervir e quais as técnicas mais adequadas. O DNIT por meio da normativa DNIT 005/2003-TER classifica as patologias em pavimentos flexíveis e essas são apresentadas a seguir.

2.2.1 TRINCAS/FENDAS

As trincas são as aberturas existentes no pavimento, também são chamadas de fendas, e podem ser vistas a olho nu, apresentando uma abertura superior à da fissura e devem se apresentar sob a forma de trinca isolada ou interligada (DNIT 005, 2003). As trincas isoladas se classificam entre trincas transversais e trincas longitudinais. Já as trincas interligadas, se classificam em: trinca tipo couro de jacaré e trinca tipo bloco (Ferreira et al., 2020).

A trinca isolada tipo transversal (Figura 3) apresenta direção predominante ortogonal ao eixo da via. A trinca que apresenta até 100cm é subclassificada como trinca transversal curta e, a que apresenta extensão superior a 100cm se classifica como trinca transversal longa (DNIT 005, 2003).

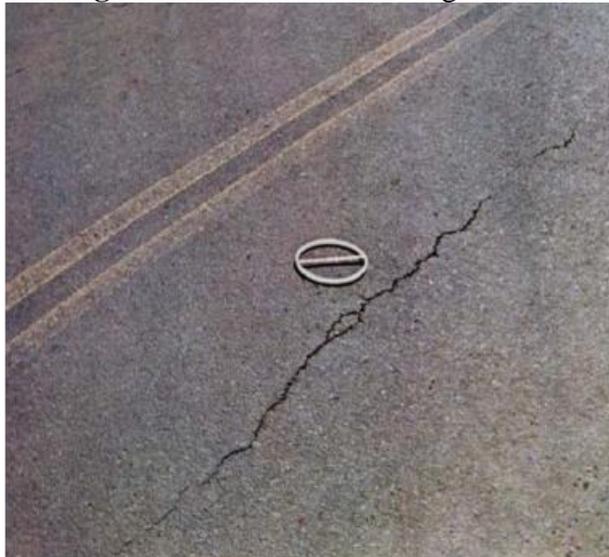
Figura 3 - Trinca isolada transversal



Fonte: DNIT 005, 2003

A trinca isolada tipo longitudinal é uma trinca isolada que apresenta direção predominante paralela ao eixo da via, conforme Figura 4. Quando essa trinca tem extensão de até 100cm é subclassificada como trinca longitudinal curta, já as que tem extensão superior a 100cm classificam-se como trinca longitudinal longa (DNIT 005/2003).

Figura 4 - Trinca isolada longitudinal



Fonte: DNIT 005, 2003

A trinca interligada chamada de couro de jacaré (Figura 5), consiste em um aglomerado de trincas interligada em diversas direções, que se assemelham ao aspecto do couro de um jacaré, daí seu nome. Essas podem, ou não, se desenvolver para um processo acentuado de erosão e então avançar para estágio de fadiga. A priori se mostram de forma isolada e, conforme evoluem com o tempo, se interligam (Silva, 2008).

Figura 5 - Trinca tipo couro de jacaré



Fonte: Thom, 2014

Por sua vez, as trincas interligadas do tipo bloco se configuram em blocos constituídos de extremidades bem definidas, apresentando ou não acentuado estado de erosão nas extremidades (DNIT 005/2003) (Figura 6). O desenvolvimento dessa manifestação indica que o pavimento asfáltico sofreu endurecimento causado pela volatilização dos maltenos ou oxidação, interferindo assim na flexibilidade do mesmo. Essas trincas se desenvolvem mediante a retração do pavimento asfáltico e as variações de temperatura (Silva, 2008).

Figura 6 - Trinca interligada tipo bloco



Fonte: DNIT 005, 2003

2.2.2 AFUNDAMENTO

O afundamento caracteriza-se por uma depressão da superfície do pavimento, com ou sem levantamento (DNIT 005/2003-TER), se classificam em dois tipos: afundamento plástico e afundamento de consolidação (Machado, 2013).

Machado (2013) explica que o afundamento plástico ocorre devido a fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento, acompanhado de levantamento. Quando esse apresenta dimensão de até 6m é classificado como afundamento plástico local, quando o tamanho supera 6m é denominado de afundamento plástico de trilha de roda.

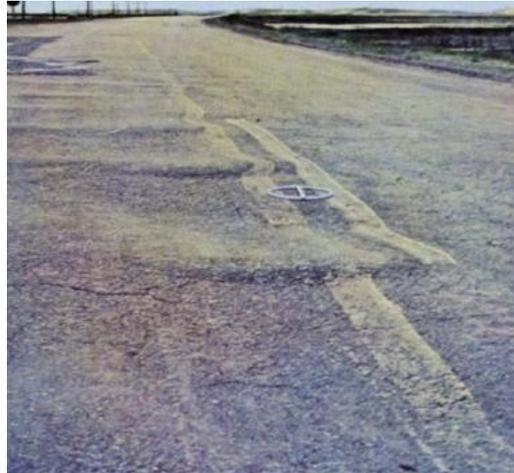
Já o afundamento por consolidação, de acordo com Machado (2013), acontece mediante a consolidação diferencial de uma ou mais camadas da estrutura do pavimento e não acompanha levantamento. Quando sua extensão é inferior a 6m é classificado como afundamento de consolidação local, já aqueles que superam 6m são classificados como afundamento de consolidação de trilha de roda.

2.2.3 ONDULAÇÃO E CORRUGAÇÃO

As ondulações e corrugações são deformações permanentes na camada superficial do pavimento, conforme define o DNIT 005/2003-TER. As ondulações consistem em deformações que ocorrem transversalmente ao eixo da via, geralmente causadas pela consolidação diferencial na camada do subleito (Figura 7). Por sua vez, as corrugações também decorrem de deformações transversais ao eixo da via, porém em geral, compensatórias, caracterizadas por partes depressivas intercaladas de comprimento e elevações de onda entre as cristas. A diferença

entre ambas está no comprimento da onda entre as duas cristas da ordem de metros (Bernucci et al., 2022).

Figura 7 - Ondulação



Fonte: DNIT 005, 2003

Machado (2013) argumenta que as principais causas dessas manifestações são: instabilidade na mistura betuminosa do revestimento ou da base; umidade em excesso nas camadas subjacentes; mistura contaminada; mistura asfáltica com retenção de água.

2.2.4 ESCORREGAMENTO

O escorregamento (Figura 8) é o deslocamento horizontal da camada de revestimento, resultado de solicitações tangenciais transmitidas pelos veículos, provocando uma ondulação curta e abrupta no pavimento no formato de meia-lua (Machado, 2013).

Figura 8 - Escorregamento



Fonte: CNT, 2018

As principais causas do escorregamento são relatadas por Machado (2013): ligação inadequada entre revestimento e camadas subjacentes; inércia limitada do revestimento em virtude de espessuras reduzidas; compactação deficiente; fluência plástica em decorrência de temperaturas elevadas.

2.2.5 EXSUDAÇÃO

A exsudação (Figura 9) é o excesso de ligante betuminoso que provoca manchas na camada superficial do pavimento, ocorre devido a migração do ligante através do revestimento (DNIT 005/2003-TER).

Figura 9 - Exsudação



Fonte: Barbosa, Santos e Jorge, 2023

A exsudação do asfalto para a superfície acontece em decorrência da dilatação do asfalto quando submetido as altas temperaturas, pois os ligantes encontram dificuldade para se acomodar no interior do pavimento, tanto pelo excesso, ou pela falta de vazios no pavimento, que então expulsam o ligante para a superfície. Em decorrência disso o pavimento apresenta aspecto brilhoso e liso, como se tivesse sido polido (Ribeiro, 2017).

2.2.6 PANELA OU BURACO

O buraco, ou panela como é popularmente chamado (Figura 12), é uma cavidade que se forma na camada de revestimento. É causado por diversas causas, mas a principal pela ausência de aderência entre camadas superpostas, que provoca o deslocamento entre as camadas, pode alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas

(DNIT 005/2003-TER). Além disso permite o acesso de água no interior da estrutura (Machado, 2013).

Figura 10 - Buraco ou panela



Fonte: Barbosa, Santos e Jorge, 2023

Machado (2013) explica que essa manifestação patológica é muito grave pois afeta consideravelmente a funcionalidade e a estrutura do pavimento e, conseqüentemente a segurança do tráfego, além do custo de transporte.

2.2.7 DESGASTE

O desgaste (Figura 10) se caracteriza pelo arrancamento progressivo dos agregados do pavimento, provocando uma aparência de aspereza superficial do revestimento. É provocado pelas solicitações tangenciais do tráfego. Nas áreas onde existem um estado de desgaste avançado acontece a extração gradativa dos agregados, em consequência da abrasividade do tráfego, provocando aspereza superficial (DNIT 005/2003-TER).

Figura 11 - Desgaste

Fonte: DNIT 005, 2003

2.2.8 REMENDOS

Os remendos (Figura 12) são correções executadas na superfície do pavimento que podem vir a se tornar defeitos nas vias. Resultam dos trabalhos popularmente conhecidos como “operação tapa-buraco” que tem como objetivo solucionar os efeitos dos buracos já existentes, ou resultarem de alguma intervenção de natureza não estrutural no pavimento, como por exemplo manutenções da tubulação de esgoto que podem passar sob a via assim após essas atividades o pavimento é refeito, resultando nos remendos (Silva, 2021).

Figura 12 - Remendo

Fonte: CNT, 2018

2.3 ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL - IGG

A infraestrutura tem um papel essencial no desenvolvimento econômico de um país, especialmente no que se refere as vias urbanas e rodovias, que exercem uma influência importante sobre a força econômica do país. Como já citado, o pavimento é uma estrutura sujeita ao desgaste e com isso, ao desenvolvimento de manifestações patológicas. Por isso, precisam ser submetidos a avaliações sistemáticas e estruturais, com foco em sua capacidade de carga e nas condições de tráfego (Sousa et al. 2022).

Avaliar a superfície de um pavimento flexível é essencial para a definição e determinação das técnicas preventivas a serem elaboradas e executadas a fim de conservar e restaurar as vias. Porém, é comum ruas e estradas em mau conservadas, demandando por intervenções para que sejam restauradas, uma vez que é evidente que os pavimentos são executados para atender a um período de vida útil. É importante que a metodologia para analisar os pavimentos considere alguns fatores, como as características da via e o objetivo (Santos, Mendes e Goltz, 2019).

Sousa et al. (2022) explicam que levando em consideração as condições de uso frequente, as vias urbanas de tráfego frequentes precisam ser submetidas a avaliações constantes, apesar de ser notável que é primário ainda os investimentos feitos pelo poder público em infraestrutura, já que a ausência de planejamento e manutenção causam prejuízos econômicos e colocam em risco a segurança e o conforto dos usuários.

Nesse sentido, Silva (2021), Sousa et al. (2022), Silva (2018), Silva (2019) e Holanda (2024) apresentam o Índice de Gravidade Global (IGG) como métodos de avaliação de pavimentos. De acordo com a norma do DNIT 006/2003 trata-se de um método de avaliação da superfície de pavimentos flexíveis para inventário e classificação. Complementa Silva (2018) que o IGG visa encontrar um valor numérico para a condição que o pavimento apresenta, variando entre 0 e 160, onde 0 é ótimo e 160 péssimo.

O IGG é um índice que combinado de falhas que permite a classificação determinado trecho homogêneo do pavimento, em decorrência das patologias existentes na superfície, concedendo um conceito de condição da superfície do pavimento em relação do valor encontrado, conforme a DNIT 006/2003-PRO. Fatores de ponderação são atribuídos no cálculo a cada patologia mensurada, levando em consideração a frequência relativa de estações com cada tipo de manifestação patológica.

Bernucci et al. (2022) explicam que o IGG não é definido para toda a extensão da via, mas por amostragem, conforme as especificações do DNIT. Em pistas simples, as estações são inventariadas a cada 20m, alternando-se a faixa a cada avaliação. Em pistas duplas a cada 20m, na faixa mais solicitada pelo tráfego, em cada uma das pistas.

A superfície de avaliação consiste 3m, antes e depois da estaca demarcada, totalizando 6m de comprimento, sendo a largura igual a faixa avaliada. O método de cálculo tem início com a multiplicação da frequência relativa de cada evento pelo seu fator de ponderação, visando determinar o valor do Índice de Gravidade Individual (IGI). O somatório dos IGI, resulta no IGG (Bernucci et al., 2022).

3 METODOLOGIA

3.1 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Nessa etapa, foi definida a área a ser estudada, uma avenida com o nome de Caubi Sérgio Melo, localizada no bairro Renascer, em Macapá-AP.

A avenida faz a ligação de quatro bairros da cidade: o bairro do Pantanal, o bairro Pacoval, o bairro Renascer e o bairro São Lázaro. Trata-se de uma via de pista simples com duas faixas de rolamento, com a largura variando entre 7,5 a 8 metros, e sentido duplo, sendo a largura média das faixas aproximadamente de 4 metros. O estudo foi realizado em toda a sua extensão, se aproximando de 1,1km, partindo da rua Tancredo Neves (BR 210), bairro São Lázaro, e indo até a rodovia Aníbal Barcelos, Pantanal, conforme a Figura 13.

Figura 13 - Av. Caubi Sérgio Melo no Google Maps



Fonte: Google Maps.

Esta avenida, além de ser uma das principais da região, possui um grande fluxo de veículos, por fazer ligações com vários bairros, foi uma excelente opção de mobilidade durante

a construção da nova Ponte Sérgio Arruda – principal ligação entre a Zona Norte (ZN) de Macapá com o restante da cidade (Figura 14). Atualmente, existe a possibilidade da construção da nova ponte do Pantanal (Figura 15), e a avenida em estudo se tornará, mais uma vez, uma ligação importante para os outros bairros da ZN, principalmente para quem usa a via expressa Aníbal Barcelos.

Figura 14 - Nova Ponte Sérgio Arruda.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 15 - Ponte do Pantanal



Fonte: Google Maps.

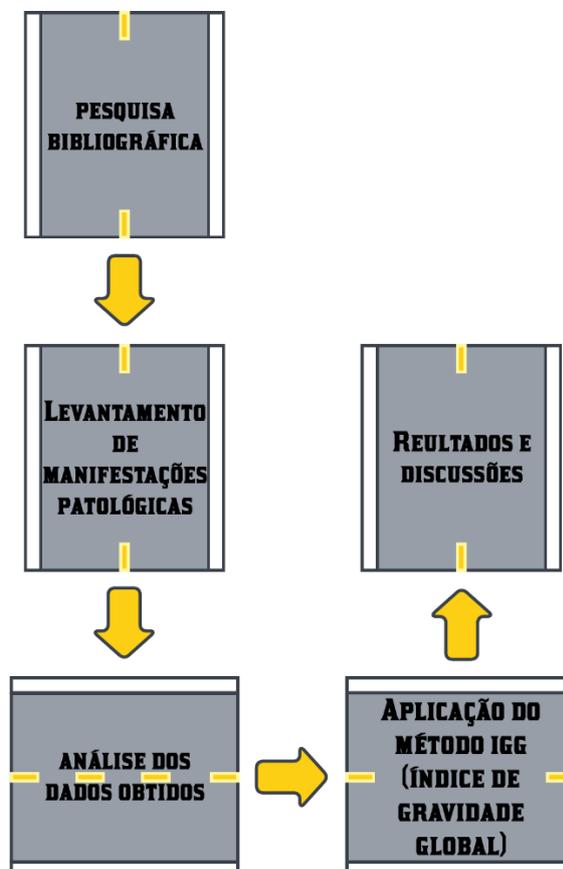
Foram realizadas entrevistas com moradores de longa data da região e com alguns profissionais da prefeitura, com o objetivo de entender a história da Avenida e obter informações sobre a última intervenção de pavimentação. De acordo com os relatos, a Avenida possuía sarjetas, mas o lançamento inadequado de esgoto residencial diretamente nas vias contribuiu para a deterioração dessas estruturas. Além disso, foi informado que o último serviço de recapeamento asfáltico na Avenida ocorreu entre os anos de 2012 e 2014, embora não se tenha uma data precisa. Isso significa que, atualmente, já se passaram pelo menos 10 anos desde a última intervenção.

Para a definição da extensão do trecho analisado, considerou-se segmentos como a largura da faixa de rolamento (4 metros). Também foi definido o tipo de estrutura, textura, tipo de pavimento como aspectos técnicos semelhantes por toda sua extensão.

3.2 ETAPAS DO TRABALHO

Para o desenvolvimento do trabalho, foram seguidas algumas etapas sequenciais conforme a figura a seguir (**Figura 16**):

Figura 16 - Fluxograma do trabalho.



Fonte: Autor (2024).

Na primeira etapa do trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre a temática principal do trabalho e assuntos correlatos, com o propósito de entender o que caracteriza um pavimento flexível, os tipos de imperfeições que podem ser encontradas nos pavimentos asfálticos, suas concepções e características com a finalidade de entendimento da avaliação a ser executada.

Em sequência, foi realizado os levantamentos das manifestações patológicas encontradas no local do estudo de caso definido com registros fotográficos e descritivos.

A próxima etapa consistiu nas interpretações dos dados obtidos em campo e, em seguida, a aplicação do método IGG, conforme especifica a norma do DNIT 006/2003 – PRO, bem como os equipamentos que devem ser utilizados para a coleta de dados, como critérios e definições para as demarcações das áreas inventariadas. Após isso, foi possível desenvolver a última etapa com os resultados e discutir eles.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO E MATERIAIS NECESSÁRIOS

O tráfego nessa região costuma ser bastante intenso nos horários de picos, já que é uma via de desafogo e alternativa para os motoristas que moram na zona norte da cidade. Mesmo em horários fora do pico, a via é bastante solicitada.

