

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

STHEFANY ULIANI SPIES

**IDENTIFICAÇÃO DE DEFEITOS E PROPOSTA DE ATIVIDADES DE
MANUTENÇÃO EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE VIAS URBANAS DA
CIDADE DE CAMPO MOURÃO - PR**

**CAMPO MOURÃO
2022**

STHEFANY ULIANI SPIES

**IDENTIFICAÇÃO DE DEFEITOS E PROPOSTA DE ATIVIDADES DE
MANUTENÇÃO EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE VIAS URBANAS DA
CIDADE DE CAMPO MOURÃO - PR**

**Identification of defects and proposal of maintenance activities in asphalt pavements of
urban roads of the city of Campo Mourão – PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof^a Dr^a Eliana Fernandes dos
Santos.

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

STHEFANY ULIANI SPIES

**IDENTIFICAÇÃO DE DEFEITOS E PROPOSTA DE ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO EM
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE VIAS URBANAS DA CIDADE DE CAMPO MOURÃO - PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof^a Dr^a Eliana Fernandes dos Santos.

Data de aprovação: 06/junho/2022

Eliana Fernandes dos Santos
Doutorado em Infraestrutura de Transportes
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Adalberto Luiz Rodrigues de Oliveira
Doutorado em Ciências de la Educacion
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Vera Lúcia Barradas Moreira
Doutorado em Arquitetura
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2022

AGRADECIMENTO

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus pela oportunidade, pela força e sabedoria dada durante todos esses anos que estive na graduação.

Gostaria de mostrar minha eterna gratidão a minha mãe, Irma, por não medir esforços para ajudar nos momentos mais difíceis, por sempre me motivar, me incentivar a correr atrás dos meus sonhos, por ser meu pilar, principalmente nos últimos anos. Queria agradecer também pela confiança e apoio que recebi tanto dela quanto de meu pai, Carlos, que não está presente hoje comigo, mas que foi parte essencial para dar meu primeiro passo ao entrar na faculdade.

Mostrar minha gratidão ao Leonardo, meu namorado, que está presente comigo desde o início da graduação e nunca mediu esforços para me ajudar diante as dificuldades encontradas no caminho. Obrigada por ser um dos meus maiores motivadores e nunca me deixar desistir, sempre me mantendo confiante e determinada, além de ter me ajudado a encontrar a minha melhor versão e crescer como pessoa e profissional.

Agradecer minha orientadora Prof^a Dr^a Eliana Fernandes dos Santos, que se colocou à disposição para ajudar em um momento de tantas incertezas para mim. Agradecer a dedicação, os ensinamentos durante esse período e a paciência por entender todas as minhas dificuldades.

Gostaria de agradecer a Ana Luíza, uma amiga que acabei conhecendo na metade do curso e acabou se tornando minha fiel escudeira, estando comigo nos piores momentos e me ajudando com tudo que estava ao alcance.

Meu muito obrigada a todos os professores e servidores da universidade, que contribuíram ou ajudaram ao longo desses anos, pois com certeza foram essenciais para meu crescimento.

Só tenho a agradecer cada um por ter participado dessa caminhada, seja com ensinamentos ou com incentivos que me fizeram persistir até aqui.

RESUMO

Os pavimentos deterioram-se com o passar dos anos devido à ação das cargas dos veículos, pelas intempéries do local onde se encontram, por manutenções mal executadas ou até pela falta delas. Justificando-se pela carência de pavimentos em boas condições de tráfego e pela presença de reparos mal executados, este trabalho tem como objetivo realizar o levantamento dos defeitos do pavimento flexível, de forma visual, empregando o método do Índice de Gravidade Global (IGG). Sua finalidade é apresentar de forma numérica a atual condição do pavimento e classificá-lo de acordo com os valores obtidos, que variam de zero (ótimo) a Cento e Sessenta (péssimo). Esse método avalia a frequência dos defeitos nas seções analisadas e os multiplica por um fator de ponderação específico para cada tipo de defeito, obtendo seu respectivo Índice de Gravidade Individual (IGI), e a partir de sua soma, obteve-se o Índice de Gravidade Global. Para relacionar os defeitos encontrados, utilizou-se a norma que descreve todas as patologias desse tipo de pavimento. A avaliação foi realizada no bairro Copacabana, localizado no município de Campo Mourão no Paraná, o qual foi dividido em treze trechos que apresentaram manifestações patológicas ao longo de suas extensões. A partir do levantamento, foram determinados os valores do Índice de Gravidade Global, dos quais cinco se enquadram no conceito péssimo, cinco no conceito ruim, um no conceito regular e dois no conceito bom. Por meio da análise dos defeitos de cada trecho foi possível chegar a um diagnóstico da situação atual dos pavimentos, onde verificou-se que em alguns segmentos há um elevado grau de deterioração, fazendo-se necessário realizar procedimentos de manutenção e reabilitação.

Palavras-chave: pavimento; pavimento flexível; patologias; defeitos; manutenção e reabilitação; sistema de gerência de pavimentos; avaliação objetiva.

ABSTRACT

The pavements deteriorate with the passing of the years due to the action of the loads of the vehicles, the weather of the place where they are, poorly performed maintenance or even the lack of them. Justified by the lack of pavements in good traffic conditions and the presence of poorly performed repairs, this work aims to perform the lifting of the defects of the flexible pavement, in a visual way, using the Global Gravity Index (IGG) method. Its purpose is to present in a numerical form the current condition of the pavement and classify it according to the obtained values, which vary from zero (great) to One hundred and sixty (terrible). This method evaluates the frequency of defects in the analyzed sections and multiplies them by a specific weighting factor for each type of defect, obtaining its respective Individual Severity Index (IGI), and from its sum, the Global Severity Index was obtained. To relate the defects found, we used the specific standard, which describes all the pathologies of this type of floor. The evaluation for this study was carried out in the Copacabana neighborhood, located in the municipality of Campo Mourão in Paraná, which was divided into thirteen sections that presented pathological manifestations along their extensions. From the survey, we determined the values of the Global Severity Index, of which five fall into the concept of bad, five into the concept of bad, one into the concept of good, and two into the concept of good. Through the analysis of the defects of each section it was possible to arrive at a diagnosis of the current situation of the pavements, where it was verified that in some segments there is a high degree of deterioration, making it necessary to perform maintenance and rehabilitation procedures.

Keywords: pavement; flexible pavement; pathologies; defects; maintenance and rehabilitation; floor management system; objective evaluation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Camadas do pavimento flexível.....	16
Figura 2 - Afundamento de trilha de roda	17
Figura 3 - Afundamento local.....	18
Figura 4 - Corrugação	18
Figura 5 - Exsudação de asfalto	19
Figura 6 - Desgaste e desprendimento de agregado	20
Figura 7 - Panela.....	20
Figura 8 - Escorregamento do revestimento betuminoso	21
Figura 9 - Trinca isolada (transversal)	22
Figura 10 - Trinca isolada (longitudinal)	22
Figura 11 - Trinca isolada (retração).....	23
Figura 12 - Trinca interligada (couro de jacaré)	23
Figura 13 - Trinca interligada (tipo bloco).....	24
Figura 14 - Fluxograma de um Sistema de Gerência de Pavimentos	29
Figura 15 - Árvore de decisão da trinca bloco e couro de jacaré.....	32
Figura 16 - Árvore de decisão da trinca longitudinal	33
Figura 17 - Árvore de decisão da trinca transversal	33
Figura 18 - Árvore de decisão do remendo	34
Figura 19 - Árvore de decisão da panela	34
Figura 20 - Árvore de decisão do escorregamento do revestimento betuminoso	35
Figura 21 - Árvore de decisão da trilha de roda.....	35
Figura 22 - Árvore de decisão da corrugação	36
Figura 23 - Árvore de decisão da exsudação	36
Figura 24 - Mapa do município de Campo Mourão - PR.....	43
Figura 25 - Localização do bairro Copacabana no município	44
Figura 26 - Área do bairro para estudo.....	44
Figura 27 - Divisão de trechos no bairro Copacabana.....	45
Gráfico 1 - Totalidade dos defeitos	50

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Corrugação no trecho 13	50
Fotografia 2 - Exsudação no trecho 9	51
Fotografia 3 - Desgaste no trecho 7	51
Fotografia 4 - Panela no trecho 2	52
Fotografia 5 - Escorregamento betuminoso no trecho 10	52
Fotografia 6 - Trinca transversal no trecho 7	53
Fotografia 7 - Trinca longitudinal no trecho 5	53
Fotografia 8 - Couro de jacaré no trecho 3	54
Fotografia 9 - Remendo no trecho 4	54
Fotografia 10 - Desprendimento (esquerda) e Remendo (direita), Rua João Xavier Padilha	55
Fotografia 11 - Panelas (esquerda) e trincas (direita), Rua João Xavier Padilha	55
Fotografia 12 - Rua Cecília Meireles	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Defeitos de superfície e suas respectivas severidades	24
Quadro 2 - Deformações de superfície e suas respectivas severidades	26
Quadro 3 – Valor dos fatores de ponderação para defeitos de superfície.....	38
Quadro 4 - Conceito de degradação do pavimento em função do IGG.....	40
Quadro 5 - Trechos e ruas do bairro	45
Quadro 6 - Formulário de defeitos.....	46
Quadro 7 - Cálculo do IGG	47
Quadro 8 - Trechos, extensão e seções	48
Quadro 9 - IGG e conceito de cada trecho	49
Quadro 10 - Defeitos encontrados e suas frequências	49
Quadro 11 - Proposta de M&R por trecho.....	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3. JUSTIFICATIVA	14
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
4.1 Pavimentos: Conceitos e definições.....	15
4.2 Defeitos do pavimento flexível.....	16
4.2.1 Deformações na superfície	16
4.2.1.1 <u>Afundamento</u>	17
4.2.1.2 <u>Corrugação</u>	18
4.2.2 Defeitos de superfície	19
4.2.2.1 <u>Exsudação</u>	19
4.2.2.2 <u>Desgaste</u>	19
4.2.2.3 <u>Panela</u>	20
4.2.2.4 <u>Escorregamento do revestimento betuminoso</u>	20
4.2.2.5 <u>Fendas, fissuras e trincas</u>	21
4.3 Sistema De Gerência De Pavimentos	27
4.3.1 Atividades de um sistema de Gerência de Pavimentos	28
4.4 Atividades de Manutenção e Reabilitação	29
4.4.1 Remendos	29
4.4.2 Selagem das trincas	30
4.4.3 Capas selantes.....	30
4.4.4 Fresagem.....	30
4.4.5 Reciclagem	30
4.4.6 Recapeamento.....	31

4.4.7	Micro revestimento.....	31
4.4.8	Reconstrução	31
4.5	Árvores de Decisões	31
4.6	Avaliação de pavimentos flexíveis	36
4.6.1	Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos (IGG) – DNIT 006/2003 – PRO	38
5.	METODOLOGIA.....	41
5.1	Caracterização da pesquisa	41
5.2	Procedimentos metodológicos.....	41
6.	ESTUDO DE CASO	43
6.1	Inventário	46
6.2	Avaliação do pavimento dos trechos.....	46
7.	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	48
7.1	Aspectos gerais das avaliações.....	48
7.2	Condições das vias	48
7.3	Proposta de manutenção	56
8.	CONCLUSÃO.....	59
	REFERÊNCIAS	60
	APÊNDICE A – Questionário de pesquisa	63
	ANEXO A – Respostas obtidas com a SEPLA	64

1. INTRODUÇÃO

A construção de uma via de transporte é uma atividade que sempre gerou preocupação desde a antiguidade, em civilização remotas, visto que, pavimentar as vias era essencial para a integração, locomoção, já que era um meio de interligar uma localidade a outra (BALBO, 2007).

Com a criação do veículo automóvel, a necessidade de manutenção e construção de novas vias pavimentadas aumentou, assim como, com a evolução dos mesmos automóveis e velocidades cada vez maiores, as condições das vias tiveram que modificar-se para atender as demandas devidas ao tráfego (PINTO, 2003).

O desempenho dos pavimentos flexíveis está relacionado as propriedades do cimento asfáltico, pelo fato de ser considerado umas das partes mais importante que o compõe. Esse material precisa ser manipulado sob todos os cuidados e condições necessárias para que não venha sofrer variações físico-químicas. Essas propriedades, entre outros fatores, definem o comportamento que o mesmo terá diante das condições climáticas e o tráfego que por ali passará (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2019).

Para o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2006), o pavimento é uma estrutura de camadas colocadas em ordem de necessidade técnico-econômicas, que possuem materiais de diferentes resistências e deformabilidades. Dessa forma, é imprescindível desenvolver cálculos precisos sobre as tensões e deformações que são exercidas nesse pavimento para seu bom desempenho.

De acordo com Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (2006), para manter o pavimento em boas condições, é indispensável serem realizadas manutenções e reparações periódicas. Essas atividades são realizadas para evitar que os defeitos encontrados se tornem maiores, sabendo que há uma grande constância devido às solicitações vindas do tráfego, meio ambiente e intempéries.

