



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



CARLOS KEVIN TRINDADE SARRAF
JULIANA EVELYN MARTINS DE MAGALHÃES

**Comparação dos ICPs das faixas de tráfego que constituem
corredores de transporte coletivo versus ICPs das demais
faixas**

Belém - Pa
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



CARLOS KEVIN TRINDADE SARRAF
JULIANA EVELYN MARTINS DE MAGALHÃES

**Comparação dos ICPs das faixas de tráfego que constituem
corredores de transporte coletivo versus ICPs das demais
faixas**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Instituto de
Tecnologia da Universidade Federal
do Pará como requisito para a
obtenção do título de Bacharel(a) em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo
Figueiredo Massulo Aguiar

Belém - Pa
2023


CARLOS KEVIN TRINDADE SARRAF
JULIANA EVELYN MARTINS DE MAGALHÃES

Comparação dos ICPs das faixas de tráfego que constituem corredores de transporte coletivo versus ICPs das demais faixas

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Instituto de
Tecnologia da Universidade Federal
do Pará como requisito para a
obtenção do título de Bacharel(a) em
Engenharia Civil.


Belém, 18 de dezembro de 2023.

Aprovado por:

Documento assinado digitalmente
 MARCELO FIGUEIREDO MASSULO AGUIAR
Data: 22/12/2023 10:08:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar

Orientador – Universidade Federal do Pará – UFPA

Documento assinado digitalmente
 CHRISTIANE LIMA BARBOSA
Data: 22/12/2023 11:09:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Christiane Lima Barbosa

Examinadora Interna – Universidade Federal do Pará – UFPA

Documento assinado digitalmente
 CHAIRA LACERDA NEPOMUCENO
Data: 26/12/2023 09:13:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Ma. Chaira Lacerda Nepomuceno

Examinadora Externa – DNIT/Pa

AGRADECIMENTOS CARLOS

A Deus, primeiramente, por ter-me concedido saúde e força para finalizar essa etapa em minha vida, pela proteção diária e pela sabedoria para usufruir das oportunidades ofertadas pelo caminho.

Aos meus pais, Carlos e Célia, as pessoas mais importantes da minha vida, por sempre me incentivarem e fazerem de tudo para que eu tivesse oportunidades que eles não tiveram, especialmente minha mãe, que é minha maior inspiração de vida e principal motivação para eu não desistir dos meus sonhos, eu não chegaria aqui sem ela.

À minha irmã, Katiúscia, que todos os dias me inspira a ser mais forte, por estar sempre ao meu lado, me apoiando e torcendo por mim.

Aos meus tios, Zezinho (*in memoriam*) e Teresa, pelo carinho e cuidado, por sempre torcerem por mim e por estarem comigo em todos os momentos da minha vida.

Ao meu Hugo, que me escutou em cada momento difícil deste percurso, pelo apoio, por acreditar em mim e por estar ao meu lado sempre.

À minha amiga, Juliana, minha dupla neste trabalho e durante toda graduação e uma das pessoas que eu mais admiro no mundo, agradeço pela paciência em entender as minhas limitações, pela parceria de sempre e principalmente, pela honra de ter sua amizade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar, pela paciência, pelo comprometimento, pelos ensinamentos e pela confiança em aceitar nos orientar neste trabalho.

Aos meus amigos, Faby, Lucas e Gabriel, que foram meus parceiros durante a graduação e que hoje são também minha família, agradeço pelo companheirismo e por terem tornado tudo mais leve e divertido.

A todos que me ajudaram de forma direta ou indiretamente nessa caminhada, deixo aqui os meus mais sinceros agradecimentos.

AGRADECIMENTOS JULIANA

Primeiramente a Deus e à Nossa Senhora de Nazaré que, durante toda essa trajetória acadêmica, me concederam a oportunidade de atravessar mais uma etapa da vida com saúde e determinação para perseguir novos objetivos e desafios.

Gostaria, também, de dedicar este trabalho às pessoas que contribuíram em minha jornada:

As três mulheres da minha vida: minha mãe Tânia, vó Alice e dinda Telma, que sempre acreditaram em mim e não mediram esforços para que eu alcançasse este sonho. Mãe, sua força de vontade e dedicação me inspiram, pois você carregou a responsabilidade de mãe e pai sozinha e o seu empenho me ensinou que alcançar nossos objetivos requer dedicação e comprometimento efetivos. Em especial, minha Vó, *in memoriam*, por ter sido sempre uma das minhas maiores incentivadoras, hoje eu concretizo seu sonho de ter uma neta formada na UFPa e espero que esteja orgulhosa de mim, pois, sei que, agora, me apoia do plano espiritual. Dinda, sua empatia e carisma me mostraram que quando realizamos algo com amor, é impossível dar errado. É e sempre será por vocês.

Às minhas duas primas, Natacha e Jacqueline, que me inspiram a ser melhor a cada dia. Nada disso teria sentido sem vocês.

Ao meu parceiro, Matheus, que, desde o início da graduação, sempre me apoiou e ensinou. Sua presença em todos os momentos foi fundamental e nada disso seria possível sem a sua ajuda.

Aos meus amigos, Kevin, Fabyelle, Lucas e Gabriel, que se tornaram minha família durante a graduação e que nunca me deixaram sozinha. Vocês marcaram a minha história, me fazendo acreditar que ainda existem pessoas dedicadas a serem melhores umas para as outras.

À minha melhor amiga, Beatriz, que é minha maior fã e incentivadora. Agradeço, também, à sua família, Sabrina, Neil e Rebecca, por me oferecerem um segundo lar e me amarem imensamente.

À minha tia avô, Maria Celia, que me ajuda em todos os momentos.

A todos que trabalharam e ainda trabalham comigo, que foram cruciais para o meu desenvolvimento profissional desde o meu primeiro estágio: Karlena, Regieudo, Roger, Rodrigo, Diego, Protázio, Ernani, Bernardo, Pricianne, Ingrid, Alessandra, Carlos, Laís, Giovanni e Felipe.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar, pelas disciplinas incríveis na área de Infraestrutura, que despertaram em mim um interesse por este campo. Sua paciência, ensinamento e dedicação são inestimáveis assim como o voto de confiança ao permitir que representasse seu nome em uma pesquisa.

Por fim, expresso minha eterna gratidão a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram e auxiliaram em meu crescimento tanto profissional quanto pessoal.

RESUMO

MAGALHÃES, J.E.M.; SARRAF, C.K.T. **Comparação dos ICPs das faixas de tráfego que constituem corredores de transporte coletivo versus ICPs das demais faixas.** 88f. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

A qualidade da condição de rolamento dos pavimentos representa um aspecto importante para mobilidade urbana, especialmente nas vias e faixas exclusivas de transporte público. O Sistema de Gerência de Pavimento (SGP) é uma ferramenta importante para manutenção da qualidade da malha viária urbana, promovendo o menor uso de recursos públicos. Contudo, a efetivação desse sistema depende da realização de levantamentos dos defeitos presentes nos pavimentos. Desse modo, o objetivo dessa pesquisa é realizar a avaliação da condição superficial do pavimento de três vias com faixa exclusiva da cidade de Belém, bem como comparar os resultados obtidos para cada faixa de tráfego. Para tanto, foi realizado o levantamento dos defeitos dos pavimentos da área de estudo e foram calculados os ICPs (Índice de Condição do Pavimento) de cada faixa de tráfego, baseado no método de Sousa (2021), que adaptou o método SHRP (Strategic Highway Research Program). Dentre os principais resultados, tem-se que as faixas exclusivas apresentaram um ICP médio inferior à faixa central e à faixa da esquerda, sendo eles, respectivamente, 78,94, 87,21 e 89,19. O trecho mais crítico apresentou ICP de 46,05 e os melhores trechos apresentaram ICP de 91,67. Os defeitos mais frequentes na área de estudo analisada foram o desgaste (39,78%), deformação permanente (18,23%) e trincas por fadiga (17,13%). Nas faixas exclusivas os defeitos que mais ocorreram foram desgaste (24,24%), trincas por fadiga (22,22%) e as deformações permanentes (17,17%). Não se detectou correlação linear significativa entre o ICP e a cota das vias, nem entre ICP e o número de linhas de ônibus que trafegam pela faixa. Por fim, concluiu-se que as faixas exclusivas de ônibus apresentam maior grau de deterioração em relação às demais, por isso, devem ser priorizadas nas atividades de manutenção e reabilitação.

Palavras-chave: Sistema de gerência de pavimentos; defeitos em pavimentos flexíveis; índice da condição do pavimento; avaliação da condição da superfície de rolamento; faixas exclusivas para ônibus.

ABSTRACT

MAGALHÃES, J.E.M.; SARRAF, C.K.T. **Comparação dos ICPs das faixas de tráfego que constituem corredores de transporte coletivo versus ICPs das demais faixas.** 88f. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

The quality of the rolling condition of pavements represents an important aspect for urban mobility, especially on roads and exclusive public transport lanes. The Pavement Management System (SGP) is an important tool for maintaining the quality of the urban road network, promoting less use of public resources. However, the implementation of this system depends on carrying out surveys of defects present in the pavements. Therefore, the objective of this research is to evaluate the surface condition of the three-lane pavement with an exclusive lane in the city of Belém, as well as compare the results obtained for each traffic lane. To this end, a survey of pavement defects in the study area was carried out and the ICPs (Pavement Condition Index) of each traffic lane were calculated, based on the Sousa method (2021), which adapted the SHRP (Strategic Highway Research Program). Among the main results, the exclusive lanes presented a lower average ICP than the central lane and the left lane, being, respectively, 78.94, 87.21 and 89.19. The most critical section presented an ICP of 46.05 and the best sections presented an ICP of 91.67. The most frequent defects in the study area analyzed were wear (39.78%), permanent deformation (18.23%) and fatigue cracks (17.13%). In the exclusive lanes, the defects that occurred most were wear (24.24%), fatigue cracks (22.22%) and permanent deformations (17.17%). No significant linear correlation was detected between ICP and road elevation, nor between ICP and the number of bus lines that travel along the lane. Finally, it was concluded that exclusive bus lanes present a greater degree of deterioration compared to the others, therefore, they should be prioritized in maintenance and rehabilitation activities.

Keywords: Pavement management system; defects in flexible pavements; pavement condition index; assessment of the condition of the rolling surface; exclusive traffic lane for buses.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Aumento do custo operacional do transporte rodoviário conforme o estado do pavimento nas rodovias do Brasil.	19
Figura 2 - Estrutura de implementação de um sistema de gerência de pavimentos.....	22
Figura 3 - Relação entre desempenho dos pavimentos, estratégias de M&R e custos	28
Figura 4 - Índice de condição do Pavimento e estratégia de intervenção	30
Figura 5 - Estratégia de M&R mais indicada com base no ICP	31
Figura 6 - Denominação da categoria do pavimento, segundo o ICP, no método SHRP	33
Figura 7 - Localização da Avenida José Malcher	39
Figura 8 - Programa computacional do mapa topográfico da José Malcher, altitude (cotas).....	40
Figura 9 - Localização da Travessa Castelo Branco	41
Figura 10 - Localização da Av. Conselheiro Furtado	42
Figura 11 - Fluxograma do método	43
Figura 12 - Delimitação e codificação dos 8 trechos da José Malcher	44
Figura 13 - Delimitação e codificação dos 3 trechos da Castelo Branco	45
Figura 14 - Delimitação e codificação dos 13 trechos da Conselheiro Furtado	45
Figura 15 - Formulário de Campo	47
Figura 16 – Treliza Metálica para aferição das deflexões da trilha de roda	49
Figura 17 - Pesos dedutíveis padrões e cenário alternativo.	50
Figura 18 - Categorização para os Valores do Coeficiente de Correlação de Pearson.	52
Figura 19 - Planilha do cálculo dos ICPs	54
Figura 20 - Defeitos encontrados no trecho crítico “CB1 FD”	59
Figura 21 - Defeitos encontrados nos trechos menos críticos	61
Figura 22 - Desgastes de média e alta severidade.....	63
Figura 23 – Deformações permanentes.....	63
Figura 24 – Exemplos de trincas por fadiga.....	65

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Principais defeitos do pavimento flexível	26
Tabela 2 - Resultado dos ICPs dos 72 trechos avaliados	55
Tabela 3 - Variações de ICP da faixa exclusiva com as demais	68
Tabela 4 - Variação do ICP entre as faixas exclusivas das diferentes vias	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados dos ICPs	56
Gráfico 2 - Histograma de Frequência Absoluta	57
Gráfico 3 - ICP médio das faixas exclusivas, central e esquerda	57
Gráfico 4 - Defeitos versus nº de ocorrências.....	62
Gráfico 5 - Frequência dos defeitos nas faixas exclusivas	64
Gráfico 6 - Comparativo dos resultados dos ICPs das diferentes faixas	66
Gráfico 7 - Média do ICP da faixa exclusiva por via	70
Gráfico 8 - Correlação linear: Cota versus ICP	72
Gráfico 9 - Correlação linear: Cota versus Quantidade de linhas.....	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO	14
1.1.1	<i>Objetivo Geral</i>	14
1.1.2	<i>Objetivos Específicos</i>	14
1.2	JUSTIFICATIVA.....	15
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS.....	17
2.1.1	<i>Definição e suas principais vantagens</i>	17
2.1.2	<i>Estrutura e Organização do Sistema de Gerência de Pavimentos</i>	20
2.1.3	<i>Avaliação da Condição do Pavimento</i>	22
2.1.4	<i>Principais defeitos dos pavimentos flexíveis</i>	25
2.1.5	<i>Seleção das Atividades de Manutenção e Reabilitação</i>	28
2.2	CÁLCULO DO ICP PELO MÉTODO SHRP	30
2.3	FAIXAS EXCLUSIVAS DE ÔNIBUS	33
2.4	ESTUDOS QUE ANALISARAM O DESEMPENHO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	36
3	MÉTODO	38
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	38
3.1.1	<i>Avenida Governador José Malcher</i>	38
3.1.2	<i>Travessa Francisco Caldeiras Castelo Branco</i>	40
3.1.3	<i>Avenida Conselheiro Furtado</i>	42
3.2	DESCRIÇÃO DO MÉTODO.....	43
3.2.1	<i>Codificação das faixas de tráfego</i>	43
3.2.2	<i>Inventário da rede</i>	46
3.2.3	<i>Formulário de campo e coleta de dados</i>	46
3.2.4	<i>Cálculo do ICP</i>	49
3.2.5	<i>Análise dos dados</i>	51
3.2.6	<i>Variação do ICP</i>	51
3.2.7	<i>Correlação da variação do ICP das faixas exclusivas de ônibus versus cotas e versus número de linhas</i>	52
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	53
4.1	CÁLCULO DO ICP	53
4.2	ANÁLISE DOS DADOS	58
4.2.1	<i>Trechos Críticos</i>	58
4.2.2	<i>Defeitos mais e menos frequentes</i>	62
4.3	VARIAÇÃO DO ICP ENTRE AS FAIXAS EXCLUSIVAS E DEMAIS FAIXAS E ENTRE AS FAIXAS EXCLUSIVAS DAS DIFERENTES VIAS	65
4.3.1	<i>Variação do ICP entre as faixas exclusivas e demais faixas</i>	66

4.3.2	<i>Varição do ICP entre as faixas exclusivas das diferentes vias</i>	69
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS	71
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
5	CONCLUSÃO	76
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	77
6	REFERÊNCIAS	78
	APÊNDICE A - QUANTIFICAÇÃO DO ICP CONTENDO TODOS OS DEFEITOS CONSIDERADOS NO PROGRAMA DE PESQUISA SHRP.	85
	APÊNDICE B - DADOS GERAIS DOS 24 TRECHOS PRINCIPAIS.....	86
	ANEXO 1 - IDENTIFICAÇÃO DOS DEFEITOS DE PAVIMENTOS	87

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano está totalmente relacionado ao crescimento das cidades, as quais com um planejamento urbano adequado podem possibilitar uma melhoria da qualidade de vida da população. Dessa forma, é de suma importância que se valorize a mobilidade e planejamento urbano dentro do sistema viário, uma vez que a qualidade desse sistema proporciona um melhor deslocamento e circulação de pessoas e cargas (Mantai et al, 2016).

