



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

GUSTAVO ALMEIDA DA SILVA

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO PARA AS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE ÁRVORE DE DECISÃO:
ESTUDO DE CASO EM UMA VIA DE PAVIMENTO FLEXÍVEL NA CIDADE DE
SANTANA – AP**

MACAPÁ – AP

2023

GUSTAVO ALMEIDA DA SILVA

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO PARA AS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE ÁRVORE DE DECISÃO:
ESTUDO DE CASO EM UMA VIA DE PAVIMENTO FLEXÍVEL NA CIDADE DE
SANTANA – AP**

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

Orientador: Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira.

MACAPÁ – AP

2023

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

S586 Silva, Gustavo Almeida da.

Diagnóstico e propostas de intervenção para as manifestações patológicas através da utilização de árvore de decisão: estudo de caso em uma via de pavimento flexível na cidade de Santana – AP / Gustavo Almeida da Silva. - Macapá, 2023.

1 recurso eletrônico. 94 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Macapá, 2023.

Orientador: Adenilson Costa de Oliveira..

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

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

CDD 23. ed. – 625.85

SILVA, Gustavo Almeida da. Diagnóstico e propostas de intervenção para as manifestações patológicas através da utilização de árvore de decisão: estudo de caso em uma via de pavimento flexível na cidade de Santana – AP . Orientador: Adenilson Costa de Oliveira. 2023. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Coordenação do Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

GUSTAVO ALMEIDA DA SILVA

**DIAGNÓSTICO E PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO PARA AS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE ÁRVORE DE DECISÃO:
ESTUDO DE CASO EM UMA VIA DE PAVIMENTO FLEXÍVEL NA CIDADE DE
SANTANA – AP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
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: 05/10/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira
Orientador(a)

Prof. Me. José Vitor Borges de Assis
Membro

Prof. Me. Luis Henrique Rambo
Membro

AGRADECIMENTOS

Neste momento de realização, gostaria de externar minha gratidão, primeiramente, a Deus por me proporcionar saúde, determinação e força necessária para enfrentar todas as adversidades encontradas ao longo do caminho.

À minha família pelo suporte e esforço investido em minha formação pessoal e profissional, especialmente ao apoio dos meus pais que me ensinaram os valores da educação, trabalho duro e resiliência.

Ao orientador desta pesquisa, Adenilson Costa de Oliveira, pelas explicações, paciência, compromisso e importantes contribuições prestadas.

Estendo ainda os agradecimentos a todos os professores do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Amapá pelas aulas ministradas e ricas experiências compartilhadas no decorrer dessa jornada.

Aos amigos de graduação pelos laços de companheirismo que tornaram possível construir um ambiente acadêmico mais acolhedor, repleto de momentos inesquecíveis.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que já passaram por minha vida e auxiliaram no meu processo de aprendizagem.

RESUMO

As redes urbanas são vitais no crescimento econômico do país, representando o principal meio de mobilidade, escoamento e conexão regional. Nota-se, entretanto, que algumas dessas estruturas têm exibido deteriorações significativas no decorrer do tempo, comprometendo não apenas a fluidez, eficiência e segurança nos deslocamentos, mas também a qualidade e durabilidade viária. Frente a tais constatações, o trabalho presente possui como objetivo fomentar uma avaliação das manifestações patológicas encontradas na Avenida Rio Branco, situada no município de Santana/AP, englobando, dentre outros fatores, a frequência que essas adversidades ocorrem e as sugestões técnicas de intervenção. Para tanto, utiliza-se de vistorias *in loco*, embasamento teórico e registros fotográficos aliado a uma abordagem metodológica de caráter descritiva e exploratória, a qual possibilita com auxílio do índice de gravidade global (IGG) executar o diagnóstico correto no pavimento. Os dados catalogados indicam que a área apresenta um estado ruim de degradação, em decorrência da diversidade de patologias aferidas, tais como fissuras, trincas de diversas formas, panelas, ondulações, exsudação, desgaste e remendos. Mediante o emprego da árvore de decisão é possível direcionar para alguns serviços de manutenção e reabilitação, recomendando-se técnicas de tratamento superficial duplo junto a capa selante para ações de curto e médio prazo e fresagem com a substituição do pavimento antigo ao se falar em longo prazo. Cabe destacar ainda a necessidade dos órgãos responsáveis de realizar mais investimentos no setor, melhores planejamentos urbanos e reparos periódicos, visto que essas medidas contribuem de maneira decisiva na infraestrutura viária.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Pavimentos. IGG. Avaliação. Árvore de decisão.

ABSTRACT

Urban networks are vital to the country's economic growth, representing the main means of mobility, flow and regional connection. It is noted, however, that some of these structures have exhibited significant deterioration over time, compromising not only fluidity, efficiency and safety in travel, but also road quality and durability. In view of such findings, the present work aims to promote an evaluation of the pathological manifestations found on Avenida Rio Branco, located in the municipality of Santana/AP, encompassing, among other factors, the frequency that these adversities occur and technical suggestions for intervention. To this end, on-site inspections, theoretical basis and photographic records are used, combined with a descriptive and exploratory methodological approach, which makes it possible, with the help of the global severity index (IGG), to carry out the correct diagnosis on the pavement. The cataloged data indicates that the area presents a poor state of degradation, due to the diversity of pathologies measured, such as fissures, cracks of different shapes, pans, ripples, exudation, wear and patches. Using the decision tree, it is possible to target some maintenance and rehabilitation services, recommending double surface treatment techniques together with a sealant layer for short and medium term actions and milling with the replacement of the old pavement when talking about long term term. It is also worth highlighting the need for responsible bodies to make more investments in the sector, better urban planning and periodic repairs, as these measures contribute decisively to road infrastructure.

Keywords: Pathological manifestations. Floors. IGG. Assessment. Decision tree.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma do aporte teórico consultado	18
Figura 2: Esquema da seção transversal do pavimento	20
Figura 3: Deformação elástica pela carga no pavimento flexível	24
Figura 4: Seção transversal típica do pavimento flexível.....	24
Figura 5: Deformação pela carga no pavimento rígido	25
Figura 6: Seção transversal típica do pavimento rígido	26
Figura 7: Classificação dos defeitos que ocorrem em pavimentos flexíveis.....	29
Figura 8: Desenho esquemático de defeitos (à esquerda, fissura, e à direita, trinca).....	30
Figura 9: Fissuras no pavimento.....	30
Figura 10: Trinca transversal.....	31
Figura 11: Trinca longitudinal.....	32
Figura 12: Trinca de retração.....	32
Figura 13: Trinca em malha tipo “Couro de Jacaré”	33
Figura 14: Trinca em malha tipo “Bloco”	34
Figura 15: Afundamento plástico nas trilhas de roda	35
Figura 16: Esquemática do afundamento plástico nas trilhas de roda	35
Figura 17: Afundamento por consolidação nas trilhas de roda	36
Figura 18: Esquemática do afundamento por consolidação nas trilhas de roda	36
Figura 19: Ondulação ou corrugação.....	37
Figura 20: Escorregamento.....	38
Figura 21: Exsudação	39
Figura 22: Desgaste	40
Figura 23: Panela ou buraco	41
Figura 24: Remendo	42
Figura 25: Representação esquemática dos defeitos que ocorrem na superfície dos pavimentos flexíveis e semirrígidos.....	43
Figura 26: Ficha para avaliar a serventia.....	46
Figura 27: Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos.....	47
Figura 28: Localização do segmento analisado	56
Figura 29: Posicionamento de estudo das estações	57
Figura 30: Seção do pavimento examinado.....	58

Figura 31: Gráfico dos defeitos mais prevalentes catalogados.....	64
Figura 32: Gráfico das propostas de intervenção	68
Figura 33: Linha do tempo da via.....	69
Figura 34: Esquema de tratamentos superficiais	70
Figura 35: Etapas construtivas de um TSS pelo sistema convencional.....	71
Figura 36: Exemplo de fresadora e de serviço de fresagem em uma rodovia.....	73
Figura 37: Desnívelamento da tampa do PV e a aparição de trincas ao redor	74
Figura 38: Trincas por fadiga do revestimento.....	82
Figura 39: Trincas em blocos	82
Figura 40: Trincas laterais	83
Figura 41: Trincas longitudinais.....	83
Figura 42: Trincas por reflexão	83
Figura 43: Trincas transversais.....	84
Figura 44: Remendos.....	84
Figura 45: Painelas	84
Figura 46: Deformação permanente de trilhas de roda.....	85
Figura 47: Corrugação	85
Figura 48: Exsudação	85
Figura 49: Agregados polidos.....	86
Figura 50: Desgaste	86
Figura 51: Desnível entre pista e acostamento	86
Figura 52: Bombeamento	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Terminologias relacionadas as camadas de revestimento asfáltico.....	23
Quadro 2: Comparativo entre pavimentos flexíveis e rígidos	26
Quadro 3: Síntese dos defeitos – Classificação e Codificação	42
Quadro 4: Detecção de defeitos em pavimentos	51
Quadro 5: Motivos dos defeitos considerados no Programa SHRP e atividades de M&R.....	53
Quadro 6: Trechos avaliados do pavimento	59
Quadro 7: Descrição das propostas de intervenção	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores referentes aos Fatores de Ponderação	49
Tabela 2: Nível da degradação alcançada pelo pavimento através do IGG	49
Tabela 3: Critérios de classificação dos fatores utilizados nas árvores de decisão	50
Tabela 4: Patologias mais recorrentes encontradas no trecho de análise	63
Tabela 5: Levantamento do estado do pavimento	65
Tabela 6: Determinação do IGG no trecho.....	66
Tabela 7: Composição de serviços para a via.....	75
Tabela 8: Composição de serviços para execução de tapa buraco	76
Tabela 9: Composição de serviços para a sinalização viária.....	76
Tabela 10: Tratamento superficial duplo com CAP - brita comercial.....	87
Tabela 11: Pintura de ligação	87
Tabela 12: Capa selante - pedrisco comercial	88
Tabela 13: Fresagem contínua de revestimento asfáltico.....	88
Tabela 14: Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 9 t - carga e descarga manuais	89
Tabela 15: Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural.....	89
Tabela 16: Imprimação com asfalto diluído	90
Tabela 17: Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida	90
Tabela 18: Regularização do subleito.....	91
Tabela 19: Concreto asfáltico - faixa A - areia extraída e brita produzida.....	91
Tabela 20: Tapa buraco com pintura de ligação - demolição manual	92
Tabela 21: Pintura de faixa com tinta acrílica - espessura de 0,6 mm	92
Tabela 22: Pintura de setas e zebrados com tinta acrílica - espessura de 0,6 mm.....	93
Tabela 23: Tachão refletivo em plástico injetado - bidirecional - fornecimento e colocação..	93
Tabela 24: Placa em aço - película I + III - fornecimento e implantação.....	94
Tabela 25: Suporte para placa de sinalização em madeira de lei tratada 8 x 8 cm - fornecimento e implantação.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHO	<i>American Association of State Highway Officials</i>
AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ALC	Afundamento de consolidação local
ALP	Afundamento plástico local
AP	Amapá
ATC	Afundamento de consolidação da trilha
ATP	Afundamento plástico da trilha
ATR	Afundamento de trilha de roda
BGTC	Brita graduada tratada com cimento
CAP	Cimento asfáltico de petróleo
CNT	Confederação Nacional do Transporte
D	Desgaste
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DER/SP	Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo
E	Escorregamento
EX	Exsudação
FI	Fissuras
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
J	Couro de jacaré
JE	Couro de jacaré com erosão
M&R	Manutenção e reabilitação dos pavimentos
O	Ondulação
P	Panela
PV	Poço de visita
R	Remendo
SHRP	<i>Strategic Highway Research Program</i>
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
TB	Trincas em bloco
TBE	Trincas em bloco com erosão

TLC	Trincas longitudinais curtas
TLL	Trincas longitudinais longas
TRE	Afundamento de trilha externa
TRI	Afundamento de trilha interna
TRR	Trincas isoladas de retração
TSD	Tratamento superficial duplo
TSS	Tratamento superficial simples
TST	Tratamento superficial triplo
TTC	Trincas transversais curtas
TTL	Trincas transversais longas
VSA	Valor de Serventia Atual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivos Gerais	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
1.2 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	16
1.3 JUSTIFICATIVA	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 PAVIMENTO.....	18
2.2 ESTRUTURAS DOS PAVIMENTOS	19
2.2.1 Subleito	20
2.2.2 Reforço do subleito	21
2.2.3 Sub-base.....	21
2.2.4 Base.....	21
2.2.5 Revestimento	22
2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS	23
2.3.1 Pavimentos Flexíveis	23
2.3.2 Pavimentos Semirrígidos	24
2.3.3 Pavimentos Rígidos	25
2.4 VIDA ÚTIL DOS PAVIMENTOS.....	27
2.5 DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	28
2.5.1 Fendas	29
2.5.2 Fissuras	30
2.5.3 Trincas	30
2.5.3.1 Trinca isolada transversal	31
2.5.3.2 Trinca isolada longitudinal	31
2.5.3.3 Trinca isolada de retração	32
2.5.3.4 Trinca interligada tipo “Couro de Jacaré”	33
2.5.3.5 Trinca interligada tipo “Bloco”.....	33
2.5.4 Afundamento	34
2.5.4.1 Afundamento plástico	34
2.5.4.2 Afundamento de consolidação.....	35

2.5.5 Ondulação ou corrugação	36
2.5.6 Escorregamento	37
2.5.7 Exsudação	38
2.5.8 Desgaste	39
2.5.9 Panela ou buraco	40
2.5.10 Remendo	41
2.6 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DOS PAVIMENTOS	44
2.6.1 Avaliação Funcional do Pavimento	45
2.6.1.1 Valor de Serventia Atual.....	45
2.6.1.2 Índice de Gravidade Global	47
2.7 ÁRVORE DE DECISÃO	50
3 METODOLOGIA	56
3.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS.....	57
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA VIA	58
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.1 ANÁLISE DOS DADOS.....	59
4.2 MÉTODO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL.....	64
4.3 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO	66
4.3.1 Tratamento superficial	70
4.3.2 Fresagem.....	72
4.3.3 Outras considerações	73
4.4 COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS.....	74
5 CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS	79
ANEXO A: ÁRVORE DE DECISÃO	82
ANEXO B: COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS.....	87

1 INTRODUÇÃO

É sabido que o transporte rodoviário é modal predominante na rede viária brasileira, no qual estabelece um elo significativo para o sistema logístico comercial, desenvolvimento econômico e infraestrutura local. Apesar do Brasil possuir dimensões continentais, é cercado por ampla rede de rodovias e estradas que possibilita ao transporte rodoviário rapidez, flexibilidade e versatilidade na mobilidade, além de fornecer uma eficiente integração aos demais modais. Dentro desse contexto, Balbo (2007) indica que a pavimentação exerce função determinante, visto que oferecer uma qualidade melhor de rolamento gera diminuição nos gastos operacionais e dos reparos veiculares, ao passo que garante uma locomoção mais segura, fluída e confortável aos usuários, com materiais e estruturas resistentes ao tráfego e aspectos climáticos.

Pode-se observar, entretanto, conforme estudo ensejado pela Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2017) que os investimentos concentrados na construção de infraestrutura e manutenções adequadas das vias ainda são pouco efetivos ou insuficientes, devido ao estado dos pavimentos ainda ser deficiente, o que acaba provocando o aparecimento das deteriorações e, por conseguinte, reduzindo a vida útil projetada. De igual maneira, nota-se que acarreta consequências para a trafegabilidade, dado que a ausência de uma superfície regular propicia maior número de reparos nos veículos e acidentes, bem como está atrelada à congestionamentos, lentidão e redução do conforto de condução.

Uma parcela significativa das malhas urbanas possui a ocorrência de manifestações patológicas em suas extensões que podem culminar em defeitos, tais como: fissuras, trincas, ondulações, afundamentos, escorregamento, panelas, desgaste, exsudação e remendos (DNIT, 2006a). Nesse sentido, verifica-se que essas deteriorações não se limitam apenas ao aspecto físico das vias, mas também afetam a parcela social e, por isso, a prevenção e o tratamento adequado agem como potencializar do fomento de cidades mais seguras, eficientes e habitáveis.

O pavimento de revestimento asfáltico, comumente empregado, é formado em quatro principais camadas: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. E, de forma geral, o revestimento asfáltico é a camada superior encarregada por aprimorar as condições de rolamento e resistir diretamente às ações do tráfego para transmitir brandamente às camadas inferiores, enquanto a base, sub-base e reforço do subleito colaboram para a estabilidade estrutural das vias (Bernucci *et al.*, 2022). Em virtude disso, cada camada cumpre funções importantes na durabilidade, eficiência e resistência do pavimento e associadas desenvolvem um conjunto para proporcionar a confiabilidade das vias.

Um dos desafios enfrentados no Brasil, nesse setor, está associado à ausência de conformidade com as exigências técnicas que determinam os requisitos da capacidade de suporte das estruturas viárias e da qualidade dos materiais utilizados no revestimento dos pavimentos flexíveis. Como efeito dessa situação, a estrutura tende a sofrer deformações mais rápidas e, por consequência, acarreta custos adicionais na manutenção. E a carência de manutenções adequadas pode levar ao surgimento de defeitos na superfície das rodovias e refletir em custos operacionais, como despesas mais elevadas de reparação veicular, maior consumo de combustível e pneus e tempo prolongado em viagens (Melo, 2018).

Na prática, diversas circunstâncias podem influenciar na degradação antecipada do pavimento que, segundo a CNT (2017), estão relacionados ao método de dimensionamento defasados, qualidade de execução das obras insatisfatórias, falta de manutenção preventiva, processo de fiscalização das pistas, inexistência de um sistema de gerência de pavimentos, ocorrência do excesso de sobrepeso, poucos recursos para execução de intervenções necessárias, dentre outros. Sendo assim, abordar a temática da durabilidade nesse setor exige uma análise holística e coordenada, investigando origens, causas e demais implicações na busca de soluções eficientes para a melhoria da qualidade viária.

Nesse aspecto, considerando que as deteriorações de vias urbanas são problemas recorrentes em várias regiões do país, realizou-se um estudo de caso das principais patologias asfálticas encontradas em certo trecho da Avenida Rio Branco, situada no bairro Central do município de Santana/AP, buscando classificar, avaliar e verificar a frequência que ocorrem dentro do espaço catalogado. Assim, entender os percalços da infraestrutura existente atualmente no município e como isso impacta na transformação da sociedade local, pode servir de ferramenta para fomentar ações inteligentes nas técnicas de recuperação das estruturas urbanas somado à investimentos em políticas públicas no setor.

Enquanto foco dessa pesquisa, portanto, tem-se como finalidade trabalhar a ótica da avaliação das manifestações patológicas, expondo um diagnóstico consistente das principais razões para a ocorrência dessas condições aliado a levantamentos fotográficos, tipos de defeitos identificados e as possíveis soluções que promovam respostas aos usuários acerca dos transtornos nas pistas, com a intenção de melhorar a qualidade de locomoção. A ideia também é obter embasamento teórico em normas técnicas, acervos, artigos científicos e livros que permitam chegar em conclusões mais solidificadas perante o contexto da temática e estratégias economicamente viáveis para bom desempenho dos pavimentos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos Gerais

O presente estudo pretende realizar um diagnóstico das manifestações patológicas encontradas em um trecho do pavimento da Avenida Rio Branco, localizada no bairro Central de Santana/AP, adentrando aos aspectos das características, recorrência dos tipos de adversidades, propostas de intervenção e demais abordagens que possibilitem compreender melhor os desafios urbanos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Pré-selecionar o trecho mais relevante da pista mapeada, detectando os pontos críticos;
- Realizar uma pesquisa bibliográfica acerca do tema abordado para agregar conhecimento e promover subsídios teóricos;
- Levantar os defeitos observados *in loco*;
- Determinar o Índice de Gravidade Global (IGG) para caracterizar o estado geral de conservação do pavimento analisado;
- Efetuar a apresentação das informações catalogadas, conforme as recomendações prescritas em literatura;
- Verificar o método da árvore de decisão em atividades de manutenção e reabilitação dos pavimentos;
- Analisar as soluções técnicas mais adequadas para as patologias identificadas, bem como elaborar a composição dos serviços.

1.2 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A partir do que já foi inserido, o conteúdo deste trabalho está disposto em cinco capítulos e dois anexos. No primeiro capítulo tem-se a composição da introdução, objetivos gerais e específicos, estruturação do trabalho e justificativa.

O capítulo 2 descreve os tópicos da revisão bibliográfica, começando pela exibição dos conceitos relacionados a pavimentos, suas camadas constituintes e devidas classificações. Em seguida, detalha-se as patologias comuns em pavimentos flexíveis, alguns dos métodos para avaliar a condição de pavimentos e a utilização da árvore de decisão.

O capítulo 3 retrata os procedimentos metodológicos necessários para efetuar a correta avaliação da via. Isso inclui os detalhes acerca de como os dados foram coletados e caracterização da área analisada.

No capítulo 4 destaca-se os resultados que foram obtidos pela aplicação do IGG, bem como no uso da árvore de decisão para canalizar as técnicas de intervenção. É feito ainda uma composição dos serviços associado as soluções propostas.

No capítulo 5 são realizadas as conclusões extraídas durante o exercer do estudo. Por fim, o anexo A trata da árvore de decisão, enquanto o anexo B da composição de serviços.

1.3 JUSTIFICATIVA

As manifestações patológicas identificadas no meio viário tem sido pauta cada vez mais frequente de estudos realizados nos últimos anos, despertando interesse devido às implicações significativas que podem afetar a mobilidade urbana, segurança e demais aspectos associados.

Em vista disso, a constituição deste trabalho justifica-se pelo potencial de clarificar a importância que as boas práticas de conservação e restauração dos pavimentos possuem na configuração da trafegabilidade dos usuários, trazendo reflexões para as mazelas urbanas que hoje assolam boa parte do Estado do Amapá. Por outro viés, espera-se colaborar para o maior entendimento e apresentar conclusões satisfatórias que possam beneficiar à comunidade e instigar mais pesquisas do gênero.

A opção da via em Santana/AP fundamenta-se por atender aos critérios técnicos previamente estipulados, estar localizada no centro da cidade, ser importante no transporte de mercadorias e pessoas e ficar próximo em relação aos pontos referenciais.

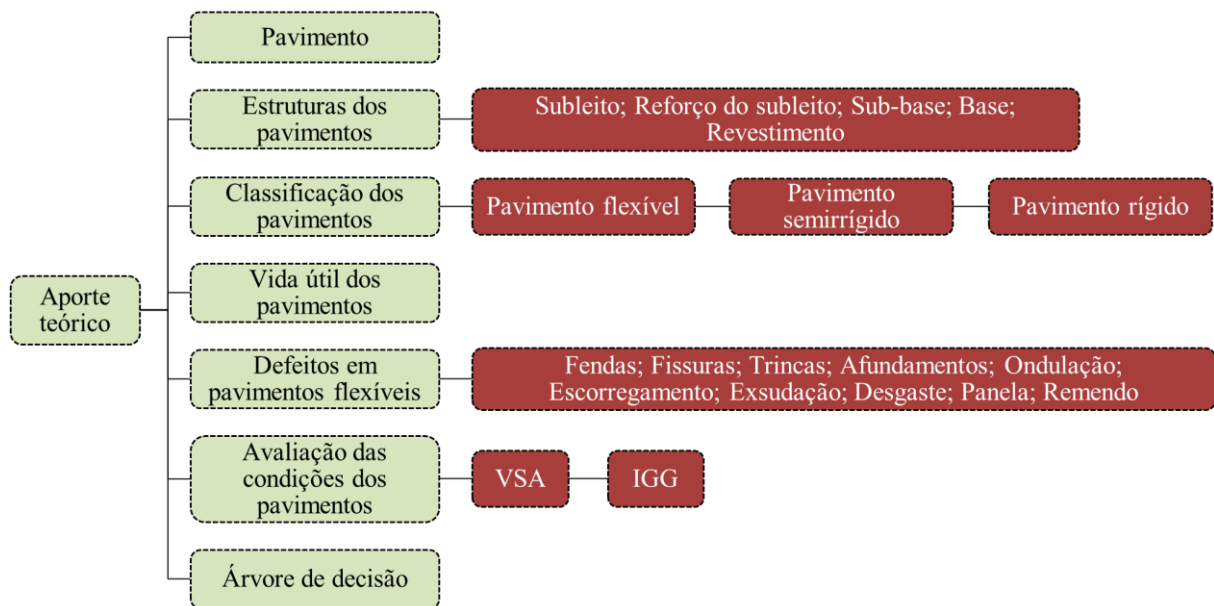
E para ter-se um grau de confiabilidade, foram usados os procedimentos metodológicos indicados nas normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), destacando-se duas: DNIT 005/2003 – TER (2003a) e DNIT 006/2003 – PRO (2003b) que viabilizaram fazer a avaliação da superfície do pavimento. Adicionalmente, integram-se ao processo o aporte da literatura, o método da árvore de decisão, o levantamento em campo das adversidades e o próprio empirismo deste autor.

Dessa maneira, as questões colocadas nesse estudo são: Qual a situação do nível de degradação da via analisada? Quais as estratégias mais eficientes para solucionar a formação das manifestações patológicas nessa área? Esses questionamentos exercem papel relevante na busca por um entendimento mais abrangente dos fenômenos, servindo não apenas de suporte para auxiliar nos resultados, como também para refletir em medidas de prevenção e reparo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo propõe-se a tratar do levantamento das referências bibliográficas, de forma a constituir não apenas um instrumento de coleta de dados que possibilitará expandir as informações acerca do assunto, como também embasará os argumentos das etapas subsequentes apresentadas no trabalho. A figura seguinte expressa o fluxograma que conterà o aporte teórico.