Geralmente, uma obra de pavimentação tem custos bastante elevados em função dos materiais em conjunto com a mão de obra. Sendo assim, há uma necessidade de pesquisar alternativas construtivas para obter os benefícios de sua vida útil, visto que, o projeto estrutural é um determinante muito importante para esse feito (HARTMANN, 2009).

Segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1998), os principais problemas nos pavimentos estão relacionados ao seu tempo de vida útil, que muitas vezes já está ultrapassada e também às solicitações intensas de tráfego. Assim, é inevitável que os

defeitos comecem a aparecer, uma vez que, a manutenção dos pavimentos não é feita adequadamente e nem em tempo suficiente para mantê-los em boa condição.

No Brasil, as condições das vias são precárias, e são consequência da ausência de investimentos técnico-gerenciais, da falta de fiscalização e especialização (FERNANDES JÚNIOR; ODA; ZERBINI, 2006). Segundo Bernucci *et al.* (2008), os investimentos em infraestrutura rodoviária se encontram bem inferiores se comparado com as reais necessidades do país.

De acordo com a Confederação Nacional do Transportes (2017a), o pavimento no Brasil deveria durar em média entre 8 e 12 anos. No entanto, devido a falhas no projeto, falta de investimento e de fiscalização e má qualidade dos materiais empregados na construção, a duração muitas vezes cai para apenas 7 meses após a entrega da obra, uma vez que já são detectados diversos problemas que geram custos adicionais.

Portanto, as manutenções e restaurações são essenciais para prolongar a vida do pavimento, visto que, se não tratado adequadamente os custos operacionais se tornam elevados, indo contra os preceitos de otimização técnico-econômica (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE, 2006).

Neste trabalho serão abordados alguns defeitos que se manifestam nos pavimentos flexíveis e formas para prevenir sua progressão, podendo evitar custos adicionais se elaborado um programa de monitoramento, de gerenciamento e cronograma adequado.

2. OBJETIVOS

Neste capítulo serão apresentados quais são os objetivos geral e específicos para o tema abordado no trabalho.

2.1 Objetivo Geral

Identificar e analisar defeitos em pavimentos asfálticos no bairro Copacabana, situado no município de Campo Mourão - PR, e propor atividades de manutenção das vias urbanas.

2.2 Objetivos específicos

- Relacionar os defeitos nas vias urbanas do bairro Copacabana, utilizando a Norma DNIT 005/2003 – TER, e realizar o levantamento visual do tipo funcional por meio da Norma DNIT 006/2003 – PRO;
- Avaliar os defeitos encontrados fornecendo um diagnóstico da condição atual dos pavimentos;
- Propor serviços de manutenção para recuperação dos pavimentos avaliados.

3. JUSTIFICATIVA

Segundo a Confederação Nacional de Transportes (2017b), as causas mais comuns para o desgaste precoce dos pavimentos estão relacionadas às camadas que o compõem, ou seja, elas precisam atender às necessidades e suportar as cargas do tráfego sem que haja deformações e rupturas prematuras, e esses defeitos também dependem das condições climáticas de cada localidade. Eles também relacionam a falta de investimento e manutenção com a má qualidade dos pavimentos.

Para Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (2006), a identificação dos defeitos ainda em estágios iniciais é uma das atividades mais importantes para a manutenção dos mesmos, sendo que, por exemplo, uma simples trinca pode evoluir em pouco tempo e se tornar um grande problema se não resolvido. Esses defeitos encontrados em pavimentos de vias públicas, são normalmente reparados pela prefeitura do município, no entanto, por falta de investimentos a manutenção acaba sendo insuficiente.

Assim, o presente estudo justifica-se em virtude da carência de manutenção contínua e reparos mal executados encontrados em vias urbanas. Em uma situação ideal, após a construção de uma via em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, recomenda-se seu monitoramento, de maneira a detectar o aparecimento dessas patologias antes que ocorra sua total degradação, sugerindo que sejam efetuadas as correções necessárias.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordadas as definições de pavimento, seus tipos e como são as divisões de camadas conforme necessidade, além de apresentar tipos de defeitos relacionados, em particular, ao pavimento flexível. Será apresentado o Sistema de Gerência de Pavimentos, que é utilizado para auxiliar na resolução de problemas relacionados as malhas viárias e mostrar quais as etapas necessárias para implementá-lo, e também a árvore de decisão de cada defeito, que é utilizada para propor a manutenção adequada às vias.

4.1 Pavimentos: Conceitos e definições

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2006), o pavimento pode ser definido como uma superestrutura composta por um conjunto de camadas de espessuras finitas, colocadas sobre um semiespaço que teoricamente se considera como infinito, sendo a infraestrutura ou terreno de fundação, denominado de subleito. Ele pode ser classificado de três formas, que são:

- **Flexível:** pode ser definido como o pavimento em que a camada de revestimento é de asfalto, sendo a base feita de material granular e a sua sub-base feita também de material granular ou então de solo (SILVA, 2008).
- **Semirrígido:** formado por uma base cimentada por algum aglutinante que tenha propriedades cimentícias, tendo como exemplo, uma camada de solo cimento que tem como revestimento uma camada asfáltica (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE, 2006).
- **Rígido:** são formados por uma camada de concreto de cimento Portland, porém apenas de forma superficial, usualmente apoiada sobre uma camada granular ou na sub-base e ainda assentada sobre o subleito ou quando necessário, sobre o reforço de subleito. São comumente associados aos feitos de concreto de cimento Portland (BERNUCCI *et al*, 2008).

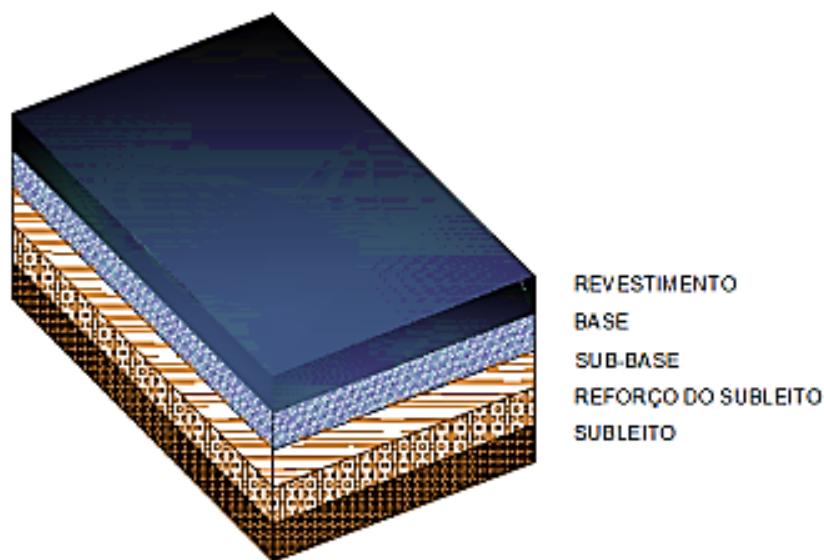
Conforme Balbo (2007), as camadas são divididas em:

- **Subleito:** é a camada que suporta os esforços solicitados em sua profundidade, portanto, é preciso um certo cuidado com os estratos superiores, já que os esforços atuam com maior magnitude.
- **Reforço do subleito:** camada necessária quando o subleito possui uma baixa resistência, fazendo com o que o mesmo resista a solicitações de maior grandeza, exigindo que as espessuras de base e de sub-base sejam menores.

- **Sub-base:** é a camada que ameniza as pressões sobre as demais camadas de solos inferiores, além de desempenhar a função de drenagem subsuperficial dos pavimentos.
- **Base:** camada responsável por distribuir e resistir os esforços para as camadas inferiores.
- **Revestimento:** também denominado de camada de rolamento, é responsável por receber as cargas, estáticas ou dinâmicas, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, fragmentação dos componentes ou ainda, perda de compactação.

Na Figura 1, está a representação das camadas de um pavimento flexível.

Figura 1 - Camadas do pavimento flexível



Fonte: Silva (2018, p. 4)

4.2 Defeitos do pavimento flexível

Os pavimentos flexíveis costumam apresentar defeitos relacionados às suas características estruturais e superficiais, como o aparecimento de fendas, e também podem manifestar as desagregações, que acontecem apenas de forma superficial. Essas desagregações acontecem com o aparecimento de fendas e cavados de rodeira, possibilitando o acúmulo de água e sua infiltração nas camadas inferiores, ocasionando uma perda em relação às características superficiais, o que também resulta na diminuição das condições de segurança, conforto e economia (PINTO, 2003).

4.2.1 Deformações na superfície

As deformações, em sua totalidade, acontecem por uma anormalidade entre as camadas do pavimento e do solo de fundação em conjunto com as ações do tráfego intenso e dos fatores climáticos (PINTO, 2003). E de acordo com Silva (2008), são definidas como corrugações e afundamentos.

4.2.1.1 Afundamento

São consideradas deformações permanentes quando a superfície do pavimento sofre uma depressão, e as vezes, vem acompanhada de solevamento. Sendo classificadas como afundamento plástico ou de consolidação. Quando é ocasionado pela deformação plástica, nas camadas do pavimento ou subleito, denomina-se afundamento plástico local, quando sua extensão for de até 6 m; caso a extensão seja maior que 6 m, denomina-se afundamento plástico da trilha (Figura 2). Já os afundamentos por consolidação acontecem por consolidação diferencial que também ocorrem em camadas do pavimento ou do subleito, sendo a extensão for de até 6 m, é caracterizado por afundamento de consolidação local, se for superior a 6 m, é caracterizado por afundamento de consolidação na trilha (Figura 3) (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE, 2003).

Figura 2 - Afundamento de trilha de roda



Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2003, p. 8)

Figura 3 - Afundamento local

Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2003, p. 8)

4.2.1.2 Corrugação

Conhecidas também como costela de vaca, as corrugações são ondulações transversais no eixo da via. Essas corrugações estão relacionadas às tensões cisalhantes horizontais criadas pelos veículos em áreas sujeitas à aceleração ou frenagem. Muito comum encontrá-las em subidas, curvas, rampas e intersecções. As ondulações encontradas na superfície da camada de revestimento denominadas como escorregamento de massa, ocorrem por baixa estabilidade da mistura asfáltica, quando é submetida ao tráfego e ao intemperismo (SILVA, 2008). Como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Corrugação

Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2003, p. 9)

4.2.2 Defeitos de superfície

Os defeitos são danos encontrados na superfície dos pavimentos, os quais podem ser observados a olho nu. E o levantamento dessas patologias tem como objetivo avaliar a conservação dos pavimentos e fazer um diagnóstico da situação em que o mesmo se encontra, para avaliar a melhor solução tecnicamente adequada e caso necessário, indicar alternativas possíveis para sua restauração (BERNUCCI *et al*,2008).

4.2.2.1 Exsudação

Conforme o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2003), a exsudação ocorre quando há uma quantidade maior que o desejável de ligante betuminoso na superfície do pavimento. Pinto (2003), destaca que além do ligante, sua origem pode estar relacionada também com a dosagem inadequadas dos agregados ou por contaminação vinda de rega de colagem, e também de fatores associados a formulação da mistura. Pode-se ressaltar essa combinação a condições severas de tráfego e altas temperaturas. Como na Figura 5.

Figura 5 - Exsudação de asfalto



Fonte: Silva (2008, p. 33)

4.2.2.2 Desgaste

Conforme Silva (2008), o arrancamento progressivo dos agregados é um estágio avançado do desgaste superficial e é caracterizado pela aspereza na superfície. Sua causa origina-se da volatilização e da oxidação do asfalto, sob a ação do tráfego e do intemperismo. Normalmente o arrancamento de agregado acontece em idade avançada, no entanto, se ocorrer logo após o início do fluxo de veículos, o motivo pode ser um superaquecimento do asfalto ainda na usina ou ainda falta desse ligante. Como mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Desgaste e desprendimento de agregado



Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2003, p. 11)

4.2.2.3 Panela

Chamado também de buraco, são cavidades de diferentes tamanhos que ocorrem no revestimento, decorrente da desintegração localizada. São originados a partir de aplicações insuficientes de asfalto ou então, pela drenagem deficiente que ocasiona a ruptura de sua base. Quando há ação do tráfego e a presença de água, há também uma fragmentação e remoção do revestimento e da base. Normalmente essas panelas tendem a se manifestar quando não é efetuado um reparo permanente no pavimento (FERNANDES JÚNIOR; ODA; ZERBINI, 2006). Como representado na Figura 7.