Ademais, os materiais necessários para poder realizar a pesquisa de campo foram: trena longa de 50m, trena de 8m, tinta branca viária, fita amarela para demarcação, trincha, broxa e luva de proteção (Figura 17).

Figura 17 – Principais materiais utilizados



Fonte: Autor (2024).

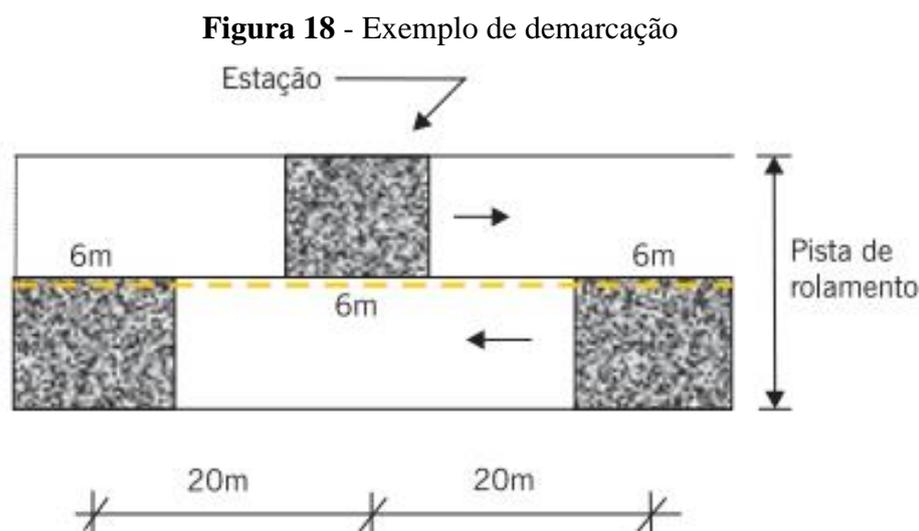
3.4 APLICAÇÃO DO MÉTODO IGG – ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL

O método do IGG é especificado na norma do DNIT 006/2003 – PRO, nela estão descritos os equipamentos necessários, as definições e os critérios estabelecidos para poder ser executado a coleta de dados e as demarcações das áreas inventariadas de forma mais correta possível. Esse tratamento não é deliberado para toda a extensão da pista, mas sim de uma forma amostral com distanciamento predeterminados pelo DNIT.

Normalmente essa norma é usada em rodovias, entretanto, o caso a ser estudado pode ser aplicado esse método, pois é uma avenida de poucas interrupções, ou seja, poucas frenagens. É uma avenida principal e em toda sua extensão ela é preferencial. Os pontos de parada nela são mais as entradas para os condomínios existentes e a saída para o bairro renascer.

De acordo com a norma citada acima, em caso de pista simples as estacas devem ser marcadas a cada 20m, alternando o lado da via. Já nas pistas duplas, será usada a faixa de rolamento com maior solicitação do tráfego, entretanto, mantendo a distância de 20m entre as estacas. Ademais, a área demarcada é delimitada em uma distância de 3m antes e após a estaca. Como o caso estudado é uma via simples, a Figura 18 representará a ideia.

O ponto inicial da avaliação foi determinado após a escolha do sentido da via, partindo do encontro com a Tancredo Neves até a Anibal Barcelos, totalizando 54 áreas examinadas com dimensões aproximadas de 6m x 4m. A figura 18 ilustra o sentido da pesquisa em campo.



Fonte: Bernucci et al (2008).

Em campo, é feito a análise com utilização de uma planilha (Figura 19) para anotação de cada patologia encontrada por estação usando as terminologias e codificação da norma DNIT 005/2003 –TER. A especificação dessa norma subdivide em oito tipos de defeitos (**Figura 20**): 1. Trincas e fissuras; 2. Trincas do tipo bloco ou do tipo jacaré sem erosão; 3. Trincas do tipo bloco ou do tipo jacaré com erosão; 4. Afundamentos localizados ou nas trilhas; 5. Ondulações, escorregamentos ou panelas/buracos; 6. Exsudação; 7. Desgastes; 8. Remendos.

Após coletar os dados, o próximo passo é fazer o tratamento deles. A partir desse ponto, é contabilizado as frequências absolutas (f_a) de cada uma das categorias de todas as estações da via, ou seja, ela corresponde a quantidade de vezes que foi notificado determinado problema, e as frequências relativas (f_r) que é obtido por meio da seguinte fórmula:

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

Onde “ n ” é a quantidade de estações inventariadas na avenida.

Figura 19 - Exemplo de planilha para levantamento de dados de acordo com método IGG

Inventário de superfície																							
Rodovia			Trecho									Operador											
			Subtrecho									Revestimento tipo											
Data	Folha		Estaca inicial									Estaca final											
Estação			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Faixa			D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E			
Configuração da terraplenagem			A	A	A	SMA	C	C	SMC	C	C	C	A	A	SMC	C	C	A	A	A			
Tipo	OK	Sem defeito																					
1	F1	Fissuras																					
(FCI)	TTC	Trincas transversais curtas						X															
	TTL	Trincas transversais longas					X							X			X			X			
	TLC	Trincas longitudinais curtas							X			X											
	TLL	Trincas longitudinais longas	X																				
	TRR	Trincas isoladas retração																					
2	J	Couro de jacaré					X			X			X										
(FCII)	TB	Trincas em bloco																					
3	JE	Couro de jacaré com erosão			X							X	X	X	X	X			X				
(FCIII)	TBE	Trincas em bloco com erosão																					
4	ALP	Afundamento plástico local												X									
	ATP	Afundamento plástico trilha			X							X	X	X	X	X	X	X	X	X			
5	O	Ondulação																					
	P	Panela												X									
6	EX	Exsudação																					
7	D	Desgaste	X			X	X	X			X												
8	R	Remendo												X									
	ALC	Afundamento consolidação local																					
	ATC	Afundamento consolidação trilha																					
	E	Escorregamento														X							
	TRI	Afundamento trilha interna (mm)	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4	6	8	3	2	5	5	4			
	TRE	Afundamento trilha externa (mm)	0	3	1	0	1	0	3	1	0	1	7	4	9	6	7	6	4	8			

Fonte: Bernucci et al (2008)

Figura 20 - Classificação das categorias e codificação das patologias

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

Fonte: DNIT (2003)

Vale ressaltar que há uma ordem de prevalectimento das categorias 1, 2 e 3, em outras palavras, se uma estação apresentar algum desses defeitos, considerar o mais grave. A ordem dos mais graves seria: primeiro o tipo 3, na ausência do tipo 3, o tipo 2. Na ausência do tipo 2, o tipo 1. Ademais, dentro dessas categorias tem outros tipos de classes e, caso identificadas na mesma estação, escolher apenas um.

A próxima etapa é calcular o IGI – Índice de Gravidade Individual, e para isso a norma estabeleceu os fatores de ponderação (f_p) (**Tabela 1**) que confere a gravidade de cada patologia. A fórmula para determinar o IGI é:

$$IGI = fr \times fp$$

Tabela 1 - Valor do Fator de Ponderação

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

Fonte: DNIT (2003)

Com o IGI calculado, será o calculado o IGG. A sua fórmula é:

$$IGG = \sum IGI$$

Com o resultado do IGG, a avaliação da qualidade da superfície do pavimento com base na presença dos defeitos é predeterminada e, a partir desse ponto, é utilizado para indicar as condições e as necessidades de eventuais reparos. A Tabela 2 a seguir mostra a classificação do nível de degradação do pavimento de acordo com o que foi estabelecido pelo método utilizado.

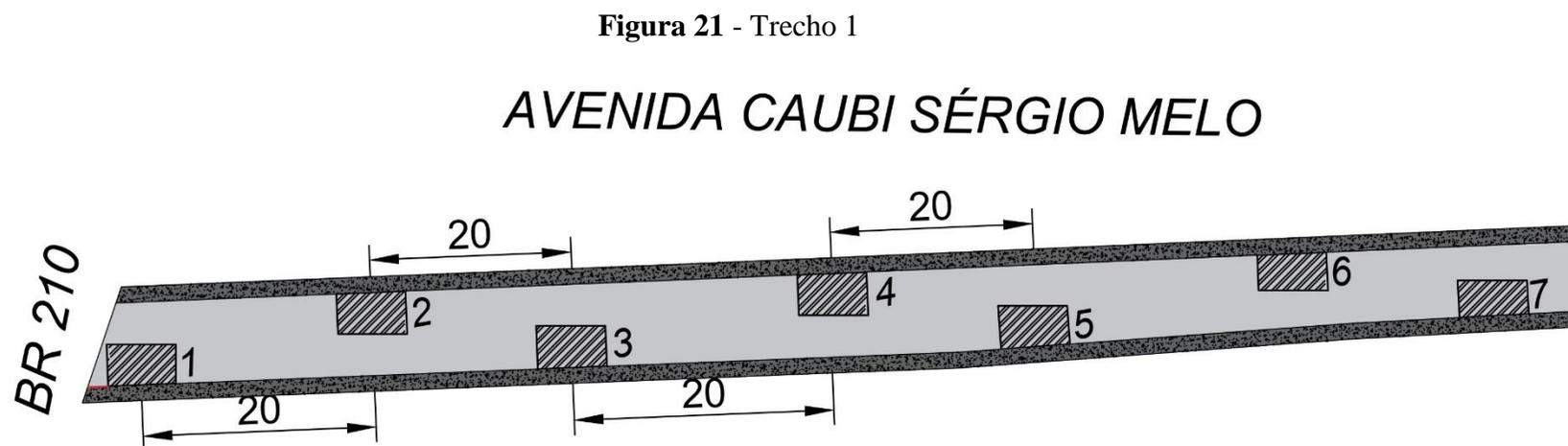
Tabela 2 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$8 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: DNIT (2003)

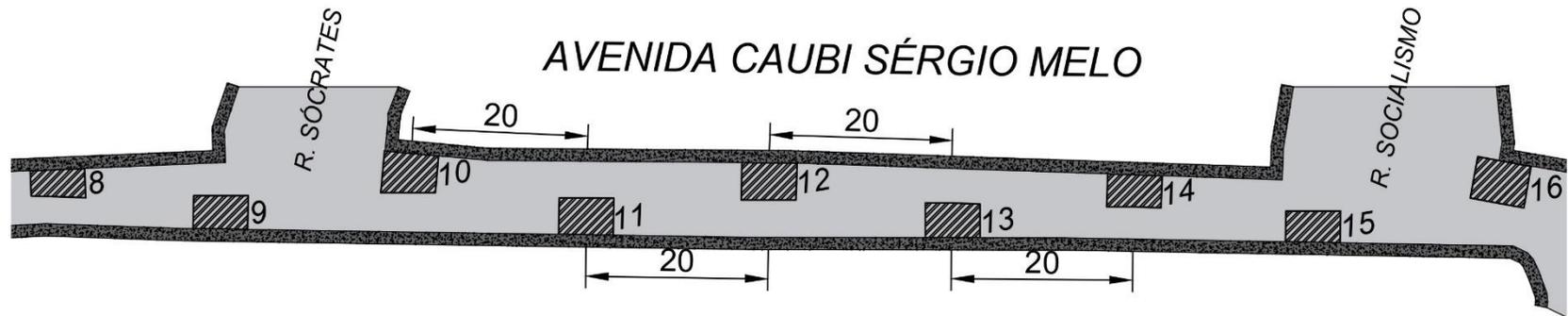
3.5 ESTAÇÕES DE AMOSTRAGENS

Neste tópico, foram disponibilizadas imagens que oferecem uma visão clara da distribuição espacial das estações inventariadas ao longo de toda a extensão da Avenida Caubi Sérgio Melo. Essas imagens visam facilitar a compreensão da localização e disposição das estações, proporcionando uma perspectiva visual detalhada do levantamento realizado. Para uma melhor visualização das imagens, a área foi dividida em um total de 7 trechos.



Fonte: Autor (2024).

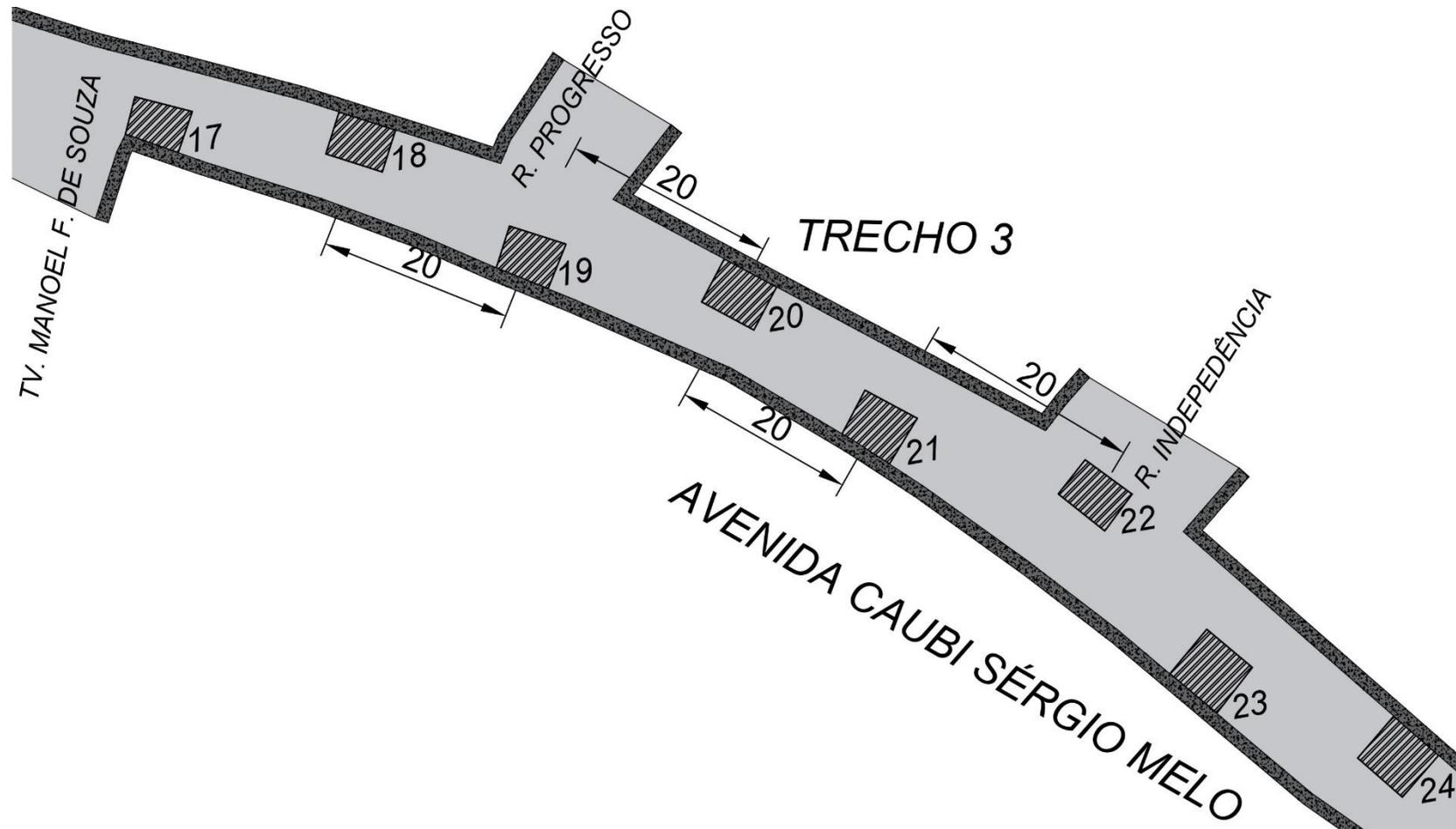
Figura 22 - Trecho 2



TRECHO 2

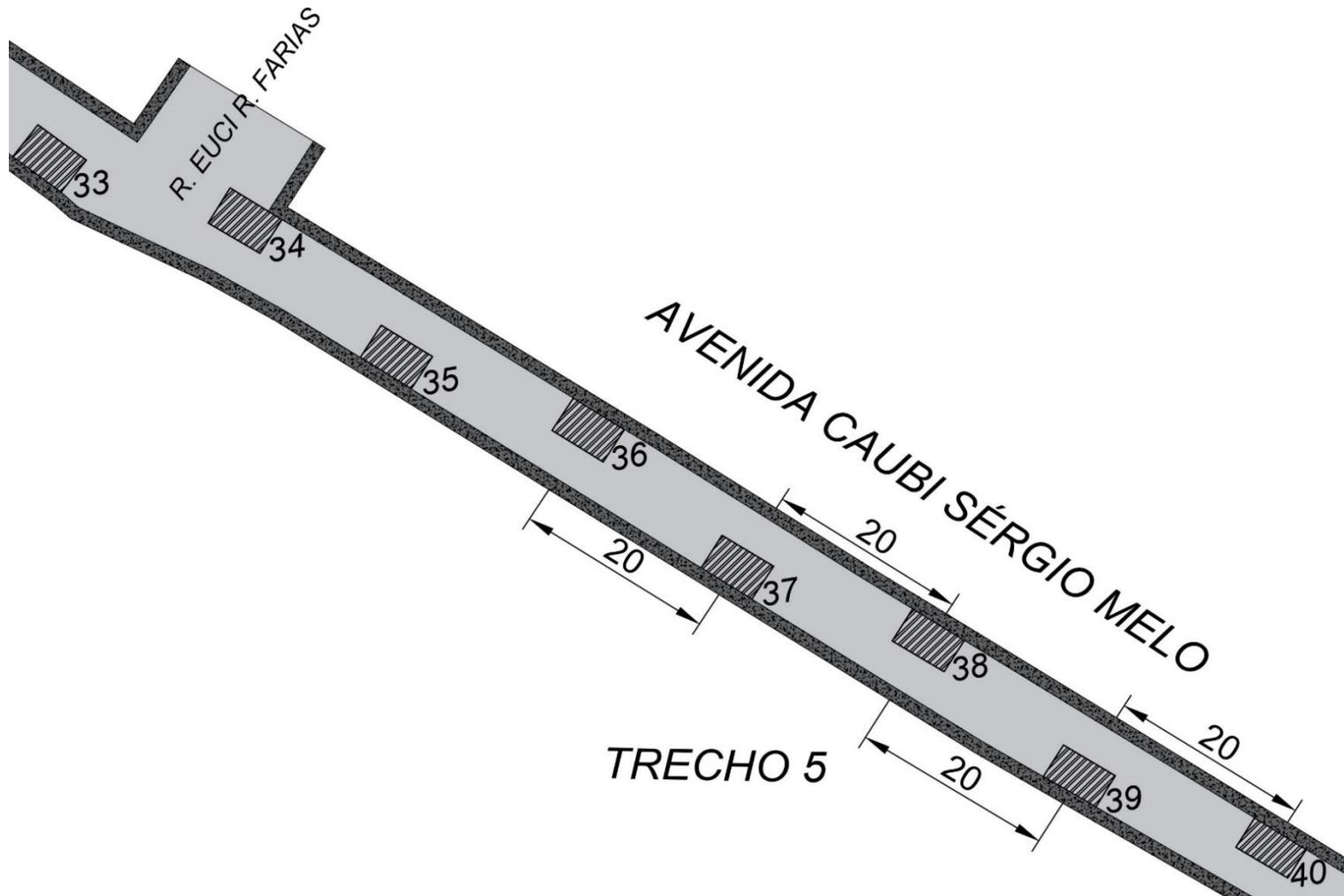
Fonte: Autor (2024).