Figura 1: Fluxograma do aporte teórico consultado



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

2.1 PAVIMENTO

Existem diversas interpretações e perspectivas para a conceituação de um pavimento que convergem para a relevância que possui enquanto componente da infraestrutura viária. Conforme Bernucci *et al.* (2022), o pavimento é uma estrutura com diversas camadas de espessuras finitas, formada sobre a superfície final de terraplenagem, tendo a finalidade técnica e econômica de resistir aos esforços oriundos do deslocamento de veículos e das condições climáticas, bem como a de propiciar aos usuários aprimoramento nos aspectos de rolamento, em termos de conforto, economia e segurança.

Com pontos em comum, Senço (2007) entende que o pavimento é uma estrutura com objetivo técnico e econômico de cumprir os seguintes critérios: resistir aos esforços verticais originados do tráfego e distribuí-los; aperfeiçoar as condições de rolamento no que tange aos itens de conforto e segurança e resistir aos esforços horizontais (desgaste), conferindo maior durabilidade na superfície da via.

Silva (2008) indica que o pavimento é a estrutura estabelecida sobre um terreno de fundação (subleito), cuja atribuição é resistir à ação das cargas provenientes dos veículos e às ações do tempo, como variação térmica e higrométrica. Desse modo, pode-se notar com essas definições, a influência que a pavimentação pode ter na vida da população, desencadeando não apenas melhoras no âmbito da qualidade viária, como ainda no quesito da otimização do tempo de locomoção e mobilidade urbana.

2.2 ESTRUTURAS DOS PAVIMENTOS

As estruturas dos pavimentos constituem-se em sistemas de camadas apoiadas sobre uma fundação, conhecida por subleito. Perante a solicitação de carregamentos repetidos do tráfego e das influências climáticas o desempenho estrutural do pavimento é condicionado pelos materiais usados nas camadas, suas espessuras, a rigidez dessas camadas e do subleito e da interação entre cada estratificação (Bernucci *et al.*, 2022). Assim, a associação adequada de cada camada exerce papel relevante para o comportamento da qualidade, estabilidade, durabilidade e resistência do pavimento.

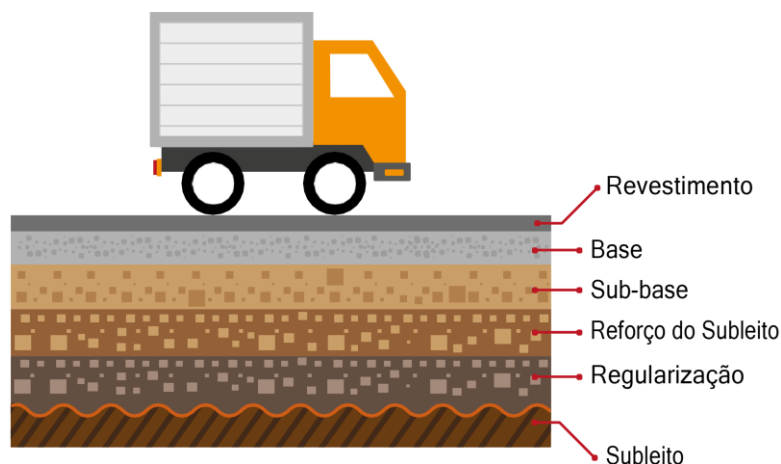
Na percepção de Balbo (2007), a estrutura do pavimento é preparada para receber e distribuir os esforços, de forma a atenuar pressões às camadas subjacentes, as quais são geralmente menos resistentes, embora isso não seja uma regra geral. Dessa forma, para garantir o funcionamento satisfatório, o conjunto deve operar com deformações correspondentes a sua natureza e capacidade portante, evitando, assim, episódios de rupturas ou danos prematuros e inadvertidos nos materiais integrantes das camadas do pavimento.

Outro ponto detalhado por Balbo (2007) mostra que cada camada constituinte do pavimento desempenha tarefas específicas, visando fornecer condições apropriadas de suporte e rolamento aos veículos em qualquer cenário climático. Nessa perspectiva, as solicitações aplicadas sobre a superfície do pavimento, advindas do deslocamento de veículos e pelo ambiente, resultam em um estado de tensões na estrutura, que estará vinculado ao comportamento mecânico de cada camada e do conjunto destas.

Balbo (2007) ainda evidencia que um pavimento detém as camadas a seguir: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, sendo o último a fundação e peça constituinte na estrutura. Com base na análise técnica criteriosa e verificando as condições de tráfego, fatores ambientais, resistência e estabilidade do subleito, finalidade de uso da via e outras circunstâncias, a camada de sub-base ou reforço do subleito poderá ser dispensada, mas a presença do revestimento e da fundação (subleito) são requisitos mínimos para que a estrutura

seja considerada um pavimento. A CNT (2017) demonstra, por outro ponto de vista, que uma seção transversal típica do pavimento é formada por subleito e camadas superiores, as quais são ilustradas na figura 2, e seguidamente são apresentadas algumas das características pertinentes.

Figura 2: Esquema da seção transversal do pavimento



Fonte: CNT (2017).

2.2.1 Subleito

O subleito, de forma geral, é o alicerce das estruturas da via, funcionando como terreno de fundação do pavimento. No entendimento de Balbo (2007), os esforços aplicados sobre a superfície dessa camada tendem a serem mitigados com a profundidade, sendo geralmente dispersos dentro do primeiro metro e, portanto, os estratos superiores, por atuarem magnitudes maiores de solicitações, devem receber maiores observações. O subleito pode ser constituído de materiais naturais consolidados e compactados ou por materiais transportados e compactados.

Acima do subleito, localiza-se a regularização que confere a este uma faixa de nivelamento e uniformidade. Sua execução tem o propósito de conformar transversal e longitudinalmente o subleito, mas não é entendido efetivamente como uma camada constituinte do pavimento (CNT, 2017).

Dessa maneira, quando a pavimentação é realizada logo em seguida à terraplanagem, a regularização trata-se por corrigir algumas imperfeições da superfície. Ao passo que quando a pavimentação é feita sobre um leito natural antigo (de estrada de terra), deve-se ter atenção especial devido a superfície ser mais irregular e, assim, recomenda-se que a regularização seja aplicada com uma camada de espessura variável de até 20 centímetros para garantir um apoio nivelado e adequado ao pavimento (CNT, 2017).

2.2.2 Reforço do subleito

O reforço do subleito consiste em uma camada de espessura constante, formada, se necessário, acima da regularização e apresentando características tecnológicas melhores que estas e inferiores em relação as camadas superiores, isto é, sub-base. Nesse contexto, o reforço do subleito é parte integrante do pavimento e tem funções de complemento da sub-base, bem como trabalha na resistência e distribuição dos esforços verticais, porém não possuindo as características de absorver definitivamente tais esforços, capacidade designada ao subleito (Senço, 2007).

A utilização da camada de reforço de subleito não é necessariamente obrigatória, visto que aumentando as espessuras dos estratos superiores poderia, teoricamente, diminuir a pressão sobre um subleito de qualidade inferior. Entretanto, busca-se empregá-lo por motivos econômicos, visto que subleitos com baixa resistência necessitariam, do ponto de vista do projeto, de camadas mais espessas de base e sub-base em alguns tipos de pavimentos (especialmente os flexíveis) e, desse modo, o emprego de solos de reforço torna-se geralmente mais econômico, em vez de camadas superiores mais espessas (Balbo, 2007).

2.2.3 Sub-base

“É a camada complementar à base, quando, por circunstâncias técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito” (Senço, 2007, p. 19). Complementando a definição, Silva (2008) ressalta que a sub-base tem o propósito de diminuir a espessura da base (formada de materiais mais nobres), proteger o subleito e, em pavimentos semirrígidos, minimizar os ATR (afundamento de trilha de roda) após o surgimento das trincas de fadiga.

2.2.4 Base

“É a camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento” (DNIT, 2006a, p. 106). Para Silva (2008), a camada da base desempenha as funções de aliviar a tensão nas camadas subjacentes, permitir a drenagem das águas que se infiltram no pavimento (mediante a utilização dos drenos) e resistir às tensões e deformações atuantes. Destaca-se que a tensão máxima de cisalhamento ($\tau_{m\acute{a}x}$) acontece na base, o que torna fundamental que seja composta por material de ótica qualidade e construída de maneira bem satisfatória.

Existem diversos tipos de materiais utilizados para a base, entre os quais Balbo (2007) menciona o emprego de solo estabilizado naturalmente, misturas de solos e agregados (solo-brita), brita graduada, brita graduada tratada com cimento, solo estabilizado quimicamente com ligante hidráulico ou asfáltico, concretos etc. Quanto à sub-base, por outro lado, é possível aplicar os mesmos materiais, sendo que em relação aos solos estabilizados quimicamente, geralmente, é pequeno o consumo de agentes aglomerantes.

Dentre as diversas estruturas do pavimentos, muitas vezes é imprescindível realizar as atividades de imprimação ou pintura de ligação, ambas envolvendo a aplicação de uma fina película de material asfáltico na superfície. A imprimação tem a função de aprimorar a coesão da superfície, solidificar as partículas soltas e impermeabilizar a camada para receber a execução do componente seguinte, sendo, normalmente, realizada entre a base e o revestimento asfáltico que será adicionado, embora, em algumas situações, possa ser utilizada sobre a sub-base. Já a pintura de ligação possui o papel de estabelecer a aderência eficaz entre as camadas. É empregada na superfície de uma camada asfáltica nova ou antiga, tratando do caso de reforço ou recapeamento e pode ser inserida também em camadas não asfálticas impermeáveis (CNT, 2017).

2.2.5 Revestimento

“É a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada a melhorá-la, quanto à comodidade e segurança e a resistir ao desgaste” (DNIT, 2006a, p. 106). Balbo (2007) realça que o revestimento deve, entre outras funções, possuir a habilidade de receber as cargas estáticas ou dinâmicas sem passar por deformações elásticas ou plásticas significativas, desagregação de componentes ou perda de compactação. Para tanto, é essencial que seja composto de materiais bem aglutinados ou organizados de forma que evite a movimentação horizontal. Alguns materiais propiciam essas condições, como pedras cortadas justapostas (caso dos pavimentos romanos), paralelepípedos, blocos pré-moldados de concreto, placas de concreto, concreto compactado com rolo, tratamentos superficiais betuminosos e misturas asfálticas em geral.

Balbo (2007) ainda menciona que por motivos técnicos, construtivos e de custo os revestimentos asfálticos frequentemente são subdivididos em duas ou mais camadas. São exemplos as utilizações das expressões “camada de rolamento” e “camada de ligação” para caracterizar um revestimento dividido em duas camadas de diferentes materiais. O quadro 1, a

seguir, faz algumas distinções entre as possíveis camadas de revestimento asfáltico, conforme a terminologia usada no meio rodoviário.

Quadro 1: Terminologias relacionadas as camadas de revestimento asfáltico

Designação do revestimento	Definição	Associações
Camada de rolamento	É a camada superficial do pavimento, diretamente em contato com as cargas e com ações ambientais.	Camada de desgaste, capa de rolamento, revestimento.
Camada de ligação	É a camada intermediária, também em mistura asfáltica, entre a camada de rolamento e a base do pavimento.	Camada de <i>binder</i> ou simplesmente <i>binder</i> .
Camada de nivelamento	Em geral, é a primeira camada de mistura asfáltica empregada na execução de reforços (recapeamento), cuja função é corrigir os desníveis em pista, afundamentos localizados, enfim, nivelar o perfil do greide para posterior execução da nova camada de rolamento.	Camada de reperfilagem ou simplesmente reperfilagem
Camada de reforço	Nova camada de rolamento, após anos de uso do pavimento existente, executada por razões funcionais, estruturais ou ambas.	“Recape” e recapeamento são termos populares (usa-se também a expressão “pano asfáltico”)

Fonte: Adaptado de Balbo (2007).

2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

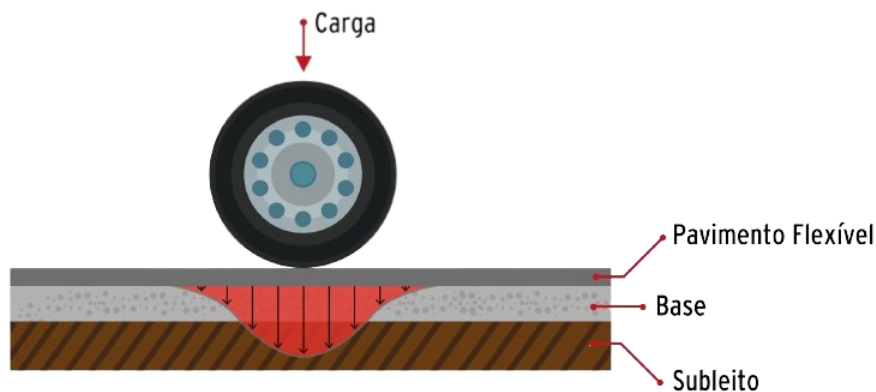
Na literatura há diversas formas de classificações de pavimentos, resultado das características particulares que são adotadas em diferentes contextos e critérios técnicos. Tradicionalmente, subdivide-se os pavimentos em conformidade ao comportamento mecânico em rígidos, semirrígidos e flexíveis.

2.3.1 Pavimentos Flexíveis

Segundo a interpretação do DNIT (2006a, p. 95), o pavimento flexível é “aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas”. Contribuindo com a descrição, Senço (2007) salienta que pavimentos flexíveis são estruturas viárias projetadas de forma que as deformações, até um ponto específico, não resultem em rompimento. O dimensionamento desses pavimentos normalmente considera a compressão e a tração na flexão causada pelo surgimento das bacias de deformação sob as rodas dos veículos que podem desencadear deformações permanentes na estrutura e o rompimento por fadiga.

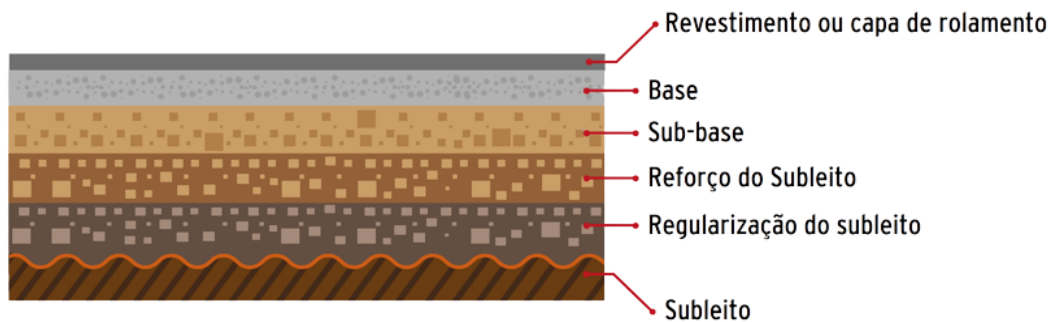
Os pavimentos flexíveis são assim denominados devido serem constituídos em várias camadas, em que todas sofrem deformação elástica considerável. Nesse contexto, a carga resultante do tráfego é distribuída de maneira aproximadamente equivalente entre tais camadas, possibilitando a observação de um campo de tensões concentrado nas proximidades do ponto de aplicação da carga (CNT, 2017). A figura 3 retrata essa abordagem, enquanto a figura 4 expressa a seção transversal típica de um pavimento flexível.

Figura 3: Deformação elástica pela carga no pavimento flexível



Fonte: CNT (2017).

Figura 4: Seção transversal típica do pavimento flexível



Fonte: CNT (2017).

Ainda segundo a CNT (2017), mais de 99% da malha rodoviária brasileira é formada com pavimentos flexíveis, demonstrando que suas características têm sido escolhidas como a opção predominante para atender às demandas viárias.

2.3.2 Pavimentos Semirrígidos

No que tange a definição de pavimentos semirrígidos, o DNIT (2006a, p. 95) informa que “caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades

cimentícias como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica”. Pela ótica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER/SP) tem-se a seguinte descrição:

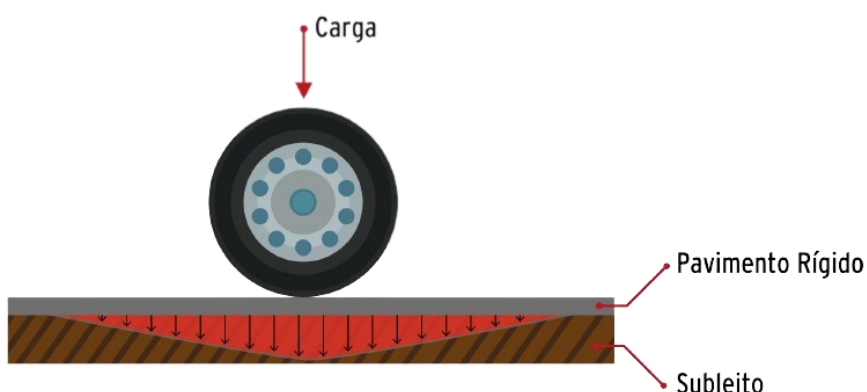
Pavimento semirrígido é constituído por revestimento asfáltico e camadas de base ou sub-base em material estabilizado com adição de cimento. O pavimento semirrígido é conhecido como pavimento do tipo direto quando a camada de revestimento asfáltico é executada sobre camada de base cimentada e do tipo indireto ou invertido quando a camada de revestimento é executada sobre camada de base granular e sub-base cimentada (DER/SP, 2006a, p. 3).

Mantendo a mesma perspectiva, Silva (2008) explica que o pavimento semirrígido possui uma configuração em que a camada do revestimento é constituída por asfalto, a base formada de material cimentício e a sub-base é de material granular ou solo.

2.3.3 Pavimentos Rígidos

Os pavimentos rígidos são compostos por revestimentos de alta rigidez em comparação às camadas subjacentes, o que lhes permite absorver as tensões derivadas pelo tráfego. Dessa forma, essas tensões são distribuídas por uma grande área e uniformemente em toda a dimensão da placa, resultando em menores esforços verticais sobre o subleito (figura 5). Esses pavimentos são pouco deformáveis e essencialmente constituídos por concreto de cimento (CNT, 2017).

Figura 5: Deformação pela carga no pavimento rígido



Fonte: CNT (2017).

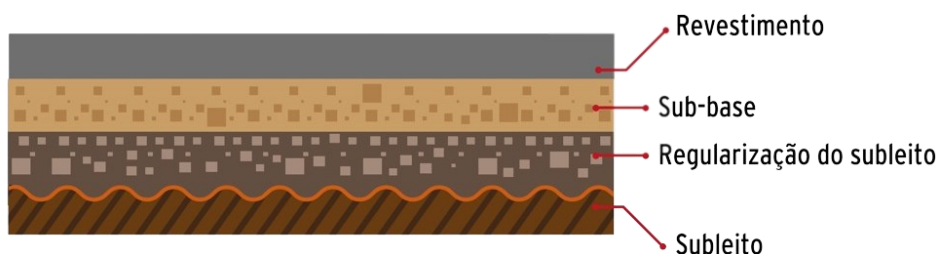
Para Balbo (2009) os pavimentos de concreto referem-se àqueles em que a camada de revestimento é composta por concreto (feito com agregados e ligantes hidráulicos), podendo ser produzido através de várias técnicas de manipulação e elaboração do concreto (pré-moldagem ou produção no local), cada qual apresentando suas características particulares com

relação ao projeto, execução, operação e manutenção. No contexto ainda da definição de pavimento rígido, Bernucci *et al.* (2022, p. 535) pontuam aspectos relevantes:

Os pavimentos rígidos, em geral associados aos pavimentos de concreto de cimento Portland, são compostos por uma camada superficial de concreto de cimento Portland (em geral placas, armadas ou não), apoiada geralmente sobre uma camada de material granular ou de material estabilizado com cimento (chamada em geral de sub-base), assentada sobre o subleito ou sobre um reforço do subleito quando necessário.

A seguir, a figura 6, traz uma representação esquemática da seção transversal típica de um pavimento rígido e, em sequência, o quadro 2 exhibe um comparativo entre o pavimento rígido e o flexível, na qual este trabalho concentra-se com maior ênfase.

Figura 6: Seção transversal típica do pavimento rígido



Fonte: CNT (2017).

Quadro 2: Comparativo entre pavimentos flexíveis e rígidos

(continua)

	Pavimentos flexíveis	Pavimentos rígidos
Investimento inicial	Varia de acordo com os materiais utilizados e os valores dos insumos por região	Assim como os pavimentos flexíveis, o investimento inicial também varia, mas se considera que esse valor seja em média 30% maior em relação ao pavimento flexível
Vida útil (com manutenção)	8 a 12 anos	25 a 30 anos
Manutenção	Manutenção frequente e mais complexa	Pouca necessidade de manutenção e ações mais simples
Espessura/estruturação	Estrutura mais espessa com camadas múltiplas	Menos camadas, conseqüentemente menor espessura
Distribuição das tensões	A carga é distribuída a todas as camadas, que sofrem deformações elásticas significativas	Placa absorve a maior parte das tensões e as distribui sobre uma área relativamente maior
Materiais utilizados	O asfalto é derivado do petróleo, normalmente misturado a quente, consumindo combustível	O concreto é feito de materiais locais, misturado a frio, consumindo, geralmente, energia elétrica

Quadro 2: Comparativo entre pavimentos flexíveis e rígidos

(conclusão)

	Pavimentos flexíveis	Pavimentos rígidos
Reação com produtos químicos	Suscetíveis a alterações químicas irreversíveis	Pouco suscetíveis a reações químicas e à contaminação
Aderência das demarcações (sinalização horizontal)	De textura mais rugosa, apresenta melhor aderência das demarcações da pista	Devido ao seu baixo índice de porosidade, apresenta baixa aderência das demarcações
Difusão de luz	Menor índice de reflexão de luz	Coloração clara, apresentando melhor capacidade de difusão de luz (refletividade)
Drenagem	Absorve a umidade com rapidez e, por sua textura superficial, retém a água, o que requer maiores caimentos (inclinação lateral)	Melhores características de drenagem superficial: escoamento melhor a água superficial
Segurança quanto à derrapagem	Superfície escorregadia quando molhada	Fornecer boa aderência do pneu, devido à textura dada a superfície

Fonte: CNT (2017).

2.4 VIDA ÚTIL DOS PAVIMENTOS

Entender o panorama geral das estradas brasileiras é de vital importância para constatar o estado de durabilidade ensejado nas infraestruturas rodoviárias, além de fomentar políticas públicas que visem aprimorar a segurança, eficiência logística e o melhor desempenho dos pavimentos. Face a essas constatações, na pesquisa da CNT (2022) a malha rodoviária brasileira é constituída por 1.720.909,0 km de extensão, mas desse montante apenas 213.500,0 km são pavimentadas, correspondendo a 12,4%. Em contraste, as rodovias não pavimentadas abrangem um total de 1.350.100,0 km, o que corresponde a 78,5% e as rodovias planejadas atingem 157.309,0 km (9,1%). Esses números só refletem a diversidade e os grandes desafios que se tem em gerir as questões ligadas à pavimentação no Brasil.

Nesse contexto, para as redes urbanas pavimentadas, de forma geral, nota-se que a durabilidade projetada muitas das vezes são reduzidas. Isso significa que as expectativas relativas à vida útil dessas infraestruturas não são plenamente atendidas. Mas ressalta-se que a vida útil dos pavimentos pode variar dependendo de várias circunstâncias, tais como o tipo de pavimento adotado, as situações climáticas locais, o volume de tráfego, materiais utilizados nas camadas, a qualidade da manutenção e a frequência que ocorrem. Portanto, a implementação de um gerenciamento adequado durante todas as fases do ciclo de vida viário é determinante para manter a eficiência e preservação do desempenho no decorrer do tempo.

Conforme descrição da CNT (2017), no que diz respeito aos pavimentos flexíveis, verifica-se que a expectativa da vida útil fica em torno de 8 a 12 anos, considerando os períodos com manutenções regulares e respeitando os requisitos de projeto solicitados. Nos pavimentos rígidos, em oposição, tende-se a ter uma duração entre 25 anos a 30 anos, com os mesmos critérios citados anteriormente. Essas informações podem ser visualizadas no quadro 2, onde se faz um comparativo entre essas duas estruturas.

2.5 DEFEITOS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Nota-se que a vida útil de um pavimento é relativamente limitada quando se compara a outras obras civis. Contudo, um pavimento adequadamente dimensionado e construído não sofrerá uma ruptura súbita, acumulando defeitos com o tempo na proporção em que é solicitado pelo tráfego e por condições climáticas. Nessa conjuntura, portanto, é fundamental realizar a inspeção frequente do estado do pavimento, com a intenção de detectar as primeiras demonstrações de defeitos e monitorar sua progressão, atuando com correções no momento adequado para mitigar a rápida evolução desses defeitos (Bernucci *et al.*, 2022). Acerca da temática, os autores mencionam ainda:

Dessa forma, a mensuração da condição superficial do pavimento, com detecção dos defeitos em sua fase inicial e acompanhamento do crescimento futuro, é uma das técnicas que mais auxiliam na quantificação da “saúde” do pavimento, identificando seções deficientes, o que auxilia na definição das prioridades dos projetos de manutenção e restauração, permitindo criar ou melhorar modelos de previsão de desempenho e, também, de projeto (Bernucci *et al.*, 2022, p. 629).

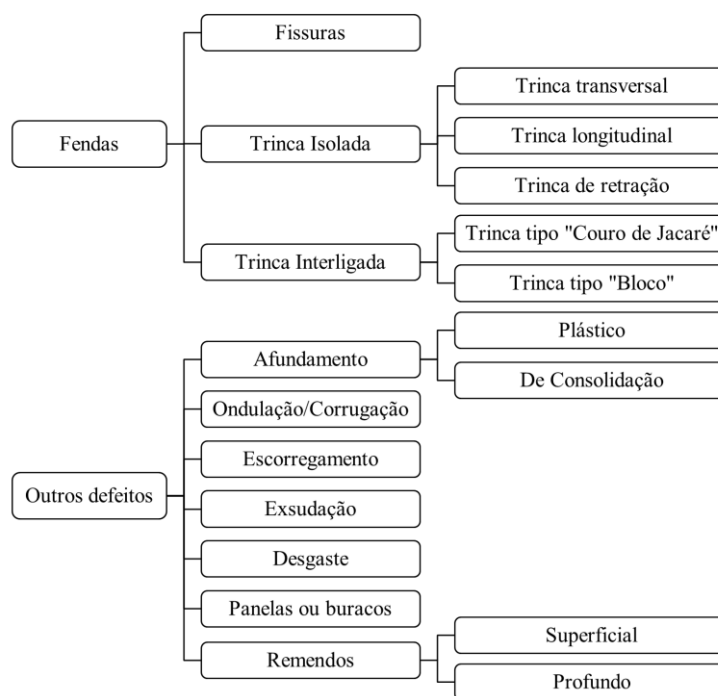
À medida que o tempo avança, as propriedades dos materiais que constitui o pavimento gradualmente perdem as suas propriedades iniciais. Esses defeitos emergem, devido as solicitações contínuas do tráfego e à exposição às intempéries, que são essencialmente condições climáticas mais extremas (Gomes, 2018).