Figura 7 - Panela

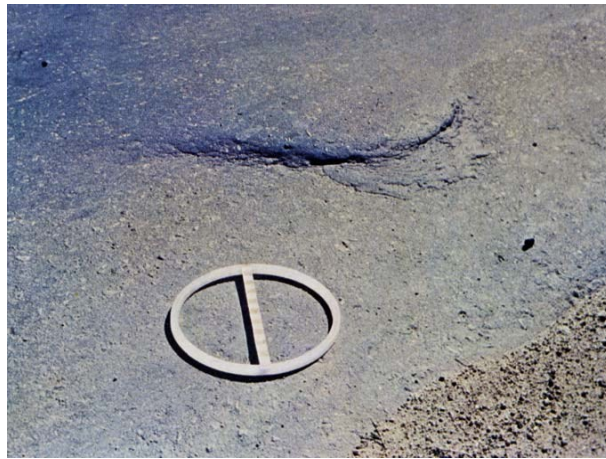


Fonte: Silva (2008, p. 35)

4.2.2.4 Escorregamento do revestimento betuminoso

O escorregamento consiste no deslocamento do revestimento em relação a base, que são o aparecimento de fendas com formatos de meia-lua. Essas trincas são consequência da falta de aderência entre a camada de revestimento e a camada subjacente, ou acontece quando a massa asfáltica possui baixa resistência. Geralmente se manifestam em áreas de frenagem e de intersecções, quando o veículo causa um deslizamento da massa asfáltica (baixa aderência) ou sua deformação (baixa resistência), (SILVA, 2008). Como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Escorregamento do revestimento betuminoso



Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2003, p. 9)

4.2.2.5 Fendas, fissuras e trincas

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2003), toda descontinuidade situada na superfície do pavimento que propicia grandes ou pequenas aberturas, independentes da forma, são classificadas como fendas. As fissuras são retratadas como fendas de largura capilar no revestimento, posicionada de forma longitudinal, transversal ou oblíqua ao eixo da via, e não apresentam problemas funcionais. Já as trincas são consideradas fendas visivelmente vistas, diferenciando-se das demais. E elas podem ser divididas em trincas isoladas, que são as transversais, longitudinais e de retração, e também trincas interligadas que tem como exemplo a couro de jacaré e a tipo bloco.

As trincas transversais acontecem pela contração do revestimento ou também da base e sub-base, e costumam atravessar a via perpendicularmente ao eixo (FERNANDES JÚNIOR; ODA; ZERBINI, 2006). Como na Figura 9.

Figura 9 - Trinca isolada (transversal)



Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2003, p. 6)

As trincas longitudinais são ocasionadas pela realização mal sucedida da junta de construção, assentamento da fundação, retração do revestimento e ainda podendo ter origem do estágio inicial da fadiga (SILVA, 2008). Como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Trinca isolada (longitudinal)



Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2003, p. 6)

As de retração estão relacionadas aos fenômenos de retração térmica do material proveniente do revestimento ou então, do material de base rígida ou semi-rígida (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE, 2003). Como na Figura 11.

Figura 11 - Trinca isolada (retração)



Fonte: Silva (2008, p. 38)

As couro de jacaré aparecem quando a capacidade de carga do pavimento é insuficiente de acordo com a solicitação e são limitadas, quando em estágio inicial, a áreas onde a passagem de veículos é constante (PINTO, 2003). Como mostrado na Figura 12.

Figura 12 - Trinca interligada (couro de jacaré)



Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2003, p. 7)

E por fim, as trincas do tipo bloco, que estão associadas a alteração no volume de misturas asfálticas com os agregados finos e ao teor alto de asfalto demasiadamente viscoso, que ocasiona baixa penetração. São identificadas por formarem uma sequência de grandes blocos, de formato retangular e conectadas entre si (FERNANDES JÚNIOR; ODA; ZERBINI, 2006). Como na Figura 13.

Figura 13 - Trinca interligada (tipo bloco)



Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2003, p. 7)

No Quadro 1 e 2 estão, de forma resumida, os níveis de severidade e a classe de cada defeito apresentado.

Quadro 1 - Defeitos de superfície e suas respectivas severidades

DEFEITOS	CLASSE	NÍVEIS DE SEVERIDADE
Exsudação	Defeito funcional	<p>Baixo: apresentam alguma coloração visível na superfície do pavimento.</p> <p>Médio: mostra claramente a existência de excesso de asfalto livre na superfície do pavimento.</p> <p>Alto: apresenta a superfície do revestimento pegajosa, com aparência molhada e, mostra claramente marcas de pneus.</p>
Desgaste (D)	Defeito funcional e estrutural	<p>Baixo: os agregados e o ligante começam a se soltar, sem progressão significativa de corrosão.</p> <p>Médio: os agregados e o ligante se soltaram e a textura da superfície do pavimento está moderadamente irregular e esburacada.</p> <p>Alto: os agregados se soltaram e a textura da superfície do pavimento está severamente irregular e esburacada.</p>
Fissuramentos	Não é definida nenhuma classe para as fissuras.	Considerando-se que as fissuras são defeitos que ainda não causam problemas ao pavimento, nem funcionais, nem estruturais, nenhum nível de severidade é definido para esse defeito.
Trincamento por Fadiga (TF)	Defeito estrutural	<p>Baixo: apresenta trincas capilares, sem erosão nas bordas, desconectadas ou com poucas conexões paralelas ao eixo da estrada. Podendo haver uma única trinca, na trilha de roda.</p> <p>Médio: aparecem peças formadas por trincas, sem erosão nas bordas ou com pouca erosão.</p> <p>Alto: apresentam erosão maior nas bordas; algumas peças estão soltas, balançando com tráfego. Pode existir bombeamento.</p>

Continuação Quadro 1 – Defeitos de superfície e suas respectivas severidades

Trincamento Transversal (TT)	Defeito funcional e estrutural	<p>Baixo: trincas seladas, com qualquer abertura e material selante em condições satisfatórias para prevenir substancialmente a infiltração de água.</p> <p>Médio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trincas moderadamente erodidas, com qualquer abertura, seladas ou não; • Trincamento aleatório de baixa severidade próximo da trinca; <p>Alto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trincas severamente erodidas; • Trincamento aleatório de média ou alta severidade, próximo da trinca.
Trincamento Longitudinal (TL)	Defeito funcional e estrutural	<p>Baixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trincas moderadamente erodidas, com qualquer abertura, com material selante em condições satisfatórias para prevenir substancialmente a infiltração de água; <p>Médio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trincas são seladas e não erodidas, mas com selante em más condições, permitindo que a água se infiltre livremente; • apresenta trincas com pouca ou nenhuma erosão e não ocorre significativo impacto, quando o veículo as atravessa. <p>Alto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trincas severamente erodidas e causam severo impacto quando o veículo as atravessa.
Trincamento em Bloco (TB)	Defeito funcional e estrutural	<p>Baixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trincas não seladas e não erodidas ou com pouca erosão, cuja largura média é, no máximo, de 6 mm; • Trincas seladas cujos selantes estão em condições satisfatórias para prevenir a infiltração de umidade. <p>Médio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trincas seladas ou não, moderadamente erodidas; • Trincas são seladas e não erodidas, mas com selante em más condições, permitindo que a água se infiltre livremente; • Trincas não seladas e não erodidas ou com pouca erosão, mas cuja largura é maior que 6 mm; • Trincas seladas, não erodidas ou com pouca erosão, mas que apresentam selante em condição insatisfatória. <p>Alto: apresenta trincas severamente erodidas.</p>
Trincamento por Propagação de Juntas (TJ)	Defeito funcional e estrutural	<p>Baixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trincas, seladas ou não seladas, com pouca ou nenhuma erosão e que nenhuma erosão e que causam significativo impacto, ao serem cruzadas pelo veículo; <p>Médio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trincas não erodidas ou com pouca erosão, seladas, mas com material selante em más condições, permitindo que a água se infiltre livremente; <p>Alto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trincas severamente erodidas; • Trincas que causam grande impacto no veículo.
Remendos (R)	Defeito funcional e estrutural	<p>Baixo: apresenta-se em muito boa ou excelente condição, com desempenho satisfatório.</p> <p>Médio: apresenta-se algo deteriorado, contendo qualquer tipo de defeito, com baixo ou médio nível de severidade.</p> <p>Alto: quando se encontra muito deteriorado, necessitando ser refeito.</p>

Continuação Quadro 1 – Defeitos de superfície e suas respectivas severidades.

Panelas (P)	Defeito funcional	<p>Baixo: apresentam profundidade menores que 2,5 cm e cobrem menos que 0,28 m² de área.</p> <p>Médio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profundidade menores que 2,5 cm e cobrem mais que 0,28 m² de área; • Profundidades compreendidas entre 2,5 cm e 5,0 cm e cobrem menos que 0,28 m² de área; • Apresentam profundidade maior que 5,0 cm e cobrem menos que 0,10 m² de área. <p>Alto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profundidades entre 2,5 cm e 5,0 cm e cobrem mais que 0,28 m² de área; • Mais que 5,0 cm de profundidade e cobrem mais que 0,10 m² de área.
Depressão (Dp)	Defeito funcional	<p>Baixo: causa alguma agitação no veículo, mas não cria desconforto.</p> <p>Médio: causa agitação significativa no veículo e cria algum desconforto.</p> <p>Alto: causa excessiva agitação no veículo e cria substancial desconforto, risco à segurança ou danos no veículo, requerendo redução na velocidade.</p>
Afundamento de Trilha de Roda (ATR)	Defeito funcional e estrutural	<p>Baixo: apresenta profundidade média do sulco compreendida entre 6 mm e 12 mm.</p> <p>Médio: apresenta profundidade média do sulco compreendida entre 12 mm e 25 mm.</p> <p>Alto: apresenta profundidade média do sulco maior que 25 mm.</p>

Fonte: Adaptado de Domingues (1993, p. 5)

Quadro 2 - Deformações de superfície e suas respectivas severidades

DEFORMAÇÕES NA SUPERFÍCIE		
Corrugação (C)	Defeito funcional	<p>Baixo: causam alguma vibração no veículo, mas não criam desconforto.</p> <p>Médio: causam vibrações significativas no veículo e criam algum desconforto.</p> <p>Alto: causam excessiva vibração no veículo, criam desconforto substancial e, acarretam riscos de segurança ou de dano no veículo, requerendo redução da velocidade.</p>
Escorregamento (E)	Defeito funcional	<p>Baixo: causam alguma vibração no veículo, mas não criam desconforto.</p> <p>Médio: causam vibrações significativas no veículo e criam algum desconforto.</p> <p>Alto: causam excessiva vibração no veículo, criam desconforto substancial e, acarretam riscos de segurança ou de dano no veículo, requerendo redução da velocidade.</p>

Fonte: Adaptado de Domingues (1993, p. 42)

4.3 Sistema De Gerência De Pavimentos

O Sistema de Gerência de Pavimento (SGP), é um conjunto de atividades estruturadas, que viabilizam e auxiliam na implementação de estratégias. Tem como finalidade, analisar e otimizar resoluções de problemas de forma eficiente e abrangente. Sendo uma forma de análise mais completa das estratégias apresentadas (HASS; HUDSON; ZANIEWSKI, 1994).

De acordo com o Manual de Gerência de Pavimentos (2011), esse sistema proporciona uma mutua interação entre as etapas de planejamento, projeto, construção e manutenção dos pavimentos. No entanto, há alguns fatores externos que são significativos em seu gerenciamento, como por exemplo: os recursos orçamentários, o banco de dados para armazenar toda informação e também as diretrizes políticas e administrativas.

Os primeiros conceitos relacionados ao Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), começaram a surgir a partir de estudiosos no final da década de 60, com o intuito de melhor conservar as malhas rodoviárias que já existiam (DRESCH, 2014).

De acordo com Cunha (2008), no Brasil, apesar de terem iniciado as atividades do SGP na década de 80 com o DNER, atual DNIT, não houve adaptação do sistema e também não foi realizada a validação de modelos do sistema, dificultando sua efetiva aplicação.

Para Bertollo (1997), a falta de aplicação do sistema se justifica pela ausência de recursos, falta da política de gerência do sistema viário, e também pela escassez de recursos financeiros, de equipamentos e de mão de obra qualificada. Em cidades de pequeno e médio porte, muitas vezes, não é realizada a aplicação das fases de planejamento, de dimensionamento e de execução das estruturas do pavimento, ocasionando a degradação e redução de vida dos mesmos.

O SGP pode ser dimensionado em dois níveis operacionais, que são: níveis de rede e de projeto.

Segundo Visconti (2000) o nível de rede tem por finalidade avaliar economicamente a melhor alternativa para o uso dos recursos públicos, indicando trechos da malha rodoviária que são prioridades para os investimentos na manutenção. Sendo subdividido em nível de seleção de projetos, que prioriza os procedimentos que envolvem um ou mais grupos de projetos e nível de programação, que pondera a totalidade dos recursos orçamentários que envolve toda a rede rodoviária.

Já o nível de projeto representa a análise de dados com séries históricas referente a composição do pavimento, que são seus materiais, estados funcionais e estruturais. Também analisa o tráfego, o clima e os custos. Concluindo essa etapa com o estudo das soluções mais

viáveis. E por fim, as opções corretivas e também de investimento são definidas a partir de uma análise de viabilidade técnica econômica, obtendo assim a solução final (REIS, 2007).