Nesse contexto, o sistema de gerência de pavimentos aparece como uma importante ferramenta para auxiliar os processos de tomada de decisão, tendo como principal objetivo obter o melhor resultado possível a partir dos investimentos públicos, fornecendo um sistema de transportes seguro, econômico e confortável (Shoji, 2000).

Para cidades com baixo orçamento público, como Belém, o sistema de gerência de pavimentos representa uma forma de utilizar esse orçamento de maneira mais eficiente, uma vez que configura um avanço de um deficiente esquema de manutenção apoiado somente na correção de problemas para um sistema de manutenção planejada, sendo, assim, capaz de estender a vida útil dos pavimentos e assegurar padrões mínimos de serviço em toda a malha viária.

Ainda no que se refere ao sistema viário, visando melhorar a mobilidade urbana, muitas cidades implementaram faixas exclusivas de ônibus em seu projeto viário. Isso se deve ao fato de que a adoção dessas faixas proporciona inúmeros benefícios ao garantir prioridade ao transporte público coletivo, com o principal propósito de aumentar a velocidade operacional dos veículos e, por consequência, reduzir os tempos de viagem (NPU,2013).

Nessa perspectiva, considerando que os pavimentos urbanos são geralmente projetados para uso misto e não uso exclusivo de ônibus, a canalização do tráfego desses veículos aumenta a carga atuante sobre o pavimento, podendo ocasionar uma maior deterioração nessas faixas, tendo em vista que o excesso de carga representa uma das maiores causas de deterioração do pavimento (Albano, 2005).

As patologias na faixa exclusiva de ônibus causam desconforto aos usuários, aumento nos tempos em terminais, diminuição da velocidade dos veículos, resultando em atrasos e aumento nos tempos de viagem, sendo necessária manutenção precoce da via pública e dos ônibus. Dessa forma, a ocorrência de defeitos nesses pavimentos acaba reduzindo a eficiência dessas faixas (Valim e Câmara, 2015).

O presente trabalho faz parte de uma série de estudos, que investigaram a condição de pavimentos urbanos da cidade Belém, iniciada por Sousa (2021), que realizou o primeiro levantamento de 142 trechos do bairro de Batista Campos em 2021, e prosseguida nos dois anos seguintes por Aihuiki (2022) e Cardoso e Neves (2023), os quais realizaram a avaliação da condição do pavimento dos mesmos trechos, e Maués e Soares (2022), que fizeram uma análise comparativa entre cinco índices de condição de pavimentos urbanos, associando-os à área do estudo em Batista Campos.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste estudo é avaliar os Índices de Condição do Pavimento (ICPs) nas faixas de tráfego designadas para o transporte coletivo em comparação com as demais faixas de tráfego, em três importantes vias urbanas de Belém: a Avenida Governador José Malcher, a Travessa Francisco Caldeira Castelo Branco e Avenida Conselheiro Furtado.

1.1.2 Objetivos Específicos

O trabalho tem como objetivos específicos:

- Calcular o ICP das três faixas de cada trecho analisado, sendo elas, a faixa exclusiva de ônibus, a faixa central e a faixa esquerda;
- Identificar melhores e piores trechos das três vias estudadas;
- Identificar os defeitos mais e menos frequentes dos pavimentos flexíveis das três vias analisadas;
- Correlacionar os valores do ICP com diversos parâmetros, tais como cotas topográficas e com a quantidade de linhas de ônibus que trafegam em cada trecho.

1.2 JUSTIFICATIVA

A avaliação de um pavimento engloba uma série de atividades destinadas à obtenção de dados, informações e parâmetros. Isso possibilita diagnosticar os problemas e analisar o desempenho do pavimento, permitindo identificar suas exigências atuais e futuras no que diz respeito a atividades de manutenção e reabilitação (M&R).

Dessa maneira, a avaliação da condição dos pavimentos representa uma das etapas cruciais no sistema de gerenciamento de vias urbanas, sendo uma ferramenta essencial para direcionar adequadamente os investimentos públicos na manutenção do sistema viário, garantindo um gasto eficiente e otimizado para manter a malha viária urbana em um nível de serviço adequado.

Atualmente, diversas cidades no Brasil estão implementando faixas exclusivas destinadas aos ônibus como uma estratégia para aprimorar a mobilidade urbana, garantindo um fluxo contínuo de veículos de transporte coletivo. A gerência adequada desses pavimentos é crucial para garantir não apenas a durabilidade e a qualidade das vias, mas também para otimizar o desempenho do transporte público, melhorar a experiência dos usuários e reduzir congestionamentos.

Sabe-se que a concentração do tráfego pesado em uma faixa pode levar ao aparecimento precoce de defeitos estruturais do pavimento, como a

deformação permanente e as trincas por fadiga. Portanto, a aferição da qualidade das faixas exclusivas de ônibus, mediante o uso de critérios objetivos de avaliação como o ICP, é uma estratégia importante para definir o momento correto das atividades de manutenção e reabilitação e manter boa a trafegabilidade desse importante componente da mobilidade urbana. Outro aspecto que justifica o presente trabalho é a escassez de pesquisas sobre este tema no estado do Pará.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos. Além desta introdução (Capítulo 1), o capítulo 2 (Revisão Bibliográfica) traz citações de trabalhos, artigos e documentos técnicos em quatro grandes eixos para embasar o trabalho: sistemas de gerência de pavimentos, método do SHRP para o cálculo do ICP, faixas exclusivas de ônibus e estudos que investigaram a qualidade do pavimento de faixas exclusivas em outras localidades do Brasil.

No capítulo 3 (Método), inicialmente, são detalhadas as características de cada uma das vias analisadas e, em seguida, são expostos os procedimentos utilizados para a obtenção dos dados e resultados.

O capítulo de Apresentação e Discussão dos Resultados (capítulo 4), aborda os principais resultados da pesquisa, os quais são discutidos e, quando possível, confrontados com os resultados dos autores citados no capítulo 2. Ainda nesse capítulo são apresentadas as considerações finais a respeito da condição dos pavimentos das vias analisadas.

Por fim, no último capítulo (Conclusão), discutem-se os resultados obtidos e propõem-se sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo, apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre assuntos relativos ao tema central do trabalho. São abordados tópicos como a concepção do sistema de gerência de pavimentos e as suas atividades associadas. Discorre-se, também, sobre o método SHRP que aborda os problemas que ocorrem nos pavimentos flexíveis e sobre o cálculo do ICP. Além disso, são realizadas ponderações a respeito das faixas exclusivas de ônibus e, por fim, são apresentadas pesquisas que trazem estudos de caso relacionados ao tema do trabalho.

2.1 SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

Nesse tópico, apresentam-se a definição e principais vantagens de um Sistema de Gerência de Pavimento (SGP), bem como sua estrutura e organização. Ademais, será detalhado a etapa da avaliação da condição do pavimento, os principais defeitos e, ainda, a seleção das atividades de manutenção e reabilitação (M&R).

2.1.1 Definição e suas principais vantagens

Para Bernucci et al. (2008), pavimento se trata de uma estrutura estratificada de camadas finitas, localizado sobre uma superfície final de terraplenagem. Tendo por propósito suportar eficientemente, em termos técnicos e financeiros, as tensões provenientes da circulação de veículos e as influências climáticas.

Além disso, visa oferecer também aos usuários uma superfície adequada para a movimentação dos veículos, promovendo conforto, eficiência econômica e segurança.

A gerência de pavimentos, segundo Haas et al. (1994), é um processo que abrange todas as atividades envolvidas com intuito de garantir e conservar pavimentos em um nível adequado de serviço. O Manual de Gerência de Pavimentos do DNIT (2011) complementa, ainda, que esse processo tem como componentes, que devem interagir mutuamente, o planejamento, o projeto, a construção do pavimento, bem como a sua manutenção e reabilitação ao longo do tempo.

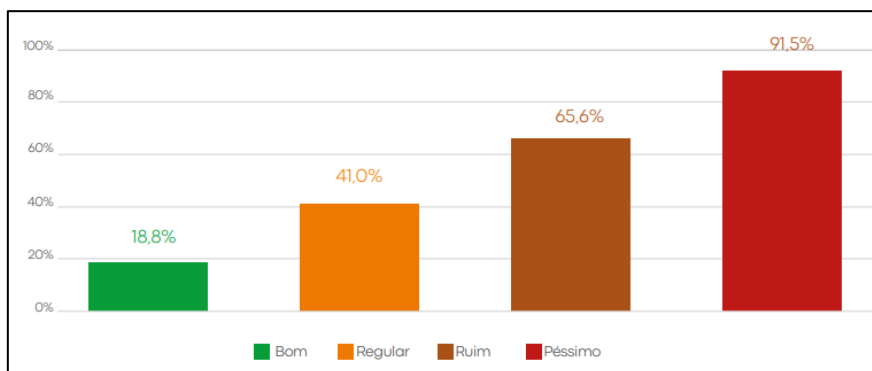
Nessa ótica, um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP), consiste, na verdade, em um Sistema de Apoio a Decisão (SAD), capaz de auxiliar os menores investimentos possíveis com um padrão adequado de serviço do pavimento, por intermédio de programas de manutenção e restauração de pavimentos (NH1,1998).

Os pavimentos rodoviários representam um valioso patrimônio, cuja conservação e restauração oportunas são essenciais para a sua preservação (DNIT, 2011). Qualquer pausa ou redução na intensidade ou na frequência dos serviços referentes à manutenção desse patrimônio resulta em aumentos significativos nos custos operacionais, em decorrência dos maiores gastos com a manutenção dos veículos, com o consumo de combustível, com o acréscimo no tempo de deslocamento e dentre outros custos.

Assim, atingir os mais elevados níveis de operação possíveis é decisivo na estrutura de custos operacionais, uma vez que a má qualidade do pavimento das rodovias é responsável por um aumento, em média, de 33,1% do custo operacional do transporte. Além disso, nos trechos onde o pavimento é considerado péssimo, esse acréscimo pode chegar a 91,5%, enquanto os ótimos não causam nenhum aumento no custo operacional dos veículos (CNT,2022).

Na Figura 1, pode-se constatar a relação do crescimento do custo operacional segundo a qualidade do pavimento, tendo por base a condição ótima.

Figura 1 - Aumento do custo operacional do transporte rodoviário conforme o estado do pavimento nas rodovias do Brasil.



Fonte: CNT, 2022

Destaca-se, dessa forma, que o SGP tem como principais objetivos, auxiliar na tomada de decisão, tornando mais racional a resolução de problemas dos pavimentos, inclusive obter o melhor retorno possível para os recursos investidos, provendo pavimentos seguros, confortáveis e econômicos aos usuários (DNIT, 2011). Além da oportunidade de evoluir um esquema de manutenção, que se limita à resolução de problemas, para um sistema de manutenção planejado, capaz de prolongar a vida útil da pavimentação.

Segundo Shoji (2000), o maior desafio enfrentado pela maioria das prefeituras municipais brasileiras para implantação de um SGP está ligado à escassez de recursos financeiros disponíveis, sendo insuficientes para manter a infraestrutura em condição que supere o mínimo aceitável pelos usuários.

Essa situação pode ser explicada devido à cultura erroneamente formada ao longo dos governos, que negligencia a real necessidade de intervenções nas estruturas do pavimento, não adotando nenhum critério técnico que considere a qualidade do pavimento, apenas realizando a manutenção paliativa sempre que possível, ou seja, é mais comum serem considerados apenas os custos iniciais para construção ou manutenção da via.

No estudo elaborado por Shahin (1994), quando são questionados sobre porque não usam as mais recentes técnicas de gerência de pavimento, uma das respostas dos responsáveis é que não podem dispor dos recursos para inspeções e que preferem usar o dinheiro para reparar o pavimento. Não entenderam que o sistema de gerência de pavimento pode ser apresentado como: “invista agora ou pague muito mais depois”.

Para comprovar a análise descrita acima, Zanchetta (2017) destaca que a utilização exclusiva de tapa-buracos e recapeamentos acarreta um gasto duas vezes maior que as atividades de manutenção preventiva e resulta, ainda, em um pavimento com condição abaixo ao que é esperado nas técnicas de um sistema de gerência de pavimentos urbanos.

Portanto, a implantação do SGP é uma excelente ferramenta para manter as vias em boas condições ao longo do tempo. Sua implementação afetaria positivamente a situação atual da malha viária do país, envolvendo desde o planejamento da via até seu monitoramento e reabilitação ao longo do tempo (Pires, 2019).

2.1.2 Estrutura e Organização do Sistema de Gerência de Pavimentos

Dada a importância de se implementar um SGP, é necessário entender como funciona o seu processo. Em consonância a pesquisa de Amekudzi e Attoh-Okine (1997), um modelo de sistema de gerência de pavimento segue três diferentes níveis. O primeiro é o nível de programa, em que envolve o planejamento e a alocação de recursos para otimização da rede.

No segundo nível, Nível de Seleção de Projeto, é realizado um processo de hierarquização dos projetos candidatos considerando as restrições orçamentárias, e dessa forma, determinando as estratégias de intervenção baseado nas necessidades da malha.

Em relação ao terceiro nível, o de projeto, trata-se de uma análise minuciosa de um determinado trecho pavimentado, em que os dados são coletados em todas as camadas do pavimento, indo além do simples revestimento. Dessa maneira, é possível realizar uma identificação mais precisa das causas das falhas nos pavimentos, permitindo a avaliação e seleção criteriosa do tipo de serviço de Manutenção e Restauração (M&R), como por exemplo um reforço do pavimento (Amekudzi e Attoh-Okine, 1997).