Assim, entender os tipos de patologias determinadas no pavimento torna-se bastante relevante, pois possibilita diagnosticar as condições da superfície viária e serve de base para empregar as técnicas corretas de correção. Para a classificação dos defeitos existem diversas metodologias utilizadas na literatura, de modo que será adotada as que estão descritas na norma DNIT 005/2003 – TER, cuja abordagem traz os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semirrígidos e serve para uniformizar a linguagem inserida no desenvolvimento das normas, projetos, manuais e textos relacionados a tais estruturas (DNIT, 2003a).

A ênfase deste estudo será direcionada para a análise e compreensão das patologias verificadas em pavimentos flexíveis. A escolha é justificada pela notável prevalência que este tipo de pavimento possui no âmbito local, de forma que olhar para essas investigações viárias são iniciativas de construir respostas para a realidade empírica que constatamos diariamente ao trafegar pela cidade. Ao aprofundar e expandir o entendimento desse assunto, tenta-se levar em consideração as particularidades e circunstâncias regionais que podem contribuir em buscar as melhores soluções da qualidade, durabilidade e segurança das vias.

Dessa forma, a norma DNIT 005/2003 – TER (2003a) cataloga as patologias segundo o fluxograma seguinte.

Figura 7: Classificação dos defeitos que ocorrem em pavimentos flexíveis

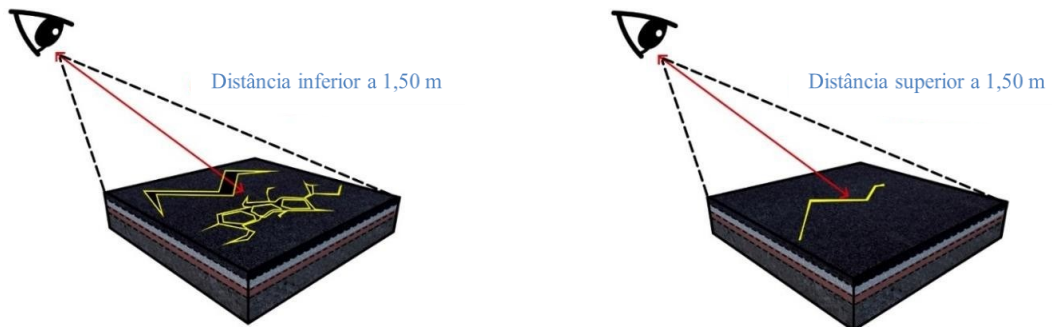


Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base na norma DNIT 005/2003 – TER (2003a).

2.5.1 Fendas

Conforme o DNIT (2006b, p. 66), “são chamadas de fendas quaisquer descontinuidade na superfície do pavimento podendo assumir a feição de fissuras, trincas isoladas longitudinais ou transversais e trincas interligadas tipo couro de jacaré ou tipo bloco”. Acrescentando, Bernucci *et al.* (2022, p. 652) interpretam que “as fendas são aberturas na superfície asfáltica e podem ser classificadas como fissuras, quando a abertura é perceptível a olho nu apenas à distância inferior a 1,5 m, ou como trincas, quando a abertura é superior à da fissura”. A figura 8 representa esquematicamente a visão dessas colocações.

Figura 8: Desenho esquemático de defeitos (à esquerda, fissura, e à direita, trinca).



Fonte: Adaptado da Prefeitura Municipal de Campo Grande (2019).

2.5.2 Fissuras

Segundo a CNT (2017, p. 82), são as “fendas capilares no revestimento asfáltico, posicionadas longitudinal, transversal ou obliquamente, perceptíveis à vista desarmada de uma distância inferior a 1,5 metro (m) e cuja extensão seja inferior a 30 centímetros (cm)”.

Figura 9: Fissuras no pavimento



Fonte: CNT (2017).

As causas principais podem estar relacionadas a dosagem inadequada do asfalto, com um excesso de finos (filler ou material de enchimento) no revestimento e a compactação realizada em momento inoportuno ou excessiva (CNT, 2017).

2.5.3 Trincas

A normatização do DNIT 005/2003 – TER (2003a) determina a trinca como sendo a fenda existente no revestimento, visível facilmente a vista desarmada, com abertura maior que a da fissura (1,5 m) e podendo manifestar-se em formato de trinca isolada ou trinca interligada.

A trinca representa uma imperfeição na superfície que compromete a integridade do revestimento, possibilitando a infiltração de água e, conseqüentemente, gerando um

enfraquecimento adicional da estrutura. Uma vez iniciada, a trinca tem a tendência de expandir sua severidade e extensão, o que pode, eventualmente, culminar na deterioração do revestimento (DNIT, 2006b).

2.5.3.1 Trinca isolada transversal

São trincas isoladas, aproximadamente ortogonais ao eixo do pavimento, sendo chamadas de trincas transversais longas quando o seu comprimento for maior que 1 metro e trincas transversais curtas quando for igual ou inferior a 1 metro (Silva, 2008).

Figura 10: Trinca transversal



Fonte: CNT (2017).

As causas estão atreladas à “contração da capa asfáltica causada devido a baixas temperaturas ou ao endurecimento do asfalto; propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento da estrada” (CNT, 2017, p. 83).

2.5.3.2 Trinca isolada longitudinal

São trincas isoladas, aproximadamente paralelas ao eixo do pavimento, sendo denominadas trincas longitudinais longas quando o seu comprimento for maior que 1 metro e trincas longitudinais curtas quando for igual ou inferior a 1 metro (Silva, 2008).

Figura 11: Trinca longitudinal



Fonte: CNT (2017).

As causas tendem a estar associadas com a execução ineficaz da junta longitudinal de separação entre as duas faixas de tráfego; contração de capa asfáltica em razão das temperaturas baixas ou ao endurecimento do asfalto; recalque diferencial e a aumento de trincas nas camadas subjacentes à do revestimento viário (CNT, 2017).

2.5.3.3 Trinca isolada de retração

Para Silva (2008), as trincas de retração não possuem relação com o fenômeno de fadiga; ao invés disso, são ocasionadas pela retração térmica ou pela retração por secagem do material da base de BGTC (brita graduada tratada com cimento) ou solo-cimento, ou do revestimento.

Figura 12: Trinca de retração



Fonte: Bernucci *et al.* (2022).

2.5.3.4 Trinca interligada tipo “Couro de Jacaré”

“Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas” (DNIT, 2003a, p. 2).

Figura 13: Trinca em malha tipo “Couro de Jacaré”



Fonte: CNT (2017).

As causas estão vinculadas ao colapso do revestimento asfáltico decorrentes da repetição das ações do tráfego; ao subdimensionamento ou baixa qualidade da estrutura ou de uma das camadas do pavimento; capacidade baixa de suporte do solo; pavimento atingindo o fim de sua vida útil pelo processo de envelhecimento e ao asfalto rígido ou quebradiço (CNT, 2017).

2.5.3.5 Trinca interligada tipo “Bloco”

Em consonância com o DNIT (2003a, p. 2), é o “conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas”.

As trincas de blocos denotam que o asfalto passou por um endurecimento notável, decorrente da oxidação ou da volatilização dos maltenos, tornando-o menos flexível. Esse tipo

de trinca apresenta uma disposição semelhante à de um retângulo, abrangendo áreas que variam de 0,1 m² a 10 m² (Silva, 2008).

Figura 14: Trinca em malha tipo “Bloco”



Fonte: CNT (2017).

As causas relacionam-se à contração da capa asfáltica por conta da oscilação entre altas e baixas temperaturas, bem como a pouca resistência à tração da mistura asfáltica (CNT, 2017).

2.5.4 Afundamento

O DNIT (2003a, p. 2) afirma que o afundamento se trata da “deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação”.

2.5.4.1 Afundamento plástico

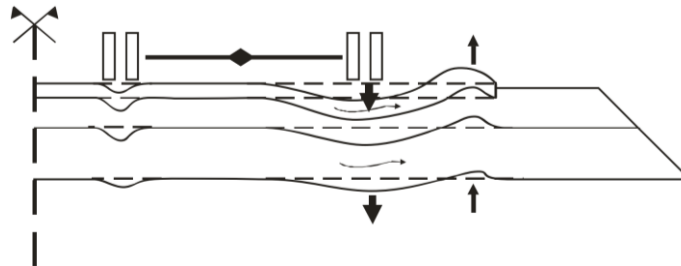
É mencionado pelo DNIT 005/2003 – TER (2003a) que a aparição de afundamentos plásticos ocorre por meio da fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhada por solevamento. Se a extensão for até 6 metros é denominado de afundamento plástico local; caso a extensão seja maior que 6 metros e o fenômeno estiver concentrado ao longo da trilha de roda é chamado de afundamento plástico de trilha de roda.

Figura 15: Afundamento plástico nas trilhas de roda



Fonte: CNT (2017).

Figura 16: Esquemática do afundamento plástico nas trilhas de roda



Fonte: DNIT (2006b).

Conforme a CNT (2017, p. 87), as causas principais são a “fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito; falha na dosagem de mistura asfáltica (excesso de ligante asfáltico); falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante”.

2.5.4.2 Afundamento de consolidação

Na normatização DNIT 005/2003 – TER (2003a) é explicada o conceito que segue:

Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local; quando a extensão for superior a 6m e estiver localizado ao longo da trilha de

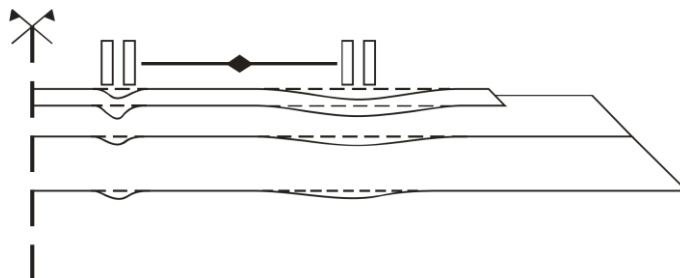
roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda (DNIT, 2003a, p. 3).

Figura 17: Afundamento por consolidação nas trilhas de roda



Fonte: CNT (2017).

Figura 18: Esquematização do afundamento por consolidação nas trilhas de roda



Fonte: DNIT (2006b).

As causas vinculam-se à “fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito; densificação ou ruptura por cisalhamento de camadas subjacentes ao revestimento; falha de compactação na construção; problemas de drenagem” (CNT, 2017, p. 88).

2.5.5 Ondulação ou corrugação

“Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento” (DNIT, 2003a, p. 3). Outra definição é informada por Silva (2008), na qual as

corrugações são ondulações que se desenvolvem transversalmente ao eixo da via, apresentando múltiplos padrões ondulantes em intervalos menores que 3 metros, sendo que esse defeito pode ser atribuído a falhas na execução (base instável), excesso de asfalto (baixa resistência da massa asfáltica) ou finos. A corrugação, no entendimento de Danieleski (2004), é uma imperfeição reconhecida pela movimentação plástica da massa asfáltica, originando ondulações sobre a superfície e pode manifestar-se nas áreas de aceleração e desaceleração de veículos, produzindo ondas transversais consecutivas, ou em curvas, resultando em ondulações com arranjo aleatório.

Figura 19: Ondulação ou corrugação



Fonte: CNT (2017).

São quatro as causas principais: “a falta de estabilidade da mistura asfáltica; excessiva umidade do solo subleito; contaminação da mistura asfáltica e a falta de aeração das misturas líquidas de asfalto” (CNT, 2017, p. 89).

2.5.6 Escorregamento

Conforme o DNIT (2003a, p. 3), o escorregamento é o “deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua”. Silva (2008) também conceitua o escorregamento, em suas palavras tece as seguintes descrições:

O escorregamento consiste no **deslocamento** do revestimento em relação à base, com aparecimento de **fendas** em forma de **meia-lua** [...]. A **trinca em forma de meia-lua** é devido à falta de aderência (falta de limpeza) entre a camada de revestimento e a camada subjacente, ou a massa asfáltica tem baixa resistência. Ocorre principalmente em áreas de frenagem e de interseções, quando o veículo causa o deslizamento da massa asfáltica (baixa aderência) ou sua deformação (baixa resistência) (Silva, 2008, p. 35, grifo do autor).

Figura 20: Escorregamento



Fonte: CNT (2017).

As causas têm ligação com as falhas executivas e de pintura de ligação (CNT, 2017).

2.5.7 Exsudação

“A exsudação é uma ocorrência ocasionada pela formação de uma película ou filme de material betuminoso na superfície do pavimento e se caracteriza por manchas de variadas dimensões” (DNIT, 2006b, p. 66). Em outra ótica, Senço (2001), detalha que esse defeito decorre do excesso de asfalto, ocasionando o movimento vertical do material betuminoso, originando placas de asfalto na superfície. Em vista disso, resulta em um aspecto pouco agradável e gera uma superfície escorregadia e altamente perigosa durante os períodos de chuva. A exsudação pode ainda surgir devido à distribuição irregular do asfalto durante a aplicação de tratamentos superficiais e mesmo pelo baixo índice de vazios na composição do pavimento.

Devido à interação do tráfego e às elevadas temperaturas, o cimento asfáltico presente na mistura irá expandir-se, preenchendo os vazios que não estavam ocupados. Como decorrência, ocorre a migração e concentração do ligante na superfície do revestimento. A passagem das cargas poderá acarretar um aumento da densificação da mistura nas trilhas de rodas (reduzindo o espaço vazio) e um aumento na exsudação. Essa patologia pode revelar-se em qualquer região da superfície do pavimento, mas tende a ser mais acentuada nas trilhas de rodas (DNIT, 2006b).

Figura 21: Exsudação



Fonte: CNT (2017).

A quantidade excessiva de ligante e o baixo teor de vazios são as causas (CNT, 2017).

2.5.8 Desgaste

Outro fenômeno a manifestar-se nos pavimentos é o desgaste ou desagregação, que em conformidade ao DNIT (2006b), trata-se da perda de agregados e/ou argamassa fina do revestimento asfáltico, sendo caracterizado pela aspereza superficial anormal, acompanhado da perda do envolvimento betuminoso e arrancamento progressivo dos agregados. No entendimento de Silva (2008), o desgaste superficial (polimento) é uma interação entre o tráfego e o intemperismo. No limite, isso pode resultar em uma superfície polida, comprometendo a

segurança à derrapagem. E o desgaste superficial tem um estágio avançado no arrancamento progressivo dos agregados.

A seguir a figura 22 detalha esse defeito e abaixo são explicadas as causas.

Figura 22: Desgaste



Fonte: CNT (2017).

As causas têm ligação com as “falhas de adesividade ligante-agregado; presença de água aprisionada e sobreposição em vazios da camada de revestimento, gerando deslocamento de ligante; deficiência no teor de ligante; problemas executivos ou de projeto de misturas” (CNT, 2017, p. 92).

2.5.9 Painela ou buraco

As painelas são depressões que se formam inicialmente na superfície do pavimento e apresentam profundidades e dimensões variáveis. Esse defeito é crítico, visto que tem impactos estruturais no pavimento, permitindo a infiltração de águas superficiais para o interior da estrutura. Além disso, tem repercussões no aspecto funcional, afetando a irregularidade longitudinal e, por conseguinte, a segurança e custo de transporte (DNIT, 2006b).

Silva (2008) detalha que a painela se configura como uma cavidade ou buraco que se desenvolve no revestimento e pode alcançar a camada da base, sendo que esses buracos são

evoluções das trincas, afundamentos ou desgastes. A água é comprimida e como ela é incompressível, pode desagregar ou enfraquecer as camadas do pavimento, contribuindo para aumentar os afundamentos em trilhas de roda. Ao acumular a água da chuva nas trincas superficiais da camada asfáltica, gera uma degradação do revestimento acelerada, processo conhecido como *stripping*. Por esse motivo, em meses de estação chuvosa, observa-se uma tendência ao aumento da formação de buracos nas ruas e rodovias.

Figura 23: Panela ou buraco



Fonte: CNT (2017).

As causas possuem associação com as trincas de fadiga; desintegração identificada na superfície do pavimento; falta de compactação adequada; umidade excessiva em camadas de solo e erros nos processos de imprimação (CNT, 2017).

2.5.10 Remendo

É preconizado por Bernucci *et al.* (2022) que o remendo é categorizado como um tipo de defeito, embora esteja também ligado a medidas de conservação da superfície e evidencie-se pelo preenchimento de panelas ou de qualquer outro orifício ou depressão com o uso de massa asfáltica. Através da norma DNIT 005/2003 – TER (2003a) é elucidado duas categorias de remendos: profundo e superficial, no qual o primeiro ocorre a substituição do revestimento

e, possivelmente, de uma ou mais camadas subjacentes do pavimento, sendo que usualmente apresenta formato retangular. O remendo superficial é a correção pontual da superfície do revestimento, realizada em uma área específica, pela aplicação de uma camada betuminosa.

Figura 24: Remendo



Fonte: CNT (2017).

Os remendos, assim como os pavimentos, sofrem deteriorações por múltiplos mecanismos, resultantes da interação entre o tráfego e as influências climáticas. A deterioração dos remendos ocorre nas áreas remendadas, situadas em regiões isoladas do pavimento (DNIT, 2006b). As causas desse defeito estão interligadas a carga de tráfego; utilização de materiais de baixa qualidade; ação do meio ambiente e construção inadequada (CNT, 2017).

O quadro 3 evidencia a classificação dos defeitos e a codificação adotada, conforme a norma DNIT 005/2003 – TER (2003a), enquanto a figura 25 traça os defeitos vistos nesta seção.

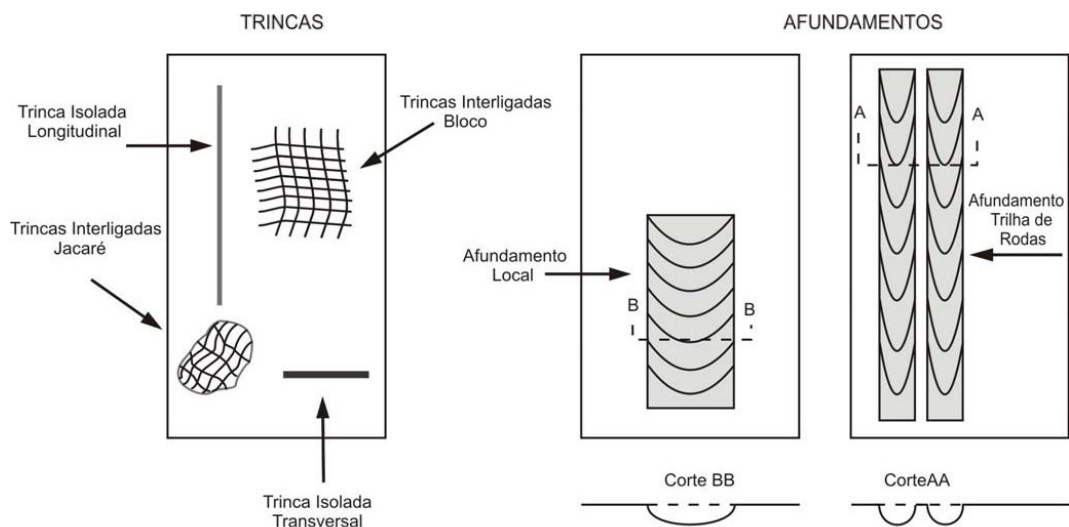
Quadro 3: Síntese dos defeitos – Classificação e Codificação

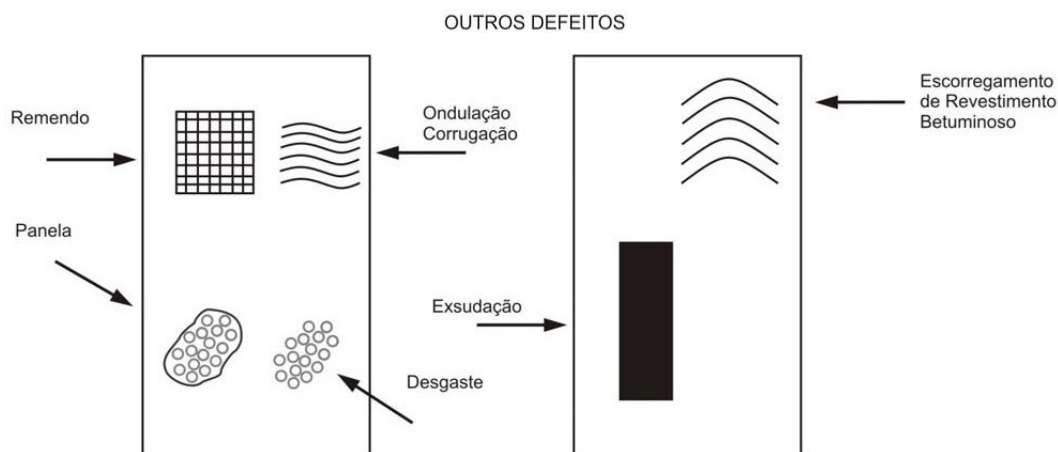
FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	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
“Panelas” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos		Remendo Superficial		RS
		Remendo Profundo		RP
<p>NOTA 1: Classe das trincas isoladas</p> <p>FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm. FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas. FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.</p> <p>NOTA 2: Classe das trincas interligadas</p> <p>As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.</p>				

Fonte: DNIT (2003a).

Figura 25: Representação esquemática dos defeitos que ocorrem na superfície dos pavimentos flexíveis e semirrígidos





Fonte: DNIT (2003a).

2.6 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DOS PAVIMENTOS

O propósito principal da pavimentação é assegurar a capacidade de tráfego durante todas as épocas do ano e sob variadas condições climáticas, ao passo que oferece aos usuários segurança e conforto ao rolamento. Como o solo natural não possui a resistência necessária para suportar repetidas cargas de rodas sem sofrer deformações significativas, torna-se imprescindível criar uma estrutura, conhecida como pavimento, que seja instalada sobre o subleito. Essa estrutura é dimensionada para suportar as cargas veiculares, distribuindo as solicitações através de suas várias camadas e ao subleito e controlando as tensões e deformações de modo a garantir um desempenho satisfatório da via no decorrer do período planejado (Bernucci *et al.*, 2022).

Já é sabido que por meio da conservação rotineira apropriada, somada as conservações periódicas realizadas no pavimento, é possível estender a durabilidade de uma rodovia pavimentada até que alcance um estado mais crítico, momento no qual a reabilitação faz-se necessária, dando início a uma nova vida útil (Peterlini, 2023). O autor enfatiza adicionalmente:

Esse é um problema cultural brasileiro de que quando se constrói uma nova rodovia ou mesmo quando a mesma é restaurada, é comum o relaxamento com a conservação. Comete-se assim um erro, já que a partir do momento que se libera ao tráfego um pavimento, o mesmo está sujeito aos serviços de conserva, por mínimo que seja. Uma trinca por menor que seja tem que ser selada o mais breve possível, pois que o custo dessa tarefa pode ser baixo e com o tempo ir se agravando, tornando-se um problema de alto custo (Peterlini, 2023, p. 30).

Nesse ponto de vista, compreender os mecanismos que geram o fenômeno de deterioração em um pavimento é uma condição basal para identificar as razões de tais condições e para escolher e programar as técnicas mais corretas para a sua restauração (DNIT, 2006b).

2.6.1 Avaliação Funcional do Pavimento

Conforme esclarecido pelo DNIT (2006b), o desempenho funcional está associado a capacidade do pavimento em efetuar sua função principal, que consiste em oferecer uma superfície com serventia apropriada quanto à qualidade de rolamento.

A definição da necessidade de restaurar o pavimento devido a sua condição funcional costumava ser realizada levando-se em conta apenas as avaliações subjetivas. Com o progresso dos dispositivos de medição de irregularidades longitudinais, que permitem a medição direta do perfil do pavimento, e considerando a larga acessibilidade a esses equipamentos, passou-se a conduzir avaliações objetivas que podem replicar a percepção dos usuários (CNT, 2017).

Nesse contexto, foram elaborados métodos de avaliação da pista de rolamento, abrangendo tanto técnicas subjetivas quanto objetivas. Na avaliação subjetiva, tem-se a fundamentação na perspectiva dos usuários quanto ao conforto que os motoristas experimentam ao transitar pela via, o que permite verificar o nível de satisfação dos condutores com o pavimento, mediante a concessão de notas ou conceitos. Em contrapartida, a avaliação objetiva evidencia o impacto causado pelas irregularidades do pavimento na qualidade de rodagem e segurança viária e, para tal, são feitas medições dessas falhas utilizando-se de várias técnicas (Machado, 2013).

De modo geral, tem-se que a norma DNIT 005/2003-TER (revisão da DNER-TER 001/78) estabelece os critérios para avaliação de defeitos. E com base nela, foram desenvolvidas as outras normas de procedimentos. Para realizar a avaliação subjetiva, emprega-se a DNIT 009/2003-PRO (revisão da DNER-PRO 007/94) e na avaliação objetiva, as diretrizes são delineadas pela DNIT 006/2003-PRO (revisão da DNER-PRO 008/94), bem como pela DNIT 007/2003-PRO (revisão da DNER-ES 128/83). Enquanto a avaliação da condição da superfície dos pavimentos pelo Levantamento Visual Contínuo, recorre-se à DNIT 008/2003-PRO (Machado, 2013).