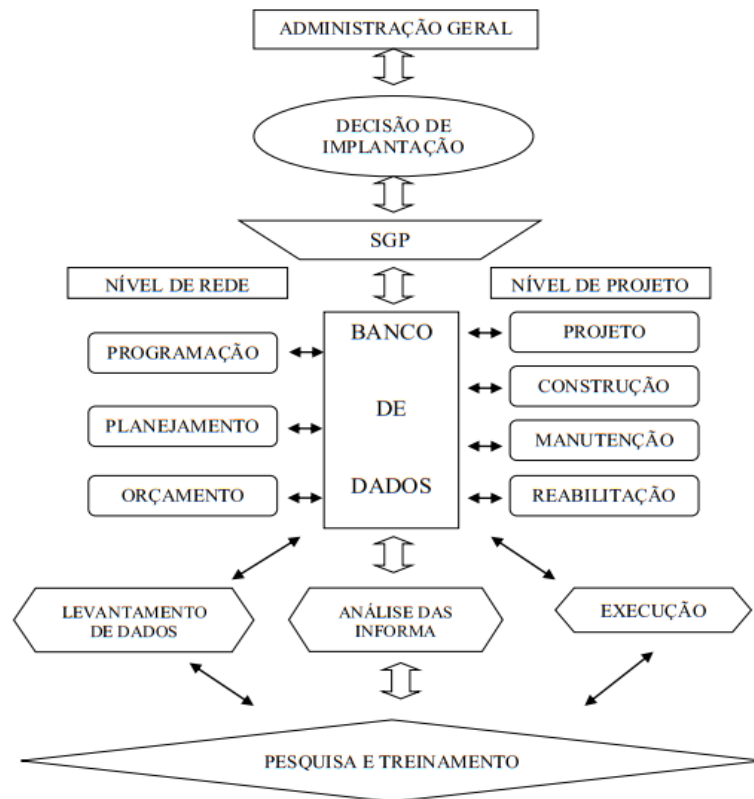
4.3.1 Atividades de um sistema de Gerência de Pavimentos

De acordo com Reis (2007), o desenvolvimento do SGP envolve um conjunto de atividades importantes a seguir, que são:

- Planejamento: etapa que analisa os dados do tráfego, a deficiência dos pavimentos, estabelece prioridades de execução dos trabalhos, e também analisa questões orçamentárias.
- Programação: é a etapa que verifica a necessidade de um programa de investimento a médio prazo.
- Projeto: é a etapa que realiza um estudo minucioso sobre os pavimentos, onde é analisado dados referentes aos materiais que o compõe, o estado funcional e estrutural, o tráfego, o clima, e custos. A partir desses dados o estudo das soluções viáveis e mais econômicas são feitos.
- Manutenção e Reabilitação (M&R): etapa que define um calendário de trabalho para intervenção nos pavimentos, levando em consideração as condições financeiras.
- Avaliação periódica: é a etapa que coleta todos os dados necessários para alcançar o objetivo do sistema gerencial de pavimentos.
- Banco de Dados: é a parte essencial de um SGP, pois nele deve ser armazenado todas as informações obtidas nas atividades anteriores. Com base nessa etapa, é possível consultar registros acumulados ao longo de vários anos.

Na Figura 14, está a representação do Sistema de Gerência de Pavimento (SGP).

Figura 14 - Fluxograma de um Sistema de Gerência de Pavimentos



Fonte: Dresch *Apud* Reis (2014, p. 45)

4.4 Atividades de Manutenção e Reabilitação

As atividades de reabilitação é um conjunto de medidas adotadas para aumentar o período de vida útil do pavimento, avaliando as melhores opções de acordo com características do tráfego (DEPARTAMENTO NACIONAL DE RODAGEM, 1998).

Já a manutenção é a atividade executada em determinados períodos durante a vida útil do pavimento. Tem por objetivo melhorar as condições estruturais e funcionais e também de serventia e segurança das vias (MANUAL DE GERENCIA DE PAVIMENTOS, 2011).

De acordo com Bertollo (1997), as atividades de manutenção se referem aos remendos, selagem das trincas e capas selantes. Já as de reabilitação são as manutenções de rotina preventiva, que são a fresagem, reciclagem, recapeamento estrutural e reconstrução.

4.4.1 Remendos

É um conjunto de operações com o objetivo de corrigir as manifestações de ruínas específicas no pavimento. Ocorrendo no nível do revestimento betuminoso, ou em casos de

situações mais críticas, atingindo frações da camada base. Nos casos de panelas, esse reparo deve ser feito de imediato, pois comprometem o conforto e segurança, além de aumentarem os custos operacionais. Sendo que, permitem a infiltração da água, que leva a estrutura a enfraquecer e agrava ainda mais o estado que o mesmo se encontra. Para o remendo dos buracos, deve-se levar em conta a seleção do material e também os procedimentos de reparo (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTUTURA DE TRANSPORTES, 2006).

4.4.2 Selagem das trincas

Quando o revestimento apresenta trincas isoladas, a selagem é uma opção eficiente para evitar sua progressão e ainda impossibilitar a necessidade de uma intervenção de restauração de maior magnitude (BERNUCCI *et al.*, 2008).

4.4.3 Capas selantes

São atividades que envolvem a utilização da aplicação de ligantes asfálticos ou de ligantes com agregados, sobre a superfície do pavimento. E tem como objetivo melhorar o aspecto do revestimento asfáltico, recompor o coeficiente de atrito entre o pneu e o pavimento, e o mais importante, selar as trincas com pequenas aberturas, a fim de impedir que a água entre na estrutura do pavimento, adiando o desgaste causado pelo intemperismo. Sendo os mais comuns (FERNANDES JÚNIOR; ODA; ZERBINI, 2006):

- Selo asfáltico impermeabilizante (“fog seal”)
- Tratamento superficiais (“chip seals”)
- Lama selante de emulsão asfáltica ou lama asfáltica (“slurry seal”)

4.4.4 Fresagem

É uma operação realizada para fazer a restauração da qualidade em relação ao rolamento da superfície, e utilizada para melhorar a capacidade suporte do pavimento. Para essa técnica, é feito um corte, com máquinas fresadoras, de todo o revestimento ou parte parcial do trecho que esteja danificado, podendo atingir ou não, outra camada do pavimento (BERNUCCI *et al.* 2008).

4.4.5 Reciclagem

Segundo Bertollo (1997), é um procedimento aplicado, que renova e rejuvenesce as misturas asfálticas envelhecidas. Essa técnica pode ser utilizada para corrigir defeitos, como:

pequenas corrugações, agregados polidos e exsudação. No entanto, em casos de trincas por fadiga e panelas, esse método não é eficaz. Para a execução, o revestimento asfáltico é escarificado, aquecido no local, misturado, lançado e por fim compactado.

4.4.6 Recapeamento

É uma técnica utilizada para corrigir deformidades superficiais do pavimento, aumentando seu desempenho funcional. Usada principalmente quando as selagens são insuficientes para correção. Esse recapeamento normalmente varia entre 2,5 cm e 5,0 cm, e deve fornecer uma superfície impermeável com resistência à abrasão do tráfego e também ao escorregamento (DEPARTAMENTO NACIONAL DE RODAGEM, 1998).

4.4.7 Micro revestimento

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2018), o micro revestimento é composto pela combinação de agregados, material de enchimento (filler), emulsão asfáltica modificada por polímero elastomérico que controla a ruptura, por água e aditivos, estando em consistência fluida e espalhada de forma uniforme sobre a superfície já preparada. Esse procedimento pode ser utilizado como camada selante, impermeabilizante, regularizador e rejuvenescedor, ou até mesmo como antiderrapante de pavimentos.

4.4.8 Reconstrução

Pode ser definido como a reparação completa do pavimento. O processo consiste em remover parcialmente ou totalmente a estrutura e substituí-la por materiais novos. Em alguns casos ainda há o reaproveitamento, no entanto, depende das condições encontradas. Essa atividade é realizada quando a restauração não é mais uma opção, sendo uma possibilidade de remediar as consequências que ocorrem quando não há fiscalização e cuidado (DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1998).

4.5 Árvores de Decisões

Existem alguns métodos já elaborados quando se trata de tomadas de decisão em relação as atividades de manutenção, reabilitação e reconstrução. Com eles se torna possível decidir qual a melhor estratégia. E alguns desses exemplos são citados a seguir (JOVER, 2017):

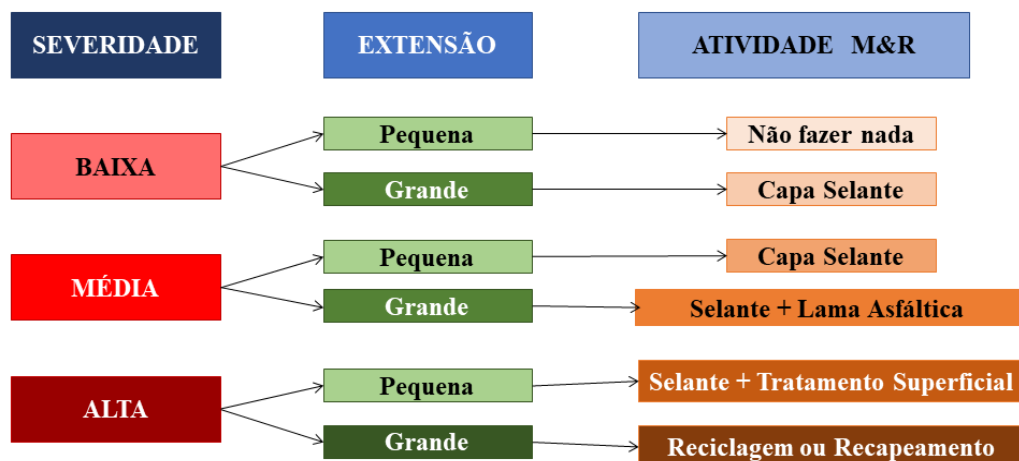
- Método da Matriz: associa o defeito encontrado com uma solução satisfatória;

- **Árvore de Decisão:** é analisado variáveis significativas que contribuem para escolher a escolher a melhor estratégia;
- **Método do Custo do Ciclo de Vida:** se baseia nos custos relacionados ao ciclo de vida, juntamente com estratégias utilizadas durante o período de análise.
- **Método de Otimização:** maximiza e relaciona os benefícios do usuário com o desempenho das vias, visando o menor custo.

Pantigoso (1998), durante seu estudo, criou um método baseado na tomada de decisão para cada tipo de defeito. Nele é determinado qual as atividades de manutenção e reabilitação, em nível de projeto, que deve ser escolhida a depender da severidade, extensão e tráfego da via. Todas as árvores de decisões foram feitas de acordo com as experiências obtidas para cada caso, como é mostrado a seguir.

A Figura 15 apresenta a árvore de decisão com as atividades de manutenção e reabilitação quando há presença do defeito: Trinca em Bloco e Couro de Jacaré.

Figura 15 - Árvore de decisão da trinca bloco e couro de jacaré



Fonte: Adaptado de Pantigoso (1998, p. 105)

A Figura 16 traz a árvore de decisão para o defeito: Trincas Longitudinais.

Figura 16 - Árvore de decisão da trinca longitudinal



Fonte: Adaptado de Pantigoso (1998, p. 106)

A Figura 17 mostra a árvore de decisão para o defeito: Trincas Transversais.

Figura 17 - Árvore de decisão da trinca transversal



Fonte: Adaptado de Pantigoso (1998, p. 107)

A Figura 18 representa a árvore de decisão para o defeito: Remendo.

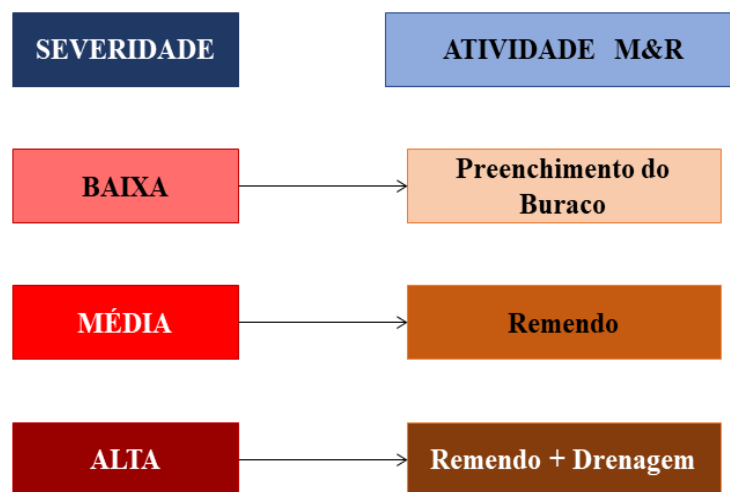
Figura 18 - Árvore de decisão do remendo



Fonte: Adaptado de Pantigoso (1998, p. 107)

A Figura 19 mostra a árvore de decisão quando há presença do defeito: Panela.