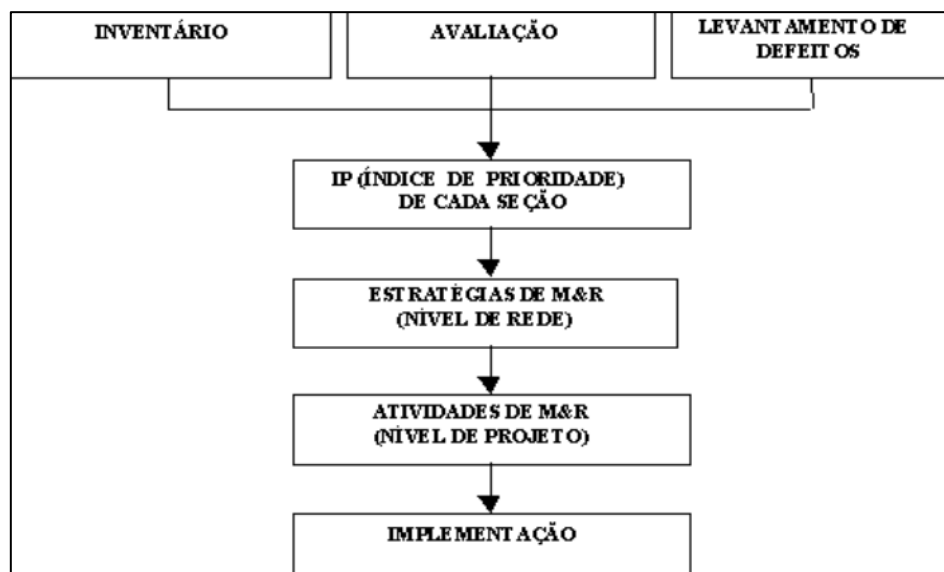
De acordo com Haas, Hudson e Zaniewsk (1994), existem, em geral, algumas fases que podem ser seguidas para o desenvolvimento de um sistema de gerência em pavimentos urbanos. Vide na Figura 2, a estrutura de implementação de um SGP. Nota-se que o primeiro passo no desenvolvimento do SGP consiste na definição da rede viária, geralmente em função do volume de tráfego, do tipo de pavimento, do tipo e espessura de cada camada, do tipo de subleito e do estado de conservação do pavimento.

Em seguida, desempenha-se um levantamento da condição atual do pavimento, registrando-se as extensões e os níveis de severidade de cada defeito encontrado nas seções. O quarto passo é selecionar e priorizar os tratamentos de acordo com os defeitos identificados, utilizando classificação ou análise de benefícios/custos, exemplificados pelo Índice de prioridades (IP) (Haas; Hudson; Zaniewsk, 1994).

A partir do inventário e avaliação da condição do pavimento, pode-se analisar, em nível de rede (Programa e Seleção de Projeto), distintas técnicas de manutenção e reabilitação, e em geral, as opções, conforme Fernandes Júnior, Oda e Zerbini (1999), são: Não Fazer Nada (NF), Manutenção Preventiva (MP), Manutenção Corretiva (MC), Reforço (RF) e Reconstrução (RC). Posteriormente, é realizado, em nível de projeto, a definição das atividades de manutenção e reabilitação (M&R) e, quando necessário, o dimensionamento de reforço ou restauração.

Por fim, define-se a atividade apropriada para o pavimento. Vale ressaltar que a chave para um bom gerenciamento de pavimentos, é manter o banco de dados e as informações sempre atualizadas, até porque é um processo dinâmico que requer atualizações periódicas (Haas et al, 1994).

Figura 2 - Estrutura de implementação de um sistema de gerência de pavimentos



Fonte: MAPC (1986).

2.1.3 Avaliação da Condição do Pavimento

Com os dados de inventário do pavimento, o próximo passo consiste na avaliação da condição da via em campo. Conforme destacado por Matos (2004) apud Zanchetta (2017), essa etapa é de suma importância para a implantação de um SGP, pois a partir dela decisões serão tomadas, de modo que a falta de precisão e exatidão nessas avaliações pode comprometer integralmente o SGP. Portanto, é crucial realizar o devido treinamento para os avaliadores.

A avaliação da superfície dos pavimentos pode ser um indicativo imprescindível para determinar se a malha viária está oferecendo conforto, segurança e eficiência econômica aos usuários. A verificação dessa condição é essencial para o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis e preservação dos pavimentos (Pires, 2019).

Os elementos mais frequentes considerados na avaliação dos pavimentos são sua condição funcional, integridade estrutural e seus níveis de segurança. Em relação ao seu desempenho funcional, é a capacidade do pavimento de fornecer uma superfície com serventia adequada em termos de qualidade de

rolamento. Seus métodos de avaliação são dados por meio de: serventia, irregularidade funcional e avaliação objetiva de superfície.

Quanto ao desempenho estrutural, refere-se à capacidade de um pavimento para manter sua integridade estrutural, sem apresentar falhas significativas, identificadas por meio de ensaios deflectométricos. Por fim, o desempenho operacional e da segurança abrange aspectos de sinalização, demanda do usuário, macro e microtextura que impactam a aderência entre pneus e pavimento, ou seja, engloba o conforto dos usuários em situações que podem representar riscos de acidentes (Pires, 2019).

Têm-se dois tipos de avaliação da superfície do pavimento, sendo eles: Avaliação Subjetiva da Superfície de Rolamento e Avaliação Objetiva da Condição dos Pavimentos.

No Brasil, como referência subjetiva, utiliza-se o Valor de Serventia Atual, o qual consiste em um índice para medir a capacidade de uma seção de pavimento em servir ao tráfego no estado em que se encontra, o qual é regido pela norma DNIT 009/2003-PRO e varia em uma escala de 0 (péssimo) a 5 (ótimo), sendo influenciado principalmente por defeitos superficiais e irregularidades. Atualmente, é mais comum obter um indicador denominado como índice combinado de defeitos por meio de uma avaliação objetiva da condição do pavimento.

A avaliação objetiva tem o propósito de fazer o levantamento dos defeitos fundamentais na deterioração do pavimento, caracterizando-os quanto ao seu tipo, severidade e extensão. Nessa avaliação, utiliza-se instrumentos especializados para determinar as características físicas e mecânicas do pavimento. Vários índices podem ser utilizados para quantificar essa condição, a título de exemplos, têm-se o Índice de Condição da Manutenção (ICM), regido na Resolução nº 5/2022 do DNIT, Índice de Gravidade Local (IGG), descrito na norma DNIT 006/2003-PRO, e o Pavement Condition Index (PCI) definido por Shahim (1979).

O Índice de Condição da Manutenção (ICM) é calculado a partir de levantamento de campo, buscando classificar cada segmento em quatro categorias: péssimo, ruim, regular ou bom. O cálculo do ICM é composto pelo

Índice de Pavimentação – IP (panelas, remendos e trincas), que representa 70% do valor final, e pelo Índice de Conservação – IC (roçada, drenagem e sinalização horizontal e vertical), que representa os 30% restantes. Os dados são obtidos através da filmagem e os vídeos obtidos serão processados em escritório, a fim de determinar o valor do ICM para cada quilômetro percorrido da rodovia (DNIT, 2022).

O índice de condição de pavimento (ICP) é a forma que o PCI apareceu proposto em português (Bertollo, 1997) por meio de uma adaptação do Instituto do Asfalto (1981), contendo 15 defeitos considerados no Programa SHRP.

Para Zanchetta (2005), o ICP é o índice mais comum para o uso combinado de defeitos, podendo variar desde 0 (pavimentos com más condições de rolamento) até 100 (pavimento em perfeitas condições). Ele é resultante de levantamentos da condição visual do pavimento por meio da identificação de defeitos. Para essa pesquisa, será utilizado esse indicador para obtenção da condição da superfície dos pavimentos existentes nos trechos analisados.

No que tange à avaliação do IGG, são registrados os tipos e níveis de severidade dos defeitos, sem quantificar sua extensão. O índice é definido como um parâmetro numérico que permite a avaliação de deterioração de segmentos de rodovia, refletindo o estado de cada segmento isoladamente e permitindo a comparação entre as condições apresentadas por segmentos distintos (Pires, 2019).

Para rodovias, talvez, seja menos ruim o resultado de uma avaliação se for considerado que um segmento de pista homogêneo pode ter até 2 quilômetros de extensão, mas para uma realidade urbana, em que as pistas são mais curtas, a premissa de avaliar por amostragem não apresenta vantagens, podendo levar a conclusões equivocadas, uma vez que será considerado que o defeito na amostra se encontra ao longo de toda a extensão, assim como, quando um defeito se encontra fora da amostra, ele não é contabilizado (Pires, 2019).

Além disso, a utilização do IGG, para Zanchetta (2017), têm algumas limitações, visto que além de não contemplar alguns aspectos dos defeitos em estudos realizados por Zanchetta (2005), demanda elevado tempo de avaliação

quando comparado com a avaliação por caminhamento em toda a seção. Dessa maneira, a aplicabilidade do IGG em pavimentos urbanos é bastante complexa, razões pela qual optou-se por não utilizar esse índice nessa pesquisa.

2.1.4 Principais defeitos dos pavimentos flexíveis









Conforme explicado por Medina (1997), o pavimento se deteriora ao decorrer do tempo devido, principalmente, à ação do tráfego (carga por eixo, tipo de rodagem, pressão de enchimento dos pneus e tipo de suspensão) e às solicitações climáticas (variação de temperatura e teor de umidade). Desta forma, ao longo do tempo surgem defeitos de vários tipos que impactam negativamente nas condições de rolamento da via.

Para Baladi (1992), cada defeito é ocasionado por uma ou mais variáveis, podendo ser devido a problemas na mistura asfáltica, drenagem, ambiente, carregamento, qualidade e espessura das camadas, procedimentos executivos etc. Quando essas causas são conhecidas, auxiliam o organismo rodoviário a determinar a melhor alternativa de manutenção e reabilitação (M&R).

O manual SHRP (Strategic Highway Research Program) considera 15 tipos de defeitos em pavimentos flexíveis. Na Tabela 1, estão descritas essas patologias, ilustrando cada defeito, bem como sua definição e principais causas. Ressalta-se que a tabela foi elaborada com base nas publicações de Fernandes Junior, Oda e Zerbini (1999) e Bernucci et al (2008).

Tabela 1 - Principais defeitos do pavimento flexível

DEFEITO	ILUSTRAÇÃO	DEFINIÇÃO	PRINCIPAIS CAUSAS
1. TRINCAS TRANSVERSAIS		Trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via.	Retração térmica do revestimento asfáltico.
2. TRINCAS LONGITUDINAIS		Trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via	Má execução das juntas e contração do revestimento.
3. TRINCA POR FADIGA		Trincas interligadas formando pequenos blocos, sendo muitas vezes chamada de "couro de jacaré".	Problemas estruturais, "enfraquecimento" estrutural decorrente da água ou pela ação repetida do tráfego
4. TRINCA EM BLOCO		Trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos aproximadamente retangulares de lados bem definidos.	Contração térmica do revestimento e/ou contração de bases não-rígidas.
5. TRINCAS POR REFLEXÃO		Trincas que "refletem" à superfície do pavimento, o mesmo padrão de trincas originadas nas camadas inferiores, o caso mais recorrente é a execução de asfalto sobre pavimentos de concreto.	Movimentação de placas rígidas subjacentes.
6. TRINCAS DE BORDO		Em Pavimentos que não possuem acostamento ou com falta de confinamento lateral, ocorrem os defeitos de trincas nos bordos. Geralmente têm um aspecto parabólico.	Má compactação, drenagem deficiente no pavimento ou como mencionado, pela falta de confinamento lateral
7. DESNÍVEL ENTRE PISTA E ACOSTAMENTO		Consiste em diferença de elevação entre as faixas de tráfego e o acostamento. Ressalta-se que tal desnível pode ocasionar acidentes, caso o motorista se distraia e perca o controle do veículo.	É causado por erosão ou devido adição de novas camadas de revestimento sem regularizar o acostamento.

DEFEITO	ILUSTRAÇÃO	DEFINIÇÃO	PRINCIPAIS CAUSAS
8. DEFORMAÇÃO PERMANENTE		É caracterizado por um afundamento em sentido longitudinal nas regiões que as rodas dos veículos mais fazem contato com o pavimento.	Dimensionamento e dosagens inadequados, problemas de drenagem, má compactação+tráfego pesado.
9. CORRUGAÇÃO		Possui característica de ser uma deformação plástica que forma ondulações na superfície com sentido transversal ao eixo do pavimento.	Dosagem (↓Estabilidade) e falta de aderência entre base e revestimento.
10. AGREGADO POLIDO		Caracterizado por polimento (desgaste) dos agregados e do ligante asfáltico e a exposição dos agregados graúdos.	Ação abrasiva do tráfego sobre agregados com inadequada resistência à Abrasão (ensaio de abrasão Los Angeles).
11. EXSUDAÇÃO		Caracterizado pelo excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento. podem comprometer a segurança em virtude da redução do coeficiente de atrito pneu-pavimento.	Dosagem inadequada e/ou má compactação.
12. DESGASTE		Caracterizado por perda da adesividade do ligante asfáltico e desalojamento dos agregados. Também é caracterizado por envelhecimento ou endurecimento do ligante asfáltico.	Dosagem inadequada e execução fora dos intervalos de temperatura de usinagem e compactação
13. PANELAS		Cavidades de diversos tamanhos que ocorrem no revestimento, resultantes de uma desintegração localizada, sob ação do tráfego ou em presença de água.	Falha estrutural, segregação de mistura e problemas na execução como má compactação ou drenagem insuficiente.
14. REMENDO		Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de "tapa-buraco". Apresenta formato retangular.	A própria atividade de manutenção
15. BOMBEAMENTO		É o fenômeno de saída de água pelas trincas do pavimento, sob a ação das cargas do tráfego, em que aumentam a pressão e geram a saída de material pelas trincas.	A presença de água armazenada nas camadas inferiores é uma das razões desses defeitos ocorrerem, levando, também, a redução da capacidade de suporte.

Fonte: Elaborado pelos Autores com dados extraídos de Fernandes Junior, Oda e Zerbini (1999) e Bernucci et al (2008).

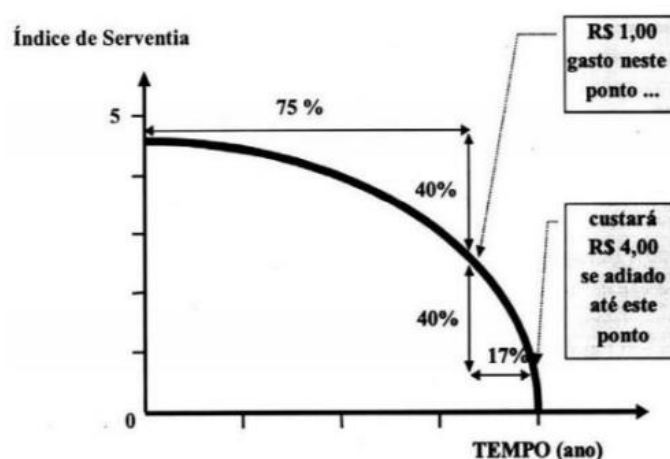
2.1.5 Seleção das Atividades de Manutenção e Reabilitação

Feitas as avaliações da condição dos pavimentos, são definidas as atividades de reabilitação e manutenção (M&R) mais adequadas para as respectivas situações apresentadas. Essa definição é influenciada pela disponibilidade de recursos de cada organização encarregada pela manutenção e reabilitação das vias.

Elas devem ser aplicadas no tempo adequado para que o retorno de investimento seja positivo e para que as vias se mantenham com qualidade suficiente para a prestação de serviços a qual elas se destinam. Na Figura 3, é possível perceber o que foi dito anteriormente, definindo a relação entre o tempo de aplicação para uma manutenção ou reabilitação com o custo dependendo do momento selecionado (FHWA, 1989).

Além disso, nota-se que o pavimento se deteriora de forma lenta na fase inicial de sua vida de serviço, especialmente nos primeiros 75% de vida útil. Entretanto, nos últimos 25%, a estrutura perde serventia e capacidade de suporte de modo acelerado. Isso se deve, provavelmente, porque os defeitos não foram tratados com a manutenção preventiva.