Uma vez apresentadas tais informações, este trabalho focará seus esforços na avaliação objetiva, com auxílio do índice de gravidade global. Busca-se nesse método a acurácia necessária para levantar o estado da via e formular estratégias eficazes voltadas à manutenção e correção das questões identificadas.

2.6.1.1 Valor de Serventia Atual

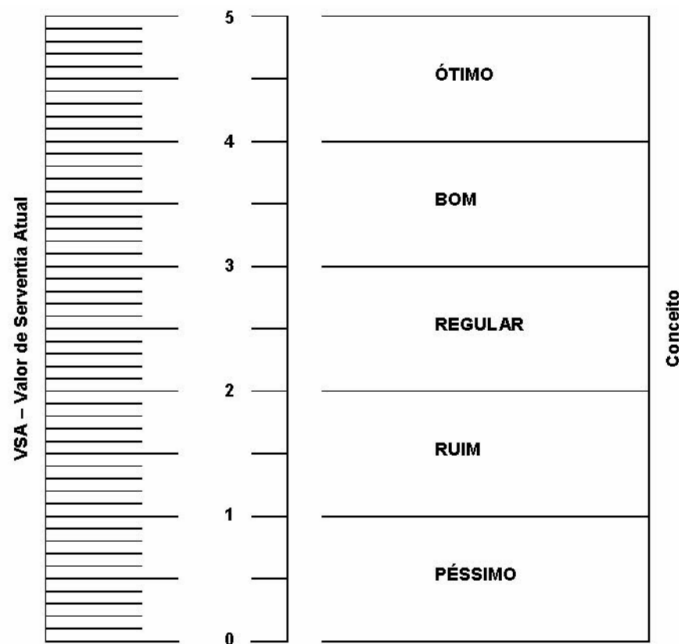
O primeiro método sistematizado de avaliação funcional foi o da serventia de determinado trecho de pavimento, introduzido por Carey e Irick, em 1960, para as pistas

experimentais da AASHO (*American Association of State Highway Officials*, atualmente AASHTO, *American Association of State Highway and Transportation Officials*). Essa abordagem foi definida numa escala de 0,0 a 5,0, sendo 5 representando a condição ideal da superfície do pavimento, a qual diminui à medida que a solicitação do tráfego avança (Bernucci *et al.*, 2022).

As instruções que preconizam os procedimentos necessários para a avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos são normatizadas pela norma DNIT 009/2003 – PRO (2003c), a qual leva em consideração o Valor da Serventia Atual (VSA). O Valor da Serventia Atual, na concepção do DNIT (2003c), é um diagnóstico subjetivo das condições de superfície de um pavimento, conduzida por um grupo de avaliadores que trafegam o trecho sob análise, documentando suas percepções acerca da capacidade do pavimento em cumprir com as demandas do tráfego que atua sobre ele, quanto aos aspectos de suavidade e conforto, no determinado momento da avaliação. A ficha de avaliação que rege o método pode ser visualizada na figura 26.

Corroborando com a temática analisada, Nakahara (2005) indica que a serventia é caracterizada pelo grau com que o pavimento satisfaz aos requisitos de conforto ao rolamento e segurança, dentro das circunstâncias operacionais da via em um dado período de sua vida de serviço.

Figura 26: Ficha para avaliar a serventia



Fonte: DNIT (2003c).

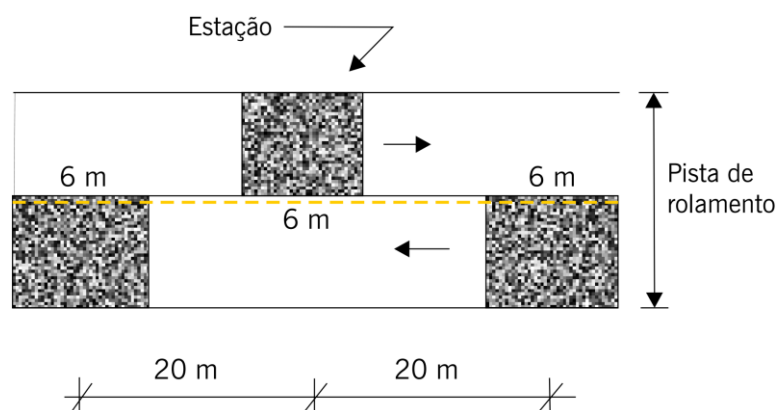
E segundo determinado nas diretrizes do DNIT 009/2003 – PRO (2003c), o grupo responsável pela medição do VSA deve ser formado por cinco membros entendedores dos propósitos da normatização. Isso garante que o procedimento seja conduzido por uma equipe qualificada e ao mesmo tempo assegura a precisão necessária aos requisitos estipulados.

2.6.1.2 Índice de Gravidade Global

Por meio das instruções estabelecidas na norma DNIT 006/2003 – PRO, é definido um procedimento para a execução do levantamento sistemático de defeitos no pavimento e para verificação do Índice de Gravidade Global (IGG), o qual desempenha um papel importante para indicar as condições do pavimento, ao passo que representa uma metodologia objetiva da avaliação funcional (CNT, 2017).

O IGG não é determinado para toda a área da via, mas de maneira amostral para algumas estações com área e espaçamento entre elas, seguindo uma disposição predefinida pela norma do DNIT. Essas estações são selecionadas nas rodovias de pista simples a cada de 20 metros, alternando entre as faixas, o que resulta em uma distância de 40 metros em cada faixa da pista. Quando se trata das rodovias de pista dupla, as estações são estabelecidas a cada 20 metros na faixa mais solicitada pelo tráfego, em cada uma das pistas. A área de avaliação abrange 3 metros antes e 3 metros após cada uma das estacas demarcadas, totalizando um comprimento de 6 metros em cada estação e uma largura equivalente à faixa em análise (Bernucci *et al.*, 2022). Na figura 27 é apresentado um exemplo das estações em pista simples.

Figura 27: Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos



Fonte: Bernucci *et al.* (2022).

Para realizar o registro dos defeitos, é empregada uma planilha na qual são utilizadas as terminologias e códigos correspondentes às imperfeições identificadas da área demarcada. Em

casos de afundamentos nas trilhas de roda externa e interna, é necessário mensurá-los com o recurso de uma treliça metálica e, posteriormente, essas medições são registradas na planilha da coluna correspondente à estação onde foi efetuada uma única medida em cada trilha (Bernucci *et al.*, 2022).

Ainda conforme especificado por Bernucci *et al.* (2022), a norma do DNIT segmenta em oito diferentes categorias os tipos de defeitos: (1) fissuras e trincas; (2) trincas de bloco ou tipo couro de jacaré sem erosão; (3) trincas de bloco ou tipo couro de jacaré com erosão; (4) afundamentos localizados ou nas trilhas; (5) corrugação e panelas (além de ondulações); (6) exsudação; (7) desgaste; (8) remendos. Ademais, é necessário registrar os afundamentos nas trilhas externa e interna e anotar a presença de afundamentos devido à consolidação e escorregamentos.

Com as informações coletadas, posteriormente verifica-se a normatização DNIT 006/2003 – PRO (2003b), que prescreve os cálculos das frequências absolutas e relativas das ocorrências registradas. Enquanto, a frequência absoluta (f_a) representa quantas vezes a ocorrência foi observada, a frequência relativa (f_r) pode ser calculada por meio da fórmula:

$$f_r = \frac{f_a \cdot 100}{n} \quad (1)$$

Onde:

f_r - frequência relativa;

f_a - frequência absoluta;

n - número de estações inventariadas.

Dessa maneira, para cada ocorrência inventariada, deve ser determinado o Índice de Gravidade Individual (IGI), obtido pela multiplicação entre a f_r - frequência relativa; f_p - fator de ponderação, conforme equação 2.

$$IGI = f_r \cdot f_p \quad (2)$$

Os valores relativos aos fatores de ponderação (f_p) são apresentados em conformidade com as informações contidas na tabela 1.

Tabela 1: Valores referentes aos Fatores de Ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2003-TER “Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia”	Fator de Ponderação (f_p)
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE)	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (f_r) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.

Fonte: Adaptado de DNIT (2003b).

No processo de determinar o IGG, calcula-se também o IGI referente aos afundamentos nas trilhas de roda, levando-se em conta dois fatores: a média aritmética dos valores médios das flechas (F) e a média aritmética das variâncias das flechas (FV), conforme critérios normativos.

$$IGI_F = F \cdot 4/3, \text{ quando } F \leq 30 \text{ ou } IGI_F = 40, \text{ quando } F > 30 \quad (3)$$

$$IGI_{FV} = FV \cdot 1, \text{ quando } FV \leq 50 \text{ ou } IGI_{FV} = 50, \text{ quando } FV > 50 \quad (4)$$

Assim, o IGG é determinado através do somatório dos Índices de Gravidade Individuais (equação 5) e após isso atribui-se um conceito indicativo do nível de degradação do pavimento.

$$IGG = \sum IGI \quad (5)$$

Tabela 2: Nível da degradação alcançada pelo pavimento através do IGG

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

Fonte: DNIT (2003b).

2.7 ÁRVORE DE DECISÃO

Há diversos métodos disponíveis para verificar adequadamente as atividades de manutenção e reabilitação dos pavimentos (M&R), entre os quais Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006) propõem árvores de decisão, levando-se em conta como fatores os tipos de defeitos (nível de severidade e extensão) e o volume de tráfego (quando este influencia a ocorrência do defeito). São adotadas as seguintes atividades para M&R: Não fazer nada; Capa selante; Lama asfáltica; Tratamento superficial; Selagem de trincas; Preenchimento de buracos; Remendo; Regularização; Drenagem; Reciclagem; Recapeamento; Reconstrução; Recomposição do acostamento e Aplicação de areia quente.

Destaca-se que a utilização da árvore de decisão é amplamente difundida nas análises de manutenção no Brasil, pois corresponde a uma ferramenta simplificada, de fácil manuseio e oferece respostas satisfatórias às demandas de atuação (Jover, 2017).

A tabela abaixo ilustra os critérios que são empregados para os níveis de severidade, extensão e tráfego e o Anexo A retrata as árvores de decisão correspondente às categorias patológicas.

Tabela 3: Critérios de classificação dos fatores utilizados nas árvores de decisão

Nível de Severidade			
	1	2	3
Severidade	Baixa	Média	Alta
Nível de Extensão de Defeito			
	1		2
Extensão	Pequena (< 50%)		Grande (> 50%)
Nível de Tráfego			
VDM (x1000)	1 – Leve	2 – Médio	3 – Pesado
Tráfego	<1	1 – 5	>5

Fonte: Shahin (2005 *apud* Berbel, 2016, p. 51).

Ao que se observa para esse método é adotado o manual de levantamento de defeitos utilizado no Programa SHRP (Programa Estratégico de Pesquisas Rodoviárias), no qual possibilita a uniformização da coleta de dados e foi estabelecido pelo Congresso dos Estados Unidos em 1987, envolvendo a participação de mais de vinte países, incluindo o Brasil (Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Ademais, o manual do programa de pesquisa SHRP considera 15 tipos de defeitos em pavimentos flexíveis, fornecendo para cada tipo a descrição, os níveis de severidade e a forma de quantificação da extensão (Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006). O quadro 4 retrata tais procedimentos.

Quadro 4: Detecção de defeitos em pavimentos

(continua)

TRINCAS POR FADIGA DO REVESTIMENTO		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> • Áreas submetidas a cargas repetidas de tráfego; • Forma: "couro de crocodilo" ou "tela de galinheiro"; • Espaçamento inferior a 30 cm. 	<ul style="list-style-type: none"> • BAIXA: poucas trincas conectadas, sem erosão nos bordos e sem evidência de bombeamento; • MÉDIA: trincas conectadas e bordos levemente erodidos, mas sem evidência de bombeamento; • ALTA: trincas erodidas nos bordos, movimentação dos blocos quando submetidos ao tráfego e com evidências de bombeamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
TRINCAS EM BLOCOS		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> • Trincas que dividem o pavimento em pedaços aproximadamente retangulares; • Tamanho dos blocos: 0,1 a 10m². 	<ul style="list-style-type: none"> • BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições; • MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa; • ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
TRINCAS NOS BORDOS		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> • Apenas para pavimentos com acostamentos não pavimentados; • Dentro de uma faixa de 60 cm a partir da extremidade de pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • BAIXA: sem perda de material ou despedaçamento; • MÉDIA: perda de material e despedaçamento em até 10% da extensão afetada; • ALTA: perda de material e despedaçamento em mais de 10% da extensão afetada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar a extensão afetada (m) para cada nível de severidade.
TRINCAS LONGITUDINAIS		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> • Trincas predominantemente paralelas ao eixo, podendo se localizar dentro ou fora das trilhas de roda. 	<ul style="list-style-type: none"> • BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições; • MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa; • ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar a extensão (m) das trincas longitudinais e os níveis de severidade correspondentes (nas trilhas de roda ou fora delas). • Registrar a extensão com selante em boas condições.
TRINCAS POR REFLEXÃO		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> • Reflexão de trincas ou juntas das camadas inferiores; • Recapeamento ou pavimentos novos (contração da base). 	<ul style="list-style-type: none"> • BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições; • MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa; • ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar, em separado, as trincas transversais e longitudinais; • Registrar o n° de trincas transversais; • Registrar a extensão das trincas e os níveis de severidade; • Registrar a extensão com selante em boas condições.

Quadro 4: Detecção de defeitos em pavimentos

(continua)

TRINCAS TRANSVERSAIS		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> Trincas predominantemente perpendiculares ao eixo; Severidade de uma trinca: adotar a mais elevada, desde que represente pelo menos 10% da extensão. 	<ul style="list-style-type: none"> BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições; MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa; ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar o nº de trincas, a extensão e os níveis de severidade correspondentes; Registrar a extensão com selante em boas condições.
REMENDOS		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> Porção da superfície do pavimento, maior que 0,1 m², removida e substituída ou material aplicado ao pavimento após a construção inicial. 	<ul style="list-style-type: none"> Função da severidade dos defeitos apresentados pelo remendo. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar o nº de remendos e a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
PANELAS		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> Buracos resultantes de desintegração localizada, sob a ação do tráfego e em presença de água; Fragmentação, causada por trincas por fadiga ou desgaste, e remoção localizada de partes do revestimento. 	<ul style="list-style-type: none"> BAIXA: profundidade menor que 25 mm; MÉDIA: profundidade entre 25 e 50 mm; ALTA: profundidade maior que 50 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar o nº de panelas e a área afetada por cada nível de severidade.
DEFORMAÇÃO PERMANENTE		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> Depressão longitudinal nas trilhas de roda, em razão de densificação dos materiais ou ruptura por cisalhamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Substituídos pelas medições da deformação permanente a cada 15 m. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar a máxima deformação permanente nas trilhas de roda.
CORRUGAÇÃO		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> Deformação plástica caracterizada pela formação de ondulações transversais na superfície do pavimento; Causada por esforços tangenciais (frenagem ou aceleração). 	<ul style="list-style-type: none"> Associados aos efeitos sobre a qualidade do rolamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar o nº de ocorrências e a área afetada (m²).
EXSUDAÇÃO		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento; 	<ul style="list-style-type: none"> BAIXA: mudança de coloração em relação ao restante do pavimento devido ao excesso de asfalto; MÉDIA: perda de textura superficial; ALTA: aparência brilhante; marcas de pneus evidentes em tempo quente; agregados cobertos pelo asfalto. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
AGREGADOS POLIDOS		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> Polimento (desgaste) dos agregados e do ligante betuminoso e exposição dos agregados graúdos; Comprometimento da segurança: redução do coeficiente de atrito pneu-pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Níveis de polimento podem ser associados à redução no coeficiente de atrito pneu-pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar a área afetada (m²).

Quadro 4: Detecção de defeitos em pavimentos

(conclusão)

DESGASTE		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> Perda de adesividade do ligante betuminoso e desalojamento dos agregados; Envelhecimento, endurecimento, oxidação, volatilização, intemperização. 	<ul style="list-style-type: none"> BAIXA: início do desgaste, com perda de agregados miúdos; MÉDIA: textura superficial torna-se áspera, com perda de agregados miúdos e de alguns graúdos; ALTA: textura superficial muito áspera, com perda de agregados graúdos. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
DESNÍVEL (DEGRAU) ENTRE PISTA E ACOSTAMENTO		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> Diferença de elevação entre a faixa de tráfego e o acostamento: camadas sucessivas de revestimento asfáltico; erosão de acostamento não pavimentado; consolidação diferencial. 	<ul style="list-style-type: none"> Substituídos pelas medições do desnível. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar o desnível (mm) a cada 15 m ao longo da interface pista-acostamento.
BOMBEAMENTO		
Característica	Níveis de severidade	Como medir
<ul style="list-style-type: none"> Saída de água pelas trincas do pavimento sob a ação das cargas do tráfego; Identificado pela deposição à superfície, de material carreado das camadas inferiores. 	<ul style="list-style-type: none"> Não aplicáveis porque o bombeamento depende do teor de umidade das camadas inferiores do pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar o nº de ocorrências e a extensão afetada (m²).

Fonte: Adaptado de SHRP (1993 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006, p. 22-25).

Por outra vertente, o quadro 5 exhibe uma síntese das causas dos defeitos considerados no Programa SHRP e as atividades de M&R que foram utilizadas também na árvore de decisão.

Quadro 5: Motivos dos defeitos considerados no Programa SHRP e atividades de M&R

(continua)

TRINCAS POR FADIGA DO REVESTIMENTO	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<ul style="list-style-type: none"> Problema estrutural (espessuras inadequadas); Enfraquecimento estrutural durante o período de chuvas. 	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção: remendos (reparo permanente, no caso de problemas localizados) ou tratamento superficial e lama asfáltica (reparos temporários); Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural, no caso de áreas extensas); Reconstrução: novos materiais ou reciclados; Obs.: geralmente associadas à saturação do subleito, sub-base ou base, as trincas por fadiga podem exigir a remoção do material saturado e a instalação de drenagem.
TRINCAS EM BLOCOS	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<ul style="list-style-type: none"> Contração de origem térmica (revestimento formado por misturas asfálticas com agregados finos e alto teor de asfalto com baixa penetração) ou de variação do teor de umidade (camadas inferiores), ou ainda em razão do envelhecimento (perda de elasticidade do revestimento causada por oxidação em virtude de tempo de mistura muito longo, temperatura de mistura elevada ou período de armazenamento muito longo); Contração de bases tratadas com cimento ou com utilização de solos tropicais. 	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção: aplicação de selante (emulsão asfáltica seguida por tratamento superficial, lama asfáltica ou recapeamento delgado); Reabilitação: reciclagem ou recapeamento (nos estágios avançados).

Quadro 5: Motivos dos defeitos considerados no Programa SHRP e atividades de M&R

(continua)

TRINCAS NOS BORDOS	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<ul style="list-style-type: none"> • Compactação insuficiente; • Drenagem deficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Selante para evitar entrada de água e conseqüente enfraquecimento estrutural.
TRINCAS LONGITUDINAIS	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<ul style="list-style-type: none"> • Má execução de juntas longitudinais de separação entre duas faixas de tráfego (menor densidade e menor resistência à tração); • Contração do revestimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção: trincas com abertura menor que 3 mm não precisam ser preenchidas; trincas com abertura entre 3 e 20 mm devem ser limpas e receber aplicação de selante (asfalto modificado com borracha ou elastômeros) e lançamento de areia sobre o selante; • Reabilitação: trincas com abertura maior que 20 mm devem ser reparadas com remendo ou, no caso de estar previsto um recapeamento, devem ser preenchidas com concreto asfáltico de granulometria fina.
TRINCAS POR REFLEXÃO	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<ul style="list-style-type: none"> • Movimentação de placas rígidas subjacentes (pavimento rígido, bases tratadas com cimento ou cal, bases de solos arenosos finos lateríticos). 	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção: remendos e tratamento superficial ou lama asfáltica (reparos temporários); • Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural: têm sido utilizadas geomembranas entre o pavimento antigo e o reforço para absorção do movimento horizontal das camadas inferiores; outra técnica consiste na reciclagem das porções mais superficiais do pavimento antigo, de modo a eliminar o padrão das trincas e, dessa forma, ao menos retardar o aparecimento das trincas por reflexão); • Obs.: trincas com abertura menor que 3 mm não precisam ser preenchidas; trincas com abertura entre 3 e 20 mm devem ser limpas e receber aplicação de selante (asfalto modificado com borracha ou elastômeros) e lançamento de areia seca sobre o selante; trincas com abertura maior que 20 mm devem ser reparadas com remendo ou, no caso de estar previsto um recapeamento, devem ser preenchidas com concreto asfáltico de granulometria fina.
TRINCAS TRANSVERSAIS	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<ul style="list-style-type: none"> • Contração térmica do revestimento e hidráulica das outras camadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Selante para evitar entrada de água e conseqüente enfraquecimento estrutural.
REMENDOS	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
	<ul style="list-style-type: none"> • Obs.: o simples preenchimento de panelas é chamado de "tapa-buraco"
PANELAS	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<ul style="list-style-type: none"> • Falha estrutural (revestimento com pequena espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores); • Segregação da mistura (falta de ligante asfáltico em pontos localizados); • Problema construtivo (drenagem inadequada). 	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção: remendos (reparo permanente); • Reabilitação: recapeamento (reforço estrutural) após a execução dos remendos; • Obs.: as atividades de M&R devem, sempre, ser precedidas de instalação de drenagem.

Quadro 5: Motivos dos defeitos considerados no Programa SHRP e atividades de M&R

(continua)

DEFORMAÇÃO PERMANENTE	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<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"> • Reabilitação: reciclagem, recapeamento delgado (nas fases iniciais, precedido pelo preenchimento das depressões com concreto asfáltico) ou recapeamento espesso (reforço estrutural); • Reconstrução: novos materiais ou reciclados.
CORRUGAÇÃO	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<ul style="list-style-type: none"> • Falha estrutural; • Dosagem da mistura (falta de estabilidade, em razão de excesso de asfalto, ligante asfáltico pouco viscoso, excesso de agregados finos, agregados arredondados, com textura lisa ou granulometria inadequada); • Problema construtivo (fraca ligação entre base e revestimento). 	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção: remendos; • Reabilitação: reciclagem (fresagem dos revestimentos com espessura superior a 5 cm, seguida de aplicação de capa selante ou concreto asfáltico); recapeamento delgado (sobre superfície regularizada: escarificação e mistura com material da base e compactação antes do lançamento da nova camada de revestimento) ou recapeamento espesso (reforço estrutural); • Reconstrução: novos materiais ou reciclados.
EXSUDAÇÃO	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<ul style="list-style-type: none"> • Excesso de ligante betuminoso; • Baixo índice de vazios da mistura asfáltica; • Compactação pelo tráfego (má dosagem). 	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção: tratamento superficial (reparo temporário) ou aplicação de areia quente, que deve ser imediatamente compactada e varrida após o resfriamento; • Reabilitação: reciclagem.
AGREGADOS POLIDOS	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<ul style="list-style-type: none"> • Ação abrasiva do tráfego, que elimina as asperezas e angularidades das partículas; • Seleção dos materiais (agregados com pequena resistência à abrasão, como por exemplo, agregados de rochas calcárias). 	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção: tratamento superficial ou lama asfáltica; • Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado; • Reconstrução: novos materiais ou reciclados.
DESGASTE	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<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 de o ligante aderir ao agregado; • Execução sob condições meteorológicas desfavoráveis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção: capa selante (reparo temporário), tratamento superficial ou lama asfáltica; • Reabilitação: reciclagem ou recapeamento delgado.
DESNÍVEL (DEGRAU) ENTRE PISTA E ACOSTAMENTO	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<ul style="list-style-type: none"> • Erosão do acostamento; • Consolidação do acostamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recomposição do acostamento
BOMBEAMENTO	
Causas dos defeitos	Atividades de M&R
<ul style="list-style-type: none"> • Existência de água nos vazios sob o revestimento; • Pressão exercida pelas cargas do tráfego. 	<ul style="list-style-type: none"> • Drenagem

Fonte: Adaptado de SHRP (1993 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006, p. 44-47).

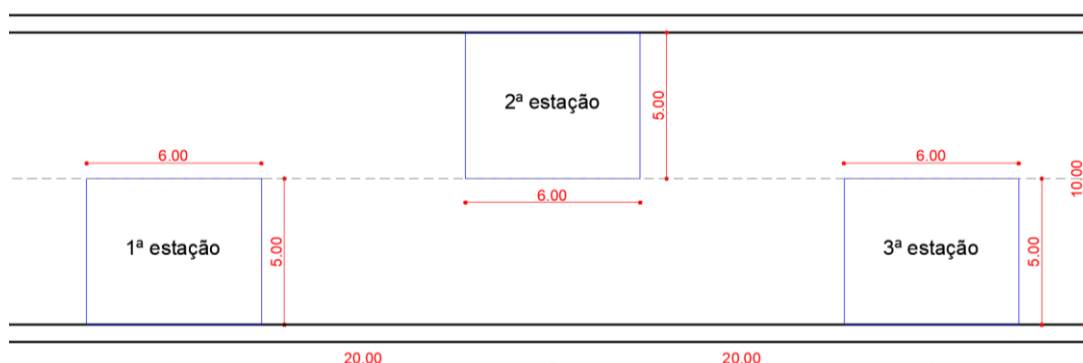
A escolha de concentrar o estudo em vias do centro do município de Santana foi uma decisão baseada na consideração dos critérios técnicos estabelecidos para conduzir esta pesquisa. Essa seleção se revelou pertinente, visto que essa via representa um cenário que é observado em várias outras do município, além de ser relevante para o transporte de mercadorias e pessoas. Dessa forma, essa abordagem permite analisar um cenário que abrange as condições viárias locais e amplia a relevância e a aplicabilidade das conclusões obtidas.