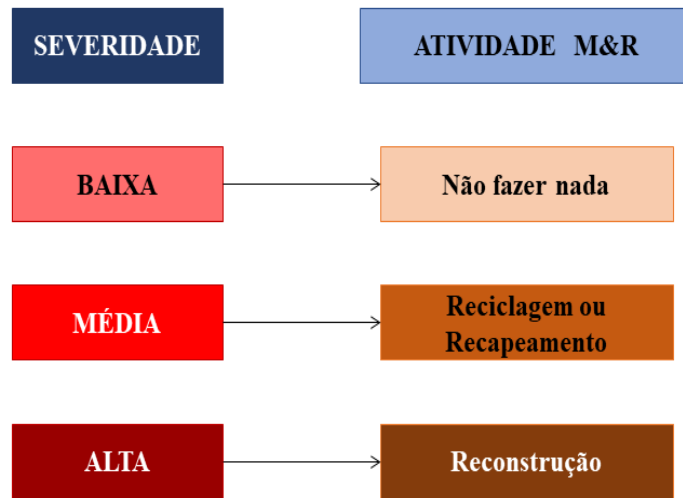
Figura 19 - Árvore de decisão da panela



Fonte: Adaptado de Pantigoso (1998, p. 108)

A Figura 20 representa a árvore de decisão para o defeito: Escorregamento do Revestimento Betuminoso.

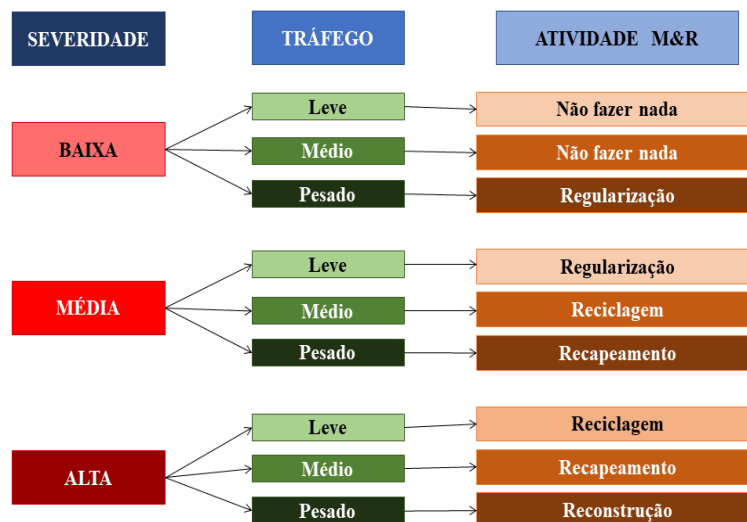
Figura 20 - Árvore de decisão do escorregamento do revestimento betuminoso



Fonte: Adaptado de Pantigoso (1998, p. 109)

A Figura 21 traz a árvore de decisão para o defeito: Deformações Permanentes nas Trilhas de Roda.

Figura 21 - Árvore de decisão da trilha de roda



Fonte: Adaptado de Pantigoso (1998, p. 108)

A Figura 22 mostra a árvore de decisão para o defeito: Corrugação.

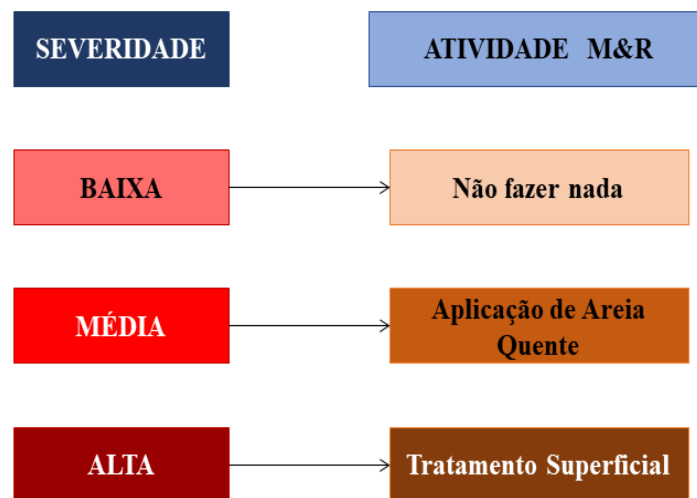
Figura 22 - Árvore de decisão da corrugação



Fonte: Adaptado de Pantigoso (1998, p.109)

A Figura 23 apresenta a árvore de decisão para o defeito: Exsudação.

Figura 23 - Árvore de decisão da exsudação



Fonte: Adaptado de Pantigoso (1998, p. 109)

4.6 Avaliação de pavimentos flexíveis

A condição de um pavimento está associada ao seu nível de degradação, decorrente do processo de deterioração. Portanto, para avaliar essas condições é necessário conhecer diversos parâmetros do pavimento, como: os defeitos da superfície, as deformações permanentes, a irregularidade longitudinal, a deflexão recuperável, a capacidade do pavimento de suportar as

solicitações do tráfego e a aderência do pneu-pavimento (DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1998).

Para Pinto (2003), a avaliação visual se dá por meio de um estudo detalhado, que descreve atentamente todas as anomalias apresentadas no pavimento em questão. Essa inspeção é realizada por uma pessoa responsável que se desloca pela via em baixa velocidade, e registra em formulários as informações obtidas. Além dos formulários, esses defeitos podem ser registrados com equipamentos fotográficos e posteriormente armazenadas em um banco de dados para a análise.

De acordo com Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (2006), a identificação de defeitos superficiais é o reconhecimento do tipo de defeito, a frequência que ele ocorre e qual o nível de deterioração, podendo-os classificar como baixo, médio e alto. A partir disso, torna-se possível fazer uma avaliação e análise das estratégias adequadas para a intervenção e atividade de manutenção do local avaliado.

Os defeitos podem ser classificados de duas formas: classe estrutural e classe funcional.

Segundo o Departamento Nacional De Estradas De Rodagem (1998), os defeitos de classe estrutural estão associados a diminuição da capacidade de suportar cargas solicitadas em um pavimento. Conforme o Manual de Gerência de Pavimentos (2011), esses defeitos são decorrência das cargas e estão relacionados às deformações elásticas ou recuperáveis e plásticas ou permanentes.

Os defeitos de classe funcional estão relacionados à camada de rolamento do pavimento, que avalia seu grau de deterioração, sua qualidade e segurança. É a partir dessa avaliação que se torna possível entender o estado do pavimento e o quanto interfere na dinâmica dos veículos (BERNUCCI *et al*, 2008).

Essas avaliações podem ser feitas em nível de rede por meio de duas avaliações. A avaliação subjetiva, que é obtida por meio da Serventia Atual, que mede a capacidade de um pavimento servir adequadamente ao tráfego durante um período de tempo. E também a avaliação objetiva, que se refere ao Índice de Serventia Atual, o qual permiti a quantificação da serventia do pavimento (PANTIGOSO, 1998).

A avaliação de pavimentos pode se destacar por ser uma das mais importantes etapas dentro do Sistema de Gerencia de Pavimentos (SGP). Isso se explica por ser o ponto de partida em decisões que serão tomadas futuramente. Esse processo viabiliza definir as condições funcionais, estruturais e operacionais de uma malha viária, sendo de grande valia a obtenção dos dados para armazenar periodicamente no SGP (MANUAL DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS, 2011).

4.6.1 Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos (IGG) – DNIT 006/2003 – PRO

Segundo o Manual de Gerência de Pavimentos (2011), a avaliação utilizada na norma do DNIT 006/2003 PRO, é um levantamento das irregularidades do pavimento. Nela é estabelecido um inventário visual utilizado para realizar a análise da superfície. O levantamento deve ser feito na faixa de tráfego que for identificado o maior número de defeitos no pavimento, registrando-os para utilizar posteriormente.

De acordo com a norma do DNIT 006/2003 PRO, a avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, tem por objetivo, fixar as condições necessárias para avaliar, contabilizar e classificar as ocorrências de defeitos na superfície do pavimento. A partir dela é possível encontrar o valor do Índice de Gravidade Global (IGG), fornecendo um indicador numérico e classificando-o conforme a incidência de defeitos e profundidades nas trilhas de roda.

Os defeitos na norma estão separados em oito classes, em que cada uma possui um fator de ponderação. As classes são: trincas isoladas; trincas interligadas; trincas interligadas com erosão nos bordos; afundamentos; ondulações, painelas e escorregamentos; exsudação; desgaste; e remendos.

O fator de ponderação atribuído a cada um é relacionado a severidade dos defeitos, conforme mostrado no Quadro 3.

Quadro 3 – Valor dos fatores de ponderação para defeitos de superfície

Item	Natureza do defeito	Fator de ponderação (F_p)
1	Fissuras e trincas isoladas (TTC, TTL, TLC, TLL, TRR) (FC-1)	0,2
2	Trincas interligadas J, TB (FC-2)	0,5
3	Trincas interligadas com erosão nos bordos JE, TBE (FC-3)	0,8
4	Afundamentos (ALP, ATP, ALC, ATC)	0,9
5	Ondulações, painelas e escorregamentos (O, P, E)	1
6	Exsudação (EX)	0,5
7	Desgaste (D)	0,3
8	Remendos (R) (superficial e profundo)	0,6

Fonte: Adaptado DNIT 006/2003 PRO (2003, p. 9)

Após a análise dos dados obtidos dos segmentos definidos, é colocado na base de dados a frequência absoluta (f_a) e a frequência relativa (f_r) de cada um dos defeitos encontrados. A frequência absoluta está relacionada ao número de vezes que o defeito foi encontrado. Já

frequência relativa (fr) é dada por meio do percentual das estações avaliadas com decorrência de determinado defeito, conforme equação 1.

$$fr = \frac{fa \times 100}{n} \quad (1)$$

Onde:

fr é a frequência relativa;

fa é a frequência absoluta;

n é o número de estações inventariadas.

O valor do Índice de Gravidade Individual (IGI) é obtido com base nas frequências absolutas e relativas, como na Equação 2. E o do Índice de Gravidade Global (IGG), é obtido pela Equação 3.

$$IGI = \sum (fr \times fp) \quad (2)$$

$$IGG = \sum IGI \quad (3)$$

Onde:

fr é a frequência relativa obtida pela razão entre a frequência absoluta (número de incidência dos defeitos) e o número de estações levantadas;

fp é o fator de ponderação.

O próximo cálculo a ser realizado é a média das variâncias das flechas (VF) na trilha de roda internas e externas, e a média aritmética das médias das flechas em ambas. Para as flechas o IGI é realizado em duas etapas:

- **Média das flechas:** acontece quando a média aritmética das medias das flechas dor igual ou inferior a 30, seu fator de ponderação deve ser considerado 4/3, se superior a 30, o fator será de 40;
- **Variâncias das flechas:** quando essa média for inferior a 50, seu fator de ponderação utilizado será igual a 1, caso superior a 50, seu fator será 50.

No método cada superfície avaliada tem 6 metros de comprimentos e são localizadas a cada 20 metros, em casos de pavimento de pista simples, sendo necessário a alternância a cada 40 metros por sentido. Em pavimentos que possuem pista dupla, essa avaliação é feita na pista mais solicitada, a cada 20 metros.

Por fim, com todos os dados e cálculos realizados, o pavimento pode ser classificado conforme os intervalos apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Conceito de degradação do pavimento em função do IGG

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

Fonte: Adaptado DNIT 006/2003 PRO (2003, p. 9)

De acordo com Bertollo (1997), apesar de ser um método muito utilizado no Brasil, o Índice de Gravidade Global (IGG), tem algumas limitações, que são:

- Esse método não leva em conta a severidade em que o pavimento se encontra. A não ser apenas nos casos de trincas;
- Ele não considera toda a extensão da via, apenas o número em que os defeitos ocorrem.

5. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos que foram utilizados para a realizar a pesquisa em campo e os métodos empregados para avaliação e caracterização dos pavimentos do bairro Copacabana, no município de Campo Mourão. Toda a abordagem foi realizada utilizando as normas do DNIT para identificação dos defeitos e também para o levantamento e classificação da situação das vias.

5.1 Caracterização da pesquisa

De acordo com Pereira (2006), o método de pesquisa pode ser definido como um roteiro que tem de base os procedimentos lógicos, com o objetivo de alcançar uma verdade científica. Esses procedimentos ordenam os pensamentos para que o propósito do conhecimento inicial seja alcançado da maneira mais adequada.

A natureza dessa pesquisa pode ser considerada básica, em razão de gerar novos conhecimentos, sem ter uma aplicação tão prática, no entanto, aproveitável no avanço da ciência (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Segundo Gil (2008), a pesquisa exploratória possibilita uma visão mais geral sobre o assunto, mas ainda assim aproximado sobre o determinado fato. Ela esclarece e modifica ideias e conceitos, com o intuito de formular problemas precisos ou hipotéticos e esses mesmos estudos sejam utilizados posteriormente. Portanto, este trabalho é uma pesquisa exploratória pois, será apresentado problemas específicos do tema abordado, fazendo-se possível construir hipóteses e respostas sobre ele.