Figura 3 - Relação entre desempenho dos pavimentos, estratégias de M&R e custos



Fonte: Shahin (1994)

Interpretando a Figura 3, é possível perceber que durante 75% da sua vida útil do pavimento, se tivesse que fazer um investimento, teria uma

recuperação de 40% do índice de serventia, enquanto se demorasse mais 17% do tempo de análise, teria que investir quatro vezes mais para os 40% de recuperação.

Dessa maneira, o ciclo repetitivo em que a falta de recursos, dados do inventário ou equipe suficientemente preparada são fatores para a não aplicação de um SGP nos pavimentos urbanos deve ter um fim, pois como visto na Figura 3, o investimento necessário para a reabilitação tardia e sem critério é maior quando comparado à aplicação de atividades de M&R no tempo ideal (Zanchetta, 2005).

Quando se trata de técnicas de manutenção, estas visam preservar o período de vida útil do pavimento, garantindo seus aspectos funcionais e de segurança. Sua aplicação pouco aumenta o nível de serventia da estrutura, exemplificando essa técnica, têm-se as atividades de remendos e capa selantes (Pires, 2019).

No que se refere às técnicas de reabilitação, destinam-se ao prolongamento da vida útil do pavimento, elevando o nível de serventia próximo ao valor máximo e criando condições para um novo ciclo de deterioração. Essas técnicas podem ser de recapeamento ou reconstrução. O recapeamento é executado quando a base não está comprometida estruturalmente, em contrapartida, a reconstrução é necessária quando não é possível aproveitar nenhum componente do pavimento, exigindo a construção de uma nova estrutura capaz de resistir aos esforços e agentes externos. (Pires, 2019).

Albuquerque (2017), exemplifica uma matriz de tratamento de algumas atividades de M&R, utilizada pelo *American Public Works Association* (APWA), que com base no ICP, tem como objetivo decidir um tratamento adequado e determinar as necessidades globais da rede de pavimentos relativos ao trecho analisado. Essa matriz é representada na Figura 4.

Figura 4 - Índice de condição do Pavimento e estratégia de intervenção

100	Excelente (86-100)	Manutenção
	Muito bom (71-85)	Preventiva (MP)
50	Bom (56-70)	Manutenção
	Regular (41-55)	Corretiva (MC)
	Ruim (26-40)	Reforço (RF)
0	Muito Ruim (11-25)	Reconstrução
	Ruim (0-10)	(RC)

Fonte: Albuquerque, 2017

Após a exposição dos conceitos fundamentais e fases pertinentes a um SGP, a seção subsequente deste trabalho irá fornecer uma análise detalhada do cálculo do ICP que consolida os resultados da etapa de levantamento de defeitos.

2.2 CÁLCULO DO ICP PELO MÉTODO SHRP

O manual de identificação de defeitos *Strategic Highway Research Program* (SHRP) foi desenvolvido, em 1987, nos estudos sobre o Desempenho de Pavimentos a Longo Prazo (LTTP), implementado pelo Programa Estratégico de Pesquisas Rodoviária (SHRP,1993). Durante os 20 anos de vida do programa, as agências rodoviárias nos Estados Unidos e outros 15 países coletaram dados sobre a condição do pavimento, clima, volumes de tráfego e cargas de mais de mil seções de pavimento.

A intenção, por trás do desenvolvimento, foi estabelecer uma base uniforme para a coleta de dados sobre defeitos em pavimentos, visando padronizar a linguagem utilizada para descrever as diversas tipologias de defeitos entre todos os órgãos envolvidos no programa (Prestes, 2001).

É constituído por um dicionário que apresenta tipologias de defeitos em pavimentos flexíveis, revestidos com concreto asfáltico, e pavimentos rígidos, constituídos por placas de concreto de cimento Portland com juntas ou

contínuas. São descritas as características dos defeitos listados no tópico 2.1.4, bem como os três níveis de severidade (baixo, médio ou alto) e a forma de quantificação da extensão de cada tipologia da patologia. O quadro completo será ilustrado no ANEXO 1.

É possível obter o valor do ICP, por meio da expressão (1), proposta pelo Instituto de Asfalto (1989), em que D_{ij} e f_{ij} são, respectivamente, extensão do defeito (i) com severidade (j) e fator de ponderação do defeito (i) com severidade (j).

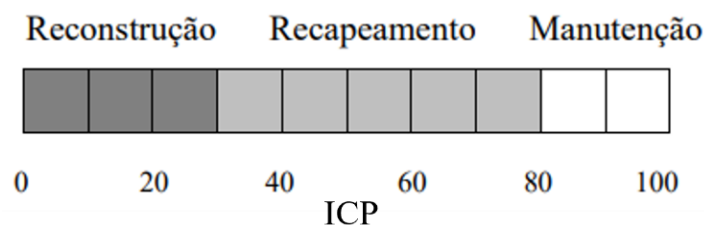
$$ICP = 100 - \sum_i \sum_j D_{ij} \times f_{ij} \quad (1)$$

Interpretando matematicamente a expressão, inicia-se em uma situação em que o pavimento está em condições ideais, com ICP no valor de 100. Logo após, este se reduz segundo a extensão e a severidade de cada um dos defeitos presentes na seção.

O resultado do ICP, além de representar numericamente a condição do pavimento, serve também para dar uma ideia de quais intervenções são pertinentes e determinar a priorização dos trechos e dos serviços (JOVER,2017). Ou seja, é possível estabelecer uma primeira priorização das M&R que devem ser aplicadas para obtenção dos níveis operacionais, estruturais e de segurança, seja por reconstrução, recapeamento ou manutenção.

A comparação entre os intervalos do ICP e a seleção da estratégia de manutenção e reabilitação está evidenciada na Figura 5.

Figura 5 - Estratégia de M&R mais indicada com base no ICP



Fonte: Instituto do Asfalto, 1989

Fernandes Junior, Oda e Zerbini (1999), adaptaram uma planilha do Instituto do Asfalto (1981), demonstrada no APÊNDICE A, constando os defeitos presentes no manual de levantamento do SHRP.

Nos estudos realizados por diversos autores tais como Zanchetta (2005), Albuquerque (2017) e Sousa (2021), foi constatado que nessa planilha, alguns defeitos possuem fatores de ponderação que não demonstram significância para a contagem total do respectivo ICP pelo SHRP (1993). Os motivos para isso se resumem ao fato de não serem encontrados ou, ainda, por estarem relacionados com as patologias de rodovias e não dos pavimentos urbanos.

Cada defeito tem pontos dedutíveis no valor do ICP, para avaliar essa pontuação, Zanchetta (2005) propõe que metade dessa pontuação seja definida pelo maior grau de severidade do defeito encontrado no trecho analisado, sendo um terço para severidade baixa, dois terços para severidade média e pontuação integral para severidade alta. Em relação à outra metade, será determinada pela extensão do grau mais severo do defeito encontrado, essa extensão é avaliada em pequena, média ou grande, seguindo os mesmos critérios de ponderação da pontuação adotados pela severidade.

Na pesquisa de Sousa (2021), o autor estipulou um cenário alternativo, em que diferencia pesos de cinco defeitos, que não foram encontrados ou menos aparentes, aumentando, dessa forma, a pontuação daqueles que se fazem mais recorrentes.

É válido ressaltar que existem certas diferenças entre pavimentos urbanos e rodoviários, com destaque para os tipos de defeito, por exemplo desnível entre pista e acostamento não são comuns em áreas urbanas. Dessa maneira, com o intuito de tornar o ICP mais real, Sousa (2021), substituiu tal defeito por “interferência com tubulações urbanas”. Essa adaptação se deu em função deste defeito interferir diretamente na qualidade do rolamento, pois acarretam desníveis que possuem características semelhantes aos defeitos de painéis.

O mesmo autor, ainda, concluiu que os desníveis das interferências por tubulações na área de estudo chegaram à margem de 20 centímetros em diversos trechos, o que pode acarretar danos tanto na parte mecânica dos veículos que trafegam nesses trechos, quanto, também, podem ocasionar acidentes, principalmente em dias chuvosos, em que a visibilidade dos motoristas é reduzida.

Maués e Soares (2022), concluíram que o ICP obtido por Sousa (2021) obteve o maior coeficiente de variação, conseguindo efetivar a segregação dos melhores e piores trechos da malha viária em análise, o que leva a uma tomada de decisão mais efetiva, identificando, de fato, quais seções necessitam de intervenções, bem como aquelas que continuam aceitáveis para permanecer sem intervenções. Esse método será detalhado no tópico 3.2.4.

O valor do ICP é calculado, separadamente, para cada trecho avaliado, por meio da equação (2), em que a significância de cada defeito pode definir os fatores de ponderação para os três diferentes níveis de severidade, como proposto por Zanchetta (2005) e Sousa (2021).

$$ICP_{obj} = 100 - (\text{soma dos defeitos}) \quad (2)$$

Obtida a nota do ICP, pode-se, conforme a Figura 6, definir o estado em que o pavimento se encontra.

Figura 6 - Denominação da categoria do pavimento, segundo o ICP, no método SHRP

Índice de Condição do Pavimento	Categoria do Pavimento
ICP de 100 a 80	Excelente (ótimo)
ICP de 80 a 60	Bom
ICP de 60 a 40	Regular
ICP de 40 a 20	Ruim
ICP de 20 a 0	Péssimo

Fonte: Chen, Dossey e Hudson (1993)

2.3 FAIXAS EXCLUSIVAS DE ÔNIBUS

As faixas exclusivas de ônibus, também chamadas de faixas BRS (Bus Rapid System), são superfícies das ruas segregadas, primariamente, para circulação de veículos do transporte público, implementadas a fim de garantir algum tipo de prioridade por meio de projetos de intervenção de baixo custo financeiro em comparação a outras formas de intervenção no sistema viário. Elas

contribuem para redução e, em alguns casos, eliminação das interferências provocadas pelo tráfego de outros veículos na operação dos transportes públicos (NPU, 2013).

Embora as faixas exclusivas canalizem a circulação de ônibus, elas não são fisicamente segregadas das outras faixas, mesmo que sejam pintadas, demarcadas e sinalizadas, ainda assim é possível mudar de faixa. Além disso, elas podem ser abertas ao uso de veículos privados próximos aos pontos de conversão (Brasil, 2008).

Elas passaram a ser amplamente utilizadas em várias cidades pelo mundo, nos anos 1980, quando os congestionamentos levaram os administradores a priorizarem o transporte público (NPU, 2009). Contudo, segundo Mota *et al* (2019), essas faixas já eram utilizadas desde os anos 1930, nos Estados Unidos. No Brasil, nas décadas de 70 e 80, várias iniciativas orientadas à implantação de faixas exclusivas foram observadas. Já em 2019, o Brasil contava com uma extensão de 1.515,4 km de faixas exclusivas, implantadas em 43 cidades, o que as posicionam como uma das soluções de priorização mais utilizadas pelas cidades brasileiras (NTU,2019).

O principal objetivo da instalação das faixas exclusivas é aumentar a velocidade operacional das linhas que nela trafegam. Além disso, entre os objetivos estão (Alliardi, 2016, p. 36):

- a) priorizar o transporte coletivo;
- b) diminuir os tempos de viagem;
- c) dar maior fluidez para o transporte coletivo;
- d) otimizar os serviços de transporte público;
- e) promover a integração com outras modalidades de transporte.

Destacam-se como principais vantagens da implementação de faixas exclusivas de ônibus: a rápida implantação, o baixo custo, a redução no consumo de combustíveis e, conseqüentemente, na emissão de poluentes, a redução dos tempos de viagem em até 40%, a melhoria na mobilidade etc.

Apesar dos projetos de faixa exclusiva não serem homogêneos, pois cada um possui especificidades e grau de sofisticação diferentes, NPU (2013) elenca os principais elementos necessários para sua implementação:

- Faixa contínua de sinalização horizontal;
- Faixa não contínua de sinalização horizontal;
- Tachão;
- Placa de sinalização vertical;
- Radar eletrônico;
- Recuo de paradas de ônibus.

O baixo custo de implantação, nesse sentido, deve-se ao fato de os elementos necessários serem simples, isto é, se a via já é existente basta apenas ser identificada como exclusiva. A identificação da exclusividade do tráfego de ônibus pode ser feita por meio da pintura do pavimento da faixa exclusiva em cor diferente, pela sinalização horizontal com a expressão “só ônibus ou uso de tachões, sendo este último utilizado a depender das características viárias (Alliardi, 2016).

Contudo, de acordo com NPU (2009), apesar das faixas de ônibus oferecem um espaço sem congestionamento, elas apresentam alguns problemas, como a superposição excessiva de linhas de ônibus no corredor, que prejudicam a velocidade por formar comboios nos pontos de parada, e a formação de filas nos sinaleiros, uma vez que apenas algumas das unidades pegam o sinal aberto em cada ciclo. Além disso, em um aspecto estrutural, a canalização do tráfego de ônibus submete o pavimento a cargas mais elevadas do que aquelas para quais ele foi projetado, levando-o a apresentar defeitos antes do previsto.

2.4 ESTUDOS QUE ANALISARAM O DESEMPENHO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Silva (2019) avaliou a condição superficial do pavimento flexível de duas faixas exclusivas para ônibus em uma via da cidade de Goiânia-GO, por meio do Índice de Gravidade Global – IGG. O método de cálculo utilizado foi o recomendado pela norma do DNIT 006/2003-PRO - Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Ele constatou que os pavimentos das duas faixas exclusivas estavam na condição “ruim”.

Além disso, o pesquisador constatou que nas duas faixas os defeitos mais recorrentes foram: as trincas por fadiga, que representaram 33% dos defeitos encontrados na faixa 1 e 38% na faixa 2; seguido das deformações permanentes, com 24% na faixa 1 e 26% na faixa 2, e as trincas longitudinais correspondendo a 17% dos defeitos encontrados na faixa 1 e 14% na faixa 2.

Os defeitos menos recorrentes também foram semelhantes para as duas faixas, sendo eles as panelas e escorregamentos, cada um representando 4% dos defeitos identificados na faixa 1 e 3% na faixa 2.

Lima et al (2022) em seu estudo realizaram um comparativo das manifestações patológicas da faixa exclusiva de ônibus em relação à faixa rápida em uma importante via da cidade de Brasília. A avaliação, que também utilizou o método IGG, demonstrou que a maior quantidade de defeitos está na faixa exclusiva, sendo o pavimento dessa faixa classificado como “ruim” e o da faixa rápida com “bom”. Além disso, constataram que os defeitos mais frequentes nas faixas exclusivas são as deformações permanentes e as trincas por fadiga.

Carvalho et al (2016) analisou o pavimento de um trecho de uma faixa exclusiva de ônibus na cidade Fortaleza, no Ceará. Entre seus resultados, destacou que os afundamentos em trilha de roda foram observados em todos os trechos do estudo, fato que ele atribui à ação repetitiva das cargas de tráfego de veículos pesados, ao tráfego lento e às altas temperaturas. Além disso, evidenciou que as trincas por fadiga e as panelas também configuram defeitos

significativos para o trecho analisado. Ademais, ressaltou que a maioria dos defeitos se localizavam próximos às paradas de ônibus e nos semáforos.