Figura 23 - Trecho 3



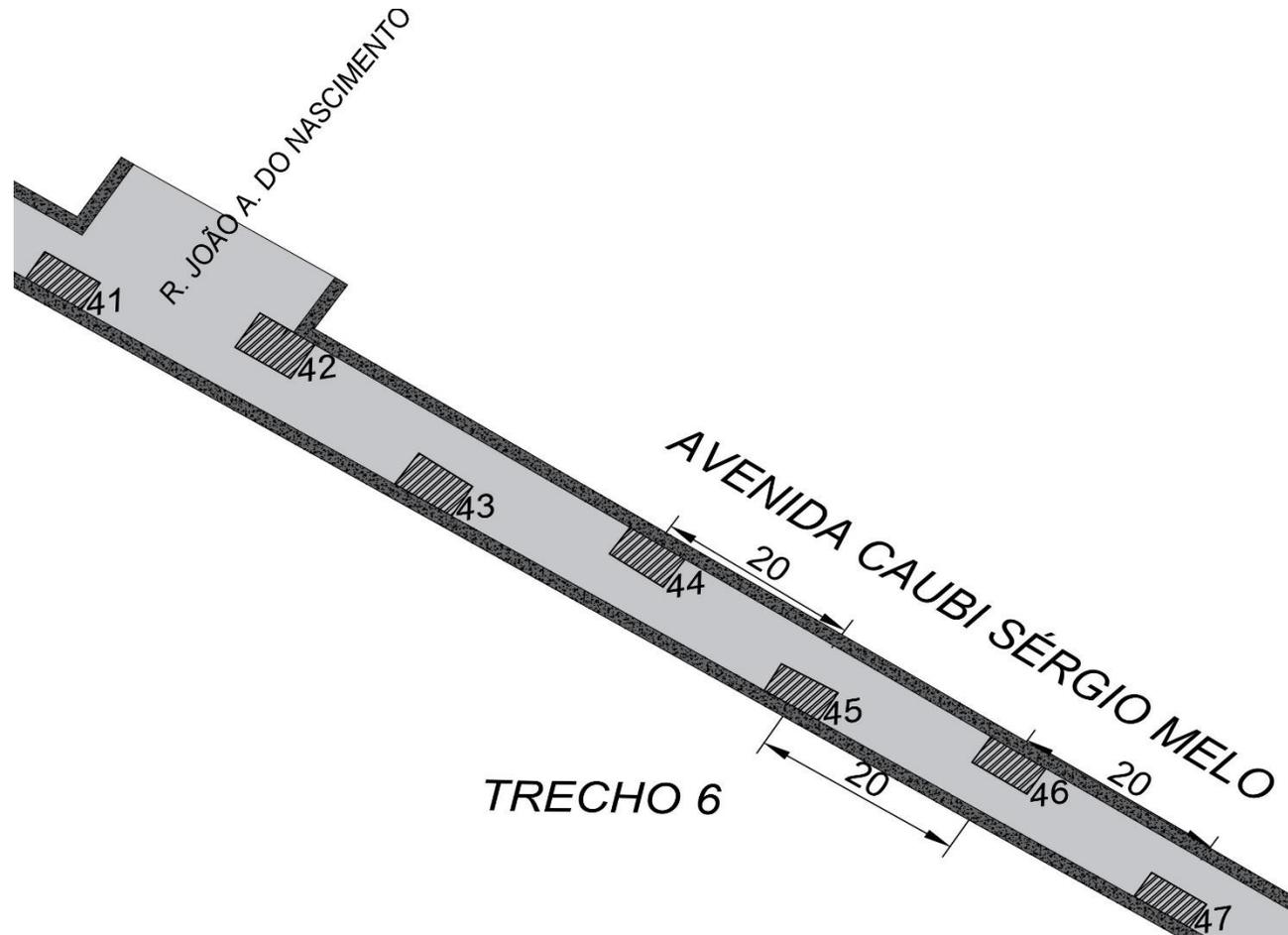
Fonte: Autor (2024).

Figura 25 - Trecho 5



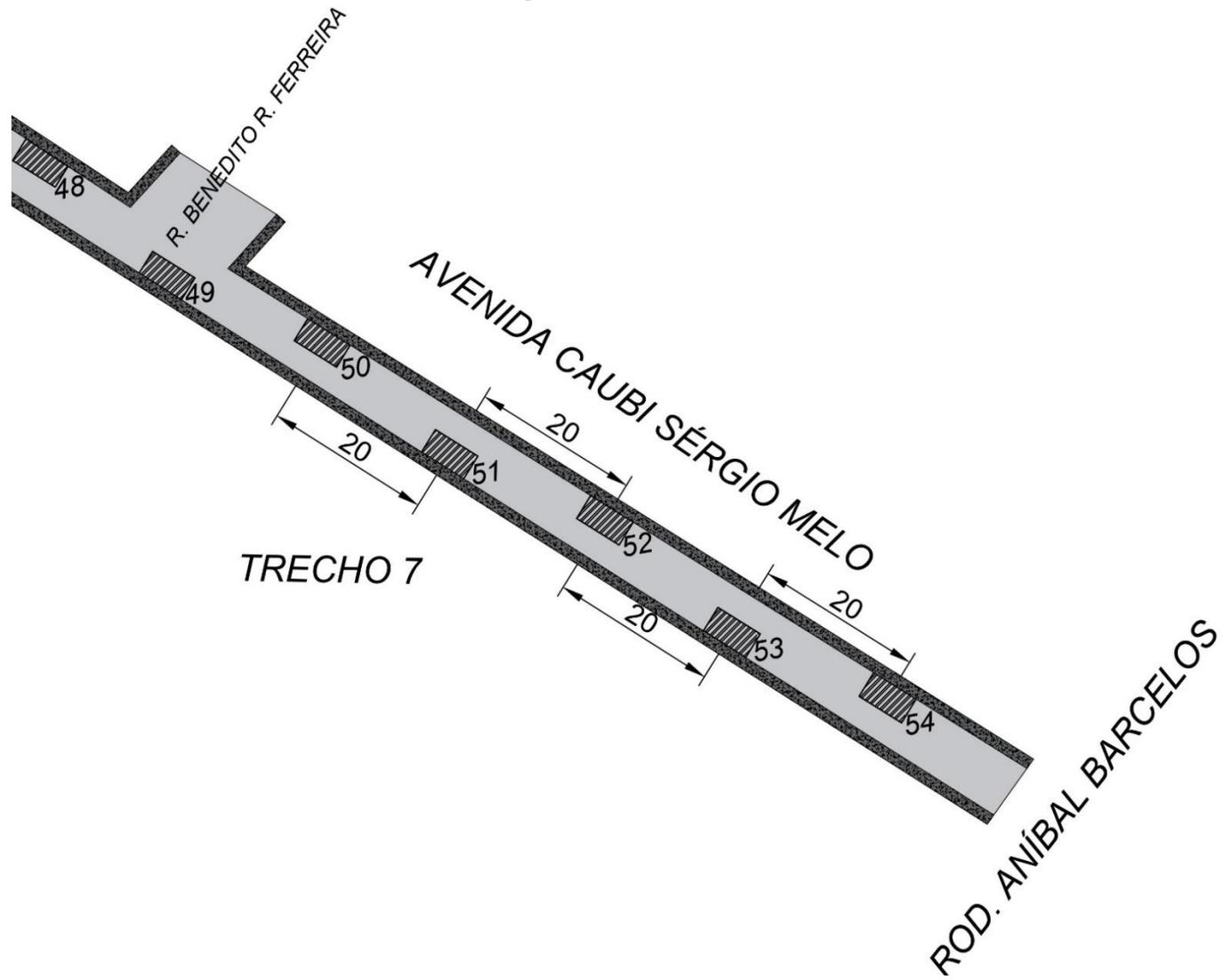
Fonte: Autor (2024).

Figura 26 - Trecho 6



Fonte: Autor (2024).

Figura 27 - Trecho 7



Fonte: Autor (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS PELO MÉTODO IGG

Durante o levantamento realizado ao longo das 54 estações distribuídas por toda a extensão da Avenida, foram identificados ao menos 12 tipos distintos de patologias. Essas patologias estão detalhadamente descritas na Norma DNIT 005/2003 – TER, que aborda os diferentes tipos de defeitos em pavimentos flexíveis e semi-rígidos, além de fornecer diretrizes para a sua identificação e classificação. A identificação precisa dessas patologias foi fundamental para entender o grau de comprometimento da estrutura do pavimento e sua necessidade de reparo. Em seguida, foram discutidas cada uma das patologias encontradas, o que permitiu um entendimento mais claro das condições atuais da via, e, em seguida, foi realizado o cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG), essencial para a análise das condições estruturais da Avenida.

Foi realizada uma análise detalhada de cada trecho, permitindo uma avaliação precisa das condições observadas em cada estação. As imagens que ilustram essa análise estão disponíveis no Anexo A, oferecendo suporte visual e complementando as informações apresentadas.

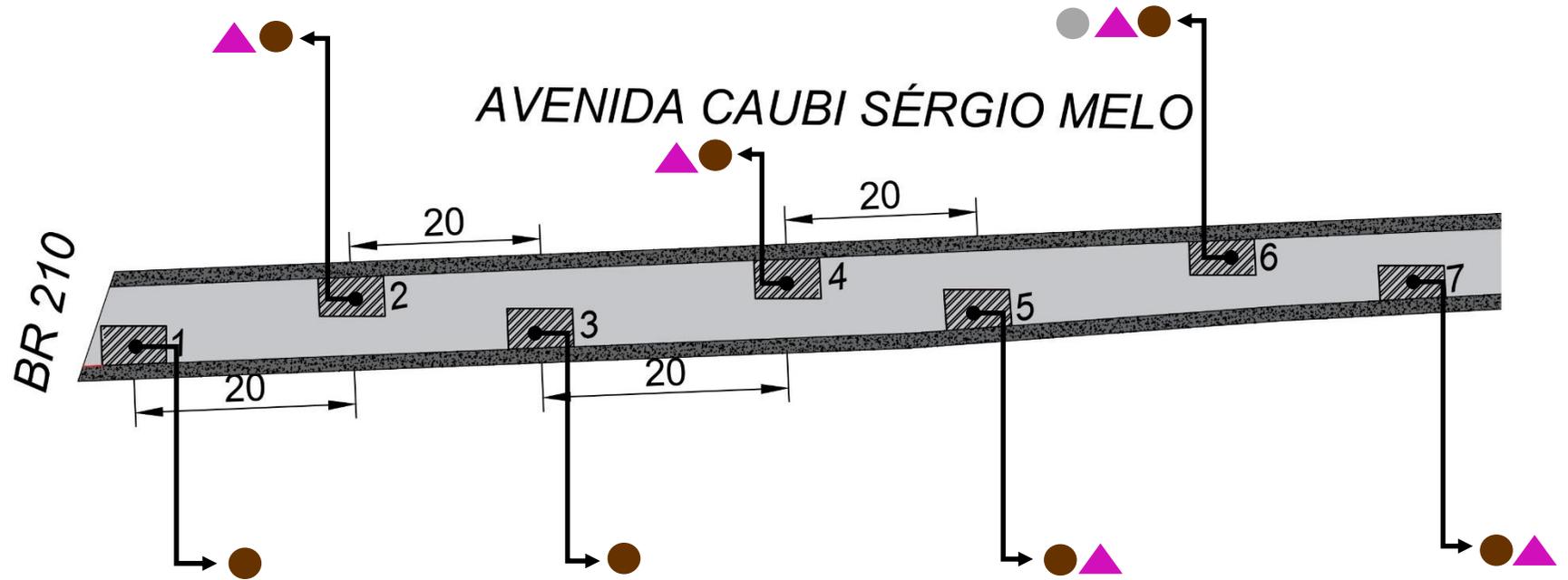
A **Figura 28** apresenta uma legenda que foi disponibilizada para facilitar o entendimento e a interpretação das análises realizadas, servindo como um guia para a leitura dos dados apresentados.

Figura 28 - Nomenclaturas das patologias

Legenda		
Simb.	SIGLA - Natureza do defeito	Natureza do defeito
	TTC	Trinca transversal curta
	TLC	Trinca logintudinal curta
	TLL	Trinca logintudinal longa
	J	Trinca interligada jacaré
	JE	Trinca interligada jacaré acentuada
	ALP	Afundamento plástico local
	ALC	Afundamento consolidação local
	ATP	Afundamento plástico trilha
	ATC	Afundamento consolidação trilha
	P	Panela/ buraco
	EX	Exsudação
	D	Desgaste
	R	Remendo

Fonte: Autor (2024).

Figura 29 - Trecho 1 da Av. Caubi S. Melo



Fonte: Autor (2024).

As Estações 1 e 6 foram escolhidas como exemplo para mostrar as condições da via. Na Estação 1, foi identificada a patologia de Desgaste (D), enquanto na Estação 6 foram observadas as patologias de Afundamento de Consolidação de Trilha (ATC), Desgaste (D) e Remendo (R).

Figura 30 - Estação 1



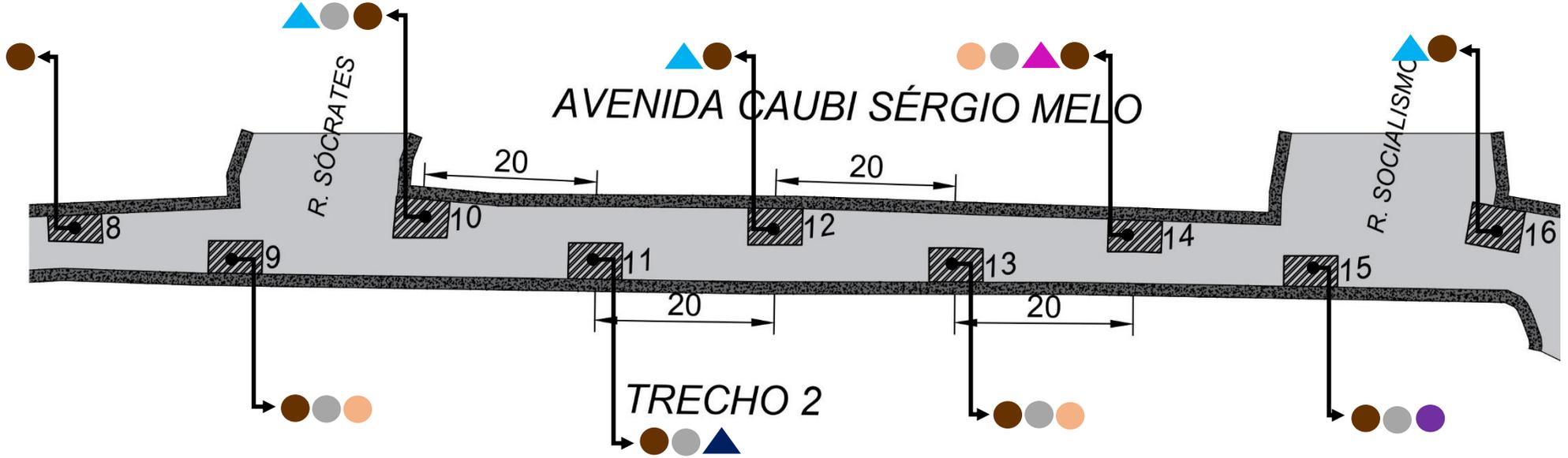
Fonte: Autor (2024).

Figura 31 - Estação 6



Fonte: Autor (2024).

Figura 32 - Trecho 2 da Av. Caubi Sérgio Melo



Fonte: Autor (2024).

As Estações 11 e 14 foram escolhidas como exemplo para mostrar as condições da via. Na Estação 11, foram identificadas as patologias de Afundamento de Consolidação Local (ALC), Desgaste (D) e Remendo (R), enquanto na Estação 14 foram observadas as patologias de Afundamento de Consolidação de Trilha (ATC), Exsudação (EX), Desgaste (D) e Remendo (R).