3.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS

A coleta das informações referente às patologias e sua subsequente avaliação foram conduzidas integralmente *in loco*, garantindo o levantamento preciso do estado geral da via e possibilitando elaborar um diagnóstico consistente das ocorrências observadas. Nesse contexto, torna-se indispensável a tarefa de verificar detalhadamente cada deterioração presente, para acompanhar a situação do grau de gravidade, frequências, dimensões e o impacto acarretado na trafegabilidade.

Assim, para assegurar a precisão desse levantamento, foi essencial realizar uma preparação prévia da via que estava sob análise. Esse preparo envolve a marcação planejada de pontos específicos distribuídos no pavimento e possibilita captar as informações específicas sobre as patologias presentes e suas características. A demarcação das estações no trecho avaliado possui as diretrizes recomendadas em literatura para os casos das rodovias de pista simples, com distâncias regulares de 20 metros intercaladas entre as faixas da pista, como ilustrado na figura seguinte.

Figura 29: Posicionamento de estudo das estações



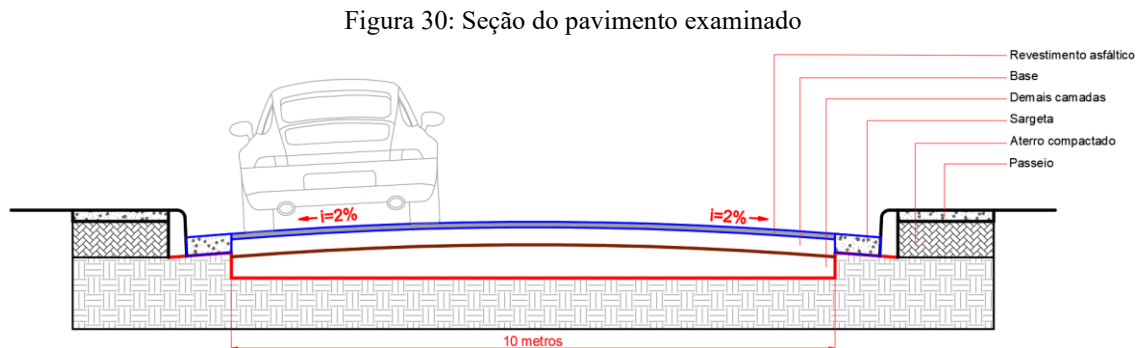
Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em Bernucci *et al.* (2022).

Para realizar a etapa de demarcação das estações e identificação das patologias existentes foram usados os seguintes materiais: trena de 5m e 50m, fita zebrada, câmera

fotográfica, régua de 30cm e paquímetro, os quais possibilitaram o registro para a coleta precisa e detalhada dos dados. Para acompanhar a verificação individualizada das patologias dentro dos gabaritos, utilizou-se como ferramenta a régua e a trena para medir as extensões das trincas, enquanto o paquímetro era empregado para determinar a profundidade dos buracos na via. Para registrar as informações encontradas, realizou-se a documentação fotográfica das condições existentes que posteriormente servirão de referência visual dos cálculos a serem estipulados.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA VIA

Como já mencionado, a pesquisa direciona a sua análise para um segmento da Avenida Rio Branco, sendo que o trecho examinado abrange um comprimento total de 226m e subdividido em 12 estações de 6m x 5m, isto é, 30m² para cada área aferida. *In loco*, é possível notar que a via é de pista simples, com duplo sentido de circulação, largura em cerca de 10m, predominância para frota de veículos leves, espessura de revestimento asfáltico abaixo de 3cm, falta de sinalização viária e ausência de alguns elementos mais aprimorados de drenagem urbana. A caracterização da seção é representada na figura seguinte.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O estado da superfície do pavimento no dia aferido demonstra uma condição bastante insatisfatória, evidenciando alguns defeitos corriqueiros que acontecem nas vias urbanas da cidade. Durante a sua extensão, é possível averiguar uma ampla gama de patologias, incluindo fissuras, trincas variadas, panelas, ondulações, desgaste e remendos, os quais representam riscos significativos para motoristas, ciclistas, pedestres e população de modo geral. Assim, é fundamental verificar as melhores possibilidades de mitigação ou até mesmo executar uma reparação completa da infraestrutura viária, com a intenção de garantir não apenas a segurança dos usuários, como ainda fornecer experiências de viagens mais confortáveis e uma fluidez na circulação do tráfego.

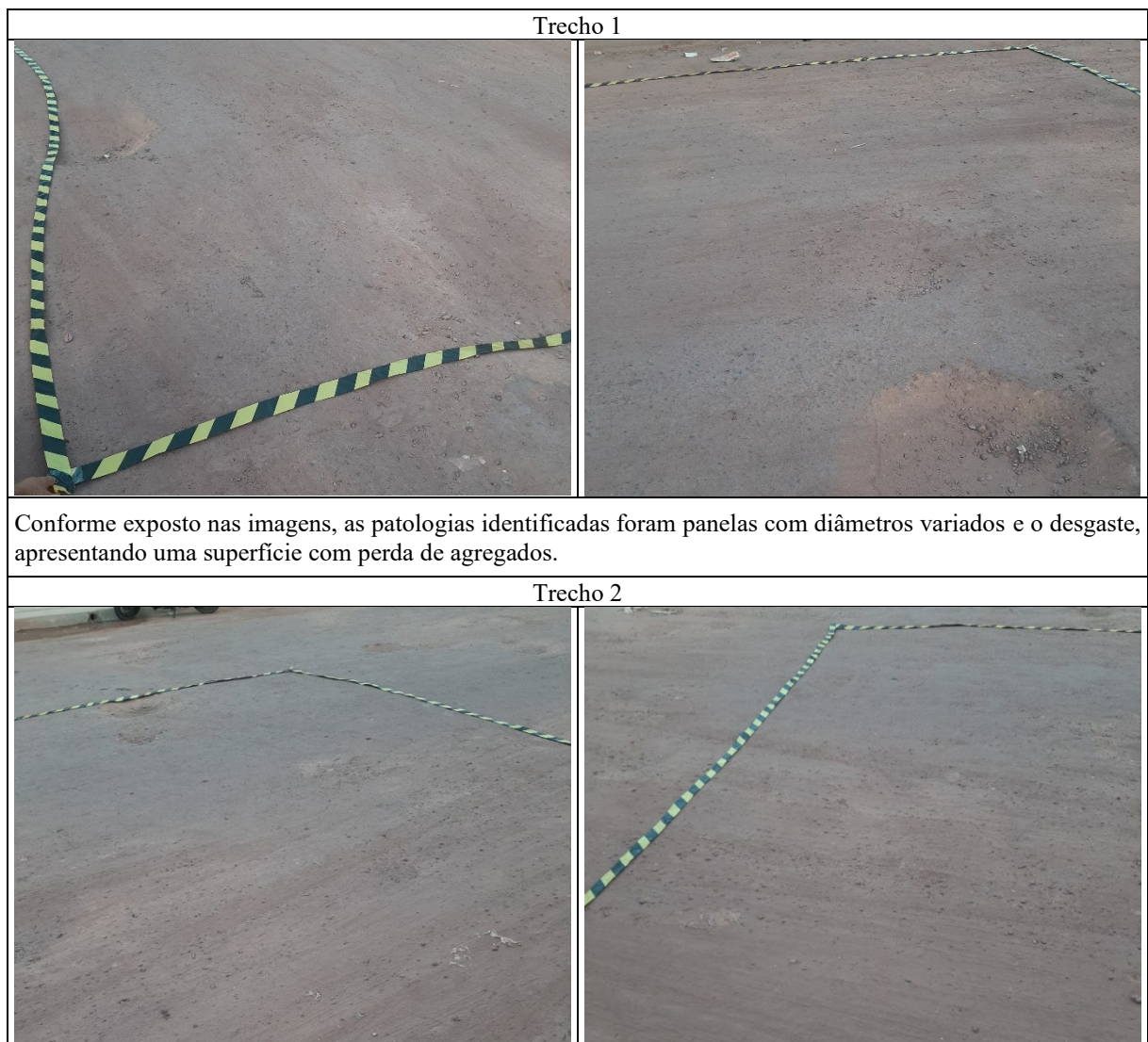
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são disponibilizados tanto os resultados da coleta de dados realizada no pavimento durante o dia 30 de Agosto, como também os cálculos dos índices e demais considerações pertinentes para este trabalho. Posteriormente, serão conduzidas as soluções, na tentativa de entender as implicações das análises e contribuir para as melhores tomadas de decisões.

4.1 ANÁLISE DOS DADOS

Após todas as considerações fomentadas, prossegue-se com a verificação das regiões de estudo, as quais foram divididas em 12 trechos de 30m² e organizadas no quadro seguinte para um melhor entendimento.

Quadro 6: Trechos avaliados do pavimento



Nessa seção foram encontradas as patologias do tipo fissura, panela e desgaste, sendo as panelas com dimensões e profundidade diversificadas.

Trecho 3



As imagens demonstram patologias do tipo fissura, panela e desgaste, sendo as panelas com profundidades e dimensões variadas.

Trecho 4



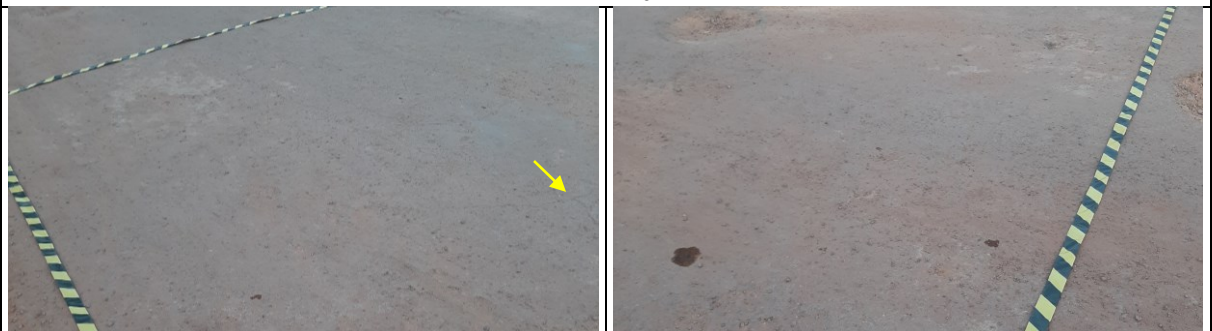
Conforme exposto nas imagens, são apresentadas patologias do tipo panela e desgaste na extensão da seção aferida, com tamanhos e severidades variadas.

Trecho 5



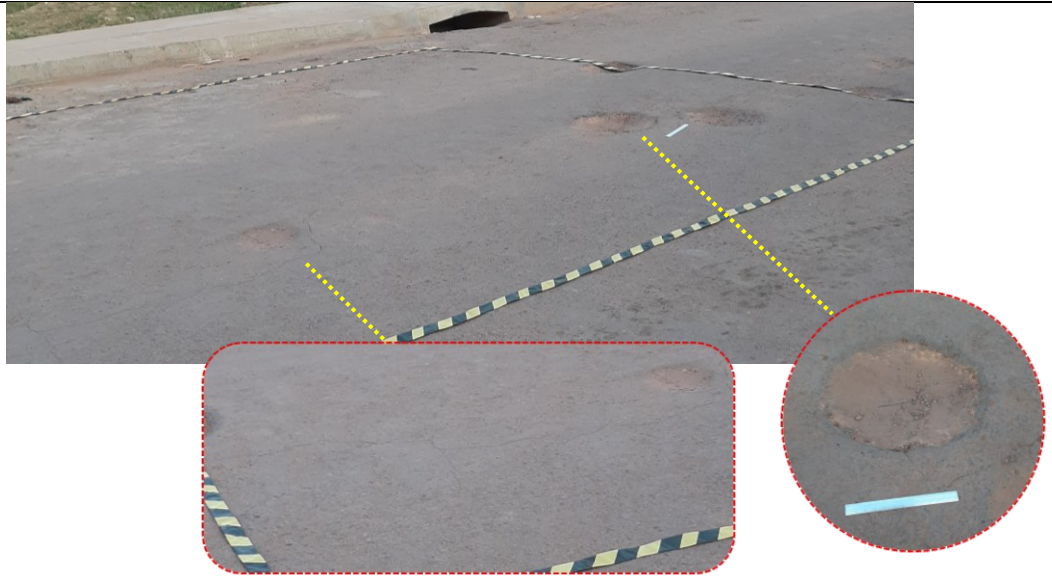
Conforme demonstrado nas imagens, é possível perceber patologias do tipo panela e desgaste. Além disso, verificou-se algumas fissuras e trincas longitudinais longas e transversais curtas.

Trecho 6



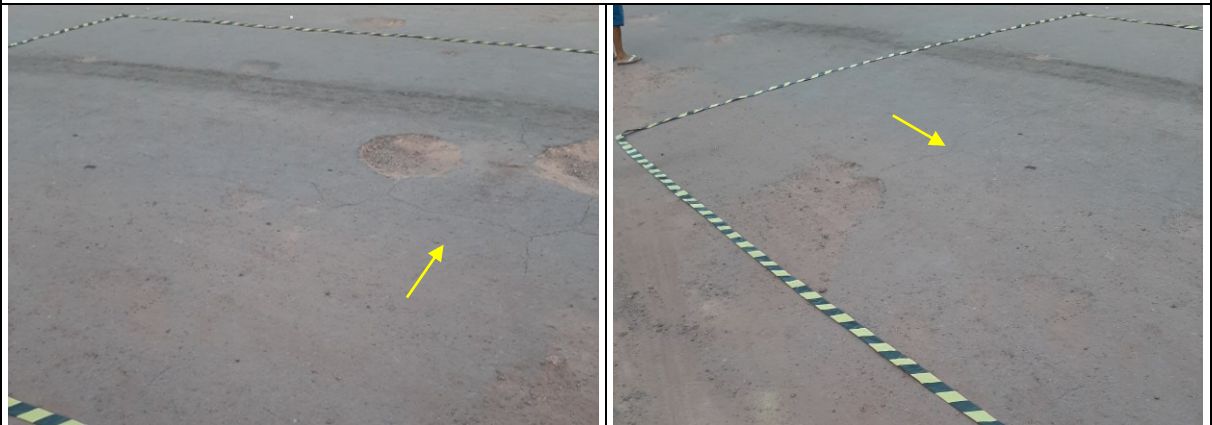
As imagens seguem demonstrando as patologias mais comuns no trecho analisado, sendo catalogadas as fissuras, panelas, trincas transversais curtas e longitudinais longas.

Trecho 7



Referente a esta seção, encontrou-se as patologias do tipo fissuras, trincas transversais curtas e longitudinais longas, desgaste e panelas, sendo estas últimas variando com profundidade entre 5cm e 6cm.

Trecho 8

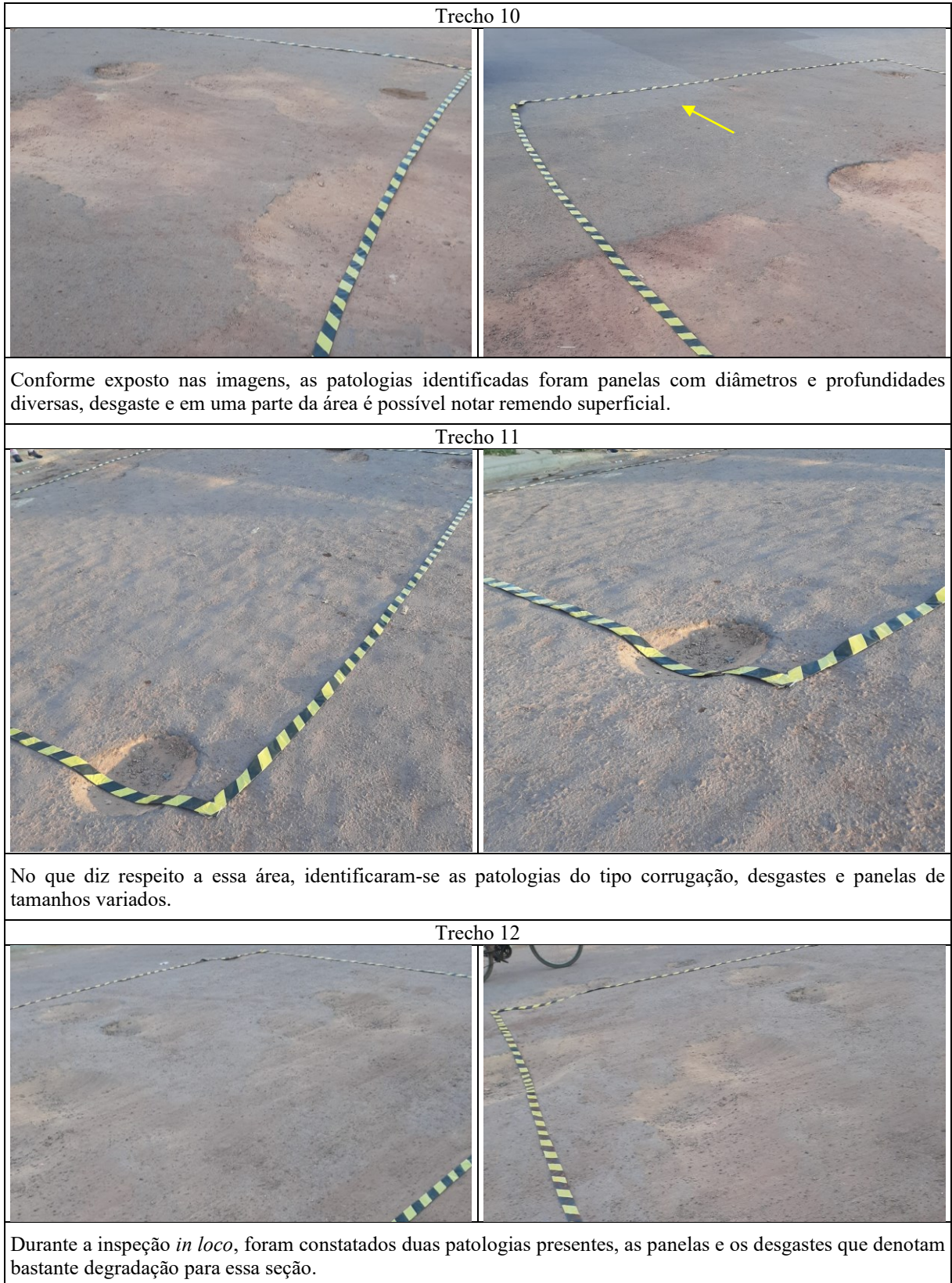


As imagens demonstram o trecho com patologias de panelas, desgaste em certas zonas da seção, exsudação e trincas transversais longas e em bloco.

Trecho 9



Tem-se para esta seção as trincas longitudinais longas e transversais longas, além de desgaste e panelas com tamanhos variados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Um ponto que merece destaque nas catalogações feitas está associado às panelas no pavimento, onde foi notada certa dificuldade durante o levantamento, especialmente por conta

da presença de resíduos sólidos (aterro e restos de materiais de construção) que haviam sido depositados e compactados pelos moradores como forma de mitigar o problema. Esse fato tornou-se um obstáculo para mensurar a profundidade das panelas, quer seja por meio dos instrumentos convencionais (régua, trena ou paquímetro) ou dispositivos mais avançados. Assim, dadas estas condições adversas, a alternativa disponível foi realizar estimativas tomando como base as observações diretas e correlações, embora seja um método menos preciso em comparação à mensuração direta.

Com base nos dados obtidos, combinadas as informações fornecidas por residentes do local e imagens aéreas, pode-se constatar que nos últimos meses não ocorreram intervenções totais neste pavimento, ao invés disso, as ações limitaram-se a poucas medidas. Através desse cenário, fica claro que a durabilidade viária está sendo prejudicada, sendo que a estratégia de concentrar esforços em medidas paliativas mostra-se insuficiente para lidar com as causas enfrentadas e, assim, urge a implementação de soluções eficazes.

Contudo, é necessário salientar para as características climáticas do município apresentar uma variação considerável durante o ano e isso ser um fator importante quando se verifica que o revestimento asfáltico é uma parte suscetível às intempéries, favorecendo a ocorrência de degradações frequentes e a consequente diminuição da capacidade de suporte. Orienta-se, portanto, analisar detalhadamente os processos que abrangem a recuperação da via, incluindo a qualidade dos materiais a serem utilizadas, técnicas de construção, volumes de tráfego esperados, restrições orçamentárias e demais necessidades.

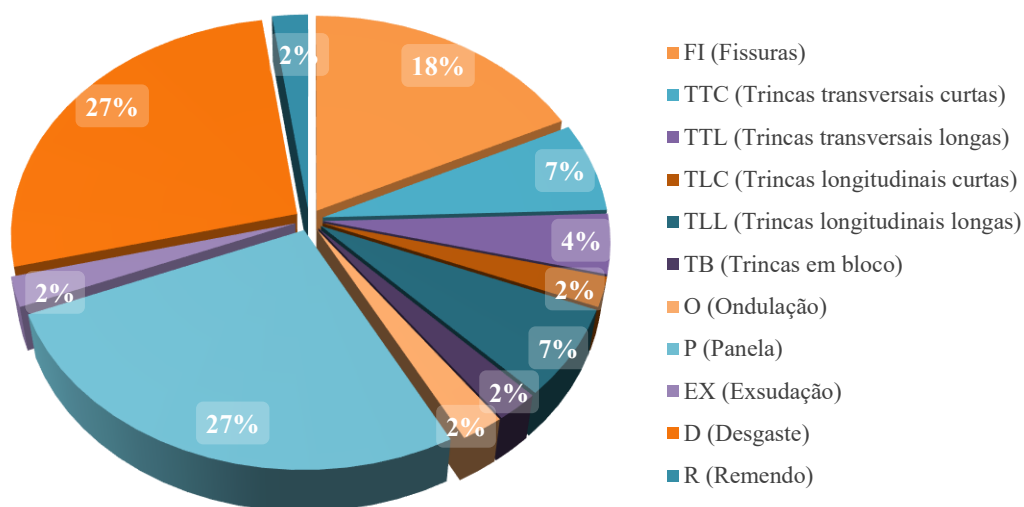
Desse modo, para clarificar a quantidade dos defeitos mais frequentes identificados no trecho de 226m de acordo com a sua categoria, foi produzido um tabelamento (tabela 4) e elaborado um gráfico (figura 31) contendo os dados que seguem detalhados a seguir.

Tabela 4: Patologias mais recorrentes encontradas no trecho de análise

Código	Defeito no pavimento	Quantidade
FI	Fissuras	8
TTC	Trincas transversais curtas	3
TTL	Trincas transversais longas	2
TLC	Trincas longitudinais curtas	1
TLL	Trincas longitudinais longas	3
TB	Trincas em bloco	1
O	Ondulação	1
P	Panela	12
EX	Exsudação	1
D	Desgaste	12
R	Remendo	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 31: Gráfico dos defeitos mais prevalentes catalogados



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Em linhas gerais, mediante as inspeções visuais ensejadas no local, pode-se constatar que as fissuras, panelas e desgastes representam as patologias mais recorrentes desse trecho aferido da via. No que diz respeito as panelas e desgastes, ambas foram responsáveis por uma taxa de ocorrência de 27%, enquanto as fissuras concentram 18% do montante.

De posse dessas informações, ressalta-se a importância em canalizar os esforços para estratégias de soluções e restauração do pavimento, focando especialmente nas áreas afetadas por fissuras, panelas e desgastes, mas não esquecendo dos demais defeitos. Ao adotar esse enfoque ativo e direcionado para lidar com esses defeitos predominantes, pode-se contribuir de maneira significativa para aprimorar a qualidade, resistência durabilidade da infraestrutura viária, desencadeando, assim, uma trafegabilidade mais agradável e eficiente para todos que utilizam.

4.2 MÉTODO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL

Através do processo de catalogação dos defeitos realizado *in loco* foi possível coletar todas as informações pertinentes para calcular os parâmetros definidos em literatura e em norma. Nota-se pela observação uma ampla variedade de tipos patológicos distribuídos heterogeneamente na via, abrangendo fissuras, trincas das mais diversas formas, panelas, ondulações, exsudação, desgaste e remendos.

Após isso, tais dados foram registrados em inventário (tabela 5), o que proporciona não apenas uma documentação mais organizada e acessível, como ainda serve para efetuar algumas avaliações, projeções e tomadas de decisão.

Tabela 5: Levantamento do estado do pavimento

INVENTÁRIO DO TRECHO DA VIA EXAMINADA																
Estação				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Faixa				D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	
Configuração da Terraplenagem				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Classificação	Tipo	Código	Sem defeito													
Fissuras e Trincas Isoladas	1 (FC-1)	FI	Fissuras													
		TTC	Trincas transversais curtas													
		TTL	Trincas transversais longas													
		TLC	Trincas longitudinais curtas													
		TLL	Trincas longitudinais longas													
		TRR	Trincas isoladas de retração													
Trincas Interligadas	2 (FC-2)	J	Couro de jacaré													
		TB	Trincas em bloco													
	3 (FC-3)	JE	Couro de jacaré com erosão													
		TBE	Trincas em bloco com erosão													
Afundamentos	4	Plástico	ALP	Afundamento plástico local												
			ATP	Afundamento plástico da trilha												
		de Consolidação	ALC	Afundamento de consolidação local												
			ATC	Afundamento de consolidação da trilha												
Outros defeitos	5	O	Ondulação													
		P	Panela													
		E	Escorregamento													
	6	EX	Exsudação													
	7	D	Desgaste													
8	R	Remendo														
Trilhas de Roda	medida em (mm)	TRI	Afundamento de trilha interna													
	medida em (mm)	TRE	Afundamento de trilha externa													

D = Direita; E = Esquerda; A = Aterro; C = Corte; SM = Seção mista.

NOTA 1: Em casos de defeitos do mesmo tipo na estação analisada, deve ser registrado apenas um deles.

NOTA 2: Ao analisar os defeitos do tipo 1, 2 e 3 em uma mesma estação, considera-se para contagem somente o de maior gravidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base na norma DNIT 006/2003 – PRO (2003b) e Bernucci *et al.* (2022).