3 MÉTODO

Neste capítulo são apresentadas as características das vias analisadas e o método utilizado para a realização deste trabalho, detalhando gradativamente o procedimento necessário para a obtenção dos dados e resultados, que contempla a codificação dos quarteirões, inventário da rede, coleta de dados, cálculo de ICP, cálculo da variação do ICP, análise e correlações dos dados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os pavimentos analisados neste estudo são os da Av. Governador José Malcher, da Tr. Francisco Caldeiras Castelo Branco (doravante chamada apenas de “Castelo Branco”) e da Av. Conselheiro Furtado na cidade de Belém-PA. Essas vias possuem uma configuração viária semelhante, visto que todas são dotadas de três faixas e apresentam a faixa da direita destinada a circulação exclusiva de ônibus.

As faixas exclusivas para ônibus implementadas nas referidas vias entraram em funcionamento em 20 de novembro de 2017 e possuem o mesmo horário específico de atividade, iniciando às 6 horas até 22 horas, de segunda à sexta-feira. Nos próximos tópicos, as vias serão caracterizadas individualmente.

3.1.1 Avenida Governador José Malcher

A Avenida Governador José Malcher é considerada umas das principais vias do município, apresentando em sua extensão diversos empreendimentos residenciais e comerciais, bem como uma vasta rede de serviços, que incluem supermercados, escolas, universidades e órgãos públicos.

Com uma extensão de aproximadamente 3,10 quilômetros, ela inicia na Avenida Almirante Barroso e finaliza na Avenida Assis de Vasconcelos, cortando os bairros de Nazaré e São Brás. Por promover a ligação entre dois bairros, o Plano Diretor de Belém categoriza a Av. José Malcher como uma via arterial. Na Figura 7, será apresentada a sua localização geográfica, sendo a extensão total da via representada pela cor azul e faixa exclusiva pela cor rosa.

Figura 7 - Localização da Avenida José Malcher



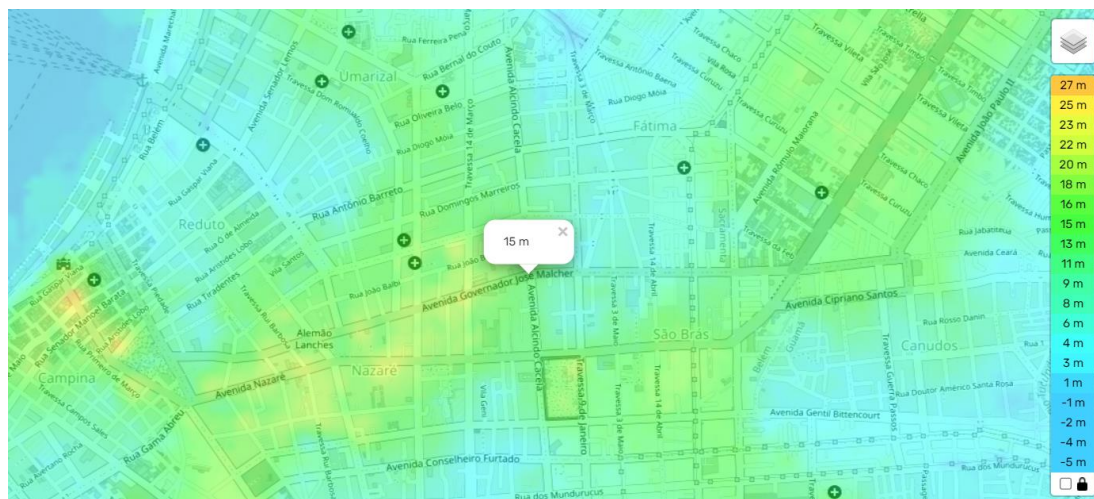
Fonte: Google Earth (2023)

A faixa exclusiva de ônibus implementada nessa avenida não se estende à toda extensão da via, estando instalada em um trecho de 1,95 quilômetros, que vai da Av. José Bonifácio à Av. Visconde de Souza Franco, contemplando 8 quarteirões. Além disso, é importante lembrar que, segundo informações da Prefeitura Municipal de Belém, a Av. Governador José Malcher, no ano de 2020, recebeu serviços de recapeamento em toda a sua extensão.

De acordo com o aplicativo MOOVIT, circulam quarenta e oito linhas de ônibus na supramencionada via. Os veículos que operam nessa faixa, são modelos convencionais de ônibus urbanos, cujo peso bruto total (PBT) varia entre 15 e 17 toneladas.

Com base no programa computacional de topografia de altitude o (Topograph), foi inferido que as cotas da avenida, variam de 6 metros a 22 metros. Na Figura 8, está indicado seu o mapa topográfico.

Figura 8 - Programa computacional do mapa topográfico da José Malcher, altitude (cotas)



Fonte: *Topographic-map.com*

3.1.2 Travessa Francisco Caldeiras Castelo Branco

A Tr. Castelo Branco possui cerca de 2,50 quilômetros de extensão, com início na Rua Antônio Barreto estendendo-se até a Rua Silva Castro. A mencionada via atravessa os bairros Fátima, São Brás e Guamá. Na Figura 9, será apresentada a sua localização geográfica.

É possível observar na Figura 9, que a cor azul representa a extensão total da via enquanto a rosa apresenta a extensão da faixa exclusiva.

Figura 9 - Localização da Travessa Castelo Branco



Fonte: Google Earth (2023)

O Plano Diretor de Belém classifica essa travessa como uma via coletora, visto que coleta e distribui o trânsito com necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais.

A faixa exclusiva de ônibus dessa via está instalada no trecho compreendido entre a Av. Governador José Malcher e a Av. Conselheiro Furtado, que corresponde a uma extensão de aproximadamente 860 metros. O trecho dessa implementação abrange 3 quarteirões.

Vale ressaltar que a Tr. Francisco Caldeiras Castelo Branco recebeu serviços de recapeamento no trecho entre a Ps. Silva Castro e Av. Magalhães Barata no ano de 2020, ou seja, apenas 2 dos 3 quarteirões que possuem faixa exclusiva de ônibus foram recapeadas nessa ocasião. Não foi possível descobrir quando foi o último recapeamento do quarteirão compreendido entre as vias José Malcher e Magalhães Barata.

De acordo com o aplicativo MOOVIT, operam vinte linhas de ônibus na exposta via. Os veículos que operam nessa faixa, são do mesmo modelo da Avenida José Malcher. Já quanto à topografia, com base no (Topograph), foi concluído que as cotas dessa via, possui uma variação de 4 metros a 16 metros.

3.1.3 Avenida Conselheiro Furtado

A Av. Conselheiro Furtado representa, também, uma das mais importantes vias do município de Belém. Tal importância está diretamente relacionada à quantidade de serviços disponíveis ao correr dessa avenida. Além de inúmeros prédios residenciais e comerciais, uma vasta rede de serviços podem ser observada, incluindo supermercados, faculdades, escolas, órgãos públicos e praças.

Com uma extensão de aproximados 4,30 quilômetros, ela se inicia na Tr. Segunda de Queluz e vai até a Praça Amazonas, atravessando os bairros do Guamá, Canudos, São Brás, Cremação, Batista Campos e Jurunas. Nesse sentido, o Plano Diretor de Belém categoriza-a como uma via arterial, uma vez que ela faz a ligação de dois bairros. Na Figura 10, é evidenciada a sua localização geográfica, o trecho em azul representa a extensão total da avenida e o trecho em rosa a extensão da faixa exclusiva.

Figura 10 - Localização da Av. Conselheiro Furtado



Fonte: Google Earth (2023)

A faixa exclusiva implementada nessa via, também, não se estende à toda extensão, estando compreendida no trecho entre a Tr. Caldeiras Castelo Branco

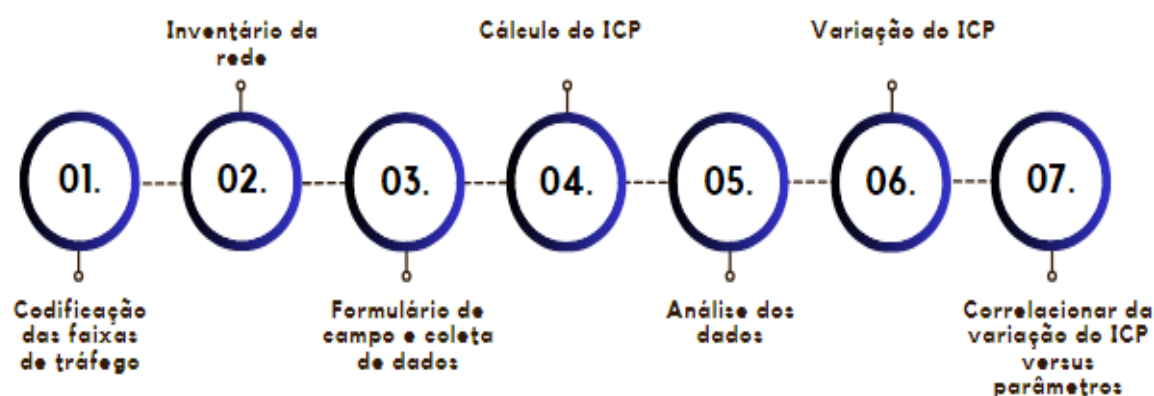
e a Tr. Padre Eutíquio, o que representa uma extensão de 2,45 quilômetros e 13 quarteirões.

No que se refere às questões topográficas, com base no site (Topograph), as cotas da Av. Conselheiro Furtado variam entre 4 metros e 17 metros. Já em relação a circulação de ônibus, segundo as informações do site MOOVIT, 22 linhas trafegam por essa via

3.2 DESCRIÇÃO DO MÉTODO

Na Figura 11, é apresentado o fluxograma com as etapas do método do trabalho. Nos itens 3.2.1 a 3.2.7, as sete etapas do método são descritas.

Figura 11 - Fluxograma do método



Fonte: Próprios autores (2023)

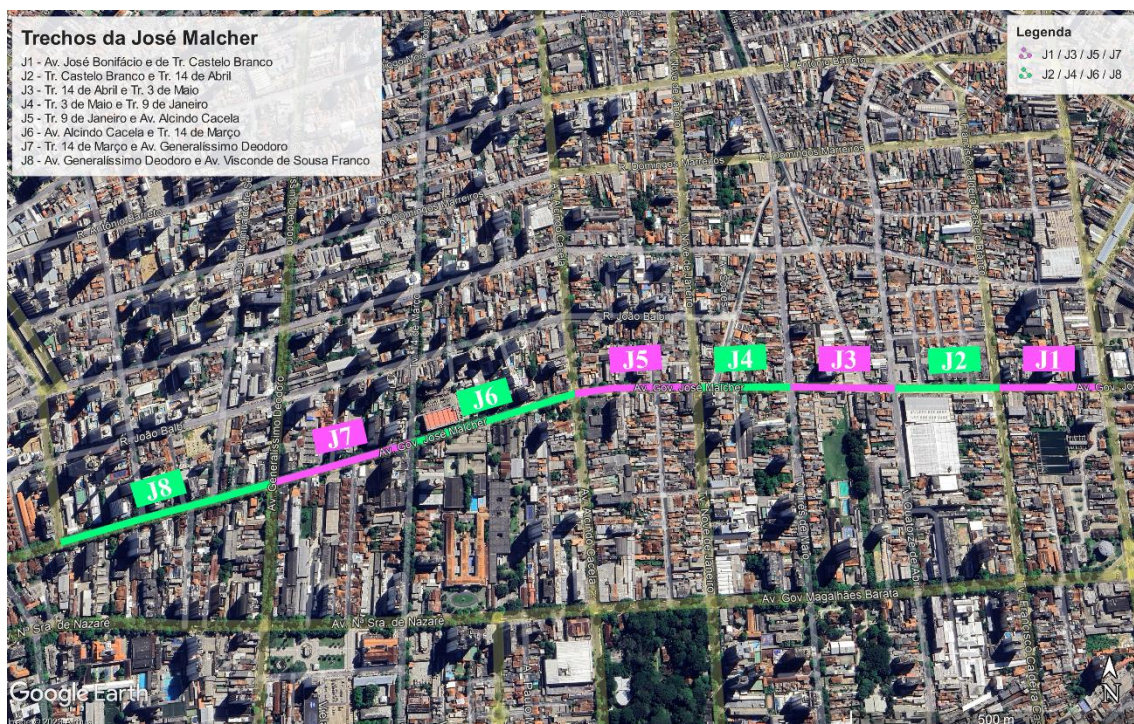
3.2.1 Codificação das faixas de tráfego

A pesquisa se concentrou em avaliar somente os trechos das vias nos quais a faixa exclusiva foi implantada. Nesse sentido, totalizaram-se 24 trechos principais e 72 seções, pois em cada trecho será calculado o ICP para cada uma das três faixas.

Para organizar a coleta e tabulação dos dados da pesquisa de campo, foi elaborado a codificação de todos os 72 trechos analisados. Dessa maneira, adotou-se uma nomenclatura padrão: Inicial da via + número do trecho da via + tipo de faixa. Em relação à Avenida José Malcher, será utilizado “J”, para a Travessa Castelo Branco será “CB” e, por fim, “CF” para a Avenida Conselheiro Furtado.

Em relação ao tipo de faixa, será empregue “FD” para as faixas exclusivas, “FC” para a faixa central e “FE” à faixa esquerda. Por exemplo, se estivermos analisando a faixa exclusiva do trecho 3 da José Malcher, será codificado como “J3 FD”. As figuras Figura 12, Figura 13 e Figura 14, ilustram a localização dos trechos da José Malcher, Castelo Branco e Conselheiro Furtado, respectivamente.

Figura 12 - Delimitação e codificação dos 8 trechos da José Malcher



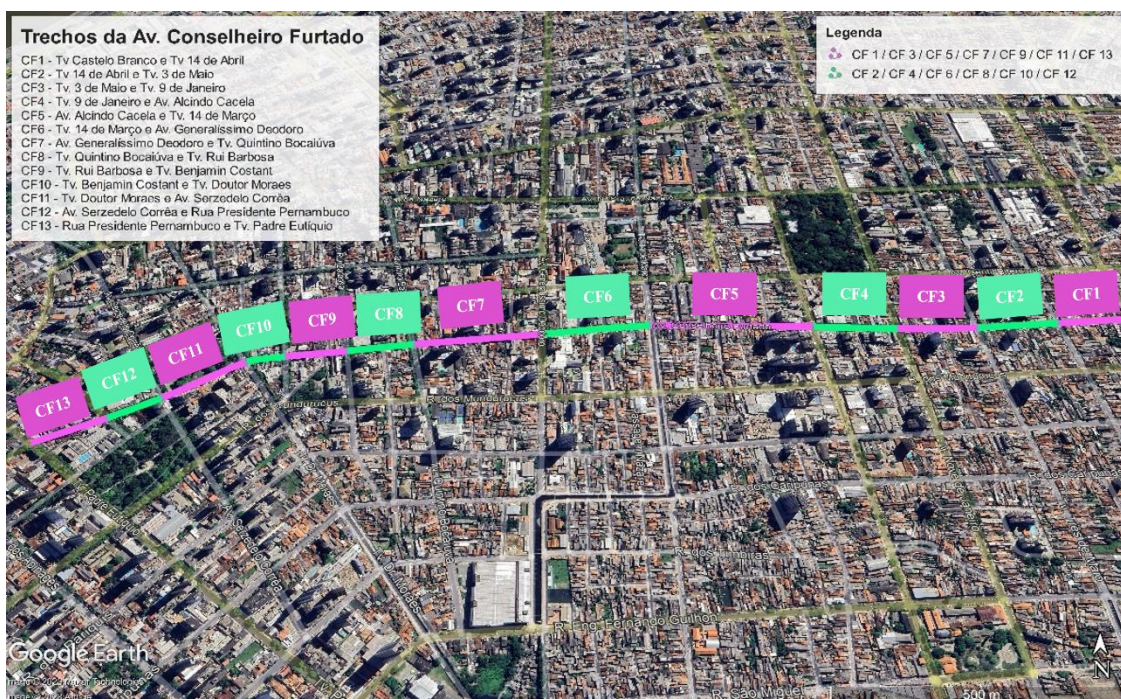
Fonte: Google Earth, 2023

Figura 13 - Delimitação e codificação dos 3 trechos da Castelo Branco



Fonte: Google Earth, 2023

Figura 14 - Delimitação e codificação dos 13 trechos da Conselheiro Furtado



Fonte: Google Earth, 2023

3.2.2 Inventário da rede

Têm-se, por meio de bases cartográficas e sites como Google Earth e Google Maps, as medições da extensão e larguras dos 24 trechos principais, sendo verificado e comprovado em campo. Para a largura de cada faixa, dividiu-se a largura total da via por três.