Como este trabalho visa realizar uma análise de dados e obter informações relacionadas a manifestações patológicas de uma determinada região, ele pode ser considerado um estudo de caso. Severino (2013), diz que o estudo de caso é baseado em um caso em particular, onde sua coleta de dados e análise, além de serem feitas de modo rigoroso e seguindo todos os procedimentos, são realizadas em pesquisas de campo. O estudo deve ser significativo e representativo, a fim de criar fundamentos necessários para situações semelhantes.

5.2 Procedimentos metodológicos

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas metodologias já existentes, como mencionados na fundamentação teórica, assim como os procedimentos necessários para alcançar os objetivos citados no item 2.2.

O bairro selecionado para este estudo foi o Copacabana, devido ser uma região de fácil acesso, antigo na cidade, e com diversas vias apresentando vários defeitos.

Após a seleção do bairro a ser estudado, foi realizada uma pesquisa junto ao setor responsável pela administração e gerência de obras de pavimentação do município de Campo Mourão (SEPLA - Gabinete da Secretaria Municipal de Planejamento), onde foram obtidas informações sobre o histórico local. O ANEXO A, mostra os dados adquiridos, utilizados para auxiliar na organização do levantamento de campo e na divisão das vias em trechos.

Posteriormente, conforme norma DNIT 006/2003 – PRO (Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos), realizou-se o levantamento visual da superfície de rolamento de todos os trechos, buscando identificar seu Índice de Gravidade Global (IGG).

A partir do levantamento completo dos trechos, foi efetuado o cadastro e tratamento dos dados de cada um dos defeitos encontrados. Os dados foram agrupados a fim de obter os resultados do IGG de cada trecho.

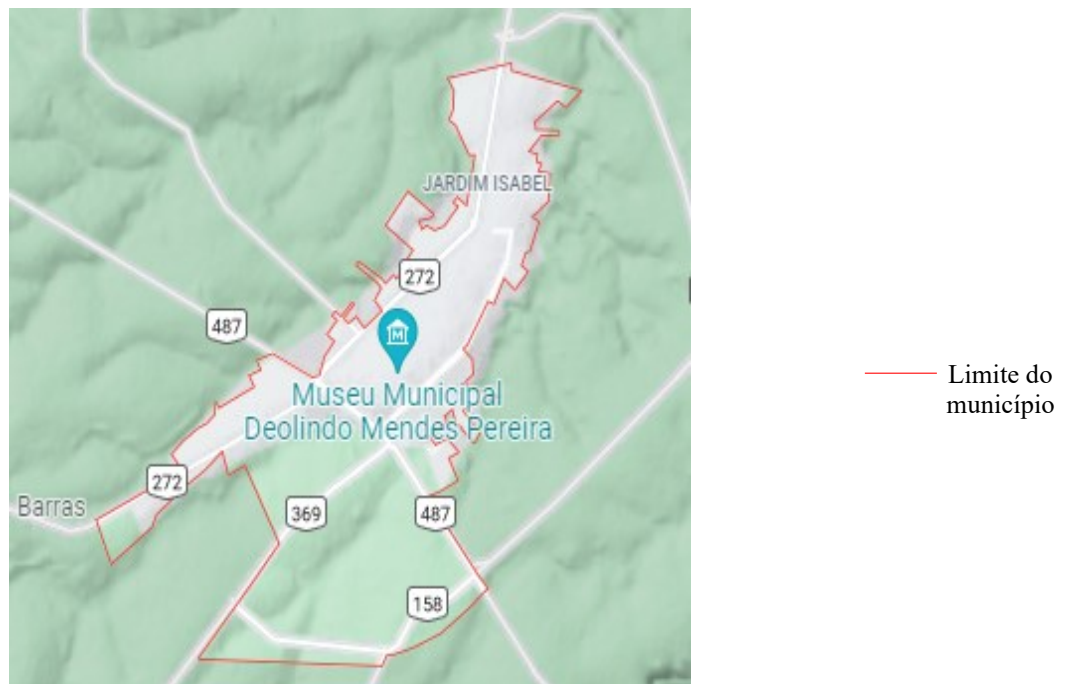
A análise dos resultados adquiridos no levantamento, possibilitou obter um diagnóstico da situação do pavimento e assim apresentar sugestões de métodos aplicáveis para a conservação dessas vias.

6. ESTUDO DE CASO

Este estudo foi realizado na cidade de Campo Mourão, localizada no Centro-Oeste do estado do Paraná. Seu território abrange uma área de 749.637 km², e estima-se que sua população seja de aproximadamente 96.102 (Noventa e seis mil cento e dois) habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2021).

A Figura 24 ilustra o mapa da cidade com seu limite territorial.

Figura 24 - Mapa do município de Campo Mourão – PR



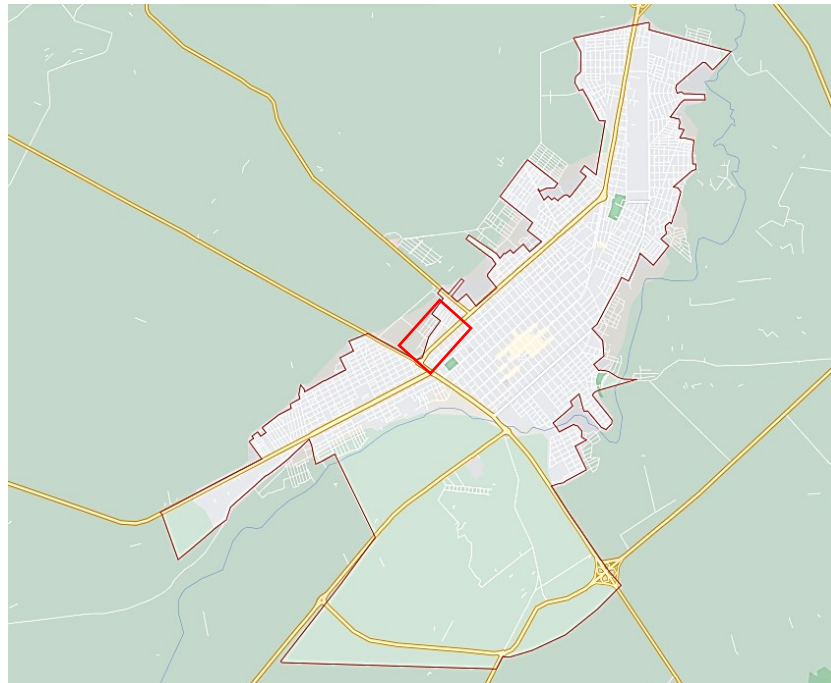
Fonte: Servidor de mapas - Google (2022)

De acordo com a Secretaria Municipal do Planejamento da cidade de Campo Mourão, não há registros precisos de quando foi realizada a primeira pavimentação no bairro. No entanto, estima-se que o mesmo tenha sido executado em meados dos anos 70, após a aprovação do loteamento.

A execução da camada de revestimento do pavimento do bairro foi realizada com o Tratamento Superficial Triplo (TST), no entanto, ao longo do tempo com as manutenções realizadas nas vias, foi utilizado Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

A Figura 25 destaca a localização do bairro Copacabana no município de Campo Mourão.

Figura 25 - Localização do bairro Copacabana no município



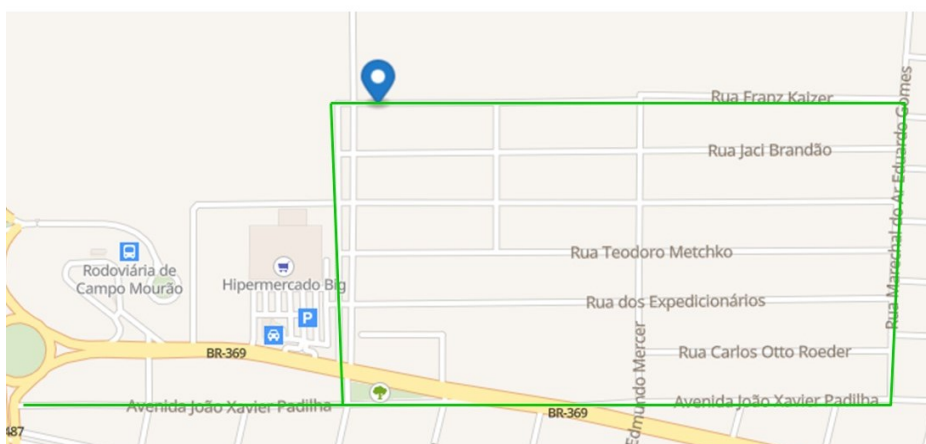
Localização do bairro

Fonte: Servidor de mapas – Google (2022)

A prefeitura Municipal de Campo Mourão, por meio do Gabinete da Secretaria Municipal de Planejamento, instalado junto a mesma, faz a administração e planejamento do sistema viário da cidade. A cidade não possui um Sistema de Gerência de Pavimentos.

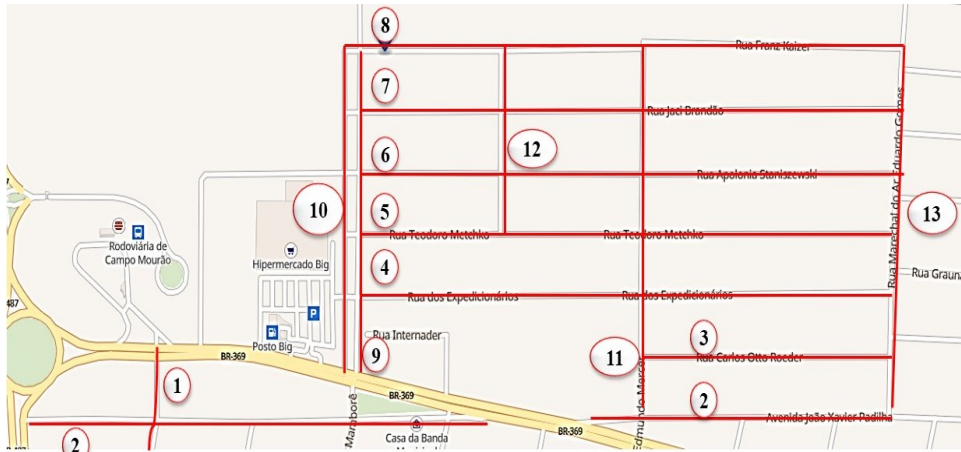
A Figura 26 ilustra o mapa do bairro, que corresponde a uma área de 897.797,50 m²., a qual foi dividida em 13 (treze) trechos para execução do levantamento conforme mostra a Figura 27.

Figura 26 - Área do bairro para estudo



Fonte: Servidor de mapas – Guia Mapa (2022)

Figura 27 - Divisão de trechos no bairro Copacabana



Fonte: Servidor de mapas – Guia Mapa (2022)

O Quadro 5 relaciona os 13 trechos avaliados e suas ruas correspondentes.

Quadro 5 - Trechos e ruas do bairro

Trechos	Ruas
1	R. Cruzeiro do Oeste
2	Av. João Xavier Padilha
3	R. Carlos Oto Roeder
4	R. dos Expedicionários
5	R. Teodoro Metchko
6	R. Apolonia Staniszewski
7	R. Jacy Brandão
8	R. Franz Kaiser
9	R. Quinto Slomp (desce)
10	R. Quinto Slomp (sobe)
11	R. Edmundo Mercer
12	R. Cecília Meireles
13	R. Marechal do Ar. Eduardo Gomes

Fonte: Autoria própria (2022)

Os mapas disponíveis, conforme as figuras acima, foram elaborados a partir de pesquisas na internet, bem como as extensões totais de cada trecho.

O levantamento de defeitos foi baseado na norma DNIT 005/2003 – TER, para cada defeito encontrado, e as classificações das vias foram de acordo a norma DNIT 006/2003 – PRO.

A coleta de dados foi realizada com apoio de um automóvel para locomoção (a uma velocidade de 40 km/h), formulários para preenchimento das informações e uma câmera digital para os registros dos defeitos encontrados nos trechos.

6.1 Inventário

O Quadro 6 representa o formulário utilizado para armazenar os dados de cada um dos defeitos de cada trecho. Esse formulário está disponível na norma do DNIT 006/2003 – PRO.

Quadro 6 - Formulário de defeitos

1 - TRECHO															
2 - Extensão (m)	3 - Estações	4 - TRINCAS						5 - AFUNDAMENTOS				6 - OUTROS DEFEITOS			
		Isoladas			Interligadas			Plástico		Consolid.					
		FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC
								J	TB	JE	TBE				
Total							0	0	0			0		0	0

Fonte: Adaptado DNIT 006/2003 PRO (2003, p. 7)

- 1 – **Trecho:** é o número dado à via estudada.
- 2 – **Extensão:** é o comprimento total do trecho selecionado, em m.
- 3 – **Estações:** é o intervalo definido nos trechos para identificar os defeitos nas vias.
- 4 – **Trincas:** são divididas entre isoladas, com seis tipos: interligadas, onde há dois tipos sem erosão e dois com erosão.
- 5 – **Afundamentos:** são divididos entre plástico e de consolidação.
- 6 – **Outros defeitos:** são os defeitos classificados de forma separadamente.