Figura 33 - Estação 11



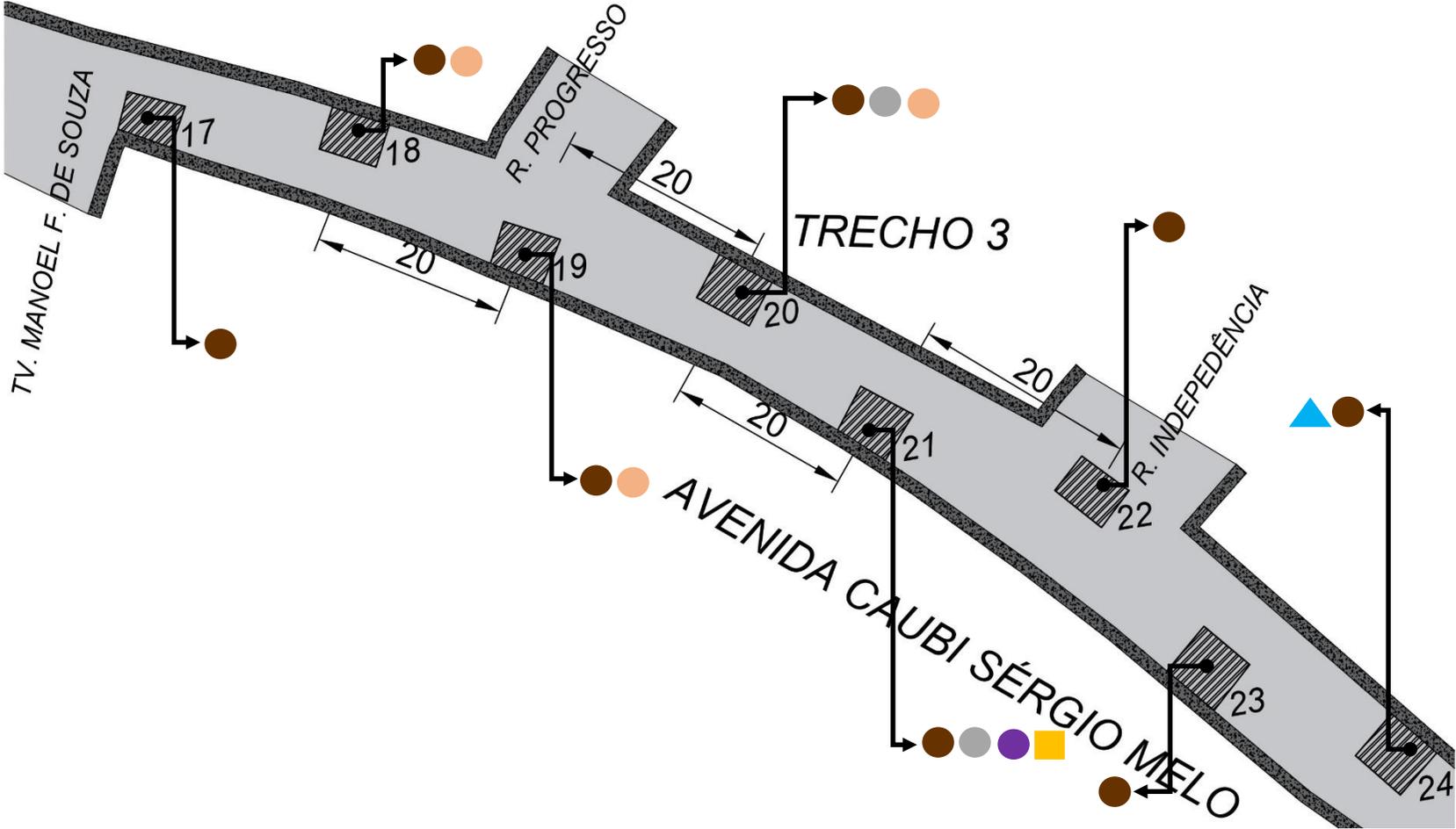
Fonte: Autor (2024).

Figura 34 - Estação 14



Fonte: Autor (2024).

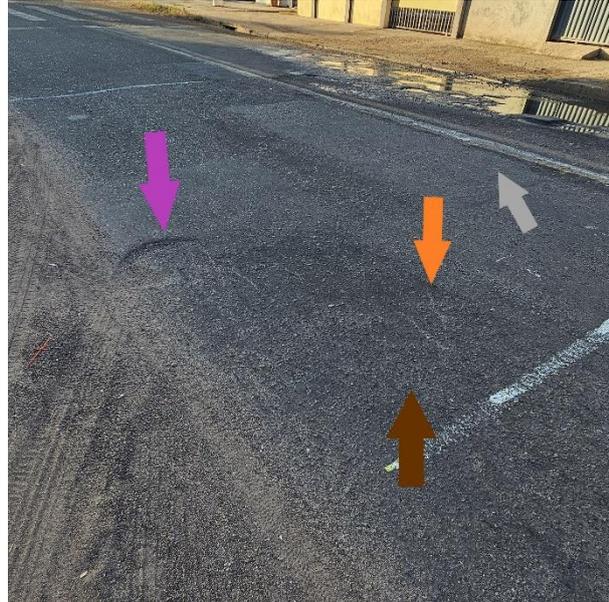
Figura 35 - Trecho 3 da Av. Caubi S. Melo



Fonte: Autor (2024).

As Estações 21 e 24 foram escolhidas como exemplo para mostrar as condições da via. Na Estação 21, foram identificadas as patologias de Trinca Longitudinal Curta (TLC), Panela (P), Desgaste (D) e Remendo (R), enquanto na Estação 24 foram observadas as patologias de Afundamento Plástico Local (ALP) e Desgaste (D).

Figura 36 - Estação 21



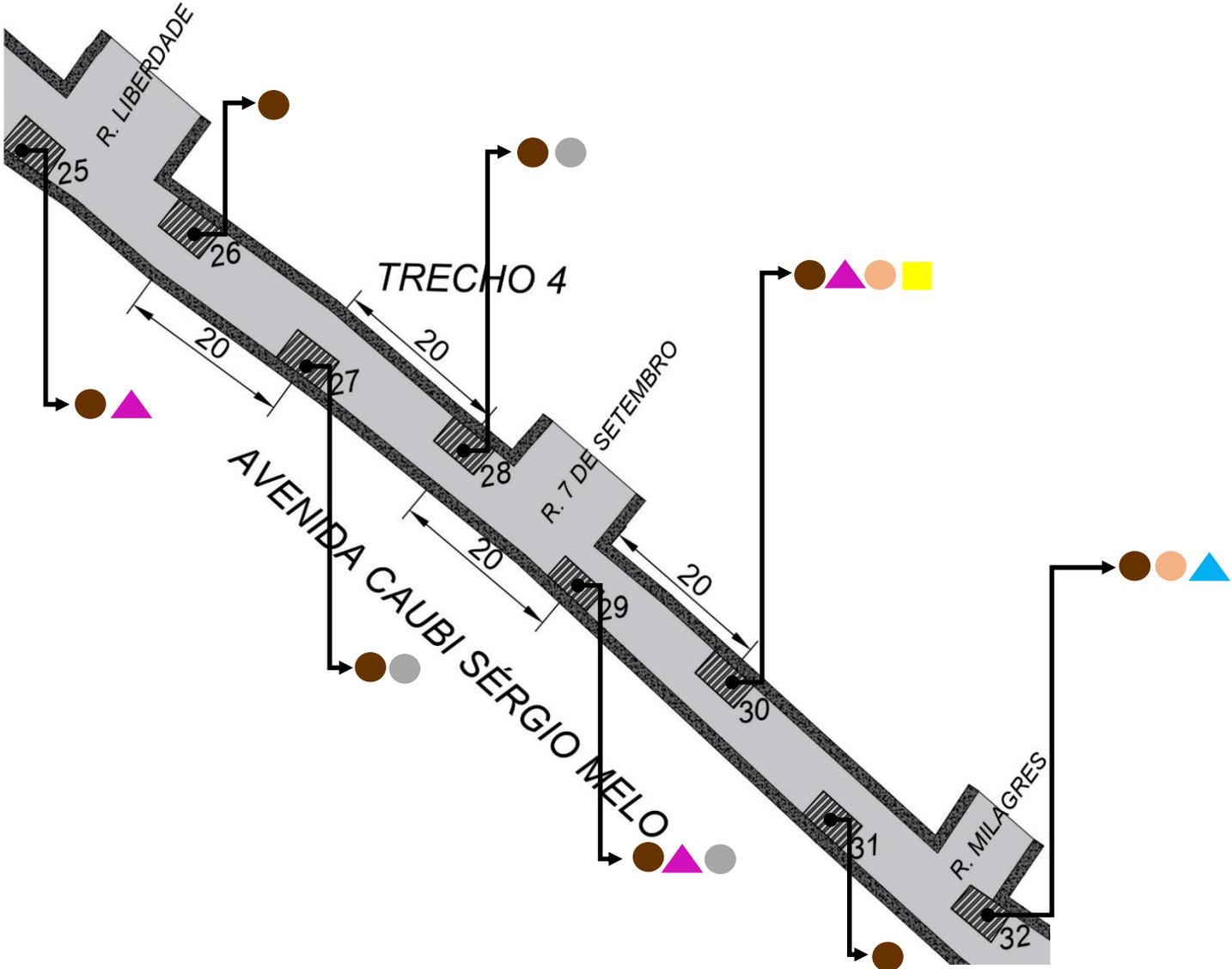
Fonte: Autor (2024).

Figura 37 - Estação 24



Fonte: Autor (2024).

Figura 38 - Trecho 4 da Av. Caubi S. Melo



Fonte: Autor (2024).

As Estações 30 e 32 foram escolhidas como exemplo para mostrar as condições da via. Na Estação 30, foram identificadas as patologias de Trinca Longitudinal Longa (TLL), Afundamento de Consolidação de Trilha (ATC), Exsudação (EX) e Desgaste (D), enquanto na Estação 32 foram observadas as patologias de Afundamento Plástico Local (ALP), Exsudação (EX) e Desgaste (D).

Figura 39 - Estação 30



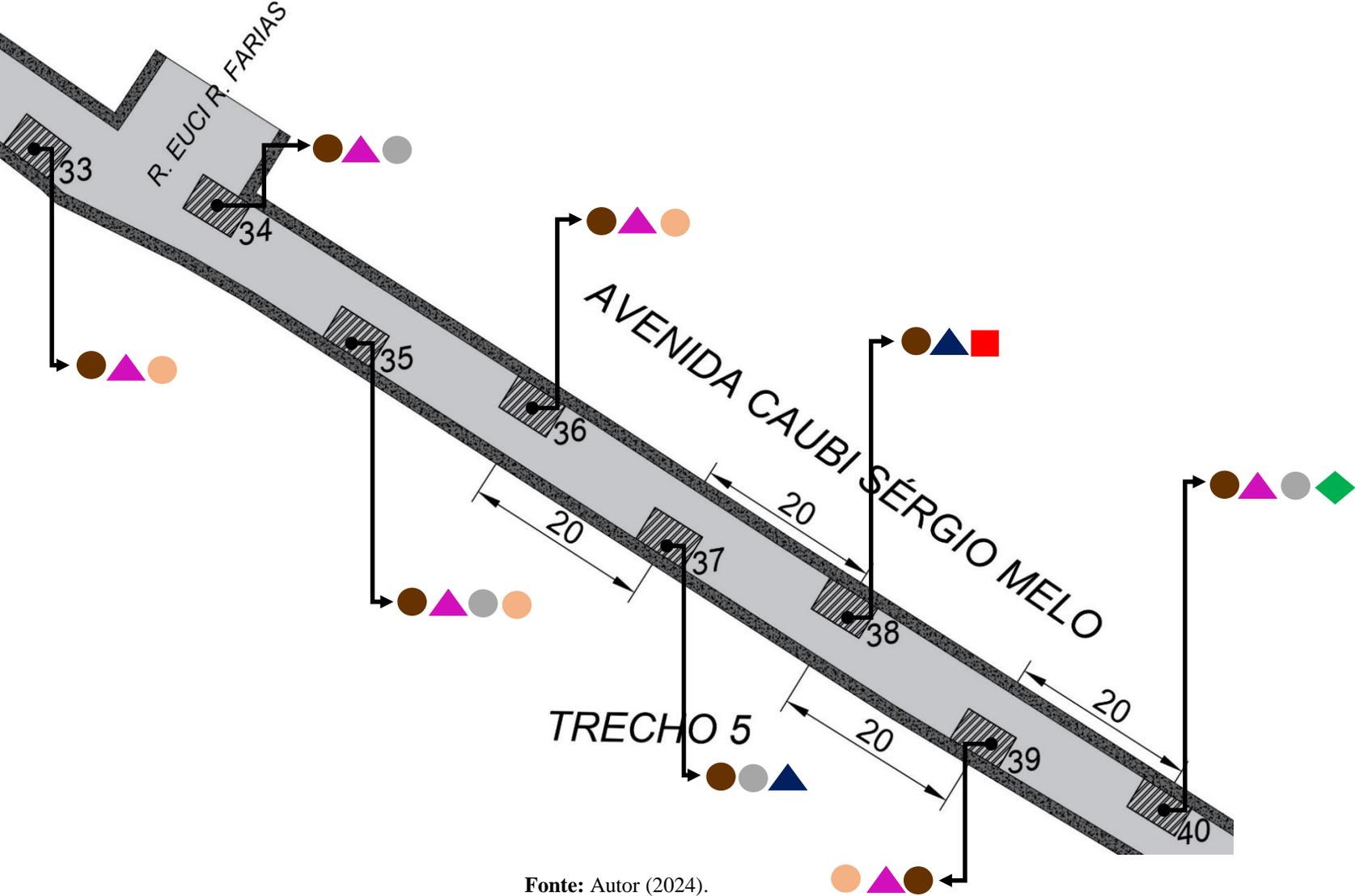
Fonte: Autor (2024).

Figura 40 - Estação 32



Fonte: Autor (2024).

Figura 41 - Trecho 5 da Av. Caubi S. Melo



Fonte: Autor (2024).

As Estações 35 e 38 foram escolhidas como exemplo para mostrar as condições da via. Na Estação 35, foram identificadas as patologias de Afundamento Plástico de Trilha (ATP), Desgaste (D) e Remendo (R), enquanto na Estação 38 foram observadas as patologias de Trinca Transversal Curta (TTC), Afundamento de Consolidação Local (ALC) e Desgaste (D).

Figura 42 - Estação 35



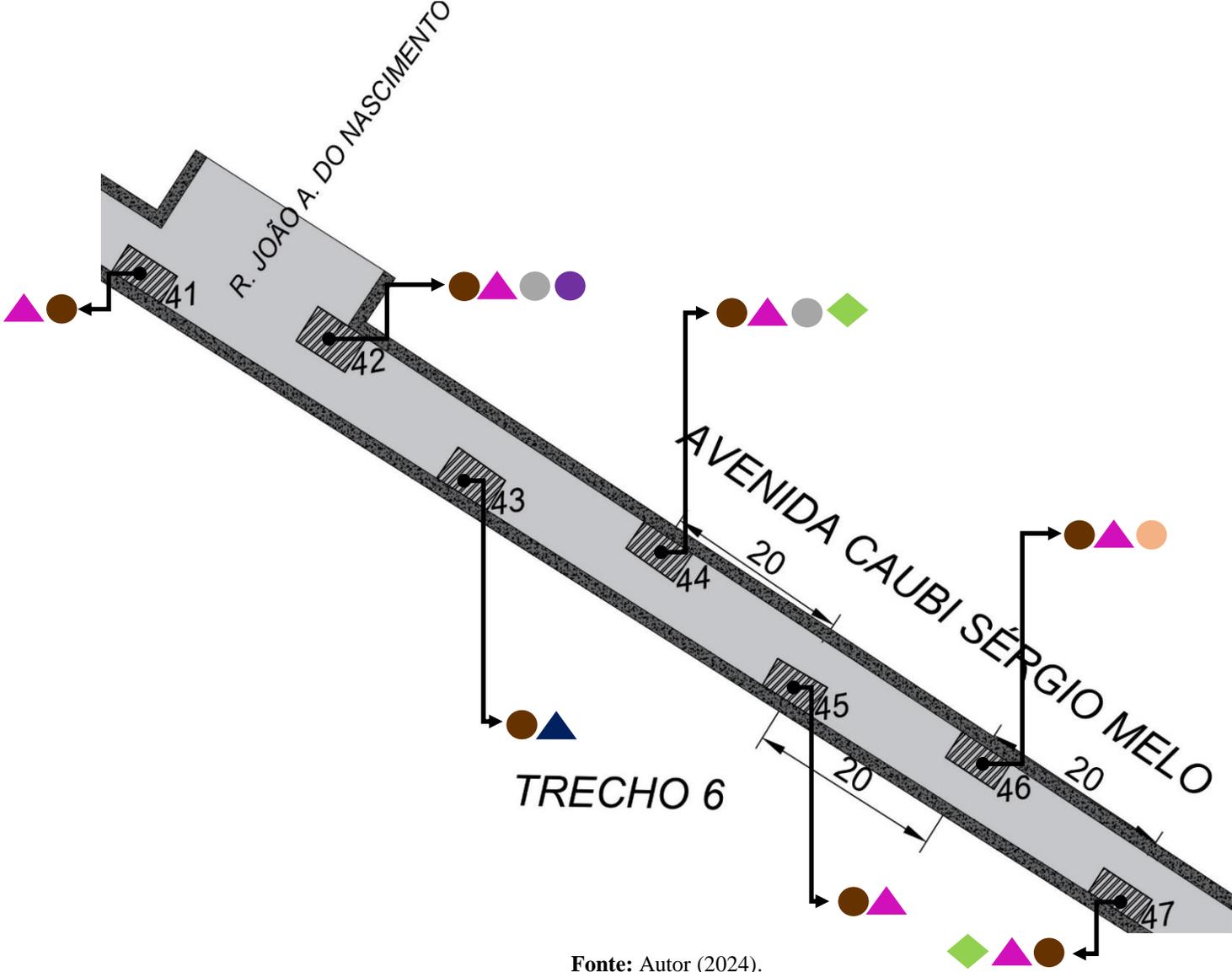
Fonte: Autor (2024).