Em relação às cotas das vias, foram verificadas por meio de programa computacional topográfico com dados da cidade de Belém-PA (Figura 8, mostrada na caracterização da área de estudo), as mencionadas cotas foram definidas por meio da média do início, meio e fim de cada trecho analisado. A tabela completa do inventário de rede e cotas, bem como a quantidade de linhas de ônibus que trafegam em cada trecho estão indicadas no APÊNDICE B.

3.2.3 Formulário de campo e coleta de dados

Com a intenção de identificar os defeitos superficiais existentes no pavimento flexível das três vias, foi realizada uma adaptação da planilha elaborada por Sousa (2021), representada na Figura 15. Visando definir a severidade de cada defeito, foi utilizado o método americano SHRP, demonstrado no ANEXO 1.

Figura 15 - Formulário de Campo

Via:		Extensão (m)		
Código do Trecho:		Largura (m)		
NÚMERO	DEFEITO	NÍVEL DE SEVERIDADE		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
1	Trincas por Fadiga (m ²)			
2	Trincas em Blocos (m ²)			
3	Trincas Longitudinais (m)			
4	Trincas Transversais (m)			
5	Remendos (número)			
	Área (m ²)			
6	Panelas (número)			
	Área (m ²)			
7	Deformação Permanente (% da extensão do trecho)			
8	Desgaste (m ²)			
9	Bombeamento(m)			
	Extensão (m ²)			
10	Interf. com Tubulações urbanas (m ²)			
Deformação Permanente na trilha de roda				
Deflexão		Deflexão		
Deflexão		Deflexão		
Interferência com tubulação				
Área		Área		
Desnível		Desnível		
Área		Área		
Desnível		Desnível		

Fonte: Adaptado pelos autores, 2023

Para aplicar a adaptação proposta por Sousa (2021), o defeito “desnível pista-acostamento” foi desconsiderado, haja vista que a pesquisa foi realizada em pavimentos urbanos, logo, não possui acostamento. Para compensar tal fato, o defeito de “interferência com tubulações urbanas” foi acrescentado, uma vez que, dependendo do grau de desnível, acaba contribuindo para que o pavimento não fique nas condições ideais do tráfego.

É importante mencionar que durante a inspeção no local, não foram levantados defeitos como trincas em bordos, trincas por reflexão, ondulação, exsudação e agregados polidos. Isso se deve à adaptação proposta por Sousa e Aguiar (2021), que se concentra apenas nos dez defeitos mais frequentemente encontrados.

Além disso, cabe ressaltar que este estudo se restringiu a investigar somente a condição dos pavimentos das faixas de rolamento, não tendo sido analisado os pavimentos das faixas de estacionamento.

Vale salientar que os autores desse trabalho frequentaram, um semestre antes da coleta dos dados em campo, a disciplina optativa “Conservação de rodovias” ministrada pelo professor orientador do trabalho, em que foi realizado um treinamento prático específico para esse levantamento, a fim de padronizar os dados e critérios.

O levantamento dos defeitos foi realizado por meio de identificação visual e, posterior, medição das dimensões de cada defeito, conforme ANEXO 1. Essas coletas ocorreram nos meses de setembro e outubro, por caminhadas em três dias, sendo cada dia destinado a uma via. Objetivando realizar os levantamentos de forma mais detalhada e precisa, optou-se por realizá-los aos domingos, uma vez que as vias analisadas apresentam um grande volume de tráfego durante a semana.

Para otimizar o tempo destinado aos levantamentos e obter resultados melhores, o processo de coleta de dados em campo foi realizado com os seguintes equipamentos: uma trena de 5 metros, uma trena de roda analógica de 1.000 metros e uma treliça metálica para aferição das deflexões da trilha de roda, ilustrados na Figura 16.

Figura 16 – Treliça Metálica para aferição das deflexões da trilha de roda



Fonte: Acervo dos autores, 2023

Além disso, foram utilizadas fichas de campo, para anotação dos defeitos, conforme mostrado na Figura 15 , e um aparelho celular para fazer os registros fotográficos.

3.2.4 Cálculo do ICP

Para a determinação do peso de cada tipo de defeito, foi adotado o método proposto por Sousa (2021). Optou-se por isso, uma vez que de acordo com o que foi destacado por Maués e Soares (2022), os cálculos de ICP por esse método, apresentaram resultados eficazes.

Essa adaptação se resume a aumentar os pontos dedutíveis das patologias mais recorrentes, visto que têm um impacto significativo na qualidade do pavimento. Em contrapartida, essa pontuação é reduzida para os defeitos que demonstram menor efeito estatístico. Destaque-se que é necessário que a soma dos pontos dedutíveis dos 10 tipos de defeitos analisados resulte em 100 pontos.

É possível observar, na Figura 17, a comparação dos pesos de cada defeito que tinham no método original e no do Sousa (2021). Como mencionado, será utilizado a pontuação proposta por Sousa (2021).

Figura 17 - Pesos dedutíveis padrões e cenário alternativo.

DEFEITOS	PESOS		PESOS
1. Trincas por Fadiga (m ²)	15		15
2. Trincas em Blocos (m ²)	5		5
3. Trincas nos Bordos (m)	5	→	0
4. Trincas Longitudinais(m)	5		5
5. Trincas por Reflexão(m)	5	→	0
6. Trincas Transversais(m)	5		5
7. Remendos(m ²)	5	→	11
8. Painelas(m ²)	10	→	15
9. Deform. Perman. de Trilha de Rodas(%)	15		15
10. Corrugação(m ²)	5		0
11. Exsudação(m ²)	5	→	0
12. Agregados Polidos(m ²)	5		0
13. Desgaste(m ²)	5	→	10
14. Interferências com Tubulações urbanas(m ²)	5		14
15. Bombeamento(m)	5		5
TOTAL	100		100

Fonte: Adaptado de Souza (2021).

No que concerne à distribuição da pontuação de cada trecho avaliado, foi desenvolvido o método descrito por Zanchetta (2005). Essa proposta estabelece que metade da pontuação seja atribuída com base no grau mais elevado de severidade identificado no trecho, enquanto a outra metade é determinada pela extensão do grau mais severo do defeito encontrado.

Dessa maneira, para trechos com defeitos de severidade baixa, será computado 1/3 da metade da pontuação, para severidade média será 2/3 e pontuação total para severidade alta. A outra metade da classificação é determinada pela extensão do defeito: é considerada pequena se a área afetada for inferior a 5% da área do quarteirão; média se estiver entre 5% e 15% e alta quando for superior aos 15%. A avaliação da severidade de cada defeito foi realizada conforme ao Manual SHRP, demonstrado no ANEXO 1.

Exemplificando, caso um trecho venha apresentar painelas de alta gravidade, em uma extensão média. Significaria que dos 15 pontos que podem ser deduzidos (7,5 para severidade e 7,5 para extensão), seriam 12,50 pontos (7,5 pontos pela alta severidade e 5 pontos pela extensão média).

Após a coleta das 72 seções das vias, os dados foram tratados conforme o método SHRP, por meio do programa *software* Excel. Foi possível obter uma nota do ICP final para cada trecho avaliado. Após a obtenção dos valores do ICP

de cada trecho, será feita a avaliação da condição do pavimento conforme proposta por Chen et al. (1993), em que valores entre 100 e 80 é considerado excelente, de 80 a 60 é bom, de 60 a 40 é classificado como regular, de 40 a 20 ruim e de 20 a 0 é categorizado como péssimo.

3.2.5 Análise dos dados

Nesta etapa, foi realizada a descrição de frequência de ocorrência de cada defeito do pavimento asfáltico, bem como identificação dos trechos mais e menos críticos.

3.2.6 Variação do ICP

Nesta fase, foi realizado o cálculo da variação ICP entre as faixas exclusivas e as demais faixas (central e esquerda), utilizando as equações (3) e (4). O objetivo foi entender o quanto a diferença de carregamento aplicado no pavimento impacta em sua condição. Em seguida, as variações percentuais foram agrupadas por via e foram calculadas as médias das variações do ICP.

$$ICP_{FD-FC} = \frac{ICP_{FD} - ICP_{FC}}{ICP_{FD}} \times 100 \quad (3)$$

$$ICP_{FD-FE} = \frac{ICP_{FD} - ICP_{FE}}{ICP_{FD}} \times 100 \quad (4)$$

Além disso, foi realizado a comparação do Índice de Condição do Pavimento (ICP) das faixas exclusivas das três vias analisadas.

3.2.7 Correlação da variação do ICP das faixas exclusivas de ônibus versus cotas e versus número de linhas

Nesta etapa, foi utilizada a estatística através do método de correlação linear de Pearson (r), para verificar se existe correlação entre o ICP das faixas exclusivas de ônibus versus parâmetros como cotas e o número de linhas de ônibus que circulam pela via, bem como se as variáveis estão diretamente ou inversamente relacionadas.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) pode ser definido quando as duas variáveis são numéricas e se tem interesse em saber o quanto a variabilidade de uma variável está correlacionada a variabilidade de outra variável. O coeficiente é um valor adimensional, que varia de 1 a -1, sendo que quanto mais forte for a correlação das variáveis o r estará mais próximo de 1 ou -1 e quando não houver forte relação, o valor de r estará próximo de 0 (Filho e Junior, 2009). Observa-se, na Figura 18, a classificação da correlação linear em r .

Figura 18 - Categorização para os Valores do Coeficiente de Correlação de Pearson.

Coeficiente de Correlação	Classificação
$r = 0$	Nula
$0 < r \leq 0,3 $	Fraca
$ 0,3 < r \leq 0,6 $	Moderada
$ 0,6 < r \leq 0,9 $	Forte
$ 0,9 < r < 1 $	Muito Forte
$r = 1$	Perfeita

Fonte: Callegari Jacques (2009) Apud Sousa (2021).

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa, debatendo e confrontando, quando possível, os dados obtidos pelos autores referenciados no capítulo 2. Além disso, são oferecidas considerações finais relativas às faixas exclusivas presentes nas três vias examinadas.

4.1 CÁLCULO DO ICP

O cálculo dos ICPs foi realizado por meio do *software* Excel, no qual foram organizadas todas as coletas dos dados em campo e através de combinação de fórmulas foi possível calcular o ICP de cada faixa. Na Figura 19, apresenta-se a planilha empregada para calcular os ICPs, por meio da adaptação do método do SHRP, levando em consideração os 10 defeitos mais recorrentes.

Com base na Figura 19, é possível notar que no trecho CF1 FD, houve trincas por fadiga de média severidade em uma baixa extensão do trecho, o que deduziu um valor de 7,50 ($\frac{2}{3}$ de 7,5 para severidade média e $\frac{1}{3}$ de 7,5 para extensão baixa). Nesse trecho, também, foi evidenciado desgaste de média severidade presente em toda sua extensão, o que reduziu um valor de 8,33 no ICP ($\frac{2}{3}$ de 5,5 para média severidade e 5,5 para extensão alta), totalizando uma dedução de 15,83, resultando em um ICP de 84,17.

Além disso, observa-se que no trecho CF1 FC, foi verificado trincas por fadiga de baixa severidade e extensão, deduzindo um valor de 5,00 ($\frac{1}{3}$ de 7,5 para baixa severidade mais $\frac{1}{3}$ de 7,5 para baixa extensão). Nesse trecho, também, foi evidenciado desgaste de média severidade localizado em toda sua extensão, o que reduziu um valor de 8,33 no ICP ($\frac{2}{3}$ de 5,5 para média severidade e 5,5 para extensão alta). Esses dois defeitos totalizaram uma dedução de 13,33 no valor de ICP, resultando em um ICP de 86,67.

Ressalta-se que o parâmetro para a severidade de cada defeito encontrado, foi baseado no manual SHRP, demonstrado no ANEXO 1.

Figura 19 - Planilha do cálculo dos ICPs

ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO	TRECHO CF1 FD		Área	588,27 m ²	TRECHO CF1 FC		Área	588,27 m ²	
			Largura	3,52 m			Largura	3,52 m	
			Extensão	167,32 m			Extensão	167,32 m	
DEFEITOS	B	M	A	Pontos dedutíveis	B	M	A	Pontos dedutíveis	
Trincas por Fadiga		1,28 m ²		7,50	1,24 m ²			5,00	
Trincas em Blocos				0,00				0,00	
Trincas Longitudinais				0,00				0,00	
Trincas Transversais				0,00				0,00	
Remendos				0,00				0,00	
Panelas				0,00				0,00	
Deformação Permanente				0,00				0,00	
Desgaste		588,27 m ²		8,33		588,27 m ²		8,33	
Interf. com Tubulações urbanas				0,00				0,00	
Bombeamento(m)				0,00				0,00	
			ICP	84,17				ICP	86,67

Fonte: Próprios Autores (2023)

Seguindo roteiro análogo ao mostrado acima, foram calculados todos os demais ICPs dos trechos pesquisados, segundo o método de Sousa (2021), os quais estão mostrados na Tabela 2. De posse desses valores, foi possível definir a Média, assim como Desvio padrão e o Coeficiente de Variação. Os valores hachurados em verde, na Tabela 2, representam os maiores valores de ICP, enquanto os menores valores estão hachurados em vermelho.