Com a quantificação das ocorrências de defeitos seguindo os critérios da norma DNIT 006/2003 – PRO (2003b) e outras fontes bibliográficas relevantes, torna-se viável conduzir a avaliação objetiva do pavimento. Tal procedimento é efetivado por meio do índice de gravidade global, que serve como um indicativo para compreender o estado atual da superfície viária.

Esse resultado pode ser localizado na tabela 6, onde também se verifica as variáveis correspondentes de frequências absolutas, frequências relativas, fatores de ponderação e índices de gravidade individual.

Tabela 6: Determinação do IGG no trecho

Tipo	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Fator de ponderação	Índice de Gravidade Individual
1	(FC-1) FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	7	58,33	0,2	11,67
2	(FC-2) J, TB	1	8,33	0,5	4,17
3	(FC-3) JE, TBE	0	0,00	0,8	0,00
4	ALP, ATP, ALC, ATC	0	0,00	0,9	0,00
5	O, P, E	12	100,00	1,0	100,00
6	EX	1	8,33	0,5	4,17
7	D	12	100,00	0,3	30,00
8	R	1	8,33	0,6	5,00
9	$F = (TRI + TRE)/2$	TRI	TRE	F	0.00
10	$FV = (TRI_v + TRE_v)/2$	TRI _v	TRE _v	FV	0.00
Número de estações inventariadas (N)		12	IGI = $(F \times 4/3)$ quando $F \leq 30$		IGI = FV quando $FV \leq 50$
Índice de Gravidade Global = $\sum IGI$		155,00	IGI = 40 quando $F > 30$		IGI = 50 quando $FV > 50$

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base na norma DNIT 006/2003 – PRO (2003b) e Bernucci *et al.* (2022).

O valor encontrado demonstra um conceito de degradação ruim para o segmento analisado da Avenida Rio Branco ($80 < IGG \leq 160$), conforme exposto na tabela 2 e, portanto, ressalta-se a necessidade em propor medidas para resolver a situação.

4.3 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

Feito o diagnóstico para compreender a real situação do pavimento, a adoção das propostas de intervenção é realizada com base no indicativo da árvore de decisão. A escolha por esse método é motivada principalmente pela eficácia comprovada, já que oferece um conjunto claro e lógico de diretrizes e contribui no processo de otimizar as escolhas de melhorias viárias.

Diante do contexto descrito e tendo em mente que o método adota como fatores a extensão, severidade e tráfego da via, é importante mencionar que foram realizadas adaptações específicas neste trabalho, especialmente em relação aos dois últimos índices mencionados.

Nesse aspecto, apesar de fundamental a caracterização do tráfego atuante e a descrição baseada nas convenções de registros de contagem, optou-se por um enfoque alternativo, devido a certas limitações. Procedeu-se com observações *in loco*, verificações em mapas disponíveis e, considerando que se trata de uma via local, classificou-a como fluxo de tráfego leve.

Para o caso da severidade em trincas longitudinais e transversais avaliou-se conforme Gonçalves (2008 *apud* Berbel, 2016), o qual adota as seguintes condições: severidade baixa (trinca não selada com abertura menor que 3 mm ou trinca selada de qualquer abertura em bom estado); severidade média (trinca não selada com abertura entre 3 e 6 mm ou trinca selada em qualquer grau de abertura) e severidade alta (trinca de abertura maior que 6 mm ou trinca selada em qualquer nível de abertura, acompanhada de danos significativos).

Partindo-se dos dados catalogados, informações referentes do índice de gravidade global e a categorização da via em tráfego leve, aplica-se a árvore de decisão na intenção de obter as orientações para as medidas de intervenção, conforme ilustra o quadro 7 e seguidamente o gráfico com as frequências mais preponderantes.

Quadro 7: Descrição das propostas de intervenção

(continua)

Estação	Patologia	Severidade adotada	Atividades de Intervenção
1	Panela	Alta	Remendo + Drenagem
	Desgaste	Alta	Reciclagem
2	Fissura	Baixa	Não fazer nada
	Panela	Alta	Remendo + Drenagem
	Desgaste	Alta	Reciclagem
3	Fissura	Baixa	Não fazer nada
	Panela	Média	Remendo
	Desgaste	Alta	Reciclagem
4	Panela	Alta	Remendo + Drenagem
	Desgaste	Alta	Reciclagem
5	Fissura	Baixa	Não fazer nada
	Trincas transversais	Baixa	Não fazer nada
	Trincas longitudinais	Baixa	Não fazer nada
	Panela	Média	Remendo
	Desgaste	Alta	Reciclagem
6	Fissura	Baixa	Não fazer nada
	Trincas transversais	Baixa	Não fazer nada
	Trincas longitudinais	Baixa	Não fazer nada
	Panela	Média	Remendo
	Desgaste	Alta	Reciclagem
7	Fissura	Baixa	Não fazer nada
	Trincas transversais	Média	Selante
	Trincas longitudinais	Média	Selante
	Panela	Alta	Remendo + Drenagem
	Desgaste	Média	Lama asfáltica
8	Fissura	Baixa	Não fazer nada
	Trincas transversais	Média	Selante
	Trincas em bloco	Média	Capa selante
	Panela	Alta	Remendo + Drenagem
	Exsudação	Baixa	Não fazer nada
	Desgaste	Média	Lama asfáltica

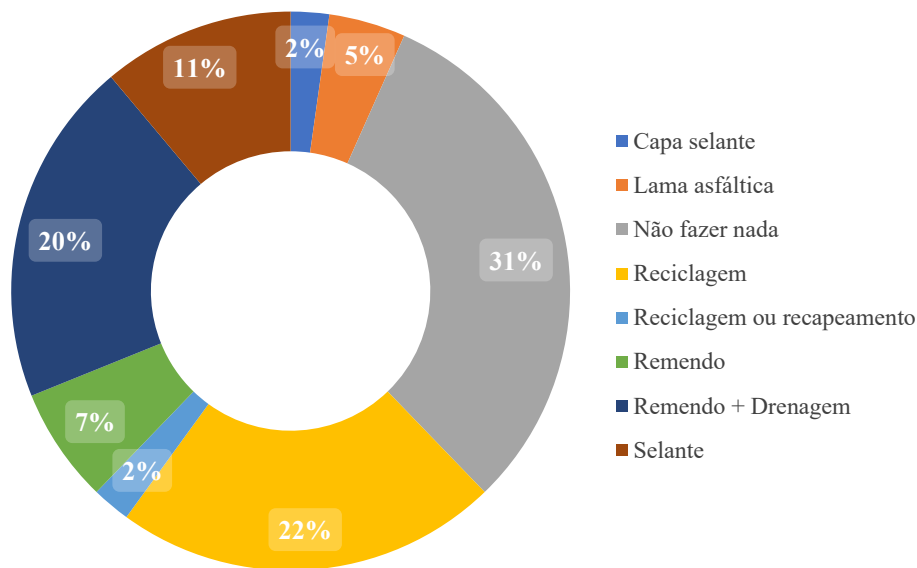
Quadro 7: Descrição das propostas de intervenção

(conclusão)

Estação	Patologia	Severidade adotada	Atividades de Intervenção
9	Fissura	Baixa	Não fazer nada
	Trincas transversais	Média	Selante
	Trincas longitudinais	Média	Selante
	Panela	Alta	Remendo + Drenagem
	Desgaste	Alta	Reciclagem
10	Fissura	Baixa	Não fazer nada
	Panela	Alta	Remendo + Drenagem
	Desgaste	Alta	Reciclagem
	Remendo	Baixo	Não fazer nada
11	Ondulação	Médio	Reciclagem ou recapeamento
	Panela	Alta	Remendo + Drenagem
	Desgaste	Alta	Reciclagem
12	Panela	Alta	Remendo + Drenagem
	Desgaste	Alta	Reciclagem

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 32: Gráfico das propostas de intervenção



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Em linhas gerais, para o trecho analisado da Avenida Rio Branco verifica-se a possibilidade de tratar a incidência dos defeitos de diversas formas diferentes, mas inseri-las pontualmente em cada seção acarretaria não apenas trabalhos e custos maiores, como também não seria uma solução satisfatória pensando em quesitos de eficiência.

Nesse cenário, ao observar o gráfico acima e o quadro 7, nota-se que há uma presença significativa de remendos, reciclagem e selagem como estratégias para a via. Entretanto, examinando a linha do tempo (figura 33), constata-se que no ano de 2012 a superfície viária

apresentava boas condições e, no decorrer do tempo, passou por um processo notório de deterioração, que pode ser atribuído à ausência de manutenções adequadas. Portanto, é preciso formular soluções perenes para garantir a resistência e durabilidade do pavimento, dadas as condições adversas observadas.

Figura 33: Linha do tempo da via



Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em Google Maps (2023).

Após todas as colocações, propõem-se como alternativa a execução do tratamento superficial duplo junto com capa selante para ações de curto e médio prazo e fresagem com uma nova camada de pavimento (recapeamento) para atender as expectativas a longo prazo e de modo mais abrangente os defeitos, em especial aqueles com maiores recorrências (fissuras, panelas e desgastes). A síntese das técnicas é apresentada adiante.

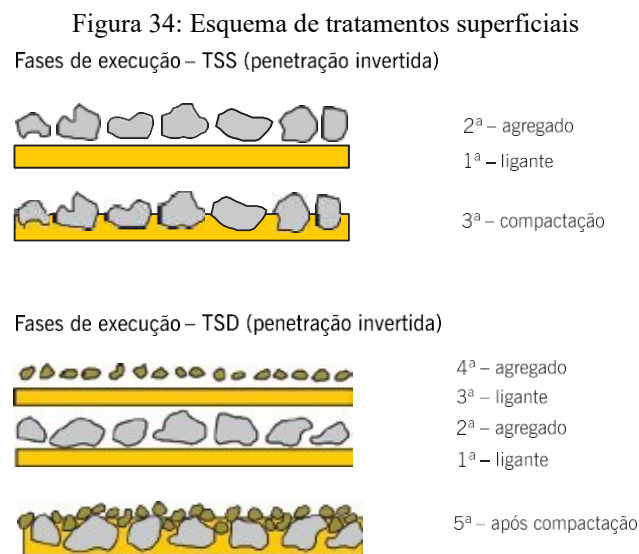
4.3.1 Tratamento superficial

Os tratamentos superficiais são caracterizados pela aplicação de ligantes asfálticos e agregados sem a necessidade de uma mistura prévia, na pista. Após essa etapa, é realizada a compressão (compactação) que resulta no recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes (Bernucci *et al.*, 2022).

É possível classificá-lo pela quantidade camadas sucessivas de ligantes e agregados, no qual o DER/SP (2006b, p. 3) tem a seguinte descrição:

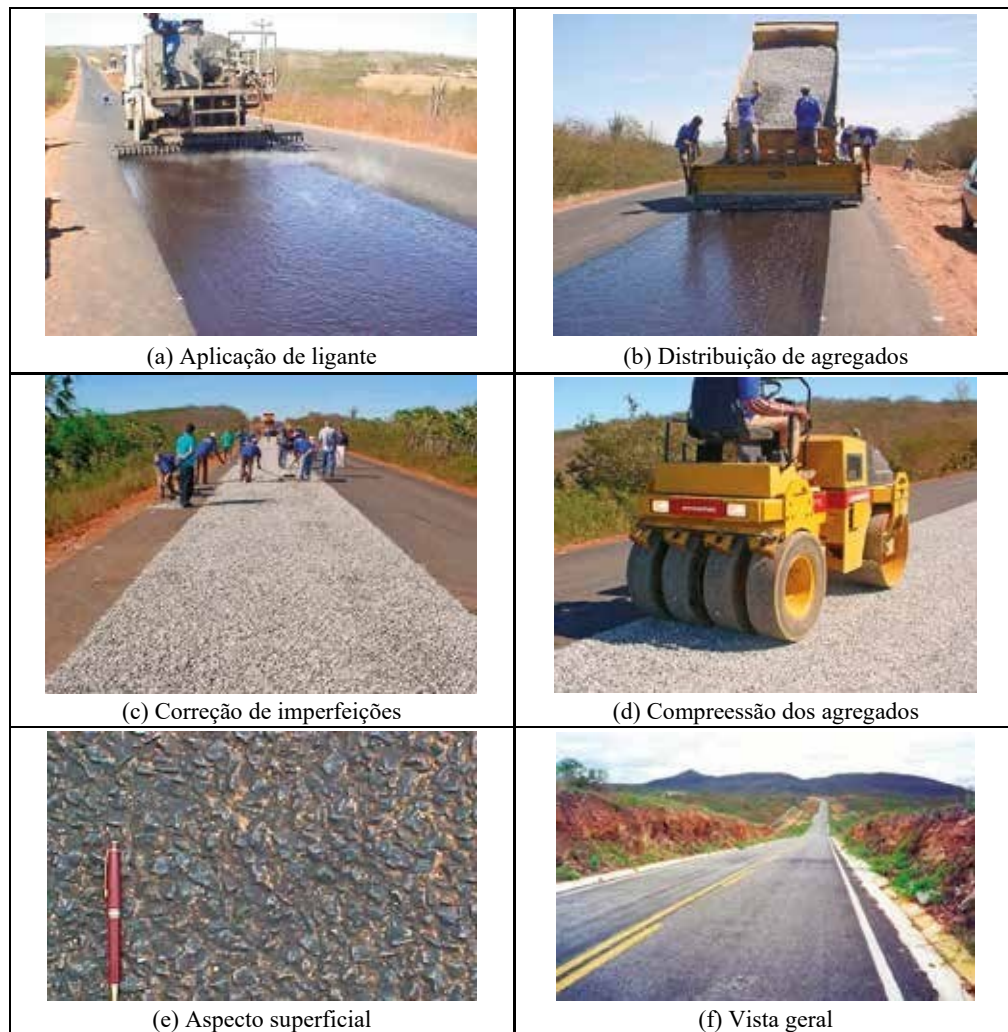
Tratamento superficial simples ou simplesmente TSS, é o tratamento superficial constituído por apenas uma aplicação de ligante asfáltico e uma aplicação de agregado mineral. Tratamento superficial duplo ou TSD é o tratamento superficial formado por duas aplicações de ligante asfáltico e duas aplicações de agregado mineral, sucessivas e alternadas. Tratamento superficial triplo ou TST é o tratamento superficial onde há aplicação de três camadas de ligante asfáltico e três aplicações de agregado mineral, sucessivas e alternadas.

Sendo assim, a figura 34 retrata as fases dos tratamentos superficiais, enquanto a figura 35 traz as etapas construtivas de um TSS pelo sistema tradicional.



Fonte: Nascimento (2004 *apud* Bernucci *et al.*, 2022, p. 309).

Figura 35: Etapas construtivas de um TSS pelo sistema convencional



Fonte: Bernucci *et al.* (2022).

E apesar da preferência de órgãos rodoviários, empreiteiras e fabricantes de equipamentos pela utilização do concreto asfáltico, é importante ter em mente que os tratamentos superficiais representam excelentes alternativas de intervenção nos pavimentos asfálticos. Esse enfoque ganha mais relevância à medida que a política de aprimoramento das condições de superfície é expandida para as rodovias de baixo volume de tráfego e quando as atividades de conservação se tornam uma orientação essencial do setor público (Pinto; Pinto, 2015).

Após a realização do tratamento superficial duplo para a via estudada é salutar recomendar a aplicação de capa selante, como complemento adicional. Bernucci *et al.* (2022) declaram que “a capa selante, como o nome indica, permite a selagem de um revestimento betuminoso por espalhamento de ligante asfáltico, com ou sem cobertura de agregado miúdo.

Frequentemente usada como última camada em tratamento superficial múltiplo”. O DER/SP (2006c, p. 3) atribui algumas considerações sobre capa selante:

Sua execução tem por finalidade principal, impermeabilizar, diminuir a rugosidade e recuperar as superfícies desgastadas pela exposição à ação do tráfego. A sua aplicação pode ser sobre revestimentos asfálticos recém-construídos dos tipos: tratamento superficial duplo e triplo, macadames asfálticos, pré-misturados abertos e de misturas asfálticas densas ou desgastadas superficialmente, pela ação do tráfego e das intempéries.

4.3.2 Fresagem

A fresagem é um procedimento realizado com máquinas especiais que envolve o corte de parte ou de todo o revestimento asfáltico existente em um trecho de via, podendo inclusive abranger outra camada do pavimento. Essa operação enseja restaurar a qualidade ao rolamento da superfície ou melhorar a capacidade de suporte (Bernucci *et al.*, 2022).

Mediante outra ótica, o DER/SP (2006d, p. 3) pontua:

A fresagem do pavimento aplica-se também na remoção revestimento betuminoso existente sobre o tabuleiro de obras de arte especiais, em áreas de intensa deterioração, regularização de pavimento de encontros, e como melhoria de coeficiente de atrito nas pistas em locais de alto índice de derrapagem.

No que tange à temperatura de ocorrência, a fresagem pode ser efetuada de duas maneiras: a frio ou a quente. Na fresagem a frio, o procedimento é executado à temperatura ambiente, dispensando o pré-aquecimento do pavimento e o único tipo de aquecimento, apesar de inexpressível está relacionado à energia liberada pelo impacto dos dentes de corte no pavimento durante o serviço. Em contraste, na prática a quente é realizado o aquecimento prévio do revestimento e tem-se uma escarificação como forma de desbaste da camada, uma vez que a mesma concede pouca resistência ao corte pelo fato da estrutura estar aquecida (Bonfim, 2010).

Quanto à espessura do corte, a fresagem classifica-se em superficial, rasa e profunda. O primeiro tipo destina-se apenas à correção de defeitos presentes na superfície do pavimento e, dessa forma, é possível evitar o recapeamento subsequente da pista, visto que a textura resultante permite um rolamento seguro, embora não seja muito confortável, excetuando-se para pontos específicos onde a desagregação do revestimento remanescente cause a aparição de buracos. (Bonfim, 2010).

Já a fresagem rasa geralmente atinge as camadas superiores do pavimento e, em certos casos, pode chegar à camada de ligação. Essa intervenção, na maioria dos serviços, possui uma

profundidade média de corte de aproximadamente 5 cm e é empregado para corrigir defeitos funcionais e em remendos superficiais (Bonfim, 2010).

Por fim, a fresagem profunda é aquela em que o corte atinge níveis significativos, podendo alcançar não apenas a camada do revestimento, mas também as camadas de ligação, base e até mesmo a sub-base. Geralmente, esse procedimento é aplicado em intervenções voltadas ao aspecto estrutural, seja para a recomposição da estrutura do pavimento ou para a reciclagem e incorporação do revestimento à base (Bonfim, 2010). A figura 36 apresenta um caso de fresagem realizada em uma rodovia.

Figura 36: Exemplo de fresadora e de serviço de fresagem em uma rodovia



Fonte: Bernucci *et al.* (2022).

Desse modo, a execução desse serviço na Avenida Rio Branco seria benéfica ao se falar na remoção do revestimento antigo e substituição por um novo, pois solucionaria tanto as panelas com grandes profundidades que comprometem estruturalmente a superfície da pista, como também as outras categorias de defeitos visualizados.

4.3.3 Outras considerações

Vinculado as propostas de intervenções na via, salienta-se verificar questões relacionadas aos elementos de drenagem urbana e sinalização viária. No que concerne, primeiramente, aos dispositivos de drenagem é visto que em algumas áreas há ocorrência do desnível entre o pavimento e a tampa do poço de visita (PV), o qual pode também ser considerado um tipo de patologia se visto nessa ótica do desnivelamento e das falhas no suporte de concreto da tampa do PV, com base nos estudos produzidos por Danieleski (2004).

Figura 37: Desnívelamento da tampa do PV e a aparição de trincas ao redor



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com relação ao desnível, pode-se dizer que este já provoca um certo desconforto aos motoristas e ciclistas que trafegam pelo local. No entanto, o problema pode ser acentuado mais ainda quando se tem a aparição de trincas circundantes ao poço de visita, conforme é detectado na figura 37.

O desalinhamento de cota da tampa pode ser prevenido ao realizar um controle correto das elevações entre a tampa e o pavimento. Quanto à resistência do concreto, precisa-se examinar o traço adequado que possa suportar as cargas exercidas pelo tráfego (Azambuja, 2009).

Como descrito por Azambuja (2009) as medidas corretivas para esse defeito giram em torno da remoção da tampa, ajustando a quantidade de concreto de regularização entre o último anel de concreto do PV e a tampa para restabelecer o nível adequado com o pavimento existente. Quando o poço de visita apresentar trincas nas proximidades, estas devem ser seladas e, se porventura, as trincas forem acompanhadas de afundamento, será indispensável a remoção do material asfáltico e a sua recomposição, seguindo criteriosamente as etapas recomendadas para um remendo permanente.

Outra situação notada é acerca da sinalização viária (horizontal e vertical), na qual possui a ausência desse procedimento, prejudicando a fluidez do tráfego, a previsibilidade das ações dos condutores e ser um fator significativo que interfere na segurança da pista. Então, de modo geral, é imperativo que haja esforços significativos para melhorar essa situação, visando aprimorar a segurança e reduzir os perigos associados aos acidentes rodoviários.

4.4 COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS

Como complementação, embora não seja o enfoque central deste trabalho, fez-se uma composição de serviços na intenção de verificar a viabilidade na implementação da via, baseado

no Sistema de Custos Referencias de Obras (SICRO), que é fomentado pelo DNIT. Em face disso, são introduzidos os índices incidentes para o Estado do Amapá na data-base de Abril/2023.

Tabela 7: Composição de serviços para a via

	Código	Unidade	Custo Unitário Total
Manutenção corretiva/ Tratamento superficial duplo com capa selante			
Tratamento superficial duplo com CAP - brita comercial	4011368	m ²	6,15
Pintura de ligação	4011353	m ²	0,30
Capa selante - pedrisco comercial	4915636	m ²	1,20
Reconstrução			
Fresagem contínua de revestimento asfáltico	4011479	m ³	55,98
Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 9 t - carga e descarga manuais	5914654	t	27,79
Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural	5914359	tkm	1,33
Pintura de ligação	4011353	m ²	0,30
Imprimação com asfalto diluído	4011351	m ²	0,40
Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida	4011280	m ³	93,85
Regularização do subleito	4011209	m ²	1,23
Concreto asfáltico - faixa A - areia extraída e brita produzida	4011453	t	147,34

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em DNIT (2023).

Em síntese, pode-se perceber que o tratamento superficial possui uma quantidade de serviços menores, com o emprego de um caminhão para realizar a etapa de distribuição dos materiais, um rolo compactador (ambos inclusos no primeiro item) e a aplicação de ligante na pista, além do complemento em capa selante. No entanto, é importante notar que essa opção de solução é colocada como uma resposta para ações de curto e médio prazo.

A fresagem com o recapeamento, em outro sentido, apresenta os serviços de fresagem contínua do revestimento asfáltico, caminhão para as etapas de carga e descarga, atividade de transporte de recolhimento de materiais, processos de inserção da camada de base ou sub-base, a devida regularização do subleito, imprimação, pintura de ligação e a colocação do revestimento. Esse tipo de prática proporciona uma notável vantagem do ponto de vista da longevidade do pavimento, isso ocorre devido o recapeamento não apenas corrigir problemas imediatos, como ser uma medida perene para a via.

Uma comparação que se torna salutar é com as soluções usuais adotadas pelo município, na qual fomenta na maioria das vezes as operações de tapa buraco. A composição pode ser visualizada na tabela 8.

Tabela 8: Composição de serviços para execução de tapa buraco

	Código	Unidade	Custo Unitário Total
Manutenção corretiva/ Execução de tapa buraco			
Tapa buraco com pintura de ligação - demolição manual	4915678	m ³	363,68
Fresagem contínua de revestimento asfáltico	4011479	m ³	55,98
Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 9 t - carga e descarga manuais	5914654	t	27,79
Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural	5914359	tkm	1,33
Pintura de ligação	4011353	m ²	0,30
Imprimação com asfalto diluído	4011351	m ²	0,40
Concreto asfáltico - faixa A - areia extraída e brita produzida	4011453	t	147,34

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em DNIT (2023).

Observa-se que nessa técnica tem-se a frenagem, caminhão para carga e descarga, transporte dos componentes residuais, imprimação, pintura de ligação e inclusão do revestimento asfáltico. Dado esses aspectos, é importante ressaltar que esse procedimento é uma medida de manutenção corretiva de curto e médio prazo, implicando em limitações quanto à durabilidade.

A preferência entre essas diferentes intervenções vai depender das condições específicas da via, das exigências logísticas impostas, a garantia da mão de obra qualificada, dos efeitos relativos à durabilidade e dos recursos disponíveis que serão alocados, sendo necessário conduzir uma análise mais abrangente e criteriosa que leve em apreciação todos os fatores. Daí a necessidade de verificar outros insumos e elaborar um orçamento mais detalhado para uma real efetivação.

Por fim, elaborou-se a composição para a sinalização viária, que, de maneira notável, estava em falta no pavimento examinado. Essa ação de planejamento e implementação da sinalização é de suma importância para a segurança e organização do tráfego, preenchendo uma lacuna significativa que prejudica a experiência dos usuários.

Tabela 9: Composição de serviços para a sinalização viária

	Código	Unidade	Custo Unitário Total
Sinalização			
Pintura de faixa com tinta acrílica - espessura de 0,6 mm	5213401	m ²	44,53
Pintura de setas e zebrações com tinta acrílica - espessura de 0,6 mm	5213405	m ²	57,68
Tachão refletivo em plástico injetado - bidirecional - fornecimento e colocação	5213362	un	99,59
Placa em aço - película I + III - fornecimento e implantação	5213571	m ²	522,98
Suporte para placa de sinalização em madeira de lei tratada 8 x 8 cm - fornecimento e implantação	5216111	un	118,73

Fonte: Elaborado pelo autor (2023) com base em DNIT (2023).

5 CONCLUSÃO

A execução deste trabalho proporcionou a oportunidade de aprofundar as análises das manifestações patológicas identificadas na Avenida Rio Branco, por meio da efetivação de vistorias *in loco*, embasamento teórico e outras contribuições significativas. Constatou-se, de forma geral, que as más condições nos pavimentos desencadeiam consequências adversas que vão além da mera deterioração, abrangendo também os quesitos de conforto, trafegabilidade e segurança dos usuários.