Figura 43 - Estação 38



Fonte: Autor (2024).

Figura 44 - Trecho 6 da Av. Caubi S. Melo



Fonte: Autor (2024).

As Estações 44 e 46 foram escolhidas como exemplo para mostrar as condições da via. Na Estação 44, foram identificadas as patologias de Trinca Interligada do Tipo Jacaré (J), Afundamento de Consolidação de Trilha (ATC), Desgaste (D) e Remendo (R), enquanto na Estação 46 foram observadas as patologias de Trinca Interligada do Tipo Jacaré (J), Afundamento de Consolidação de Trilha (ATC), Exsudação (EX) e Desgaste (D).

Figura 45 - Estação 44



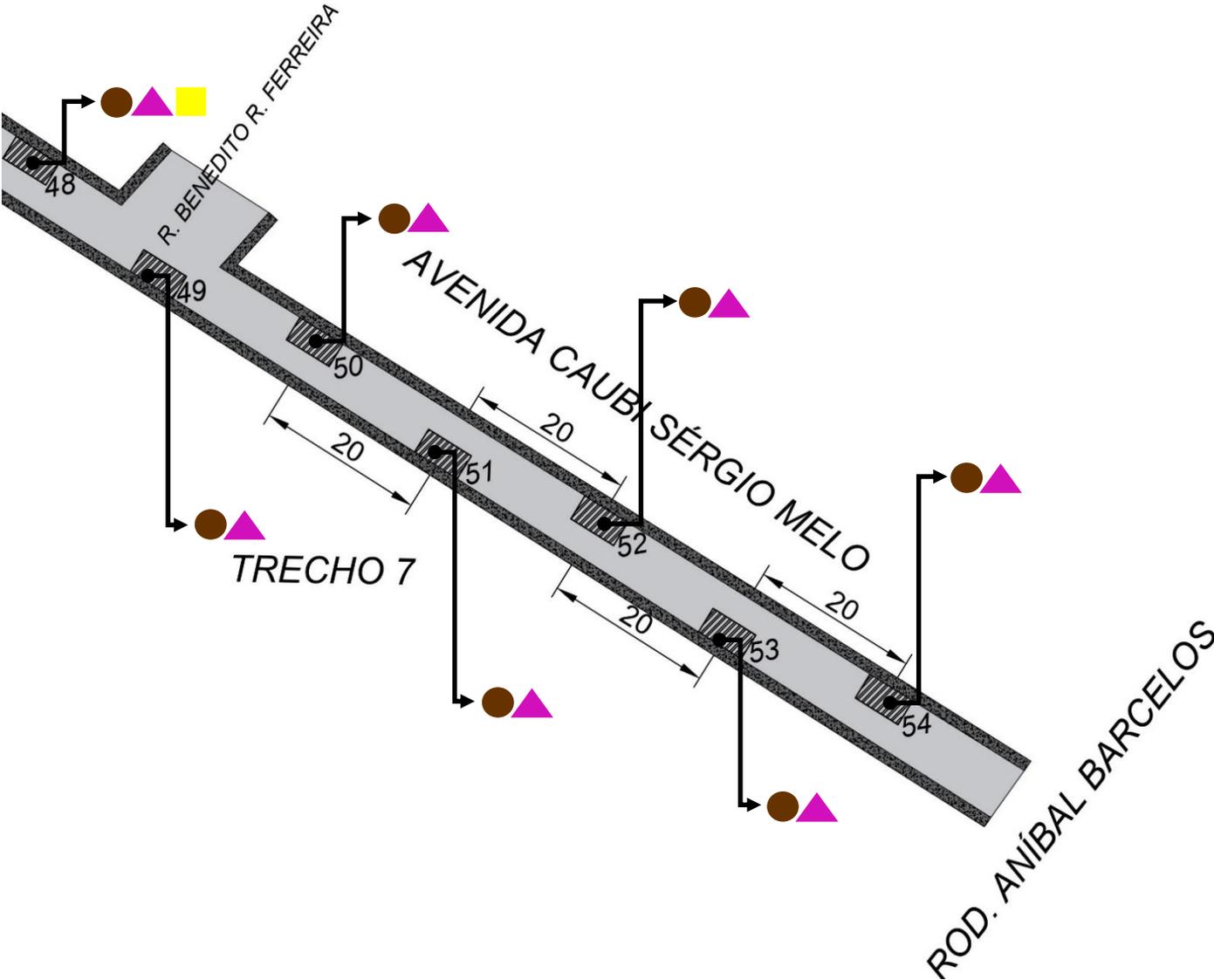
Fonte: Autor (2024).

Figura 46 - Estação 46



Fonte: Autor (2024).

Figura 47 - Trecho 7 da Av. Caubi S. Melo



Fonte: Autor (2024).

As Estações 48 e 54 foram escolhidas como exemplo para mostrar as condições da via. Na Estação 48, foram identificadas as patologias de Trinca Longitudinal Longa (TLL), Afundamento de Consolidação de Trilha (ATC) e Desgaste (D), enquanto na Estação 54 foram observadas as patologias de Afundamento de Consolidação de Trilha (ATC) e Desgaste (D).

Figura 48 - Estação 48



Fonte: Autor (2024).

Figura 49 - Estação 54

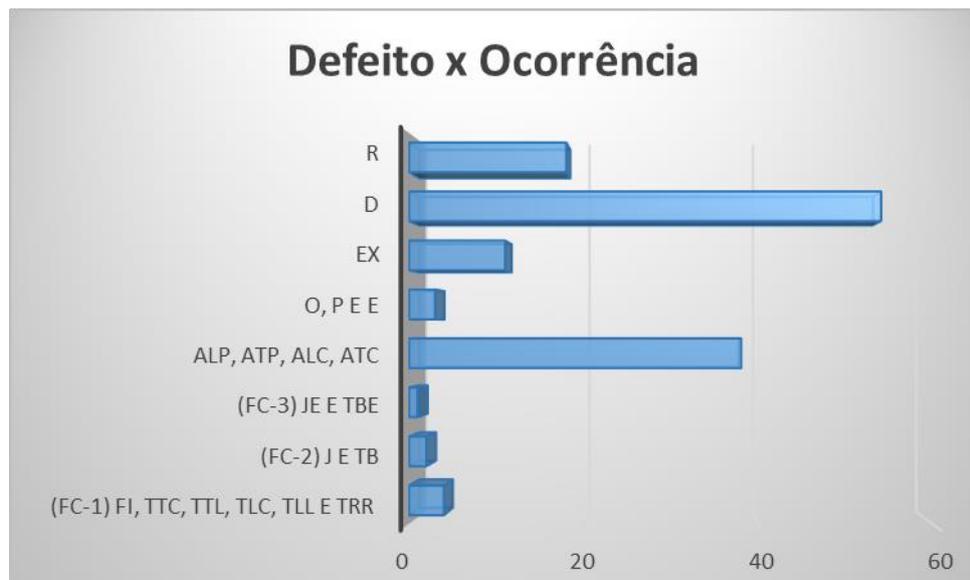


Fonte: Autor (2024).

4.2 ANÁLISE DOS DEFEITOS E DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO

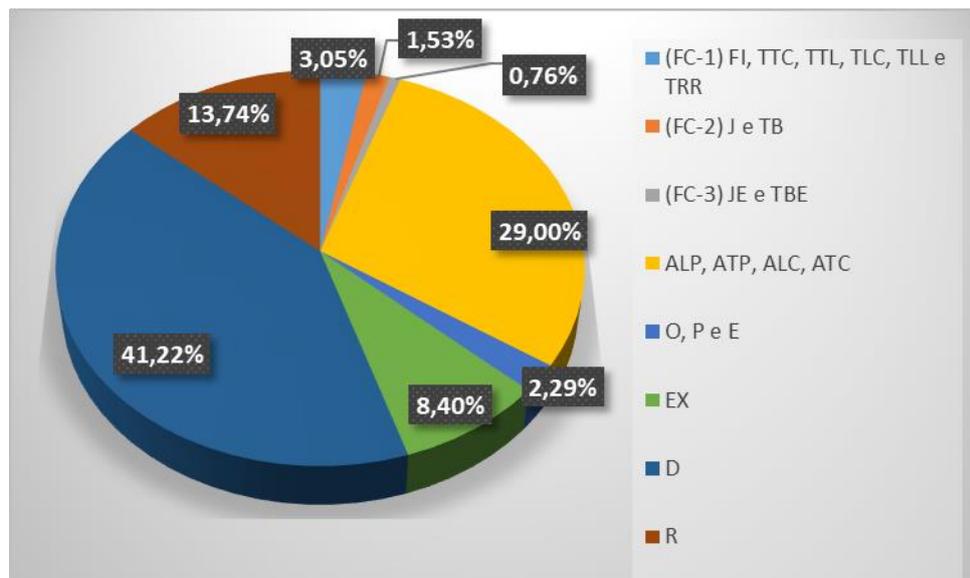
Conforme mencionado anteriormente, para determinar o IGG, é necessário realizar uma contagem precisa da ocorrência de cada tipo de defeito, assegurando uma análise completa e detalhada. Será mostrado nos gráficos (**Gráfico 1** e **Gráfico 2**) a seguir as ocorrências no pavimento estudado:

Gráfico 1 - Ocorrências no pavimento



Fonte: Autor (2024).

Gráfico 2 - Manifestações patológicas



Fonte: Autor (2024).

Analisando os dados do **Gráfico 1** em conjunto com o **Gráfico 2**, observa-se que a patologia D – Desgaste – é a mais prevalente na pesquisa realizada, presente em todas as estações inventariadas e correspondendo a 41,22% da incidência total. Em seguida, destacam-se os afundamentos (ALP, ATP, ALC e ATC), que representam aproximadamente 29% das ocorrências. Além disso, os R – Remendo – correspondem a 13,74%, enquanto as EX – Exsudação – têm uma incidência de 8,4%. As fissuras de classe 1 (FC-1: TTC, TTL, TLC, TLL e TRR) aparecem em 3,05% dos casos. Já as patologias O, P e E – Ondulação, Panela e Escorregamento – somam 2,29%, seguidas pelas fissuras de classe 2 (FC-2: J e TB), que representam 1,53%, e, por fim, as fissuras de classe 3 (FC-3: JE e TBE), com uma menor incidência de 0,76%.

Para a realização dos cálculos do Índice de Gravidade Individual (IGI) e do Índice de Gravidade Global (IGG), utilizou-se como referência o Anexo B da Norma DNIT 006/2003 – TER. A partir dos dados coletados em campo sobre as ocorrências de patologias nas 54 estações, foi desenvolvida uma planilha detalhada (Quadro 1) que compila todas as informações relevantes.

4.3 CALCULO DO IGG

Quadro 1 - Planilha Anexo B montagem da frequência absoluta

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																											
RODOVIA: Av. Caubi Sérgio Melo										OPERADOR: Eduardo Dornelas										FOLHA:							
TRECHO:										REVESTIMENTO TIPO:										ESTACA		ESTACA					
SUBTRECHO:										DATA: 13/09/2024																	
Estaca ou Km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:		
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLASTICO		CONSOLID												
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE			
			1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm			
1	-																										
2	-																										
3	-																										
4	-																										
5	-																										
6	-																										
7	-																										
8	-																										
9	-																										
10	-																										
11	-																										
12	-																										
13	-																										
14	-																										
15	-																										
16	-																										
17	-																										
18	-																										
19	-																										
20	-																										
21	-																										
22	-																										
23	-																										
24	-																										
25	-																										
26	-																										
27	-																										
28	-																										

Fonte: Autor (2024).

Quadro 2 - Planilha Anexo B montagem da frequência absoluta (continuação e conclusão).

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																											
RODOVIA: Av. Caubi Sérgio Melo										OPERADOR: Eduardo Dornelas										FOLHA:							
TRECHO:										REVESTIMENTO TIPO:										ESTACA		ESTACA					
SUBTRECHO:										DATA: 13/09/2024																	
Estaca ou Km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações:		
			ISOLADAS					INTERLIGADAS					PLASTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R	TRI	IRE			
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3			ALP	ATP	ALC										ATC	
			1	1	1	1	1	1	J	TB	JE	TBE	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6		7	8
29	-																x							x	x		
30	-							x									x							x	x		
31	-																							x			
32	-													x										x	x		
33	-																x						x	x			
34	-																x						x	x			
35	-														x								x	x			
36	-																x						x				
37	-																x						x	x			
38	-			x													x						x				
39	-																	x					x	x			
40	-																						x	x			
41	-																						x				
42	-																	x					x	x			
43	-																	x					x				
44	-										x												x	x			
45	-																						x				
46	-										x												x	x			
47	-																						x				
48	-																						x				
49	-																						x				
50	-																						x				
51	-																						x				
52	-																						x				
53	-																						x				
54	-																						x				

Fonte: Autor (2024).

Portanto, com base na tabela acima, foram selecionadas as duas classes de patologias com maior incidência para demonstrar o cálculo do Índice de Gravidade Individual, utilizando a fórmula já apresentada neste trabalho. O Desgaste (D) teve a maior incidência, tendo a frequência absoluta (fa) no valor de 54 (número de vezes que essa patologia apareceu nas estações), e, em seguida, os afundamentos com $fa = 38$. Será calculado a frequência relativa (fr) das duas patologias citadas:

$$frD = \frac{fa \times 100}{n} = \frac{54 \times 100}{54} = 100\%$$

$$frA = \frac{fa \times 100}{n} = \frac{38 \times 100}{54} = 20,37\%$$

Lembrando que “n” é o valor do total de estações inventariadas. Após achar o valor das frequências relativas (fr), será calculado o IGI:

$$IGId = fr \times fp = 100 \times 0,3 = 30$$

$$IGIa = fr \times fp = 20,37 \times 0,9 = 63,33$$

Lembrando que o Fator de Ponderação (fp) é estabelecido em uma tabela do DNIT. Com o IGI das classes calculadas, o próximo passo é calcular o IGG que é a soma de todos os IGI presentes:

$$IGG = \sum IGI = IGId + IGIa + \dots + IGIn = 30 + 63,33 + \dots + IGIn$$

Dessa forma, com o Quadro 1 abaixo e de forma resumida, mostramos o valor da frequência absoluta, frequência relativa, fator de ponderação e índice de gravidade individual de cada classe de patologia, sendo possível chegar ao resultado do IGG.

Quadro 3 - Cálculo IGI e IGG

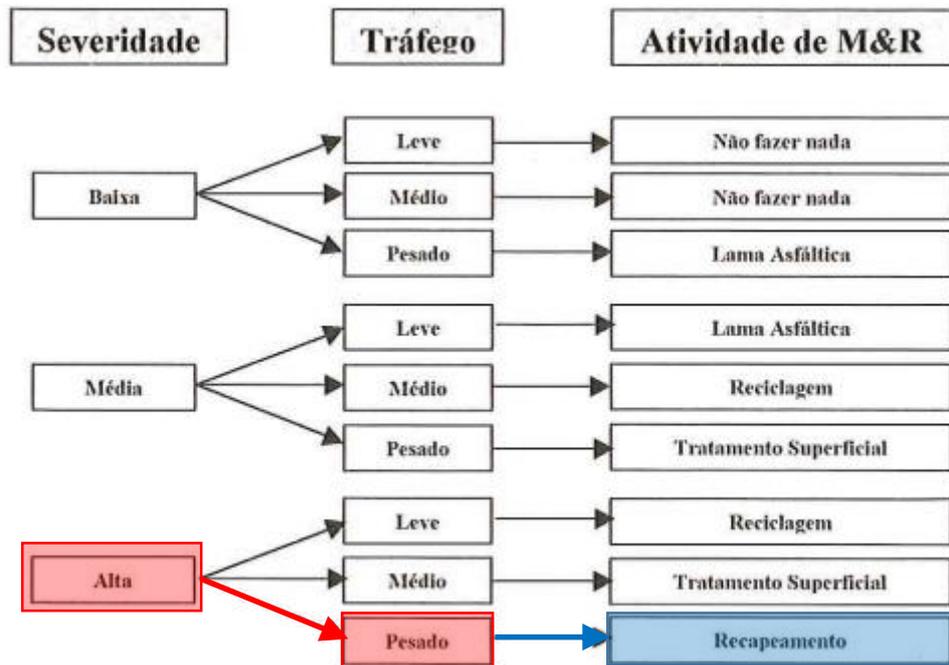
Cálculo IGG				
Natureza do defeito	Frequência absoluta (fa)	Frequência relativa (fr)	Fator de ponderação (fp)	Índice de gravidade individual (IGI)
(FC-1) FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR	4	7,41%	0,2	1,48
(FC-2) J e TB	2	3,70%	0,5	1,85
(FC-3) JE e TBE	1	1,85%	0,8	1,48
ALP, ATP, ALC, ATC	38	70,37%	0,9	63,33
O, P e E	3	5,56%	1	5,56
EX	11	20,37%	0,5	10,19
D	54	100,00%	0,3	30
R	18	33,33%	0,6	20,00
Quantidade de estações inventariadas:	54	Índice de gravidade global (IGG):		133,89

Fonte: Autor (2024).