Tabela 2 - Resultado dos ICPs dos 72 trechos avaliados

Trecho	ICP	Trecho	ICP	Trecho	ICP
CF1 FD	84,17	CF1 FC	86,67	CF1 FE	91,67
CF2 FD	79,67	CF2 FC	86,67	CF2 FE	79,17
CF3 FD	67,33	CF3 FC	86,67	CF3 FE	91,67
CF4 FD	77,33	CF4 FC	86,67	CF4 FE	91,67
CF5 FD	91,67	CF5 FC	76,67	CF5 FE	91,67
CF6 FD	62,33	CF6 FC	77,17	CF6 FE	87,00
CF7 FD	84,17	CF7 FC	91,67	CF7 FE	91,67
CF8 FD	79,17	CF8 FC	91,67	CF8 FE	86,67
CF9 FD	86,67	CF9 FC	91,67	CF9 FE	91,67
CF10 FD	86,67	CF10 FC	91,67	CF10 FE	91,67
CF11 FD	84,67	CF11 FC	91,67	CF11 FE	90,00
CF12 FD	91,67	CF12 FC	91,67	CF12 FE	91,67
CF13 FD	86,67	CF13 FC	86,67	CF13 FE	91,67
J1 FD	79,17	J1 FC	91,67	J1 FE	91,67
J2 FD	72,33	J2 FC	91,67	J2 FE	91,67
J3 FD	83,33	J3 FC	83,33	J3 FE	91,67
J4 FD	86,67	J4 FC	86,67	J4 FE	91,67
J5 FD	82,00	J5 FC	86,67	J5 FE	79,67
J6 FD	84,17	J6 FC	86,67	J6 FE	74,67
J7 FD	84,17	J7 FC	91,67	J7 FE	91,67
J8 FD	77,17	J8 FC	91,67	J8 FE	91,67
CB1 FD	46,50	CB1 FC	85,00	CB1 FE	90,00
CB2 FD	55,17	CB2 FC	81,67	CB2 FE	86,67
CB3 FD	81,67	CB3 FC	79,17	CB3 FE	91,67
	Av. Conselheiro Furtado			MÉDIA	85,11
	Av. Governador José Malcher				
	Tr. Castelo Branco			DESVIO PADRÃO	8,57
	Maior valor		Menor valor	COEFICIENTE DE VARIACÃO	10,07%

Fonte: Próprios Autores (2023)

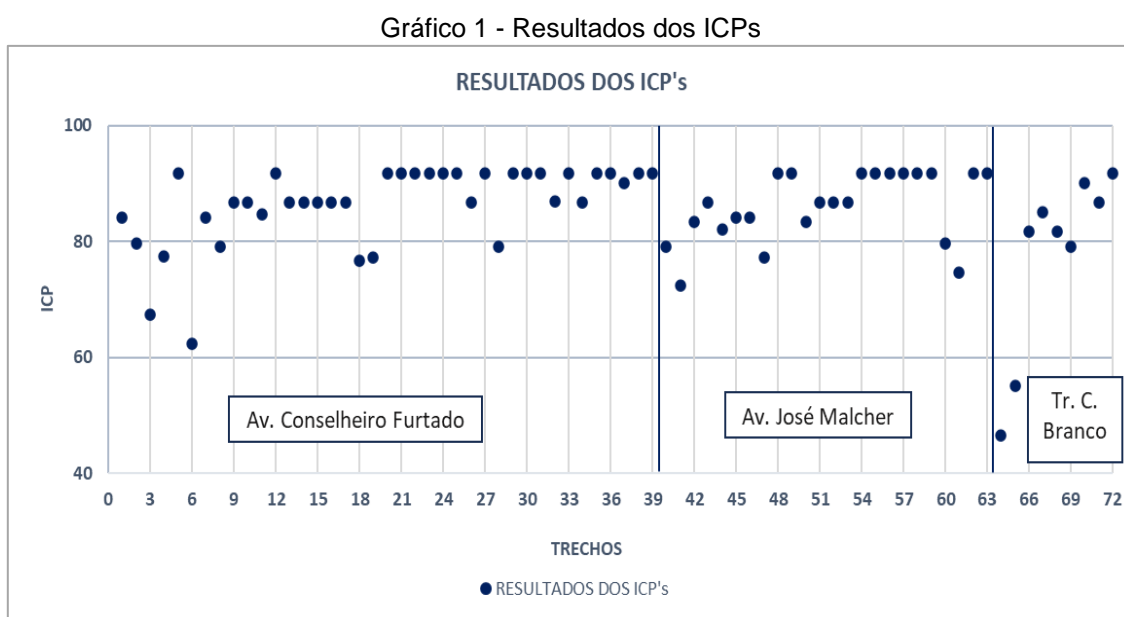
Baseado na análise da Tabela 2, nota-se que o valor mais alto do ICP dos trechos foi de 91,67 (condição ótima), enquanto o mais baixo foi de 46,50 (condição regular). Além disso, observou-se que nenhum trecho apresentou o ICP máximo de 100, caracterizando que todos os pavimentos já sofreram algum grau de desgaste.

Pôde-se observar, também, que o ICP médio das faixas analisadas pelo método adaptado do SHRP foi de 85,11, categorizando, de modo geral, que o

pavimento das faixas se encontra em condições ótimas, de acordo com a classificação proposta por Chen (1993), o que pode ser explicado devido às três vias serem importantes para mobilidade urbana na cidade, em que estão, periodicamente, priorizadas nos serviços de Manutenção e Reabilitação (M&R).

O valor do desvio padrão foi de 8,57, resultando em um coeficiente de variação de 10,07%, o que indica, segundo Gomes (1990), uma média variação em relação à qualidade dos pavimentos das faixas estudadas.

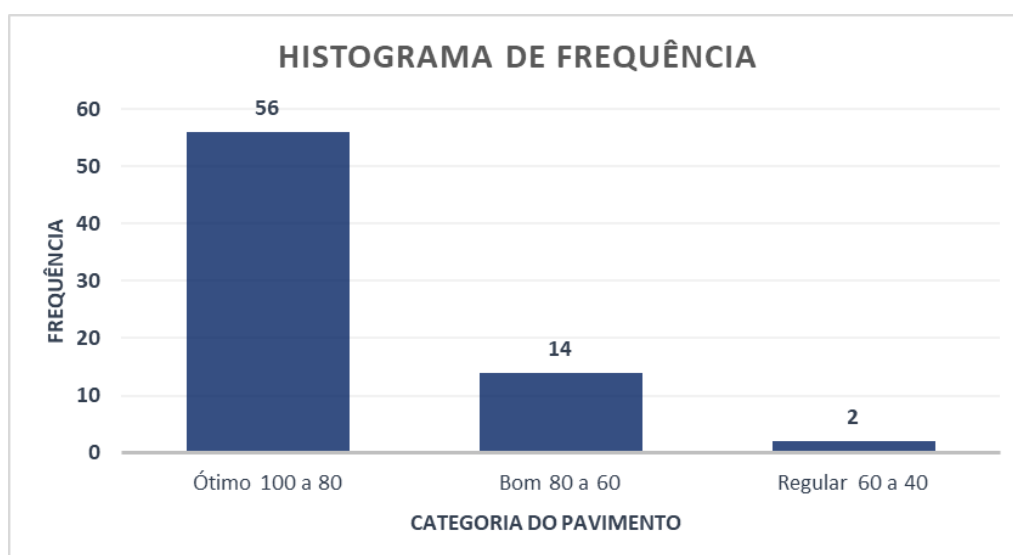
A partir da conclusão dos cálculos realizados, pôde-se gerar o Gráfico 1, apresentando os resultados ICPs de cada faixa dos trechos analisados. A organização dos trechos no gráfico, segue a ordem das vias e suas respectivas faixas, iniciando, sempre, pela faixa exclusiva, seguida da faixa central e por último: a faixa esquerda. Portanto, os trechos de 1 a 39 compreendem a Conselheiro Furtado, os trechos entre 40 e 63 são da José Malcher e os últimos (64 - 72) equivalem à Castelo Branco.



Fonte: Próprios Autores (2023)

Pode-se observar, pelo Gráfico 2, que os pavimentos de 56 faixas (77,78%) se enquadram na condição ótima, 14 (19,44%) na condição boa e apenas 2 (2,78%) apresentam condições regulares.

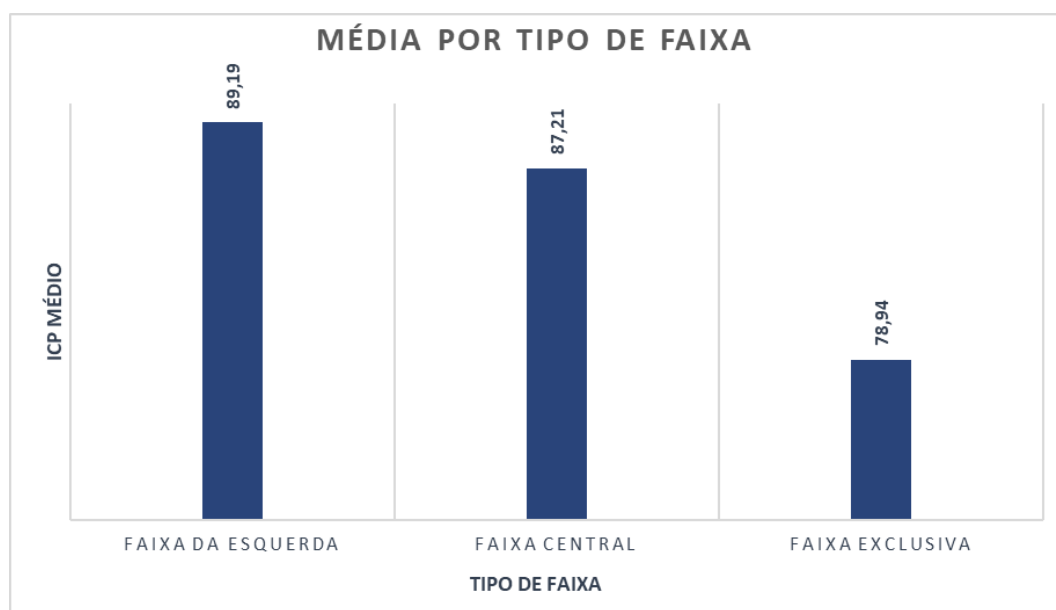
Gráfico 2 - Histograma de Frequência Absoluta



Fonte: Próprios Autores (2023)

Com base no resumo dos ICPs, foi possível calcular a média aritmética de cada tipo de faixa (Faixa da esquerda, central e a exclusiva). Essas informações estão contidas no Gráfico 3.

Gráfico 3 - ICP médio das faixas exclusivas, central e esquerda



Fonte: Próprios Autores (2023)

Analisando o Gráfico 3, é possível observar que entre os três tipos de faixas, a faixa esquerda detêm o maior ICP médio, enquanto as exclusivas apresentam os menores valores, resultado que já se esperava, uma vez que o tráfego pesado está canalizado sobre ela. Dessa maneira, nota-se que apesar

da faixa central ter condições de tráfego semelhantes às da faixa esquerda, ela possui um ICP médio menor. Tal fato pode ser justificado devido ao incremento de cargas decorrentes das mudanças de faixas dos ônibus, haja vista que a faixa exclusiva não dispõe de uma segregação física das demais.

Sabe-se que nas vias analisadas, circulam veículos de passeio e comerciais, sendo os ônibus como veículos comerciais, cujo efeito sobre os pavimentos é mais pronunciado devido à maior carga deslocada, o que provoca a deterioração do pavimento mais rápida em relação aos veículos de tráfego leve, o que justifica os resultados obtidos no Gráfico 3.

Albano (1998, p. 18), discorre, ainda, que “Por tudo que já se pesquisou sobre o assunto, sabe-se que o excesso de carga por eixo é a maior causa de defeitos em pavimentos”. Razão pela qual explica, também, porque a condição do pavimento nas faixas exclusivas é pior que as demais faixas.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS

Esta etapa trata-se, inicialmente, do detalhamento dos trechos mais e menos críticos, isto é, os que apresentaram os maiores e os menores valores de ICP. Em seguida, são descritos e avaliados os defeitos encontrados com maior e menor frequência.

4.2.1 Trechos Críticos

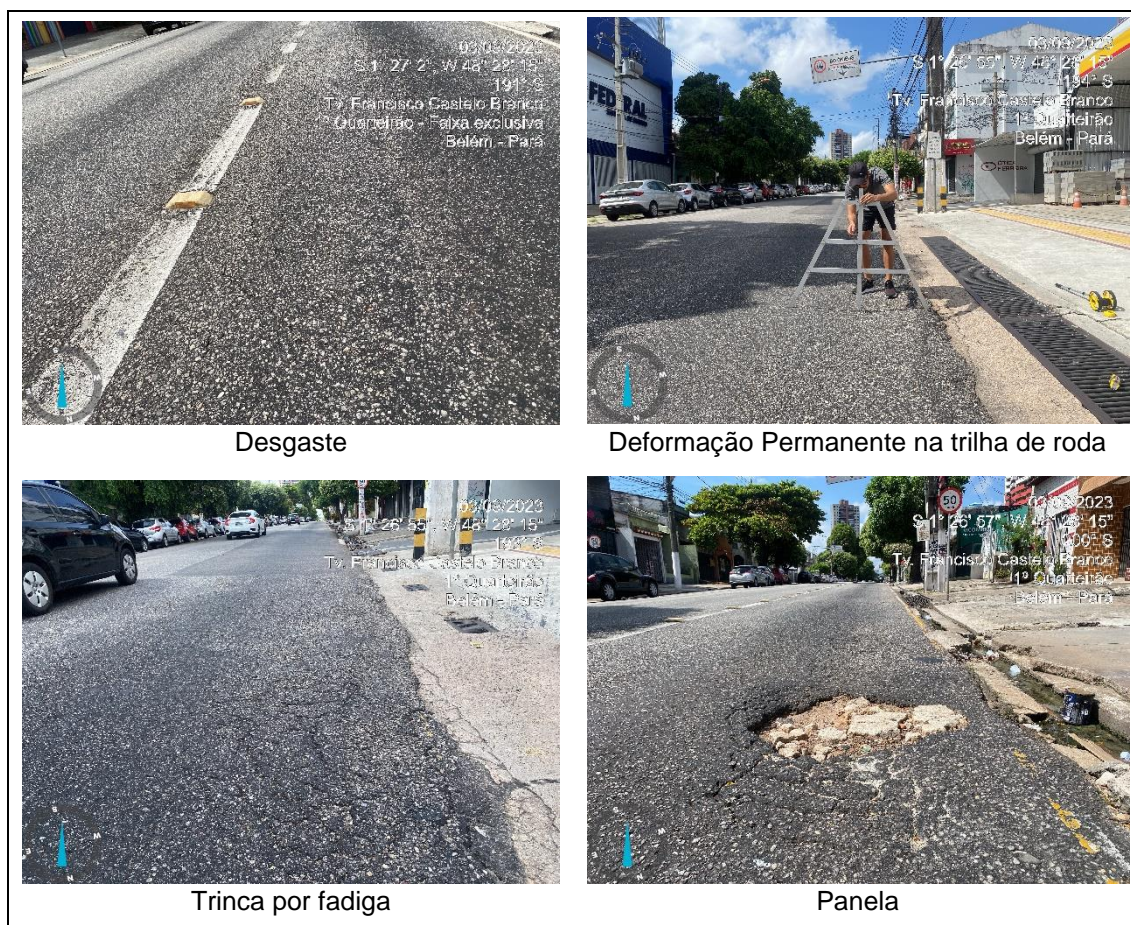
Com base nos dados obtidos, foi possível definir a existência do trecho crítico, que foi caracterizado pelo menor valor de ICP. O CB1 FD, correspondendo à faixa exclusiva da Travessa Castelo Branco, localizado entre Av. Governador José Malcher e Av. Magalhaes Barata, apresentou o valor do ICP igual a 46,5, sendo classificado como “Regular”. Isso pode ser explicado

pelo fato de se tratar da faixa exclusiva e por consequência receber cargas maiores que as demais faixas.