A partir da coleta de todas as informações e a alimentação desse formulário, foi elaborado um banco de dados para armazenar todos os defeitos e a frequência que o mesmo acontece durante toda extensão do trecho, que está classificada por estações. Nesse mesmo banco de dados, também foram armazenadas as fotografias de cada defeito avistado.

O IGG leva em consideração também as flechas ocasionadas pela trilha de roda interna (TRI) e externa (TRE). No entanto, por falta de disponibilidade do equipamento específico, este trabalho não contemplou esta avaliação.

6.2 Avaliação do pavimento dos trechos

O método para a caracterização e análise dos pavimentos, foi realizado conforme as especificações da norma DNIT 006/2003 – PRO (Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos). Esse documento é utilizado como base para o levantamento visual da superfície de pavimentos, determinando o IGG, e a partir dele,

classificando as vias avaliadas. Essa avaliação utiliza as seções analisadas e as ponderações para cada patologia encontrada.

Por meio desse método, foi realizado uma inspeção visual dos defeitos visíveis, seguindo as definições e nomenclatura presentes na Norma 005/2003 – TER.

Os defeitos foram registrados no formulário. Todos os trechos em análise foram avaliados, sendo que cada trecho foi dividido em estações a cada 100 m. Foram identificadas as frequências em que os defeitos aparecem em cada intervalo, definido como estação.

Após a obtenção das frequências, o cálculo do IGG foi feito para cada trecho, conforme Quadro 7, abaixo. Cada valor foi calculado conforme as equações, 1, 2 e 3, mostrado anteriormente no item 4.6.1.

Quadro 7 - Cálculo do IGG

Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta (<i>fa</i>)	Frequência relativa (<i>fr</i>)	Fator de ponderação (<i>fp</i>)	Índice de gravidade individual (IGI)
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR			0,2	
2	(FC-2) J, TB			0,5	
3	(FC-3) JE, TBE			0,8	
4	ALP, ATP, ALC, ATC		-	0,9	
5	O, P, E		-	1	
6	EX		-	0,5	
7	D		-	0,3	
8	R		-	0,6	
Nº total de estações			\sum IGI = IGG		

Fonte: Adaptado DNIT 006/2003 PRO (2003, p. 8)

Em seguida, com o valor do IGG específico de cada trecho, foi possível determinar a condição de cada um, por meio do intervalo dado na norma, mostrado no Quadro 4, conforme item 4.6.1.

7. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados todos os resultados do estudo das regiões analisadas, de acordo com a teoria apresentada e procedimentos aplicados ao longo deste trabalho.

7.1 Aspectos gerais das avaliações

A avaliação foi realizada em 13 trechos com seções dependentes de sua extensão, de vias pavimentadas no mesmo bairro, onde foi estimada a frequência que os defeitos ocorreram ao longo das vias.

O Quadro 9 apresenta os trechos avaliados, sua localização (rua), extensão total e o número de estações por trecho.

Quadro 8 - Trechos, extensão e seções

Trechos	Ruas	Extensão total (m)	Estações n°
1	R. Cruzeiro do Oeste	100	1
2	Av. João Xavier Padilha	800	8
3	R. Carlos Oto Roeder	300	3
4	R. dos Expedicionários	700	7
5	R. Teodoro Metchko	700	7
6	R. Apolonia Staniszewski	700	7
7	R. Jacy Brandão	700	7
8	R. Franz Kaiser	700	7
9	R. Quinto Slomp (desce)	300	3
10	R. Quinto Slomp (sobe)	300	3
11	R. Edmundo Mercer	400	4
12	R. Cecília Meireles	200	2
13	R. Marechal do Ar. Eduardo Gomes	400	4

Fonte: Autoria própria (2022)

7.2 Condições das vias

As avaliações e cálculos foram realizadas de acordo com a norma já apresentada no item 4.6.1.

O Quadro 9 mostra o conceito obtido para cada um dos trechos de acordo com seu IGG.

Quadro 9 - IGG e conceito de cada trecho

Trechos	Ruas	IGG	Conceito
1	R. Cruzeiro do Oeste	542	Péssimo
2	Av. João Xavier Padilha	719	Péssimo
3	R. Carlos Oto Roeder	216	Péssimo
4	R. dos Expedicionários	31	Bom
5	R. Teodoro Metchko	159	Ruim
6	R. Apolonia Staniszewski	126	Ruim
7	R. Jacy Brandão	119	Ruim
8	R. Franz Kaiser	85	Ruim
9	R. Quinto Slomp (desce)	47	Regular
10	R. Quinto Slomp (sobe)	89	Ruim
11	R. Edmundo Mercer	252	Péssimo
12	R. Cecília Meireles	30	Bom
13	R. Marechal do Ar. Eduardo Gomes	333	Péssimo

Fonte: Autoria própria (2022)

Analisando-se o Quadro 9, verifica-se que 5 trechos apresentam conceito péssimo, 5 ruim, 1 regular e 2 bom. Nenhum trecho enquadrou-se no conceito ótimo.

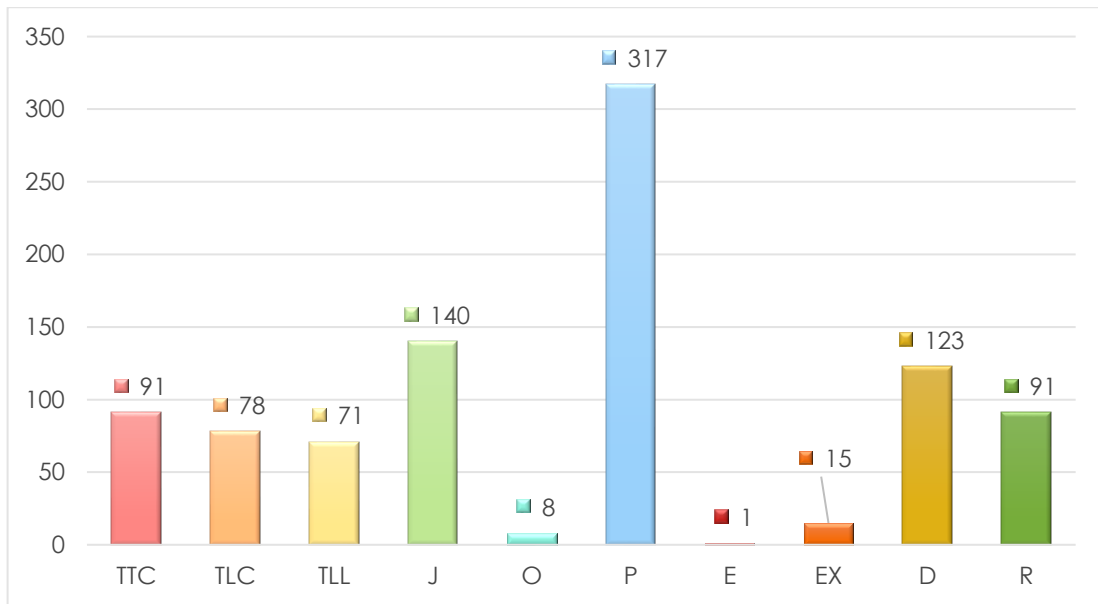
No Quadro 10, são apresentados os dados referentes à frequência de cada defeito encontrado em seus respectivos trechos, em toda sua extensão. Como por exemplo: o trecho 1 possui 3 trincas transversais curtas (TTC), 1 trinca longitudinal curta (TLC), nenhuma trinca longitudinal longa (TLL), 9 trincas couro de jacaré (J), nenhuma ondulação (O), 6 panelas (P), nenhum tipo de escorregamento betuminoso (E) ou qualquer exsudação (EX), 7 pontos de desgaste (D) e 7 remendos (R) efetuados em toda a extensão.

Quadro 10 - Defeitos encontrados e suas frequências

Trechos	Ruas	TTC	TLC	TLL	J	O	P	E	EX	D	R
1	R. Cruzeiro do Oeste	3	1		9		6			7	7
2	Av. João Xavier Padilha	19	19	12	59		193			70	19
3	R. Carlos Oto Roeder	10	5		7		20			5	8
4	R. dos Expedicionários	5	2	3						8	
5	R. Teodoro Metchko	6	5	25	5		13			9	8
6	R. Apolonia Staniszewski	9	11	12			29	0	15	3	
7	R. Jacy Brandão	9	13	8	5		9			8	
8	R. Franz Kaiser	5	5	8	21		22			4	18
9	R. Quinto Slomp (desce)	4	2			5				5	1
10	R. Quinto Slomp (sobe)	4	1		3		3	1		2	1
11	R. Edmundo Mercer	15	10	2	9		1			1	5
12	R. Cecília Meireles	1	2							1	
13	R. Marechal do Ar. Eduardo Gomes	1	2	1	22	3	21				24

Fonte: Autoria própria (2022)

O Gráfico 1 ilustra a totalidade dos defeitos encontrados nos trechos avaliados.

Gráfico 1 - Totalidade dos defeitos

Fonte: Autoria própria (2022)

Analisando-se o Gráfico 1, observa-se que os defeitos mais recorrentes em todos os trechos avaliados são as panelas, presentes em 317 pontos, seguidas do couro de jacaré e desgaste existentes respectivamente em 140 e 123 pontos.

O Gráfico 1 ainda mostra que os defeitos menos detectados foram o escorregamento betuminoso, observado apenas em 1 ponto, a ondulação e a exsudação registradas respectivamente em 8 e 15 pontos.

A Fotografia 1, está presente o defeito corrugação, também chamado de ondulações ou costela de vaca.

Fotografia 1 - Corrugação no trecho 13

Fonte: Autoria própria (2022)

A Fotografia 2 apresenta a exsudação.

Fotografia 2 - Exsudação no trecho 9



Fonte: Autoria própria (2022)

A Fotografia 3, mostra o defeito desgaste.

Fotografia 3 - Desgaste no trecho 7



Fonte: Autoria própria (2022)

As Fotografias 4 e 5 ilustram, respectivamente os defeitos panela e escorregamento betuminoso.

Fotografia 4 - Panela no trecho 2



Fonte: Autoria própria (2022)

Fotografia 5 - Escorregamento betuminoso no trecho 10



Fonte: Autoria própria (2022)

A Fotografia 6, representa a trinca transversal.

Fotografia 6 - Trinca transversal no trecho 7



Fonte: Autorial própria (2022)

A Fotografia 7, mostra a trinca longitudinal.

Fotografia 7 - Trinca longitudinal no trecho 5



Fonte: Autorial própria (2022)

A Fotografia 8, representa a trinca couro de jacaré.

Fotografia 8 - Couro de jacaré no trecho 3



Fonte: Autoria própria (2022)

A Fotografia 9 mostra o remendo.

Fotografia 9 - Remendo no trecho 4



Fonte: Autoria própria (2022)

Conforme o Quadro 10, as trincas transversais curtas e longitudinais longas, estiveram presentes nos 13 trechos. A trinca longitudinal longa esteve presente em 8 trechos. O defeito couro de jacaré se apresentou-se em 9 trechos. Ondulações e panelas foram detectadas respectivamente em 2 e 10 trechos. Os defeitos de escorregamento betuminoso e exsudação

estiveram presentes em apenas 1 dos trechos. O desgaste se apresentou-se nos 12 trechos avaliados. Por fim, 9 trechos apresentaram remendos.

O trecho que apresentou o pior estado de superfície, foi o trecho 2, referente à Av. João Xavier Padilha. Nas Fotografias 10 e 11, é possível observar a péssima condição do pavimento deste trecho. Nota-se a presença de muitas trincas e buracos com severidade alta, e também remendos mal executados.

Fotografia 10 - Desprendimento (esquerda) e Remendo (direita), Rua João Xavier Padilha



Fonte: Autoria própria (2022)

Fotografia 11 - Panelas (esquerda) e trincas (direita), Rua João Xavier Padilha



Fonte: Autoria própria (2022)

Por outro lado, o trecho que apresentou a superfície em melhor condição, foi o trecho 12, referente a Rua Cecília Meireles. Como mostra a Fotografia 12.

Fotografia 12 - Rua Cecília Meireles



Fonte: Autoria própria (2022)

Segundo informado pela Secretaria Municipal do Planejamento de Campo Mourão, os reparos necessários são realizados anualmente, no entanto, no bairro Copacabana a última manutenção foi executada há aproximadamente 2 anos. Normalmente as intervenções executadas são: operação “tapa buraco” em locais que possuem depressão ou imperfeições com infiltração de água das chuvas.