Com base nas informações apresentadas nos quadros acima, foi possível calcular o Índice de Gravidade Individual (IGI) para cada tipo de patologia identificada. A partir desses dados, o Índice de Gravidade Global (IGG) foi determinado, apresentando um valor de 133,89. De acordo com a classificação contida na **Tabela 2**, mencionada na metodologia, essa pontuação indica que o estado do pavimento é considerado 'Ruim'. Essa classificação ressalta a necessidade de intervenções para restaurar a integridade e a funcionalidade da via.

4.4 CAUSAS DOS DEFEITOS IDENTIFICADOS E ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO

Com base nos resultados das análises realizadas, serão destacados os três defeitos mais recorrentes: desgastes, afundamentos e remendos. A seguir, será discutida a manutenção e a reabilitação dessas patologias, utilizando as árvores de decisão desenvolvidas por Pantigoso (1998) para cada um dos defeitos mencionados. Essa abordagem levará em consideração não apenas a severidade dos defeitos, mas também, em alguns casos, sua extensão e o tipo de tráfego presente na via. Essa análise visa garantir intervenções mais eficazes e direcionadas, contribuindo para a preservação e a funcionalidade do pavimento.

Figura 50 - Árvore de decisão para Desgastes

Fonte: Pantigoso (1998) (Adaptado)

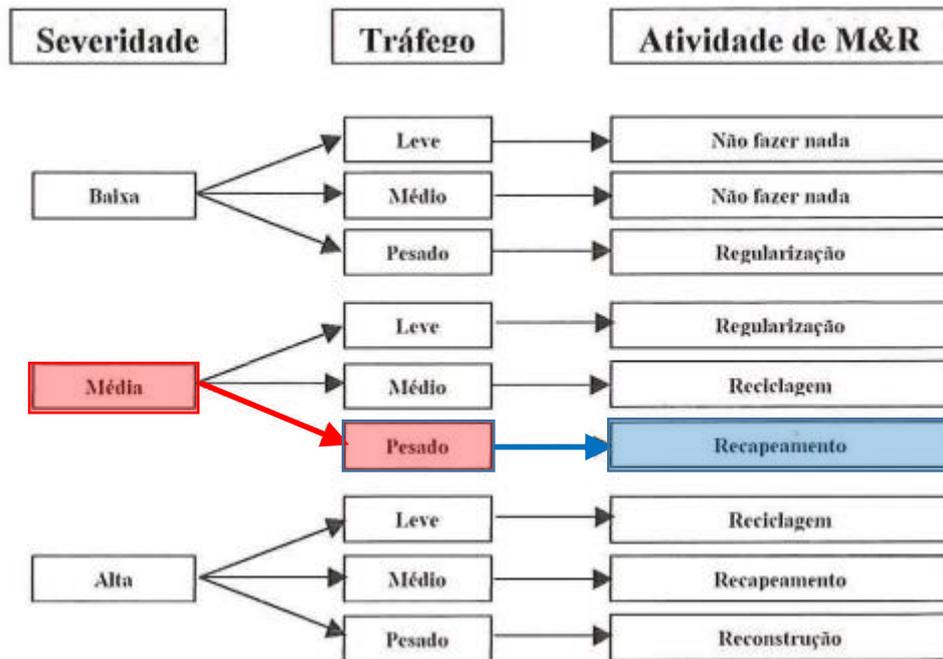
Tabela 3 - Causas do Desgaste

DEFEITO	CAUSAS DOS DEFEITOS	ATIVIDADES DE M&R
DESGASTE	<ul style="list-style-type: none"> • Dosagem da mistura (falta de ligante); • Problema construtivo (superaquecimento da mistura, falta de compactação que resulta em envelhecimento precoce; agregados sujos, úmidos ou com pequena resistência à abrasão; segregação: com a ausência de agregados miúdos, há apenas poucos pontos de ligação entre partículas da matriz de agregados graúdos, facilitando a oxidação); • Perda de adesividade ligante-agregado por ação de produtos químicos, água ou abrasão; • Abertura ao tráfego antes que o ligante tivesse aderido ao agregado; • Execução em condições meteorológicas desfavoráveis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado • Manutenção: capa selante (reparo temporário), tratamento superficial ou lama asfáltica;

Fonte: SHRP, 1993b apud BERTOLLO, 1997 (Adaptada).

Na Figura 50, o grau de severidade do desgaste foi considerado alta e, aliado ao tráfego pesado, a atividade de manutenção apropriada é o recapeamento. A Tabela 3 também reforça a ideia do recapeamento como reabilitação, pontuando possíveis causas dessa patologia.

Figura 51 - Árvore de decisão para Deformação Permanente nas Trilhas de Roda



Fonte: Pantigoso (1998)

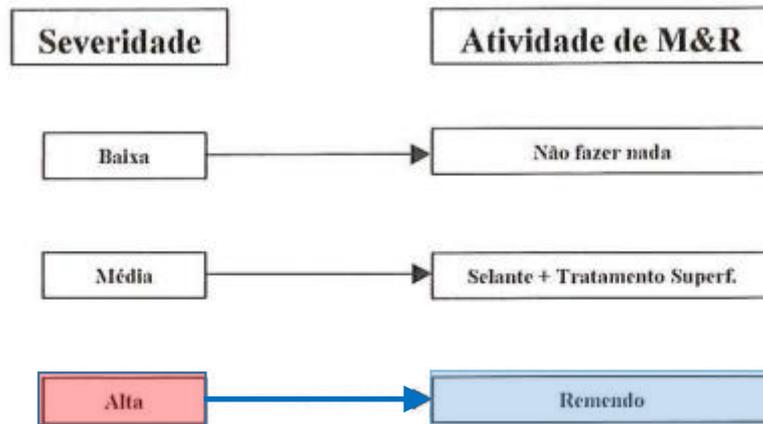
Tabela 4 - Causas da Deformação Permanente

DEFEITO	CAUSAS DOS DEFEITOS	ATIVIDADES DE M&R
DEFORMAÇÃO PERMANENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionamento inadequado (espessuras insuficientes); • Dosagem da mistura (falta de estabilidade, que resulta em deformação plástica em razão de elevado teor de ligante, excesso de material de preenchimento e uso de agregados arredondados); • Compactação inadequada e posterior consolidação pelas cargas do tráfego; • Cisalhamento (fluência plástica) causada por enfraquecimento em razão de infiltração de água. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconstrução: novos materiais ou reciclados; • Reabilitação: reciclagem, recapeamento delgado (nas fases iniciais, precedido pelo preenchimento das depressões com concreto asfáltico) ou recapeamento espesso (reforço estrutural);

Fonte: SHRP, 1993b apud BERTOLLO, 1997 (Adaptada).

Na Figura 51, o grau de severidade para afundamentos foi considerado médio e aliado com o tráfego pesado da região, também chegou ao recapeamento como atividade de manutenção. Na Tabela 4, uma das reabilitações dessa patologia é o recapeamento dos pavimentos, reforçando a ideia.

Figura 52 - Árvore de decisão para Remendos



Fonte: Pantigoso (1998)

Tabela 5 – Causas das Panelas e Remendos

DEFEITO	CAUSAS DOS DEFEITOS	ATIVIDADES DE M&R
PANELAS	<ul style="list-style-type: none"> • Falha estrutural (revestimento com pequena espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores); • Dosagem da mistura (falta de ligante asfáltico); • Problema construtivo (drenagem inadequada). 	<ul style="list-style-type: none"> • Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural) após a execução dos remendos; • Manutenção: remendos (reparo permanente); <p>Obs: as atividades de M&R devem, sempre, ser precedidas de instalação de drenagem.</p>
REMENDOS		<p>Obs: o simples preenchimento de panelas é chamado de "tapa-buraco".</p>

Fonte: SHRP, 1993b apud BERTOLLO, 1997 (Adaptada).

Com base nas árvores de decisão e nas tabelas de causas e defeitos apresentadas anteriormente, que também indicam as atividades de manutenção e reabilitação, é possível concluir que o defeito de Desgaste, após a análise das imagens disponibilizadas no Anexo A,

apresenta um nível de severidade considerado alto. Levando em conta o pior cenário para a avenida estudada—um episódio já ocorrido durante a obra da nova Ponte Sérgio Arruda (PSA), em que o tráfego se mostrou intenso e predominantemente pesado—constata-se a necessidade de um recapeamento. Embora as deformações identificadas na via ainda não estejam em estágio avançado, o recapeamento se mostra como a solução mais adequada para prevenir a progressão dos danos.

Além disso, os remendos presentes na via, que consistem em buracos preenchidos por meio do programa de manutenção de vias 'tapa-buraco', também indicam a necessidade de uma intervenção mais abrangente. Assim, a reabilitação recomendada para resolver essa situação seria um recapeamento completo. Dessa forma, conclui-se que a solução mais eficaz para restaurar a integridade do pavimento em toda a extensão da via é um recapeamento total, capaz de tratar todas as patologias presentes.

4.5 VANTAGENS, DESVANTAGENS E LIMITAÇÕES EM CONTEXTOS URBANOS

4.5.1 VANTAGENS

- **Padronização e Comparabilidade:** A normatização pelo DNIT torna a ferramenta confiável para avaliar os pavimentos em diferentes locais. Essa padronização possibilita que estudos na mesma área possam ter os dados comparados;
- **Eficiência na identificação de defeitos:** Com um método que facilita identificar a classificação das patologias, o IGG ajuda a sinalizar áreas que precisam de atenção imediata. Um diagnóstico rápido que ajuda na elaboração de um plano de ações de manutenção para o pavimento;
- **Fundamento para o planejamento estratégico:** As informações obtidas pelo uso dessa metodologia ajudam a determinar prioridades de manutenção e realocação de recursos;
- **Praticidade para aplicação:** Por se tratar de um método normatizado, há diretrizes específicas que devem ser seguidas. Com base na experiência em campo, é uma metodologia prática de aplicar e permite a criação de um banco de dados sobre a via pavimentada.

4.5.2 DESVANTAGENS E LIMITAÇÕES

- **Foco em defeitos superficiais:** Por ser predominantemente visual, o método não avalia a estrutura interna do pavimento, podendo ser ignoradas patologias estruturais profundas que são muito comuns em locais de tráfego pesado;

- Adaptações necessárias para contextos urbanos: Originalmente desenvolvido para rodovias, a metodologia usada não considera variáveis urbanas, como a frequência de frenagens, mudanças constantes de velocidades e cruzamentos, drenagens e características que influenciam diretamente o desgaste;
- Possíveis interferências e questão de segurança: Em vias urbanas, fatores como tráfego intenso e outras interseções podem interferir nas medições, fazendo com que sejam feitas adaptações;
- Método probabilístico: Como é um método que tem como diretriz intercalar as estacas e com certo espaçamento entre elas, existe a possibilidade de as estações não estarem nas piores condições da via. Então existe a possibilidade das condições daquela via serem pior.

4.6 APLICAÇÃO DO IGG PARA A PRIORIZAÇÃO DE MANUTENÇÃO EM VIAS URBANAS

A ferramenta do IGG possibilita aos órgãos responsáveis pela manutenção dos pavimentos, um planejamento mais estratégico na priorização e vias que necessitam de manutenção, levando em consideração a severidade e a frequência das patologias encontradas. Ao categorizar as vias conforme seu estado de conservação e de sua importância para o contexto urbano, a metodologia permite:

- Identificação rápida das áreas mais críticas;
- Definição de prioridades com base em parâmetros objetivos;
- Otimização de recursos;
- Planejamento de intervenções de forma eficiente;
- Cronograma de monitoramento com uso de banco de dados atualizados.

5 CONCLUSÃO

Neste estudo, o Índice de Gravidade Global (IGG) foi utilizado para avaliar as condições do pavimento da Av. Caubi Sérgio Melo, em Macapá-AP. Por meio de um estudo de caso detalhado, foi possível identificar e classificar as principais manifestações patológicas presentes, oferecendo uma visão abrangente das necessidades de manutenção e intervenção na via.

O IGG se mostrou uma abordagem prática e eficiente, permitindo uma análise rápida e precisa do pavimento em uma via de grande importância para o tráfego urbano, frequentemente utilizada por veículos pesados. A aplicação da metodologia, conforme a norma DNIT 006/2003, assegurou a padronização e a confiabilidade dos dados, tornando-os comparáveis a outros contextos e proporcionando uma base sólida para futuras intervenções.

Os dados revelaram um elevado grau de deterioração, com defeitos como afundamento plástico, trincas, panelas, desgastes e remendos, muitos deles em estado de alta severidade. Com a análise, foi possível evidenciar que o alto tráfego, aliado à um projeto de pavimentação inadequado, aliado também à falta de manutenção preventiva e a ausência de um sistema de drenagem efetivo, acelerou a deterioração da estrutura, comprometendo a segurança e o conforto dos usuários.

Com os resultados obtidos, foi possível observar que naquelas áreas necessitam de intervenções imediatas, como a regularização e recapeamento dos trechos mais deteriorados, visando prolongar a vida útil do pavimento. Essas ações buscam minimizar a necessidade de futuras intervenções de maior custo e garantir um planejamento estratégico para a conservação da via.

Conclui-se que são necessárias ações para corrigir os defeitos mais severos e restaurar a funcionalidade da avenida. Recomenda-se, para trabalhos futuros, um monitoramento contínuo com o uso do IGG, associado a levantamentos mais detalhados, para garantir que as soluções aplicadas sejam duradouras e eficazes a longo prazo, preservando assim a infraestrutura da via e a segurança dos seus usuários.

6 REFERENCIAS

- ABEDA. **Manual básico de emulsões asfálticas**. Rio de Janeiro, 2ª Edição. Agosto de 2010.
- ALMEIDA, D. P. **Solução do projeto de pavimento rígido**: Estudo de caso: corredor de ônibus do binário das Ruas. Monografia (Especialista em Infraestrutura). Universidade Federal De Santa Catarina. Joinville. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207**: Terminologia e classificação de pavimentação. Rio de Janeiro: [s.n.], 1982. 3p.
- BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: Materiais, projeto e restauração**. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/395371810/DocGo-Net-AllDocs-net-BAIXARPavimentacao-Asfaltica-de-Jose-Tadeu-Balbo-LIVROS-UNLIMITED-pdf>> Acesso em: 01 mai. 2024.
- BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos. 2011.
- BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BARBOSA, S. G.; SANTOS, T. A. JORGE, G. X. **Reabilitação de pavimento flexível com aplicação de micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero**. Journal of Exact Sciences. V.37, n.1.pp.11-20. Abr - Jun 2023.
- BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2ª edição, 2022.
- BERNUCCI, L. B.; et al. **Pavimentação asfáltica - Formação básica para engenheiros**. Petrobras: ABEDA, Rio de Janeiro, 2010, 3 ed.
- CNT, Confederação Nacional dos Transportes, 2018.
- CNT. Pesquisa CNT de Rodovias 2021. Brasília, 2023.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2003 - TER**: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infra- Estrutura de Transportes, 2003. 12 p. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dnit005_2003_ter.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 061/2004 - TER**: Pavimento rígido - Defeitos - Terminologia. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2004. 13 p. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dnit061_2004_ter.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **IPR. PUBL., 719: MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006. 278 p. Disponível em:

http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

DIAS, S. P. **Interconexão UFPB – ligação viária entre as Ruas Padre Zé, ver. João Freire e a Avenida Pedro II**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2019.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE: **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

DNIT 005–TER. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003, 12p.

DNIT 005–TER. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia**. Rio de Janeiro. 2003.

DNIT 006–TER. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2003.

DNIT 035. **Pavimentos flexíveis- Micro Revestimento Asfáltico a frio – especificação de serviços**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR. Rio de Janeiro. 2018.

DNIT 138. **Pavimentação – Reforço do subleito - Especificação de serviço**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, Rio de Janeiro, 7FL, 2010.

DNIT 138. **Pavimentação – Reforço do subleito - Especificação de serviço**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, Rio de Janeiro, 7FL, 2010.

DNIT 139. **Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR. Rio de Janeiro, 2010, 9p.

DNIT 141. **Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR. Rio de Janeiro, RJ, 2010, 9 p.

DNIT 141. **Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR. Rio de Janeiro. 2010.

DNIT. **Manual de Pavimentos Rígidos**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, p. 234. 2005.

FERREIRA, J. L. S. et al. **A tool to design rutting resistant asphalt mixes through aggregate gradation selection**. Construction and Building Materials, v. 236, p. 117531, 2020.

HOLANDA, L. G. **Patologias em pavimentos flexíveis – estudo de caso sobre a rodovia BR-163 trecho em Terra Nova Do Norte**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Centro Universitário - FASIPE. Sinop. 2024.

MACHADO, M. D. C. **Avaliação de normas de identificação de defeitos para fins de gerência de pavimentos flexíveis**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos. 2013. 130fl.

MAPA DA OBRA. **Pavimento rígido: solução para corredores de ônibus.** (2016). Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/pavimento-rigido-para-corredores-de-onibus/>. Acesso em: 1 mai. 2024.

MELO, L. R. **Deterioração de pavimentos rodoviários: estudo de caso do trecho da MG 190 e Monte Carmelo entre Abadia Do Dourados.** Artigo de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil). Fundação Carmelitana Mário Palmério. 2021.

MOURA, M. de. **Apostila de projeto de pavimento.** Fatec. São Paulo, 2014.

PANTIGOSO, J.F.G. **Uso dos Sistemas de Informação Geográfica para Integração da Gerência de Pavimentos Urbanos com as Atividades das Concessionárias de Serviços Públicos.** Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1998.

RIBEIRO, T. P. **Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 04. Ano 02, Vol. 01. pp 733-754, Julho de 2017.

SANTANA, H. S. **Manual de Pré-misturados a frio,** 1993.