As diretrizes metodológicas estabelecidas para apoiar a etapa de avaliação da condição da via mostraram-se muito apropriadas, visto que ao aplicar o índice de gravidade global foi possível enquadrar os tipos de defeitos catalogados e realizar um diagnóstico consistente do estado observado no pavimento. Através desse processo e visando responder a primeira questão orientadora do estudo, os resultados colhidos evidenciam um conceito de degradação ruim para a área, o qual pode ser atribuído à diversidade de patologias aferidas, tais como fissuras, trincas de diversas formas, panelas, ondulações, exsudação, desgaste e remendos.

Dessa forma, além de compreender os fenômenos que acometem a superfície viária, é fundamental ainda utilizar ferramentas que corroborem adequadamente na canalização de estratégias de manutenção e reabilitação. Em virtude disso, a opção da árvore de decisão revelou-se satisfatória, fornecendo uma abordagem otimizada dos procedimentos e considerando múltiplas variáveis relevantes. Assim, voltando a perspectiva ao segundo questionamento previamente feito, foram propostas as soluções visando sanar a problemática de maneira eficiente, com técnicas de tratamento superficial duplo junto a capa selante para ações de curto e médio prazo e fresagem com a substituição do pavimento antigo ao se falar em longo prazo.

É importante salientar que não existe uma medida de intervenção pré-definida, faz-se necessário pensar nos vários instrumentos específicos de cada localidade, fomentar orçamentos detalhados e verificar a aplicabilidade das atividades, no intuito de proporcionar a qualidade e durabilidade da via. Somado a esses esforços, o poder público deve adotar uma melhor postura, já que muitos dos percalços existentes são frutos da falta de investimentos no setor e de planejamentos urbanos desatualizados. Ademais, fica evidente que no pavimento analisado o baixo nível das manutenções prestadas corrobora significativamente para as progressões de patologias no decorrer do tempo e, conseqüentemente, acaba reduzindo a vida útil projetada.

Levando em conta todas as colocações mencionadas, pode-se atestar que os objetivos programados foram efetivamente alcançados, sendo sugerido aos futuros trabalhos a

incorporação de mais estações de análise no pavimento, visando uma compreensão mais abrangente dos fenômenos patológicos e, seguindo essa mesma direção, seria altamente benéfico conduzir estudos de temáticas similares em localidades próximas, buscando uma comparação quanto ao estado das áreas examinadas.

Outro ponto interessante recomendado é aplicação de mais metodologias para o diagnóstico, buscando abordagens que complementem as questões envolvidas. E, de igual modo, é necessário aprofundar as medidas de intervenção, pesquisando não apenas as diferentes técnicas que podem ser utilizadas, como também elaborando orçamentos detalhados e considerando a possibilidade da inclusão de geossintéticos no pavimento urbano.

Por fim, efetuar levantamentos mais amplos acerca do sistema de drenagem urbana e da sinalização viária seria fundamental, uma vez que esses dispositivos desempenham papéis cruciais no gerenciamento e planejamento da cidade.

REFERÊNCIAS

- AZAMBUJA, Andrey Reichelt. Pavimentos Asfálticos: Análise de patologias na repavimentação de trechos devido a obras de rede de esgoto sanitário. 2009. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- BALBO, J. T. Pavimentação asfáltica: Materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 560 p.
- BALBO, J. T. Pavimentos de concreto. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 448 p.
- BERBEL, Mauê Foloni. Aplicação do método do PCI – Paviment Conditions Index – para determinação de serviços de restauração e manutenção em um trecho da Avenida Tupi de Pato Branco-PR. 2016. 119 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros. 2. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2022.
- BONFIM, Valmir. Fresagem de pavimentos asfálticos. 3. ed. São Paulo: Exceção Editorial, 2010.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Transporte rodoviário: Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram? Brasília: CNT, 2017. 160 p. Disponível em: <https://cnt.org.br/pesquisas>. Acesso em: 10 jul. 2023.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Pesquisa CNT de rodovias 2022. Brasília: CNT: SEST SENAT, 2022. 229 p. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/conteudo>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- DANIELESKI, Maria Luiza. Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: Aplicação à rede viária de Porto Alegre. 2004. 187 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER/SP). Avaliação de pavimentos flexíveis e semirrígidos por meio de levantamento visual contínuo de defeitos da superfície. São Paulo, 2006a. 28 p.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER/SP). Tratamentos Superficiais. São Paulo, 2006b. 36 p.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER/SP). Capa Selante. São Paulo, 2006c. 27 p.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER/SP). Fresagem de Pavimento Asfáltico. São Paulo, 2006d. 6 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Norma DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos: Terminologia. Rio de Janeiro, 2003a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Norma DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: Procedimento. Rio de Janeiro, 2003b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Norma DNIT 009/2003 – PRO: Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: Procedimento. Rio de Janeiro, 2003c.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Manual de pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006a. 274 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006b. 310 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Relatórios do Sistema de Custos Referencias de Obras (SICRO). 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro/relatorios-sicro/relatorios-sicro>. Acesso em: 11 set. 2023.

FERNANDES JÚNIOR, José Leomar; ODA, Sandra; ZERBINI, Luiz Francisco. Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos. 101 f. Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

GOMES, Beatriz Nathalia Rodrigues. A importância da conservação do pavimento rodoviário para aumentar o tempo de vida útil da rodovia. 2018. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unicesumar - Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2018.

GOOGLE MAPS. Vista aérea e fotos da área analisada em Santana/AP. 2023. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/preview>. Acesso em: 30 ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Panorama do Censo. 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 25 ago. 2023.

JOVER, Guillermo Rodríguez. Sistema de gerência de pavimentos com ênfase na manutenção e reabilitação para a Ilha de Fundão na cidade do Rio de Janeiro. 2017. 99 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

MACHADO, Denise Maria Camargo. Avaliação de normas de identificação de defeitos para fins de gerência de pavimentos flexíveis. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

MELO, Welington da Silva. Levantamento das patologias de pavimentos flexíveis da avenida Adjair da Silva Casé na Cidade de Caruaru - PE. 2018. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2018.

NAKAHARA, Suyen Matsumura. Estudo do desempenho de reforços de pavimentos asfálticos em via urbana sujeita a tráfego comercial pesado. 2005. 297 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

PETERLINI, Paulo Sergio. Reabilitação de manifestações patológicas em pavimentos asfálticos. São Paulo: Leud, 2023. 320 p.

PINTO, Salomão; PINTO, Issac Eduardo. Pavimentação asfáltica: Conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE. Manual de manutenção de pavimentos. Campo Grande: Editora UFMS, 2019. 27 p. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/3431/1/Manual%20de%20manuten%C3%A7%C3%A3o%20de%20pavimentos.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2023.

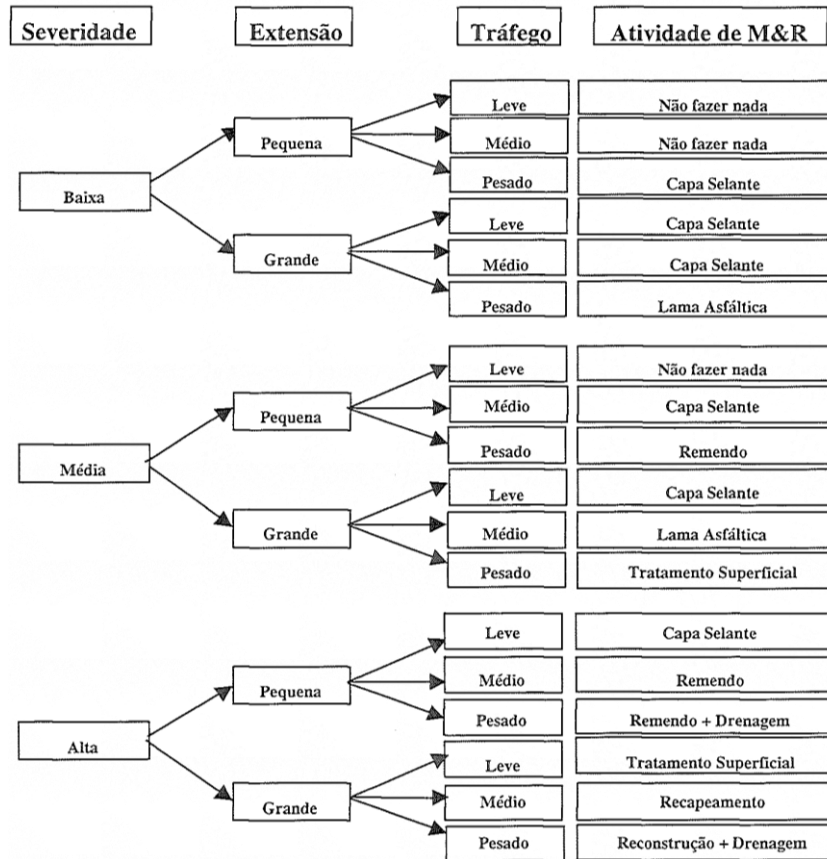
SENÇO, Wlastermiler de. Manual de Técnicas de Pavimentação. 1. ed. São Paulo: PINI, 2001. 2 v.

SENÇO, Wlastermiler de. Manual de Técnicas de Pavimentação. 2. ed. São Paulo: PINI, 2007. 1 v.

SILVA, P. F. A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. 2. ed. São Paulo: PINI, 2008.

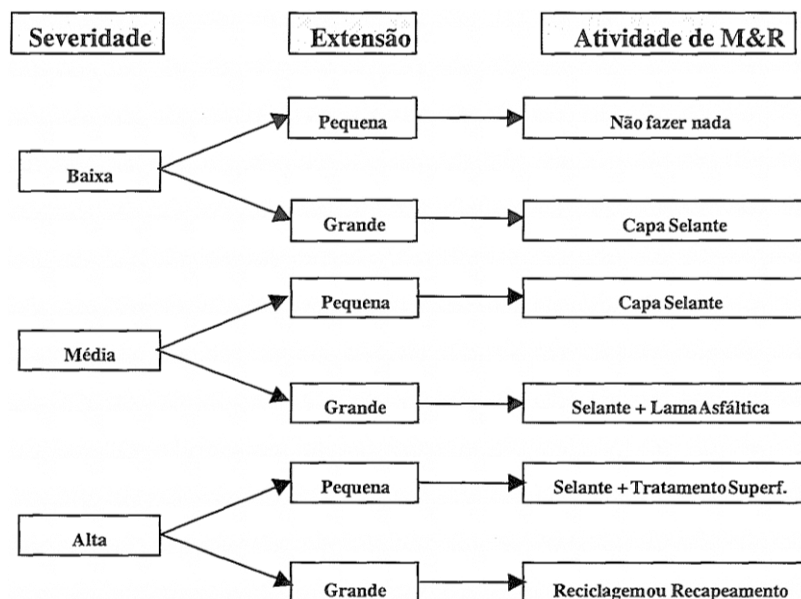
ANEXO A: ÁRVORE DE DECISÃO

Figura 38: Trincas por fadiga do revestimento



Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 39: Trincas em blocos



Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 40: Trincas laterais



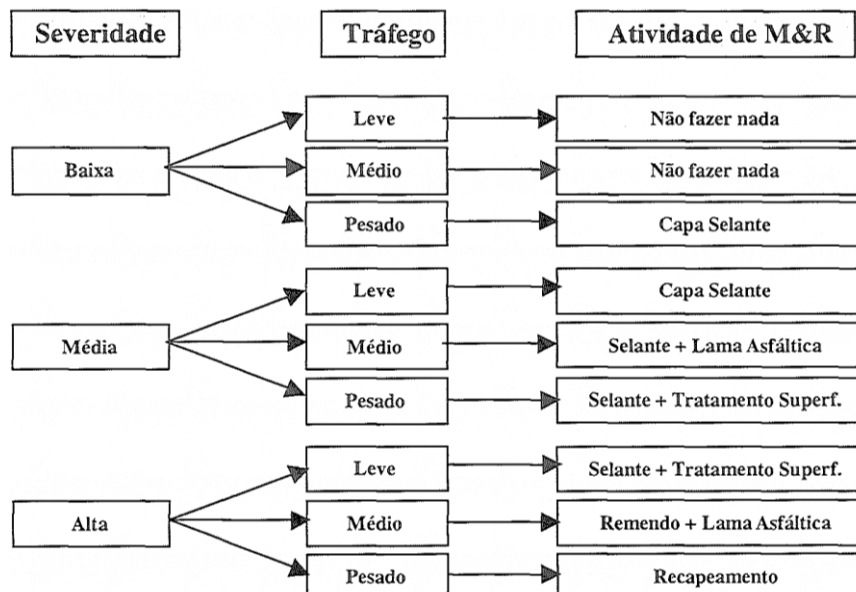
Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 41: Trincas longitudinais



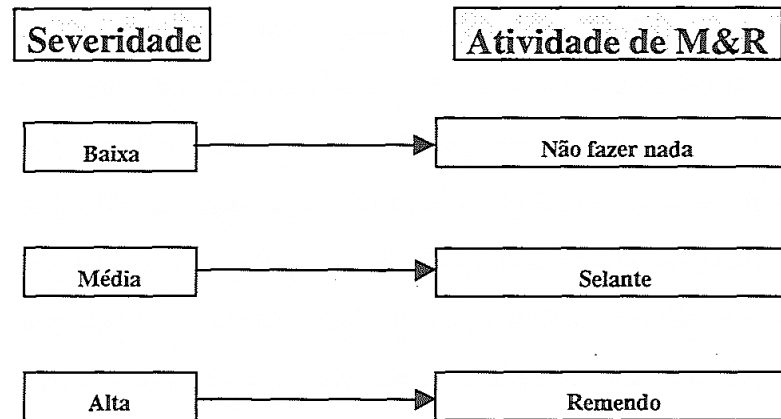
Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 42: Trincas por reflexão



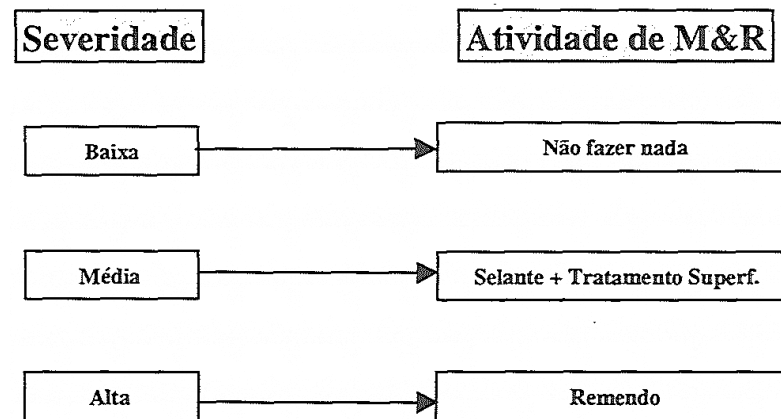
Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 43: Trincas transversais



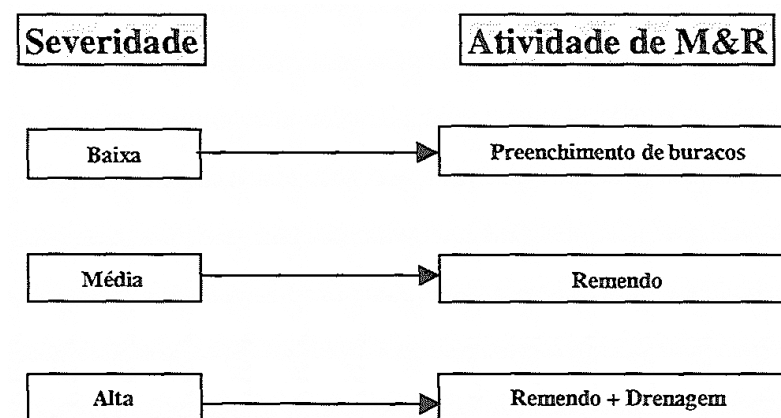
Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 44: Remendos



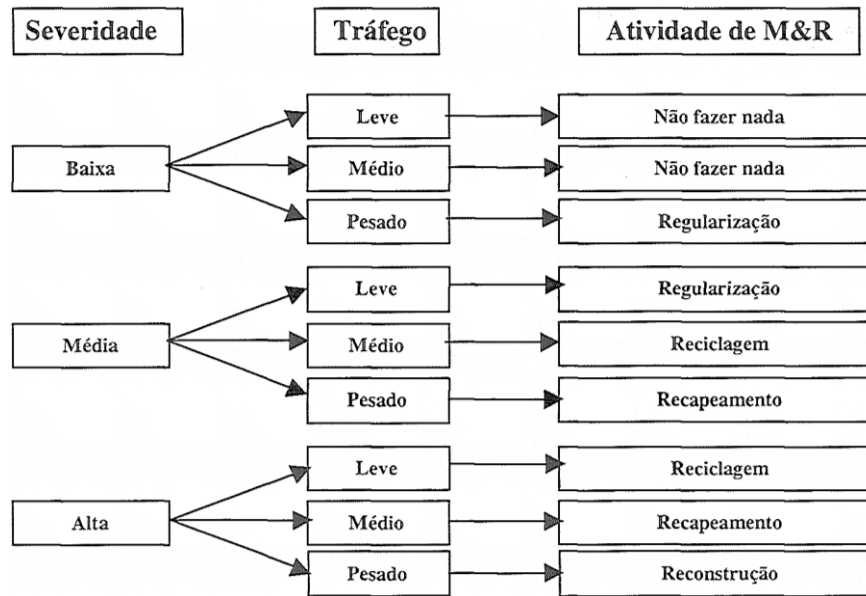
Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 45: Panelas



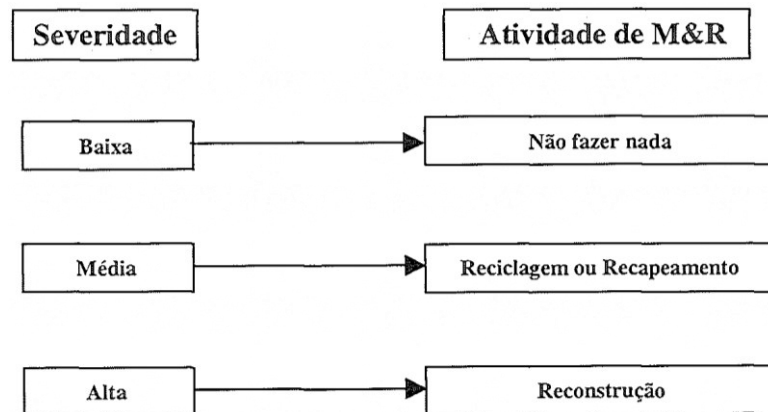
Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 46: Deformação permanente de trilhas de roda



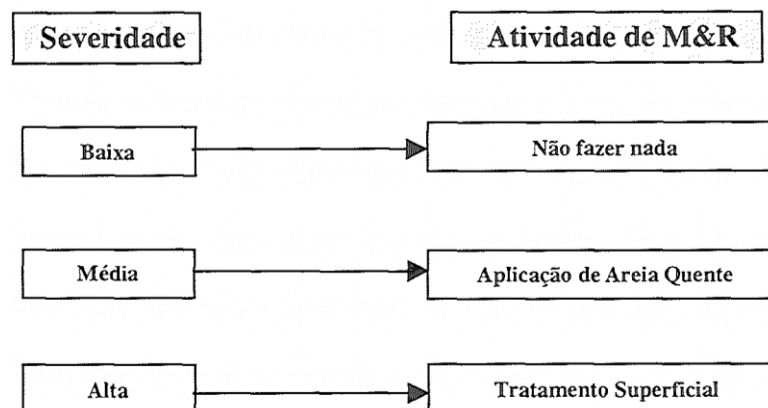
Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 47: Corrugação



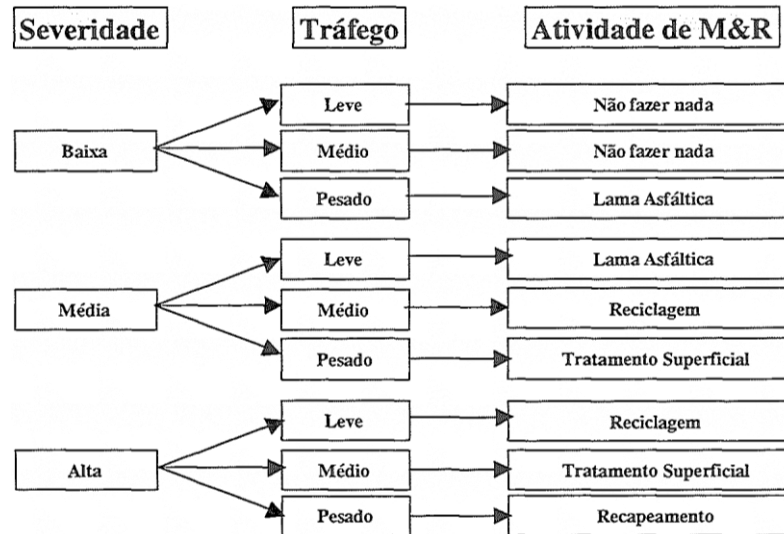
Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 48: Exsudação



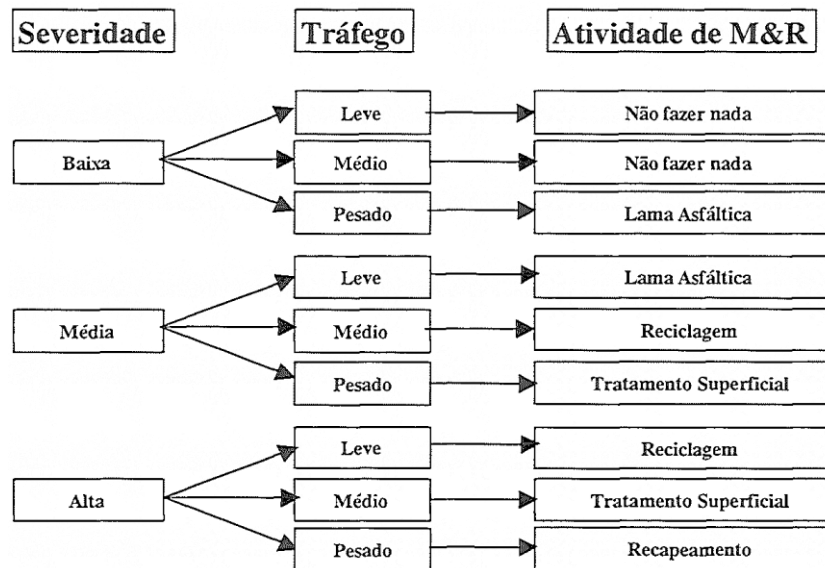
Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 49: Agregados polidos



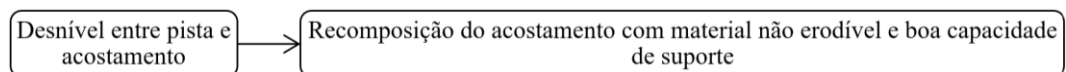
Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 50: Desgaste



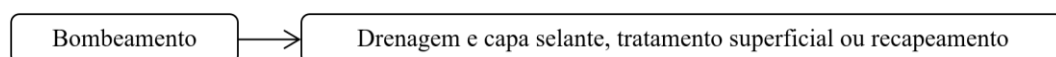
Fonte: Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 51: Desnível entre pista e acostamento



Fonte: Adaptado de Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

Figura 52: Bombeamento



Fonte: Adaptado de Fernandes Júnior e Pantigoso (1998 *apud* Fernandes Júnior; Oda; Zerbini, 2006).