7.3 Proposta de manutenção

Neste estudo, após os resultados obtidos a partir do levantamento de campo, foram analisados os defeitos das vias considerando-se a melhor alternativa de intervenção. Por meio da árvore de decisão e atividades de M&R expostas no item 4.4 e 4.5, respectivamente, determinou-se a melhor estratégia de manutenção de acordo com a severidade de cada defeito.

De acordo com o cálculo do IGG, foi possível avaliar os trechos que necessitam de maior atenção, e qual intervenção é a mais adequada para cada caso.

Sendo que, quando o trecho apresenta defeitos generalizado, a atividade de manutenção ou reabilitação deve ser selecionada a fim de solucionar todos os defeitos presentes em toda a extensão d via de uma só vez. Como mostrado de forma hierárquica no Quadro 11.

Quadro 11 - Proposta de M&R por trecho

Trechos	Ruas	IGG	Conceito	Proposta de M&R
2	Av. João Xavier Padilha	719	Péssimo	Reconstrução
1	R. Cruzeiro do Oeste	542	Péssimo	Reconstrução
13	R. Marechal do Ar. Eduardo Gomes	333	Péssimo	Reconstrução
11	R. Edmundo Mercer	252	Péssimo	Reconstrução
3	R. Carlos Oto Roeder	216	Péssimo	Reconstrução
5	R. Teodoro Metchko	159	Ruim	Recapeamento com correções prévias
6	R. Apolonia Staniszewski	126	Ruim	Recapeamento com correções prévias
7	R. Jacy Brandão	119	Ruim	Recapeamento com correções prévias
10	R. Quinto Slomp (sobe)	89	Ruim	Recapeamento com correções prévias
8	R. Franz Kaiser	85	Ruim	Recapeamento com correções prévias
9	R. Quinto Slomp (desce)	47	Regular	Correção de pontos localizados ou recapeamento
4	R. dos Expedicionários	31	Bom	Aplicação de lama asfáltica
12	R. Cecília Meireles	30	Bom	Aplicação de lama asfáltica

Fonte: Autoria própria (2022)

Em casos onde o trecho apresenta defeitos localizados é necessário definir a atividade de acordo com a severidade da patologia encontrada, ou seja, encontrar a melhor alternativa de manutenção de forma a resolver o problema específico.

Portanto, em casos de trincas longitudinais e transversais com severidade média, recomenda-se a selagem com capas selantes. Caso o nível de severidade seja alto, propõe-se execução de remendo, conforme indicado na árvore de decisão (Figuras 16 e 17).

Para os defeitos de corrugação, aconselha-se a atividade de reciclagem ou recapeamento, caso a severidade seja média, em casos de alta severidade, aconselha-se a reconstrução, como mostra na árvore de decisão (Figura 22).

De acordo com árvore de decisão (Figura 23), para a exsudação indica-se a aplicação de tratamento superficial ou o micro revestimento. Em níveis mais severos de exsudação e em problemas de escorregamento betuminoso, pode ser realizada a fresagem com recomposição do revestimento asfáltico.

Para as trincas couro de jacaré recomenda-se as capas selantes. Em casos de maior severidade, é necessária uma avaliação detalhada, visto que permitem uma maior infiltração de água na estrutura. Nestes casos geralmente se torna indispensável um projeto de restauração.

Segundo Domingues (1993), as panelas podem manifestar-se no revestimento do pavimento devido a danos causados pelas trincas por fadiga e pela desintegração localizada em sua superfície. Deste modo, é necessário investigar a causa das panelas, pois pode estar relacionada a outro defeito. Geralmente em panelas é recomendado executar o remendo.

É importante ressaltar que em todos os casos analisados se faz necessário uma avaliação do sistema de drenagem local, pois a falta ou a instalação inadequada de dispositivos de drenagem comprometem toda estrutura dos pavimentos.

As atividades e propostas de manutenção e reabilitação (M&R) apresentadas, estão de acordo com a árvore de decisão de cada defeito em conjunto com métodos já adotados para conservação dos pavimentos, conforme mostrado no item 4.4.

8. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram estudadas as patologias presentes no pavimento flexível do bairro Copacabana. De acordo com o histórico de estudo sobre o tema, é possível observar que alguns fatores contribuem para o aparecimento dos defeitos nas vias, tais como o processo construtivo, os materiais empregados, o projeto estrutural, os fatores climáticos e a falta de manutenção periódica. Esses fatores impactam diretamente no conforto do usuário e também na segurança, tendo em vista que o pavimento deteriorado pode causar muitos problemas quando em estágios mais avançados.

Sendo assim, é imprescindível o bom conhecimento de todas as patologias do pavimento asfáltico, bem como, suas principais causas, buscando alternativas e técnicas de manutenção e reabilitação do mesmo.

Para a realização desta pesquisa, utilizou-se o método de avaliação objetiva da superfície, determinada pelo IGG, que se baseia na frequência e classificação dos defeitos visíveis, e a partir disso, identifica a atual condição das vias.

O objetivo principal do estudo foi alcançado, visto que foi possível classificar os trechos avaliados e propor soluções aos problemas levantados. Demonstrou-se a importância do conhecimento técnico para a identificação de todas as manifestações patológicas, para sugerir correções.

Contudo, é importante ressaltar que análises realizadas com base nas árvores de decisões servem como uma avaliação preliminar para tomada de decisão em serviços de manutenção, sendo que em casos que apresentam problemas mais severos onde os pavimentos necessitam de reabilitação, deve-se elaborar uma avaliação estrutural com o propósito de desenvolver um projeto de restauração.

A escolha do método de manutenção ou reabilitação deve ser avaliada para cada caso, devido a ter mais de uma solução para um determinado problema. É necessário que se constitua um setor responsável pelo gerenciamento das vias urbanas do município capaz de empregar critérios que considerem alternativas técnicas e econômicas, buscando um melhor desempenho dos pavimentos.

REFERÊNCIAS

- BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina dos Textos, 2007. Disponível em: https://play.google.com/books/reader?id=py6zCgAAQBAJ&pg=GBS.PT48.w.0.1.60_321&hl=pt. Acesso em: 27 out. 2021.
- BERNUCCI, L. B., MOTTA, L. M. G., CERATTI, J. A. P., SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica**: formação básica para Engenheiros. Petrobras. Abeda. Rio de Janeiro, 2008.
- BERTOLLO, S. A. M. – **Considerações sobre a gerência de pavimentos urbanos em nível de rede**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 1997.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Brasil tem método antigo para dimensionar o pavimento**: estudo da CNT identifica as principais causas do desgaste precoce do asfalto brasileiro. Brasília, 2017b. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/brasil-tem-metodo-antigo-para-dimensionar-o-pavimento>. Acesso em: 02 nov 2021.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte Rodoviário**: Impacto da Qualidade do Asfalto Sobre o Transporte Rodoviário. Brasília: CNT, 2019.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte Rodoviário**: Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram? Brasília: CNT, 2017a.
- CUNHA, R. C. **Determinação de Modelo de Deterioração dos Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual do Ceará**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Gerencia de Pavimentos**. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. IPR. Publ. 745. Rio de Janeiro, 2011.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA EM TRANSPORTES. **DNIT 005 TER**: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA EM TRANSPORTES. **DNIT 035/2018 - ES**: Pavimentação asfáltica – Micro revestimento asfáltico – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: DNIT, 2018.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA EM TRANSPORTES. **DNIT 006 PRO**: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA EM TRANSPORTES. **DNIT**: Manual de Pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.
- DOMINGUES, F. A. A. **MID – Manual de Identificação de Defeitos de Revestimento Asfáltico de Pavimentos**. São Paulo, 1993.
- DRESCH, F. **Gerência de Pavimentos Urbanos: Utilização de Levantamento Visual Contínuo para Avaliação das Vias Principais Pavimentadas de Santa Rosa/ RS**. Trabalho

de Conclusão de curso (Curso de Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2014.

FERNANDES JÚNIOR, J.L.; ODA, S.; ZERBINI, L.F. **Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação Asfálticos**. Apostila. Departamento de Transportes. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, janeiro de 2006.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOOGLE, INC. **Google Maps**. Mapa de Campo Mourão - PR. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/Campo+Mour%C3%A3o,+PR/@-24.0427725,-52.461213,12z/data=!4m5!3m4!1s0x94ed751052cee71d:0x72e478adcc937cc6!8m2!3d-24.0437988!4d-52.3810674>. Acesso em: 18 mar. 2022.

HAAS, R. C. G.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. P. **Modern pavement management**. Krieger Publishing Company. Malabar, Flórida, 1994.

HARTMANN, D. A. **Análise dos defeitos e da irregularidade de pavimentos flexíveis a partir do guia da AASHTO de 2004**. 2009. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Estimativas da população residente**. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/campo-mourao.html>. Acesso em: 18 mar. 2022.

JOVER, G. R. **Sistema de Gerência de Pavimentos com Ênfase na Manutenção e Reabilitação para a Ilha de Fundão na Cidade do Rio de Janeiro**. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil. Projeto para obtenção do Duplo Diploma de Engenharia Civil e *Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos* entre os países do Brasil e Espanha. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017.

MANUAL DE REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS. **DNER**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro: DNER, 1998.

MAPAS. **Guia Mapas**. Mapa do bairro jardim Copacabana em Campo mourão. Disponível em: <https://guiamapa.com/pr/campo-mourao/jardim-copacabana>. Acesso em: 25 abr. 2022.

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

PEREIRA, J. M. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006. Disponível em: [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597008821/epubcfi/6/10\[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml4\]!/4/26/1:46\[%C3%A1fi%2Cca\]](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597008821/epubcfi/6/10[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml4]!/4/26/1:46[%C3%A1fi%2Cca]). Acesso em: 17 nov. 2021.

PINTO, J. I. B. R. **Caracterização superficial de pavimentos rodoviários**. 2003. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2003.

REIS, C. A. R. **Desenvolvimento de Equipamento e Metodo para Levantamento Visual Contínuo com Vídeo-registro de defeitos de Equipamentos Rodoviários**. Dissertação de Mestrado de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, 2007.

SEPLA (Gabinete da Secretaria Municipal de Planejamento). Secretaria do Planejamento. Prefeitura Municipal de Campo Mourão – Paraná/Brasil. **Ofício de informações da SEPLA**. Campo Mourão, 2022.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 1. Ed. São Paulo: Cortez, 2013.

SILVA, C. A. **Estudo de caso de patologias em pavimentos flexíveis em rodovia do estado do Paraná**. Trabalho Final de Curso – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Paranaense, Toledo, 2018.

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

VISCONTI, T. S. **O Sistema Gerencial de Pavimentos do DNER**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Divisão de Apoio Tecnológico. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, DNER, Brasília, 2000.

APÊNDICE A – Questionário de pesquisa

As perguntas são:

1. Há quanto tempo foi realizada a obra de pavimentação no bairro Copacabana?
2. Qual o intervalo de tempo para a recuperação dessas vias? São meses? Anos?
3. Quando foi feito o último reparo ou operação tapa buraco no bairro?
4. Como normalmente é realizado esse reparo? Depende do grau de degradação?

ANEXO A – Respostas obtidas com a SEPLA



MUNICÍPIO DE CAMPO MOURAO
Processo Digital
Guia Movimentação

Pág 1 / 1

COMPROVANTE DE TRAMITAÇÃO

Processo: 6827/2022
Requerente: STEFANY ULIANI SPIES
Assunto: OFÍCIO
Subassunto: OFÍCIOS DIVERSOS

Origem:

Usuário:	IVAIR DE SOUZA LIBERIO
Repartição:	SEPLA - Gabinete da Secretaria Municipal de Planejamento
Data/Hora:	17/03/2022 15:22
Observação:	Conforme solicitado pela requerente, segue informações desta Sepla. 1 - Não consta nesta municipalidade registro do início da pavimentação do referido bairro. O que podemos afirmar é que o mesmo pode ter sido executado logo após a aprovação do loteamento, o qual ocorreu em data de 20 de novembro de 1972, conforme indica os documentos em anexo. 2 - Este fator é muito variável, porém podemos afirmar que a mesma é feita anualmente. 3 - A aproximadamente 2 anos 4 - Depende do grau de degradação, porem a que se informar que os reparos são feitos no sistema tapa buraco, nos locais onde possui depressão ou imperfeições com infiltração de água das chuvas.

Destino:

Repartição:	SEPLA - ARQUIVO
Responsável:	MARCIO FRANCISCO CARRARO ROCHA
Data/Hora:	17/03/2022 15:22

ESTE DOCUMENTO FOI ASSINADO EM: 17/03/2022 15:23 -03:00-03
PARA CONFERÊNCIA DO SEU CONTEÚDO ACESSAR: <https://ic.atende.net/pe/237.ca89a92>



Assinado digitalmente por:
IVAIR DE SOUZA LIBERIO
642.448.229-68
assinado 17/03/2022 15:22:52
digitalmente