SENÇO, W. de. **Manual de técnicas de pavimentação.** 1.ed. São Paulo: Pini, 1997. v.1. 746p.

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.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal de Alagoas. Delmiro Gouveia. 2021.

SILVA, J. P. **Aplicação do método do igg – índice de gravidade global – em comparação com o método do pci – pavement condition index – para determinação de serviços de restauração e manutenção em um trecho da avenida tupi de pato branco-pr.** Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. 2018.

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.** Monografia (Bacharel em Engenharia de Transportes. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Goiânia. 2019.

SOUSA, J. L. C. et al. **Avaliação da superfície de pavimentos flexíveis pelos métodos do IGG e LVC: na BR 222 (Trecho Forquilha- Fortaleza).** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.8, n.5, p. 36508-36519, mai., 2022.

SOUZA, R. S. **Terraplanagem e Pavimentação.** (2020). Disponível em: <https://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/17735/material/Aula%202%20-%20Defini%C3%A7%C3%A3o%20e%20Classifica%C3%A7%C3%A3o%20do%20Pavimento.pdf>. Acesso em: 08 out. 2024.

THOM, N. Principles of pavement engineering. London: ICE Publ. 2014.

7 ANEXO A – ANEXO B (NORMATIVO) - FORMULÁRIO DE INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO

Anexo B (normativo)

Formulário de Inventário do estado da superfície do pavimento

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																								
RODOVIA:		OPERADOR: REVESTIMENTO TIPO: DATA:																						
TRECHO:	ESTACA OU QUILÔMETRO												FOLHA:		ESTACA OU QUILÔMETRO									
SUBTRECHO:																								
Estaca ou Terrap. km	Seção Terrap.	OK	TRINÇAS						AFUNDAMENTOS			OUTROS DEFEITOS				TRINÇAS RODAS		Observações:						
			ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLID	O	P	E	EX	D	R		TRI	IRE				
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	J	TB	JE	TBE	ALP	ATP	ALC	ATC	5	5	5	6	7	8	mm	mm
			1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8		

Fonte: DNIT (2003).

8 ANEXO B – FOTOS DE TODAS AS ESTAÇÕES INVENTARIADAS COM SUAS PATOLOGIAS IDENTIFICADAS

Estação 1

Figura 53 - Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 2

Figura 54 – ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 3

Figura 55 - Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 4

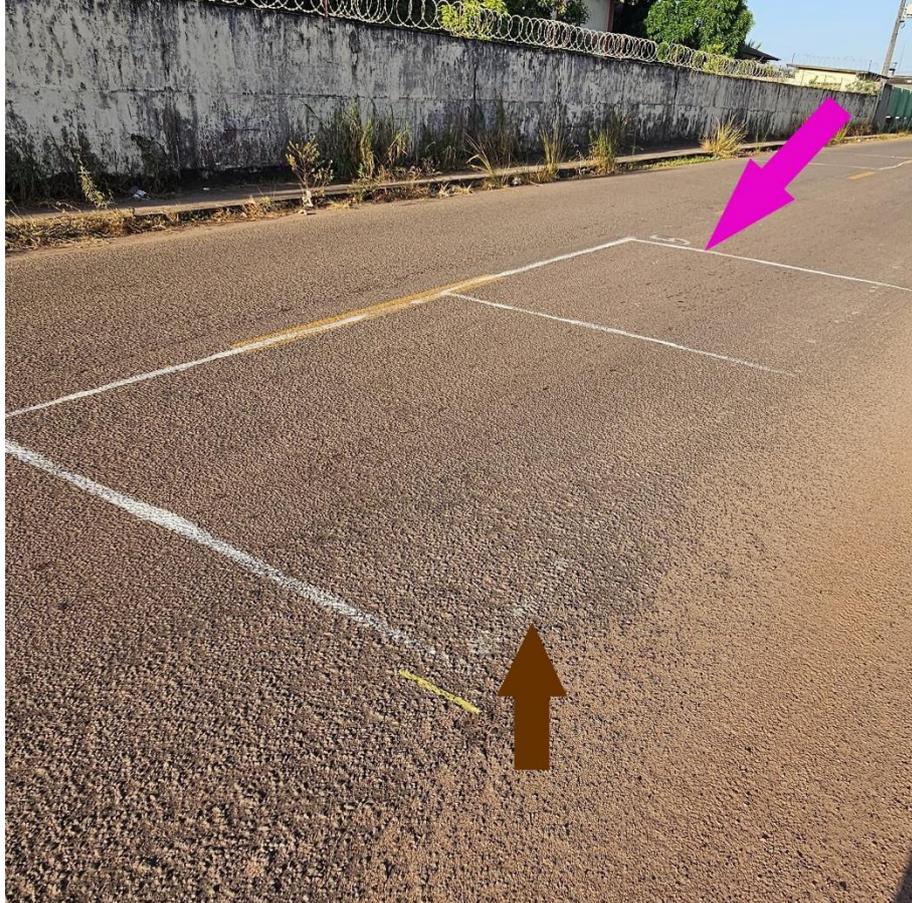
Figura 56 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 5

Figura 57 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 6

Figura 58 – ATC, Desgaste e Remendo



Fonte: Autor (2024).

Estação 7

Figura 59 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 8

Figura 60 – Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 9

Figura 61 - Exsudação, Desgaste e Remendo



Fonte: Autor (2024).

Estação 10

Figura 62 - ALP, Desgaste e Remendo



Fonte: Autor (2024).

Estação 11

Figura 63 - ALC, Desgaste e Remendo



Fonte: Autor (2024).

Estação 12

Figura 64 - ALP e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 13

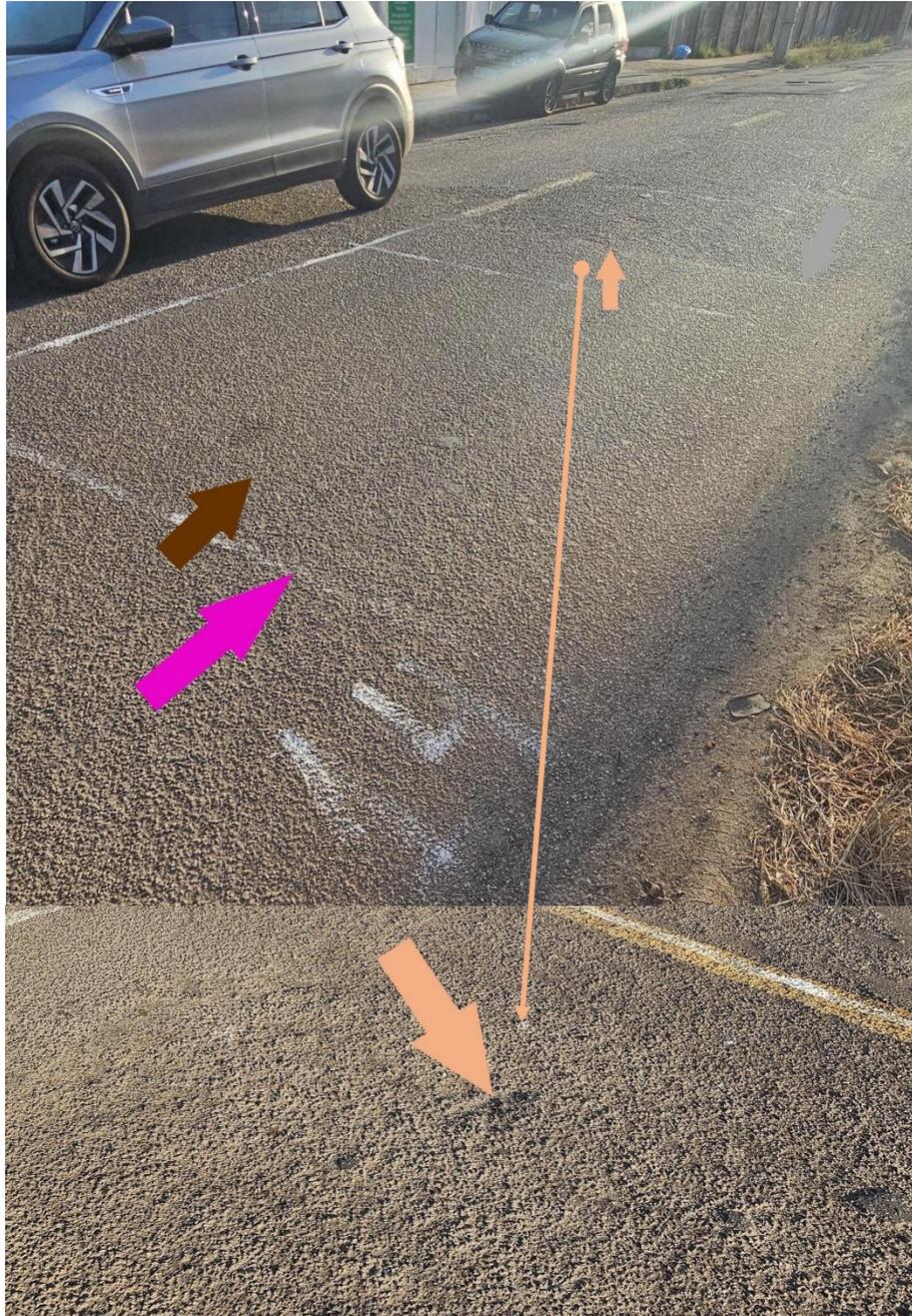
Figura 65 - Exsudação, Desgaste e Remendo



Fonte: Autor (2024).

Estação 14

Figura 66 - ATC, Exsudação e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 15

Figura 67 - Desgaste, Remendo e Panela



Fonte: Autor (2024).

Estação 16

Figura 68 - ALP e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 17

Figura 69 - Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 18

Figura 70 - Exsudação e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 19

Figura 71 - Exsudação e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 20

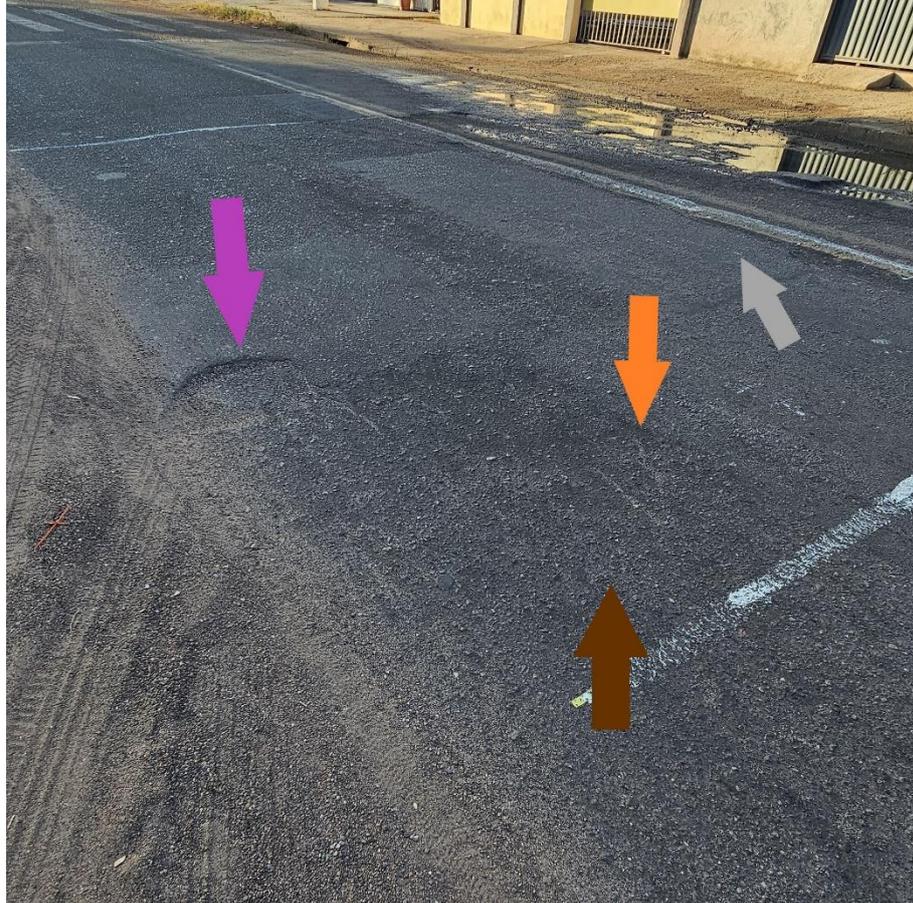
Figura 72 - Exsudação, Desgaste e Remendo



Fonte: Autor (2024).

Estação 21

Figura 73 - Desgaste, Panela, Remendo e TLC



Fonte: Autor (2024).

Estação 22

Figura 74 - Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 23

Figura 75 - Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 24

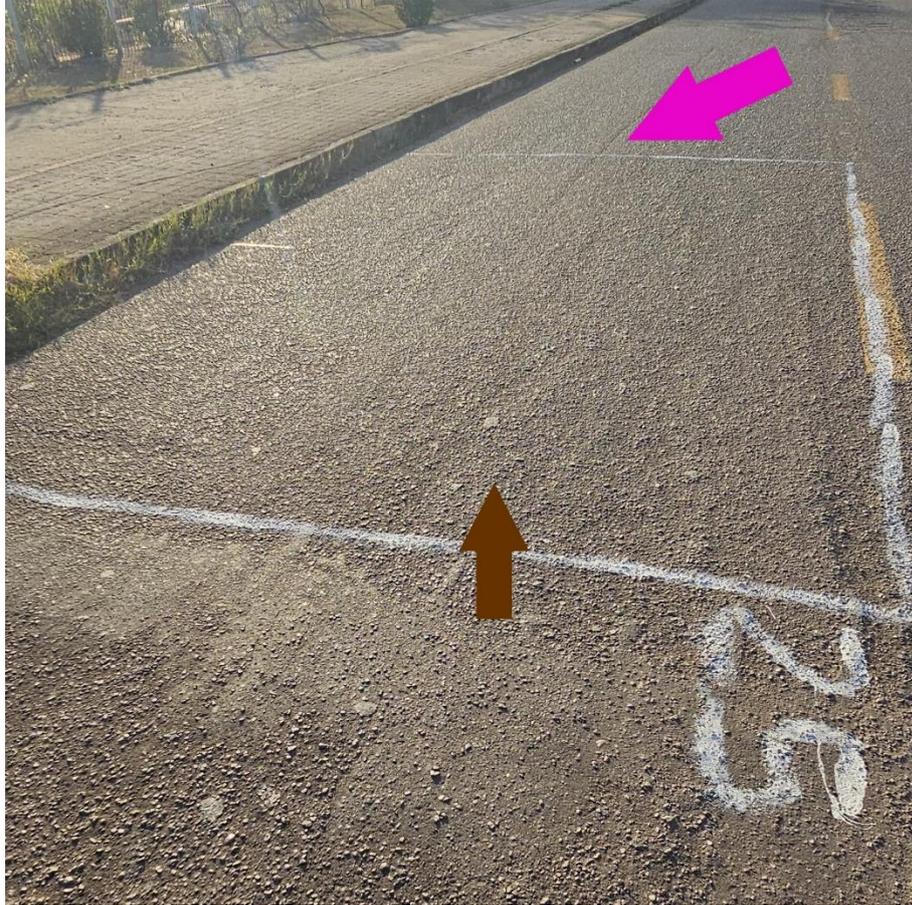
Figura 76 - ALP e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 25

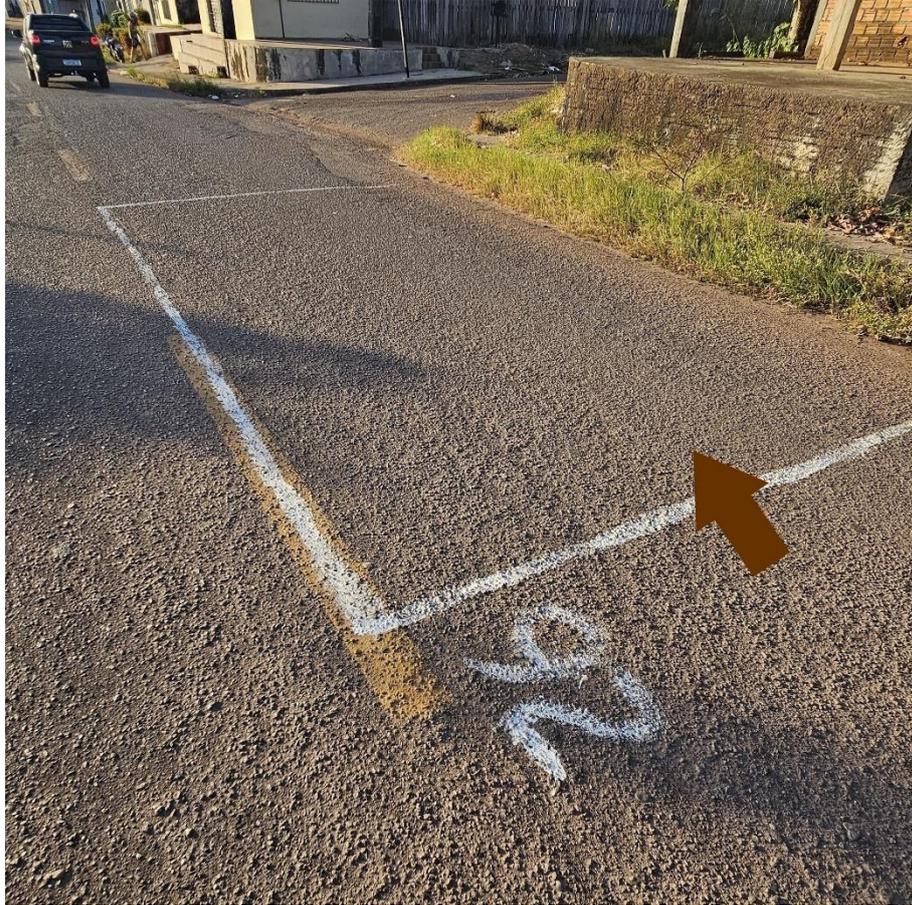
Figura 77 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 26

Figura 78 - Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 27

Figura 79 - Desgaste e Remendo



Fonte: Autor (2024).