ANEXO B: COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS

Tabela 10: Tratamento superficial duplo com CAP - brita comercial

CGCIT							DNIT			
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO				Amapá		FIC 0,01071				
Custo Unitário de Referência				Abril/2023		Produção da equipe 540,00 m²				
4011368 Tratamento superficial duplo com CAP - brita comercial									Valores em reais (R\$)	
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total				
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo					
E9509	Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/136 kW	1,00000	1,00	0,00	284,4398	75,5245	284,4398			
E9583	Distribuidor de agregados rebocável com capacidade de 1,9 m³	1,00000	0,41	0,59	14,4677	9,3163	11,4284			
E9762	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,46	0,54	257,0987	119,7856	182,9496			
E9558	Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	58,8065	40,1691	117,6130			
					Custo horário total de equipamentos		596,4308			
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total				
P9824	Servente	8,00000	h	20,1466		161,1728				
					Custo horário total de mão de obra		161,1728			
					Custo horário total de execução		757,6036			
					Custo unitário de execução		1,4030			
					Custo do FIC		0,01500			
					Custo do FIT		-			
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário				
M0005	Brita 0	0,00733	m³	205,3972		1,5056				
M0191	Brita 1	0,01500	m³	197,3355		2,9600				
M1944	Cimento asfáltico de petróleo - CAP 150/200	0,00250	t	0,0000		0,0000				
					Custo unitário total de material		4,4656			
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário				
					Custo total de atividades auxiliares		5,8836			
					Subtotal		5,8836			
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário			
M0005	Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³	5914648	0,01100	t	8,0200		0,0882			
M0191	Brita 1 - Caminhão basculante 10 m³	5914648	0,02250	t	8,0200		0,1805			
					Custo unitário total de tempo fixo		0,2687			
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário			
				LN	RP	P				
M0005	Brita 0 - Caminhão basculante 10 m³	0,01100	tkm	5914359	5914374	5914389				
M0191	Brita 1 - Caminhão basculante 10 m³	0,02250	tkm	5914359	5914374	5914389				
					Custo unitário total de transporte		6,15			
					Custo unitário direto total		6,15			

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 11: Pintura de ligação

CGCIT							DNIT			
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO				Amapá		FIC 0,01071				
Custo Unitário de Referência				Abril/2023		Produção da equipe 1.500,00 m²				
4011353 Pintura de ligação									Valores em reais (R\$)	
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total				
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo					
E9509	Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/136 kW	1,00000	1,00	0,00	284,4398	75,5245	284,4398			
E9558	Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	58,8065	40,1691	117,6130			
					Custo horário total de equipamentos		402,0528			
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total				
P9824	Servente	2,00000	h	20,1466		40,2932				
					Custo horário total de mão de obra		40,2932			
					Custo horário total de execução		442,3460			
					Custo unitário de execução		0,2949			
					Custo do FIC		0,00320			
					Custo do FIT		-			
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário				
M1946	Emulsão asfáltica - RR-1C	0,00045	t	0,0000		0,0000				
					Custo unitário total de material		0,0000			
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário				
					Custo total de atividades auxiliares		0,2981			
					Subtotal		0,2981			
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário			
					Custo unitário total de tempo fixo		0,2687			
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário			
				LN	RP	P				
					Custo unitário total de transporte		6,15			
					Custo unitário direto total		0,30			

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 12: Capa selante - pedrisco comercial

CGCIT		DNIT				
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Amapá				
Custo Unitário de Referência		Abril/2023				
4915636 Capa selante - pedrisco comercial		Produção da equipe 0,01071				
		FIC 1.350,00 m ²				
		Valores em reais (R\$)				
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total
E9509 Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/136 kW	1,00000	1,00	0,00	284,4398	75,5245	284,4398
E9583 Distribuidor de agregados rebocável com capacidade de 1,9 m ³	1,00000	0,26	0,74	14,4677	9,3163	10,6557
E9762 Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,78	0,22	257,0987	119,7856	226,8898
E9558 Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	58,8065	40,1691	117,6130
				Custo horário total de equipamentos		639,5983
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
P9824 Servente	8,00000	h		20,1466		161,1728
				Custo horário total de mão de obra		161,1728
				Custo horário total de execução		800,7711
				Custo unitário de execução		0,5932
				Custo do FIC		0,00640
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
M2097 Emulsão asfáltica - RR-2C	0,00050	t		0,0000		0,0000
M1103 Pedrisco	0,00290	m ²		199,6359		0,5789
				Custo unitário total de material		0,5789
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		
				Subtotal		1,1785
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M1103 Pedrisco - Caminhão basculante 6 m ³	5914642	0,00435	t	6,0000		0,0261
				Custo unitário total de tempo fixo		0,0261
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			LN	RP	P	
M1103 Pedrisco - Caminhão basculante 6 m ³	0,00435	tkm	5914314	5914329	5914344	
				Custo unitário total de transporte		
				Custo unitário direto total		1,20

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 13: Fresagem contínua de revestimento asfáltico

CGCIT		DNIT				
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Amapá				
Custo Unitário de Referência		Abril/2023				
4011479 Fresagem contínua de revestimento asfáltico		Produção da equipe 99,60 m ²				
		Valores em reais (R\$)				
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total
E9571 Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,00000	0,55	0,45	355,7979	85,3134	234,0799
E9678 Fresadora a frio - 410 kW	1,00000	1,00	0,00	1.408,5819	479,2152	1.408,5819
E9697 Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,8 m - 45,50 kW	2,00000	0,83	0,17	160,4987	64,5705	288,3818
E9156 Soprador de ar costal - 2,6 kW	2,00000	1,00	0,00	4,9505	0,4783	9,9010
				Custo horário total de equipamentos		1.940,9446
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total
P9824 Servente	5,00000	h		20,1466		100,7330
				Custo horário total de mão de obra		100,7330
				Custo horário total de execução		2.041,6776
				Custo unitário de execução		20,4988
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário
M1974 Dente de corte para fresadora de 410 kW	0,64800	un		42,6074		27,6096
M2148 Porta-dente de corte para fresadora e recicladora a frio	0,00136	un		441,5462		0,6005
				Custo unitário total de material		28,2101
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo total de atividades auxiliares		
				Subtotal		48,7089
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M3507 Revestimento asfáltico - Caminhão basculante 10 m ³	5915440	2,40000	t	3,0300		7,2720
				Custo unitário total de tempo fixo		7,2720
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			LN	RP	P	
M3507 Revestimento asfáltico - Caminhão basculante 10 m ³	2,40000	tkm	5914359	5914374	5914389	
				Custo unitário total de transporte		
				Custo unitário direto total		55,98

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 14: Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 9 t - carga e descarga manuais

CGCIT						DNIT	
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Amapá		Produção da equipe		11,33 t	
Custo Unitário de Referência		Abril/2023					
5914654 Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 9 t - carga e descarga manuais						Valores em reais (R\$)	
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo	
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total	
E9508 Caminhão carroceria com capacidade de 9 t - 136 kW	1,00000	1,00	0,00	193,9999	70,8799	193,9999	
				Custo horário total de equipamentos		193,9999	
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total		
P9824 Servente	6,00000	h	20,1466		120,8796		
				Custo horário total de mão de obra		120,8796	
				Custo horário total de execução		314,8795	
				Custo unitário de execução		27,7917	
				Custo do FIC		-	
				Custo do FIT		-	
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário		
				Custo unitário total de material			
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário		
				Custo total de atividades auxiliares			
				Subtotal		27,7917	
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
				Custo unitário total de tempo fixo			
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT		Custo Unitário		
			LN	RP	P		
				Custo unitário total de transporte			
				Custo unitário direto total		27,79	

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 15: Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural

CGCIT						DNIT	
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Amapá		FIC 0,06429			
Custo Unitário de Referência		Abril/2023		Produção da equipe		249,00 tkm	
5914359 Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural						Valores em reais (R\$)	
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo	
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total	
E9579 Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 188 kW	1,00000	1,00	0,00	312,0459	91,6515	312,0459	
				Custo horário total de equipamentos		312,0459	
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total		
				Custo horário total de mão de obra			
				Custo horário total de execução		312,0459	
				Custo unitário de execução		1,2532	
				Custo do FIC		0,08060	
				Custo do FIT		-	
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário		
				Custo unitário total de material			
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário		
				Custo total de atividades auxiliares			
				Subtotal		1,3338	
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
				Custo unitário total de tempo fixo			
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT		Custo Unitário		
			LN	RP	P		
				Custo unitário total de transporte			
				Custo unitário direto total		1,33	

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 16: Imprimação com asfalto diluído

CGCIT						DNIT	
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO				Amapá		FIC 0,01071	
Custo Unitário de Referência				Abril/2023		Produção da equipe 1.125,00 m²	
4011351 Imprimação com asfalto diluído				Valores em reais (R\$)			
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo		
E9509	Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 7 kW/136 kW	1,00000	1,00	0,00	284,4398	75,5245	284,4398
E9558	Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	2,00000	1,00	0,00	58,8065	40,1691	117,6130
					Custo horário total de equipamentos		402,0528
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total		
P9824	Servente	2,00000	h	20,1466		40,2932	
					Custo horário total de mão de obra		40,2932
					Custo horário total de execução		442,3460
					Custo unitário de execução		0,3932
					Custo do FIC		0,00420
					Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário		
M0104	Asfalto diluído de petróleo - CM-30	0,00120	t	0,0000		0,0000	
					Custo unitário total de material		-
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário		
					Custo total de atividades auxiliares		-
					Subtotal		0,3974
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
					Custo unitário total de tempo fixo		-
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT		Custo Unitário		
			LN	RP	P		
					Custo unitário total de transporte		-
					Custo unitário direto total		0,40

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 17: Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida

CGCIT						DNIT	
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO				Amapá		FIC 0,02143	
Custo Unitário de Referência				Abril/2023		Produção da equipe 84,62 m²	
4011280 Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida				Valores em reais (R\$)			
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo		
E9514	Distribuidor de agregados sobre pneus autopropelido - 130 kW	1,00000	1,00	0,00	296,2080	99,7746	296,2080
E9530	Rolo compactador liso vibratório autopropelido por pneus de 11 t - 97 kW	1,00000	0,71	0,29	233,2754	91,2389	192,0848
					Custo horário total de equipamentos		488,2928
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total		
P9824	Servente	2,00000	h	20,1466		40,2932	
					Custo horário total de mão de obra		40,2932
					Custo horário total de execução		528,5860
					Custo unitário de execução		6,2466
					Custo do FIC		0,13390
					Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário		
					Custo unitário total de material		-
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário		
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	1,40000	m ³	57,1100		79,9540	
					Custo total de atividades auxiliares		79,9540
					Subtotal		86,3345
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h - Caminhão basculante 10 m ³	5915411	t	3,5800		7,5180	
					Custo unitário total de tempo fixo		7,5180
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT		Custo Unitário		
			LN	RP	P		
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h - Caminhão basculante 10 m ³	2,10000	tkm	5914359	5914374	5914389	
					Custo unitário total de transporte		-
					Custo unitário direto total		93,85

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 18: Regularização do subleito

CGCIT						DNIT	
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO				Amapá		FIC 0,06429	
Custo Unitário de Referência				Abril/2023		Produção da equipe 1.121,33 m ²	
4011209 Regularização do subleito				Valores em reais (R\$)			
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo	
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	Total
E9571	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	2,00000	0,51	0,49	355,7979	85,3134	446,5210
E9518	Grade de 24 discos rebocável de D = 60 cm (24")	1,00000	0,69	0,31	4,9596	3,4538	4,4928
E9524	Motoniveladora - 93 kW	1,00000	0,71	0,29	299,6366	125,1042	249,0222
E9762	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,96	0,04	257,0987	119,7856	251,6062
E9685	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido por pneus de 11,6 t - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	209,2767	85,9836	209,2767
E9577	Trator agrícola sobre pneus - 77 kW	1,00000	0,69	0,31	140,6637	43,6533	110,5905
						Custo horário total de equipamentos	1.271,5094
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade			Custo Horário	Custo Horário Total	
P9824	Servente	1,00000	h		20,1466	20,1466	
						Custo horário total de mão de obra	20,1466
						Custo horário total de execução	1.291,6560
						Custo unitário de execução	1,1519
						Custo do FIC	0,07410
						Custo do FIT	-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade			Preço Unitário	Custo Unitário	
						Custo unitário total de material	
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade			Custo Unitário	Custo Unitário	
						Custo total de atividades auxiliares	
						Subtotal	1,2260
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade			Custo Unitário	Custo Unitário
						Custo unitário total de tempo fixo	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT				Custo Unitário
			LN	RP	P		
						Custo unitário total de transporte	
						Custo unitário direto total	1,23

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 19: Concreto asfáltico - faixa A - areia extraída e brita produzida

CGCIT						DNIT	
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO				Amapá		FIC 0,01071	
Custo Unitário de Referência				Abril/2023		Produção da equipe 99,60 t	
4011453 Concreto asfáltico - faixa A - areia extraída e brita produzida				Valores em reais (R\$)			
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo	
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário	Total
E9762	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,00000	0,71	0,29	257,0987	119,7856	217,2779
E9681	Rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido de 10,4 t - 82 kW	1,00000	0,82	0,18	284,2744	97,2324	250,6068
E9545	Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW	1,00000	1,00	0,00	396,7645	173,9658	396,7645
						Custo horário total de equipamentos	864,6492
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade			Custo Horário	Custo Horário Total	
P9824	Servente	8,00000	h		20,1466	161,1728	
						Custo horário total de mão de obra	161,1728
						Custo horário total de execução	1.025,8220
						Custo unitário de execução	10,2994
						Custo do FIC	0,11030
						Custo do FIT	-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade			Preço Unitário	Custo Unitário	
						Custo unitário total de material	
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade			Custo Unitário	Custo Unitário	
6416079	Usinagem de concreto asfáltico - faixa A - areia extraída e brita produzida	1,02000	t		126,1100	128,6322	
						Custo total de atividades auxiliares	128,6322
						Subtotal	139,0419
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade			Custo Unitário	Custo Unitário
6416079	Usinagem de concreto asfáltico - faixa A - areia extraída e brita produzida - Caminhão basculante 10 m ³	5914649	1,02000	t	8,1400	8,3028	
						Custo unitário total de tempo fixo	8,3028
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT				Custo Unitário
			LN	RP	P		
6416079	Usinagem de concreto asfáltico - faixa A - areia extraída e brita produzida - Caminhão basculante 10 m ³	1,02000	tkm	5914359	5914374	5914389	
						Custo unitário total de transporte	
						Custo unitário direto total	147,34

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 20: Tapa buraco com pintura de ligação - demolição manual

CGCIT		DNIT					
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Amapá		FIC 0,04286			
Custo Unitário de Referência		Abril/2023		Produção da equipe		0,50000 m ²	
4915678 Tapa buraco com pintura de ligação - demolição manual		Valores em reais (R\$)					
A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo
			Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total
E9155	Caldeira de asfalto rebocável com capacidade de 600 l - 5,20 kW	1,00000	0,01	0,99	17,3085	10,2079	10,2789
E9556	Compactador manual de placa vibratória - 3,00 kW	1,00000	0,23	0,77	6,3497	0,8848	2,1417
Custo horário total de equipamentos							12,4206
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9824	Servente	6,00000	h	20,1466		120,8796	
Custo horário total de mão de obra							120,8796
Custo horário total de execução							133,3002
Custo unitário de execução							266,6004
Custo do FIC							11,42650
Custo do FIT							-
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M1946	Emulsão asfáltica - RR-1C	0,00900	t	0,0000		0,0000	
Custo unitário total de material							-
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
4915801	Mistura betuminosa	1,00000	m ²	0,0000		0,0000	
Custo total de atividades auxiliares							-
Subtotal							278,0269
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M3507	Revestimento asfáltico - Caminhão basculante 6 m ³	5915433	2,40000	t	35,6900		85,6560
Custo unitário total de tempo fixo							85,6560
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
				LN	RP	P	
M3507	Revestimento asfáltico - Caminhão basculante 6 m ³	2,40000	tkm	5914314	5914329	5914344	
Custo unitário total de transporte							-
Custo unitário direto total							363,68

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 21: Pintura de faixa com tinta acrílica - espessura de 0,6 mm

CGCIT		DNIT					
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Amapá		Produção da equipe		149,40 m ²	
Custo Unitário de Referência		Abril/2023		Produção da equipe		149,40 m ²	
5213401 Pintura de faixa com tinta acrílica - espessura de 0,6 mm		Valores em reais (R\$)					
A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo
			Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total
E9644	Caminhão demarcador de faixas com sistema de pintura a frio - 28 kW/115 kW	1,00000	1,00	0,00	395,4900	156,8610	395,4900
Custo horário total de equipamentos							395,4900
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9853	Pré-marcador	1,00000	h	21,3498		21,3498	
P9824	Servente	4,00000	h	20,1466		80,5864	
Custo horário total de mão de obra							101,9362
Custo horário total de execução							497,4262
Custo unitário de execução							3,3295
Custo do FIC							-
Custo do FIT							-
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M2037	Microesferas refletivas de vidro tipo I-B	0,12000	kg	10,9620		1,3154	
M2038	Microesferas refletivas de vidro tipo II-A	0,35000	kg	12,3697		4,3294	
M2034	Solvente para tinta à base de resina acrílica	0,03000	l	16,2092		0,4863	
M2044	Tinta à base de resina acrílica emulsionada em água para pré-marcação viária	0,00097	l	24,8177		0,0241	
M2027	Tinta à base de resina acrílica estirenada para demarcação viária	0,60000	l	58,3310		34,9986	
Custo unitário total de material							41,1538
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
Custo total de atividades auxiliares							-
Subtotal							44,4833
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M2037	Microesferas refletivas de vidro tipo I-B - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00012	t	34,6300		0,0042
M2038	Microesferas refletivas de vidro tipo II-A - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00035	t	34,6300		0,0121
M2034	Solvente para tinta à base de resina acrílica - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00003	t	34,6300		0,0010
M2027	Tinta à base de resina acrílica estirenada para demarcação viária - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00083	t	34,6300		0,0287
Custo unitário total de tempo fixo							0,0460
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
				LN	RP	P	
M2037	Microesferas refletivas de vidro tipo I-B - Caminhão carroceria 15 t	0,00012	tkm	5914449	5914464	5914479	
M2038	Microesferas refletivas de vidro tipo II-A - Caminhão carroceria 15 t	0,00035	tkm	5914449	5914464	5914479	
M2034	Solvente para tinta à base de resina acrílica - Caminhão carroceria 15 t	0,00003	tkm	5914449	5914464	5914479	
M2027	Tinta à base de resina acrílica estirenada para demarcação viária - Caminhão carroceria 15 t	0,00083	tkm	5914449	5914464	5914479	
Custo unitário total de transporte							-
Custo unitário direto total							44,53

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 22: Pintura de setas e zebrados com tinta acrílica - espessura de 0,6 mm

CGCIT		DNIT	
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Amapá	
Custo Unitário de Referência		Abril/2023	
5213405 Pintura de setas e zebrados com tinta acrílica - espessura de 0,6 mm		Produção da equipe	
		30,18 m ²	
		Valores em reais (R\$)	
A - EQUIPAMENTOS		Utilização	
Quantidade		Operativa	Improdutiva
Custo Horário		Produtivo	Improdutivo
Custo Horário Total			
E9644	Caminhão demarcador de faixas com sistema de pintura a frio - 28 kW/115 kW	1,00000	0,00
			395,4900
			156,8610
			395,4900
		Custo horário total de equipamentos	
		395,4900	
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade
Custo Horário		Custo Horário Total	
P9853	Pré-marcador	1,00000	h
P9824	Servente	4,00000	h
			21,3498
			20,1466
		Custo horário total de mão de obra	
		101,9362	
		Custo horário total de execução	
		497,4262	
		Custo unitário de execução	
		16,4820	
		Custo do FIC	
		-	
		Custo do FIT	
		-	
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade
Preço Unitário		Custo Unitário	
M2037	Microesferas refletivas de vidro tipo I-B	0,12000	kg
M2038	Microesferas refletivas de vidro tipo II-A	0,35000	kg
M2034	Solvente para tinta à base de resina acrílica	0,03000	l
M2044	Tinta à base de resina acrílica emulsionada em água para pré-marcagem viária	0,00097	l
M2027	Tinta à base de resina acrílica estirada para demarcação viária	0,60000	l
			10,9620
			12,3697
			16,2092
			24,8177
			58,3310
		Custo unitário total de material	
		41,1538	
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade
Custo Unitário		Custo Unitário	
		Custo total de atividades auxiliares	
		-	
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade
Unidade		Subtotal	
Custo Unitário		Custo Unitário	
M2037	Microesferas refletivas de vidro tipo I-B - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00012
M2038	Microesferas refletivas de vidro tipo II-A - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00035
M2034	Solvente para tinta à base de resina acrílica - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00003
M2027	Tinta à base de resina acrílica estirada para demarcação viária - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00083
			t
			t
			t
			t
			34,6300
			34,6300
			34,6300
			34,6300
		Custo unitário total de tempo fixo	
		0,0460	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade
DMT		Custo Unitário	
LN		RP	
P		Custo Unitário	
M2037	Microesferas refletivas de vidro tipo I-B - Caminhão carroceria 15 t	0,00012	tkm
M2038	Microesferas refletivas de vidro tipo II-A - Caminhão carroceria 15 t	0,00035	tkm
M2034	Solvente para tinta à base de resina acrílica - Caminhão carroceria 15 t	0,00003	tkm
M2027	Tinta à base de resina acrílica estirada para demarcação viária - Caminhão carroceria 15 t	0,00083	tkm
			5914449
			5914464
			5914479
			5914464
			5914479
			5914479
		Custo unitário total de transporte	
		57,68	
		Custo unitário direto total	
		57,68	

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 23: Tachão refletivo em plástico injetado - bidirecional - fornecimento e colocação

CGCIT		DNIT	
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Amapá	
Custo Unitário de Referência		Abril/2023	
5213362 Tachão refletivo em plástico injetado - bidirecional - fornecimento e colocação		Produção da equipe	
		19,79 un	
		Valores em reais (R\$)	
A - EQUIPAMENTOS		Utilização	
Quantidade		Operativa	Improdutiva
Custo Horário		Produtivo	Improdutivo
Custo Horário Total			
E9887	Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	1,00000	0,00
E9764	Grupo gerador - 7,2 kVA	1,00000	0,00
E9675	Marteleto perfurador/rompedor elétrico - 1,50 kW	1,00000	0,00
			159,4386
			59,5937
			9,3128
			0,5138
			0,9311
		Custo horário total de equipamentos	
		169,8825	
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade
Custo Horário		Custo Horário Total	
P9830	Montador	1,00000	h
P9824	Servente	5,00000	h
			27,3470
			20,1466
		Custo horário total de mão de obra	
		128,0800	
		Custo horário total de execução	
		297,7625	
		Custo unitário de execução	
		15,0461	
		Custo do FIC	
		-	
		Custo do FIT	
		-	
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade
Preço Unitário		Custo Unitário	
M2041	Adesivo à base de resina poliéster	0,21778	kg
M2388	Broca de widia - D = 16 mm e C = 150 mm	0,00527	un
M3867	Tachão refletivo em plástico injetado bidirecional	1,00000	un
			36,3152
			42,9272
			76,3681
		Custo unitário total de material	
		84,5030	
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade
Custo Unitário		Custo Unitário	
		Custo total de atividades auxiliares	
		-	
E - TEMPO FIXO		Código	Quantidade
Unidade		Subtotal	
Custo Unitário		Custo Unitário	
M2041	Adesivo à base de resina poliéster - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00022
M3867	Tachão refletivo em plástico injetado bidirecional - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00110
			t
			t
			t
			t
			34,6300
			34,6300
		Custo unitário total de tempo fixo	
		0,0457	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE		Quantidade	Unidade
DMT		Custo Unitário	
LN		RP	
P		Custo Unitário	
M2041	Adesivo à base de resina poliéster - Caminhão carroceria 15 t	0,00022	tkm
M3867	Tachão refletivo em plástico injetado bidirecional - Caminhão carroceria 15 t	0,00110	tkm
			5914449
			5914464
			5914479
			5914464
			5914479
		Custo unitário total de transporte	
		99,59	
		Custo unitário direto total	
		99,59	

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 24: Placa em aço - película I + III - fornecimento e implantação

CGCIT		DNIT				
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO						
Custo Unitário de Referência		Amapá Abril/2023	Produção da equipe 3,00000 m ²			
5213571 Placa em aço - película I + III - fornecimento e implantação		Valores em reais (R\$)				
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total
E9687 Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	1,00000	0,30	0,70	159,4386	59,5937	89,5472
				Custo horário total de equipamentos		89,5472
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9830 Montador	1,00000	h	27,3470		27,3470	
P9824 Servente	2,00000	h	20,1466		40,2932	
				Custo horário total de mão de obra		67,6402
				Custo horário total de execução		157,1874
				Custo unitário de execução		52,3958
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
				Custo unitário total de material		
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
5213417 Placa em aço nº 16 galvanizado com película retrorrefletiva tipo I + III - confecção	1,00000	m ²	470,5800		470,5800	
				Custo total de atividades auxiliares		470,5800
				Subtotal		522,9758
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
				Custo unitário total de tempo fixo		
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			LN	RP	P	
				Custo unitário total de transporte		
				Custo unitário direto total		522,98

Obs.

Fonte: DNIT (2023).

Tabela 25: Suporte para placa de sinalização em madeira de lei tratada 8 x 8 cm - fornecimento e implantação

CGCIT		DNIT				
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO						
Custo Unitário de Referência		Amapá Abril/2023	Produção da equipe 4,00000 un			
5216111 Suporte para placa de sinalização em madeira de lei tratada 8 x 8 cm - fornecimento e implantação		Valores em reais (R\$)				
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo
		Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	Horário Total
E9687 Caminhão carroceria com capacidade de 5 t - 115 kW	1,00000	0,30	0,70	159,4386	59,5937	89,5472
				Custo horário total de equipamentos		89,5472
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9808 Carpinteiro	1,00000	h	25,4927		25,4927	
P9822 Pintor	0,50000	h	26,8561		13,4281	
P9824 Servente	1,00000	h	20,1466		20,1466	
				Custo horário total de mão de obra		59,0674
				Custo horário total de execução		148,6146
				Custo unitário de execução		37,1537
				Custo do FIC		-
				Custo do FIT		-
C - MATERIAL	Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M0789 Conjunto para fixação de placas em aço galvanizado composto por barra chata, abraçadeira, parafusos, porcas e arruelas	0,69700	kg	24,3619		16,9802	
M1662 Suporte em madeira de eucalipto tratado - seção de 8 x 8 cm	3,00000	m	17,6900		53,0700	
M2128 Tinta esmalte sintético acetinado	0,25622	l	22,2616		5,7039	
				Custo unitário total de material		75,7541
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
1106165 Concreto ciclópico fck = 20 MPa - confecção em betoneira e lançamento manual - areia, brita e pedra de mão comerciais	0,00375	m ³	498,0900		1,8678	
4805750 Escavação manual em material de 1ª categoria na profundidade de até 1 m	0,05655	m ³	42,8800		2,4249	
4815671 Reaterro e compactação com soquete vibratório	0,05280	m ³	15,7000		0,8290	
				Custo total de atividades auxiliares		5,1217
				Subtotal		118,0295
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário
M0789 Conjunto para fixação de placas em aço galvanizado composto por barra chata, abraçadeira, parafusos, porcas e arruelas - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00070	t	34,6300		0,0242
M1662 Suporte em madeira de eucalipto tratado - seção de 8 x 8 cm - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,01920	t	34,6300		0,6649
M2128 Tinta esmalte sintético acetinado - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00035	t	34,6300		0,0121
				Custo unitário total de tempo fixo		0,7012
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
			LN	RP	P	
M0789 Conjunto para fixação de placas em aço galvanizado composto por barra chata, abraçadeira, parafusos, porcas e arruelas - Caminhão carroceria 15 t	0,00070	tkm	5914449	5914464	5914479	
M1662 Suporte em madeira de eucalipto tratado - seção de 8 x 8 cm - Caminhão carroceria 15 t	0,01920	tkm	5914449	5914464	5914479	
M2128 Tinta esmalte sintético acetinado - Caminhão carroceria 15 t	0,00035	tkm	5914449	5914464	5914479	
				Custo unitário total de transporte		
				Custo unitário direto total		118,73

Obs.

Fonte: DNIT (2023).