Estação 28

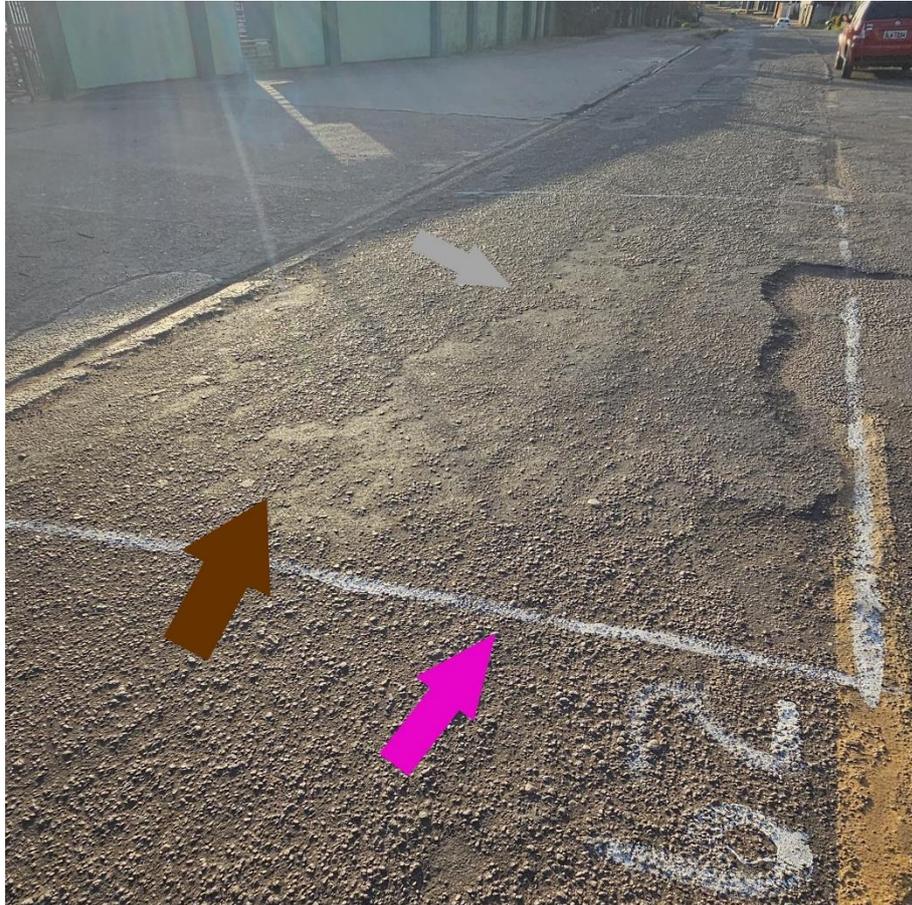
Figura 80 - ALP, Desgaste e Remendo



Fonte: Autor (2024).

Estação 29

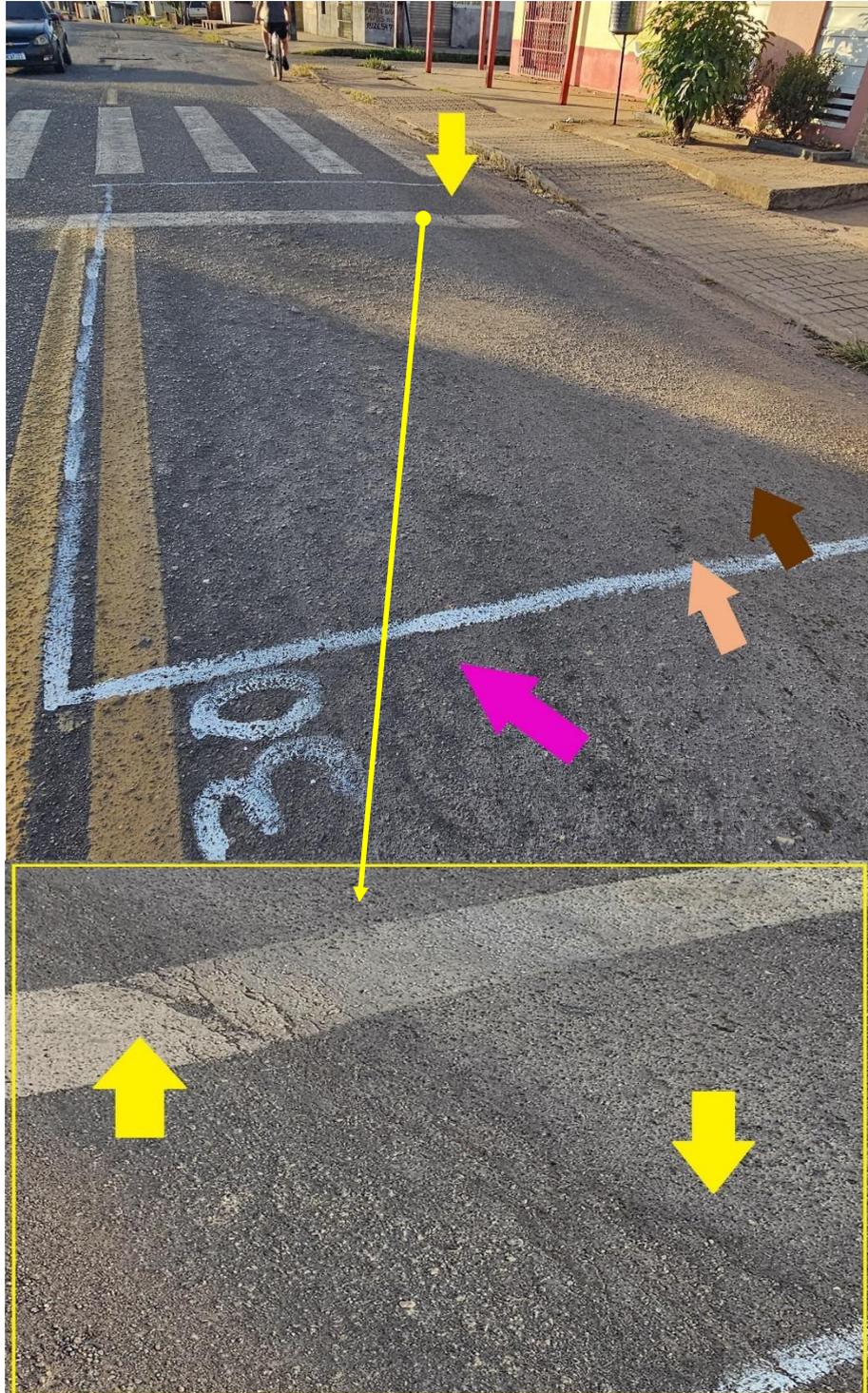
Figura 81 - ATC, Desgaste e Remendo



Fonte: Autor (2024).

Estação 30

Figura 82 - ATC, Exsudação, Desgaste e TLL



Fonte: Autor (2024).

Estação 31

Figura 83 - Desgaste e Remendo



Fonte: Autor (2024).

Estação 32

Figura 84 - ALP, Exsudação e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 33

Figura 85 - ATC, Exsudação e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 34

Figura 86 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 35

Figura 87 – ATP, Desgaste e Remendo



Fonte: Autor (2024).

Estação 36

Figura 88 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 37

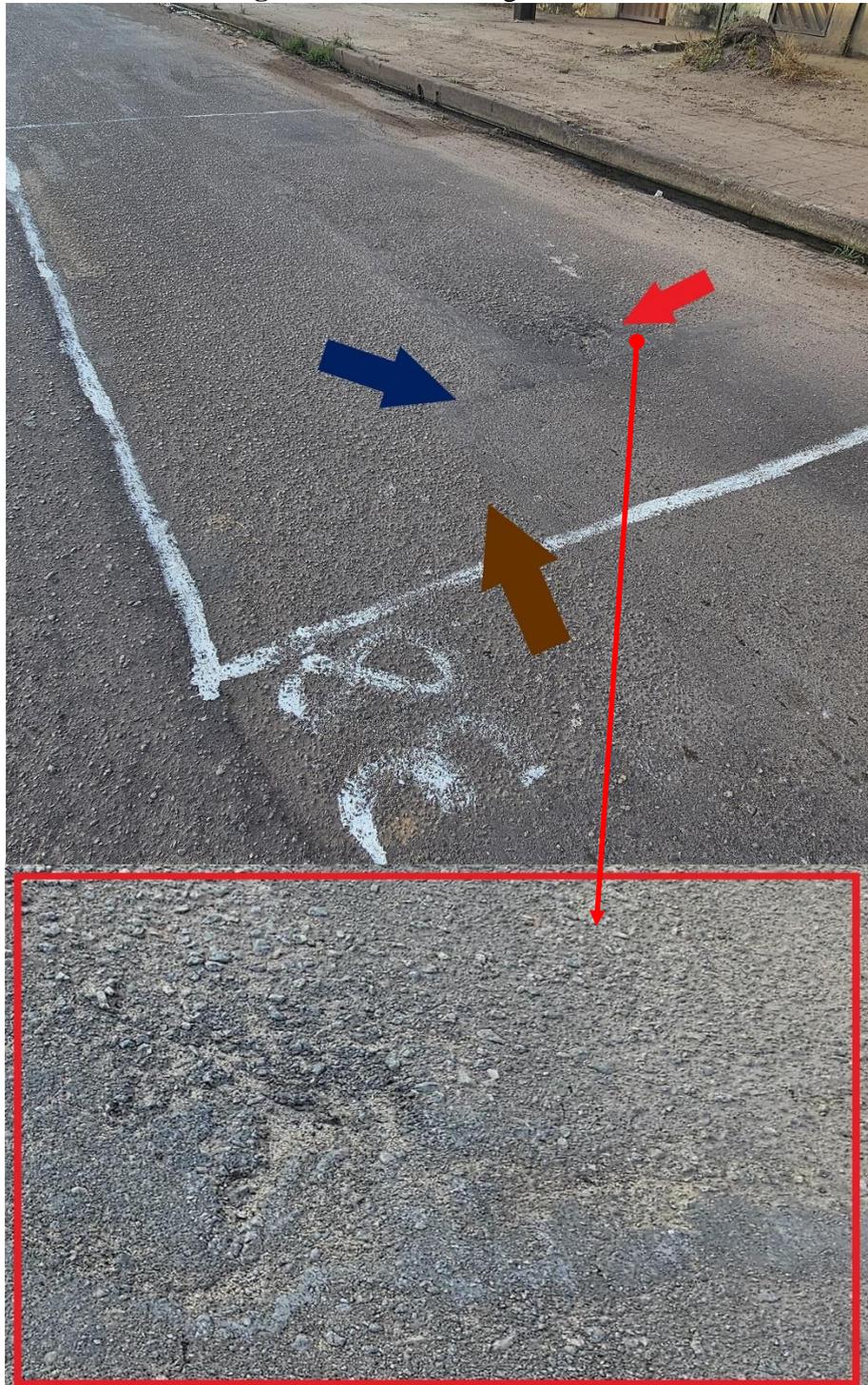
Figura 89 - ALC, Desgaste e Remendo



Fonte: Autor (2024).

Estação 38

Figura 90 - ALC, Desgaste e TTC



Fonte: Autor (2024).

Estação 39

Figura 91 - ATC, Exsudação e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 40

Figura 92 - ATC, Desgaste, Remendo e JE



Fonte: Autor (2024).

Estação 41

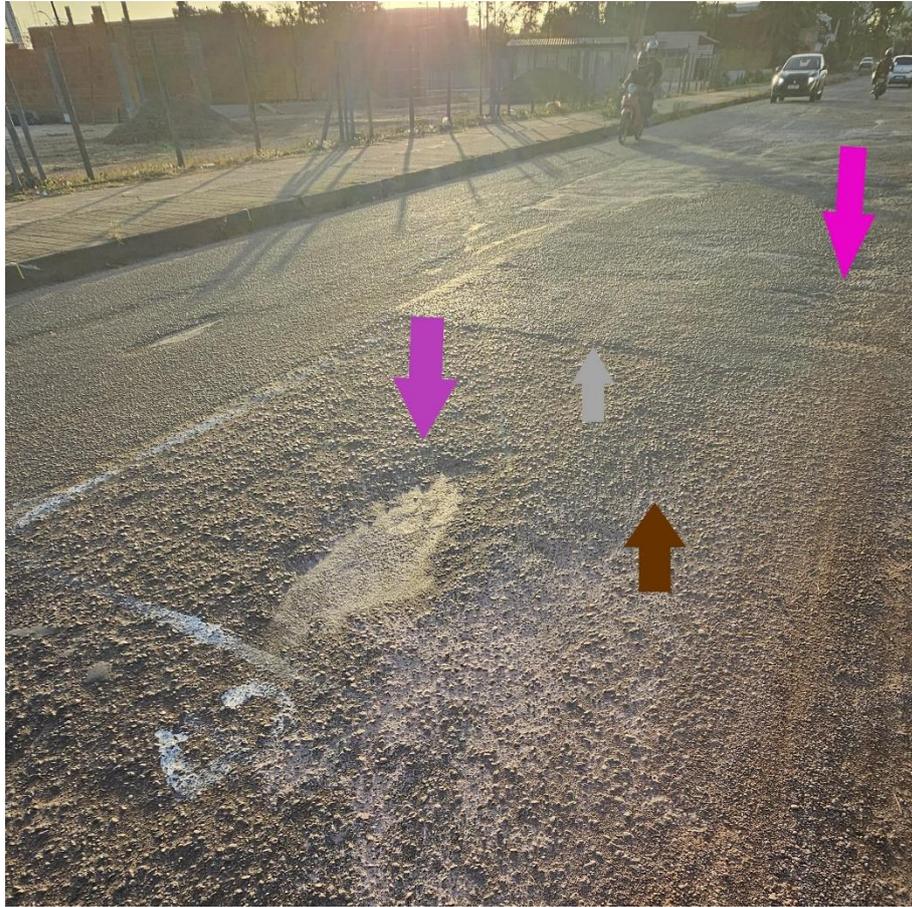
Figura 93 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 42

Figura 94 - ATC, Desgaste, Remendo e Panela



Fonte: Autor (2024).

Estação 43

Figura 95 - ALC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 44

Figura 96 - ATC, Desgaste, Remendo e J



Fonte: Autor (2024).

Estação 45

Figura 97 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 46

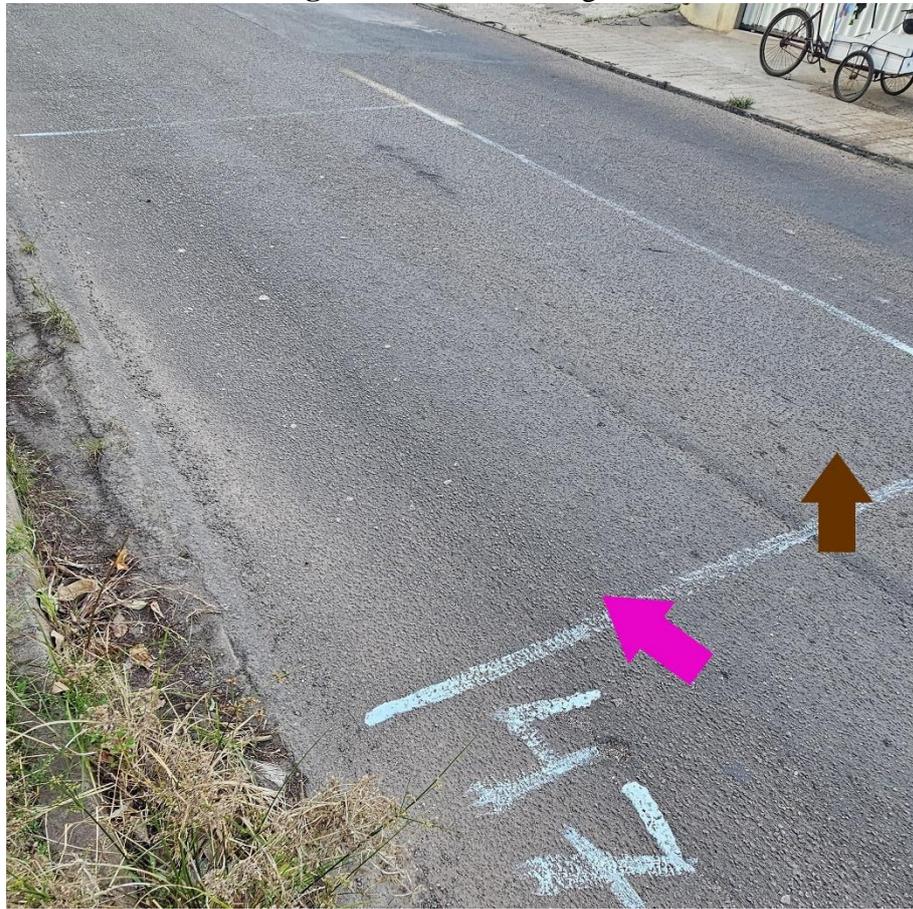
Figura 98 - ATC, Desgaste e J



Fonte: Autor (2024).

Estação 47

Figura 99 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 48

Figura 100 - ATC, Desgaste e TLL



Fonte: Autor (2024).

Estação 49

Figura 101 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 50

Figura 102 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 51

Figura 103 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 52

Figura 104 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 53

Figura 105 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).

Estação 54

Figura 106 - ATC e Desgaste



Fonte: Autor (2024).