Além disso, ressalta-se que esse trecho foi o único entre os analisados dessa via que não recebeu serviços de recapeamento no ano de 2020. Além disso, o trecho se encontra na cota mais baixa da via analisada, o que pode ter contribuído, também, para o baixo ICP, pois potencializam o contato do pavimento com o acúmulo de água, o que contribui para a maior severidade dos defeitos ao longo dessa exposição.

Na Figura 20, indicam-se alguns defeitos localizados no trecho crítico mencionado acima, tais como desgastes, panelas, deformação permanente e trincas por fadiga. Ressaltam-se os 2 últimos, visto que são defeitos estruturais do pavimento, indicando que a estrutura do pavimento não está resistindo bem aos esforços aplicados.

Figura 20 - Defeitos encontrados no trecho crítico “CB1 FD”



Fonte: Acervo dos Autores (2023)

Analisando a Figura 20, observa-se que o pavimento do trecho em questão encontra-se bastante desgastado, uma vez que é possível notar uma cor mais “acinzentada” do revestimento asfáltico, ocasionado pelo seu envelhecimento. Vale ressaltar que os desgastes quando em severidade baixa ou média tem pouca interferência na qualidade de rolamento das vias urbanas, entretanto em alta proporção, podem resultar em uma superfície irregular e desconfortável para a direção, causando uma experiência de condução desconfortável e afetando a eficiência do veículo (Bernucci et al, 2008).

Ademais, é possível notar o defeito de deformação permanente na trilha de roda, que além da irregularidade superficial, proporciona o acúmulo de água, sendo indesejáveis para a aderência do pneu, uma vez que aumentam o risco de hidroplanagem e acidentes, especialmente em condições climáticas adversas, como chuva (Bernucci et al, 2008). O afundamento registrado nesse trecho teve uma extensão de 13,50 metros e uma deflexão de 3,30 centímetros, caracterizando uma patologia de média severidade em uma baixa dimensão, reduzindo 7,50 pontos no valor do ICP.

Em relação aos defeitos de trincas por fadiga e panela, pode-se dizer que a ação do tráfego faz surgir as primeiras trincas por fadiga que, se não tratadas de imediato, permitem a entrada de água e o bombeamento dos finos das camadas inferiores, ocasionando a diminuição da capacidade de suporte da via com a desagregação do concreto asfáltico e a formação de panelas (Zanchetta, 2017).

O fato mencionado acima pode ser comprovado quando se analisa a imagem da panela, a qual surgiu devido à evolução das trincas. Essa panela teve uma profundidade de 8 centímetros e uma área de 0,36 metros quadrados, configurando um defeito de severidade alta em uma extensão baixa, o que deduziu 10 pontos no cálculo do ICP.

Sabe-se que os defeitos como panelas e deformações permanentes ocasionam acúmulo de água pluvial, e que tal fato contribui para a infiltração no pavimento, resultando na saturação do solo. A saturação normalmente significa a redução na capacidade de suporte do solo, sendo um dos principais fenômenos causadores de surgimento de patologias. O pavimento saturado,

quando submetido a cargas, promove a ejeção de componentes para fora causando a deterioração da capa asfáltica resultando em diversos defeitos (Dessuy et al., 2017).

Portanto, levando em consideração que esse trecho detêm as menores cotas e atrelado às condições climáticas belenenses como chuvas frequentes, defeitos como esses devem ser corrigidos e evitados, a fim de reduzir a deterioração do pavimento e proporcionar conforto e segurança aos usuários, principalmente na faixa exclusiva que é fundamental à mobilidade urbana.

Por outro lado, foi possível identificar, também, a existência de trechos menos críticos, isto é, trechos que apresentaram valores mais elevados de ICP, compreendido por 28 trechos, os quais obtiveram um ICP de 91,67, sendo enquadrados na condição “ótimo”. Vale ressaltar que nesses trechos o único defeito observado foi o desgaste em um grau de severidade médio e encontram-se presentes nas três vias analisadas, sendo 2 ocorrências na faixa exclusiva, 10 na faixa central e 16 na faixa esquerda, ratificando que as condições dos pavimentos das faixas que não são exclusivas de ônibus tendem a ser melhores.

Na Figura 21, apresenta-se os defeitos dos trechos menos críticos.

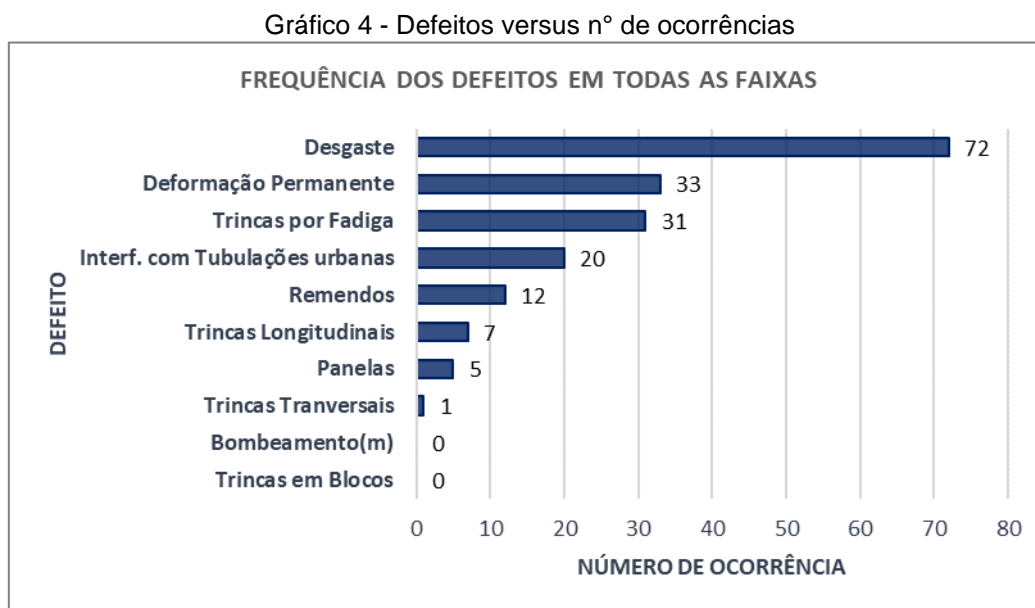
Figura 21 - Defeitos encontrados nos trechos menos críticos



Fonte: Acervo dos autores, 2023

4.2.2 Defeitos mais e menos frequentes

Com base nos dados obtidos, foi possível gerar o Gráfico 4, indicando as quantidades de trechos nos quais houve a ocorrência de cada um dos 10 tipos defeitos.



Fonte: Próprios Autores (2023)

No Gráfico 4, verifica-se que os defeitos bombeamento e trincas em blocos não tiveram nenhuma ocorrência nesse estudo (0%). Além disso, pode-se observar a ocorrência de apenas uma trinca transversal (0,55%). Em contrapartida, a patologia mais frequente foi o desgaste, representando 39,78% dos defeitos encontrados e esteve presente em 100% dos trechos analisados. Na Figura 22a, está sendo exemplificado um desgaste de severidade média com perda de agregados miúdos e textura superficial tornando-se áspera, já na figura 22b, observa-se um desgaste de severidade alta com a perda de agregados miúdos e graúdos e a textura da superfície mais áspera.

Com o envelhecimento do material e as mudanças climáticas, ocorrem os desgastes. Embora o desgaste esteja, muitas vezes, associado ao excesso de uso, ele pode ser resultado de outras ações, inclusive a execução de revestimento em condições desfavoráveis, além da falta de ligante asfáltico na

mistura, superaquecimento da mistura na usina ou, ainda, devido à abertura ao tráfego antes do ligante aderir ao agregado (Felipe Cava, 2018).

Figura 22 - Desgastes de média e alta severidade



Fonte: Acervo dos autores, 2023

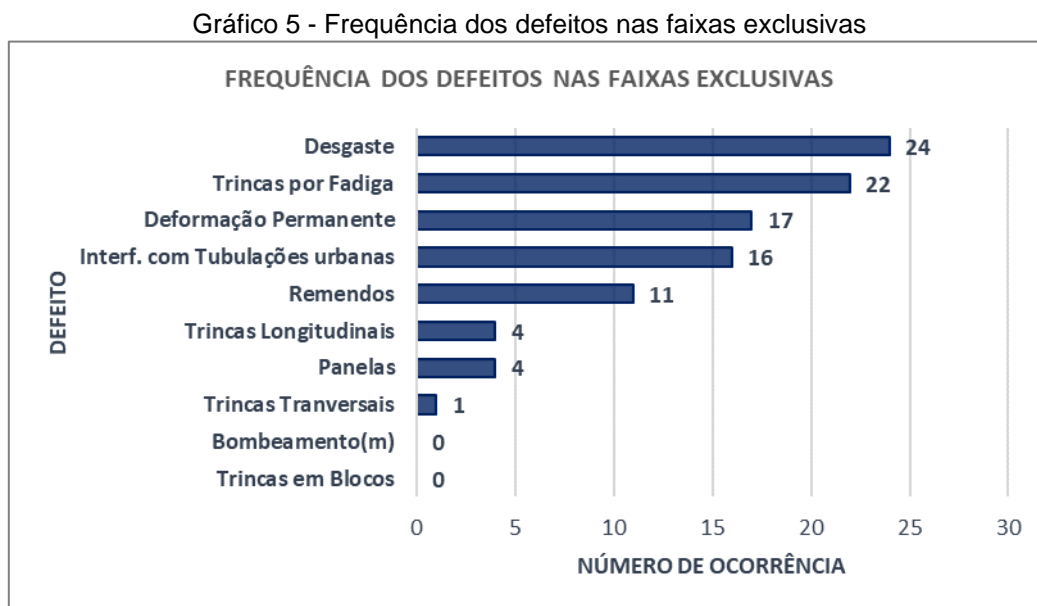
Outro defeito que se destacou, sendo o segundo mais recorrente na malha viária, foram as deformações permanentes, com 33 ocorrências, resultando em 18,23% das patologias analisadas e constatado em 45,83% dos trechos analisados, as quais podem se originar por uma série de fatores como subdimensionamento das camadas do pavimento, erro na dosagem da mistura asfáltica, falha na compactação com posterior consolidação pelo tráfego, cisalhamento causado por enfraquecimento ou por problemas de drenagem (Fernandes Junior, Oda e Zerbini, 1999). A Figura 23, indica duas deformações permanentes encontradas nas vias: Av. José Malcher e Tr. Castelo Branco.

Figura 23 – Deformações permanentes



Fonte: Acervo dos autores, 2023

De posse dos dados descritos foi possível obter, também, o Gráfico 5, indicando os defeitos presentes nas faixas exclusivas de ônibus.



Fonte: Próprios Autores (2023)

Observa-se, no Gráfico 5, que tirando o defeito desgaste, os dois defeitos mais recorrentes nas faixas exclusivas são de magnitude estrutural, sendo eles: trincas por fadiga e deformação permanente, resultado que já se esperava, visto que são causados, principalmente, pela frequência de veículos e seu alto carregamento.

Vale destacar que nos estudos realizados por Silva (2019), Lima et al (2022) e Carvalho et al (2016), os defeitos mais observados nas faixas exclusivas de ônibus analisadas foram as trincas por fadiga e as deformações permanentes, demonstrando, dessa forma, a influência da canalização do tráfego de ônibus para o aparecimento desses defeitos.

Nas faixas exclusivas, foram observadas a ocorrência de 22 trincas por fadiga, representando 22,24% dos defeitos encontrados nessas faixas. Tal defeito é causado por problemas estruturais, como, por exemplo, o subdimensionamento das camadas, pelo enfraquecimento estrutural do pavimento em períodos de chuva, como é o caso do intemperismo da região belenense, ou ainda pela ação repetida do tráfego durante o período de projeto (Fernandes Junior, Oda e Zerbini, 1999).

É válido salientar que se essas trincas não forem seladas, podem ocasionar o surgimento precoce de panelas e o comprometimento da capacidade estrutural por aumento da umidade das camadas inferiores ao revestimento asfáltico. Tal fato pode ser comprovado, uma vez que as quatro panelas existentes na faixa exclusiva decorreram da evolução das trincas.

Na Figura 24a, está sendo exemplificado uma trinca por fadiga de severidade alta, com evidência de erosão e afundamento, localizada no terceiro quarteirão da avenida Conselheiro Furtado, já na Figura 24b, observa-se a evolução dessas trincas não tratadas para panela, encontradas no segundo trecho da Tr. Castelo Branco.

Figura 24 – Exemplos de trincas por fadiga



Fonte: Acervo dos autores, 2023

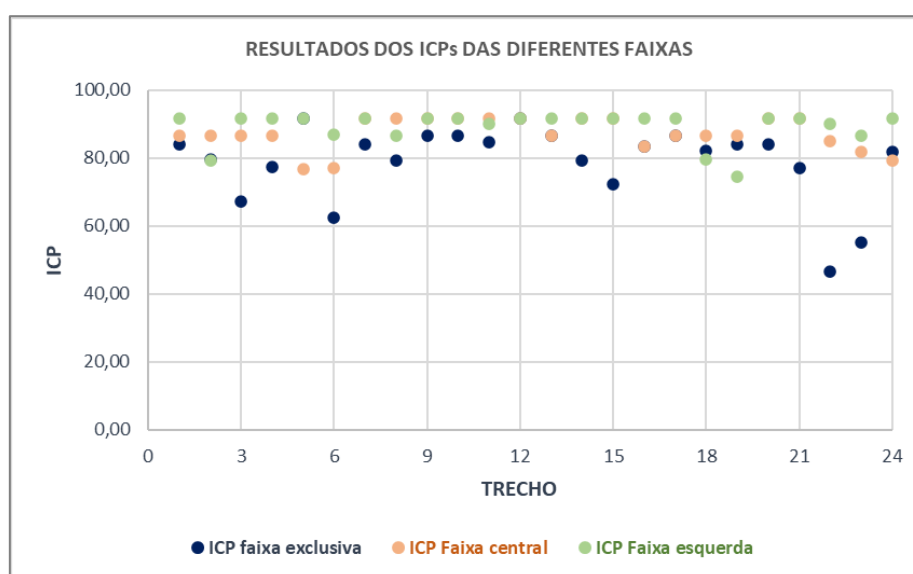
4.3 VARIAÇÃO DO ICP ENTRE AS FAIXAS EXCLUSIVAS E DEMAIS FAIXAS E ENTRE AS FAIXAS EXCLUSIVAS DAS DIFERENTES VIAS

Essa etapa é dividida em duas partes, em um primeiro momento, é apresentada a variação do ICP em relação as faixas exclusivas e as demais. Em seguida, é realizada a comparação entre as faixas exclusivas das três vias.

4.3.1 Variação do ICP entre as faixas exclusivas e demais faixas

A avaliação objetiva da condição do pavimento foi realizada nas três faixas. Como mencionado no tópico 4.1, a média da faixa exclusiva foi 78,94, enquanto da faixa central e esquerda resultaram em 87,21 e 89,19, respectivamente. Sendo assim, a diferença de carregamento ocasionou uma deterioração média de 10,62% em relação à faixa central e de 13,13% na faixa esquerda. O Gráfico 6, apresenta um comparativo desses resultados.

Gráfico 6 - Comparativo dos resultados dos ICPs das diferentes faixas



Fonte: Próprios Autores (2023)

Fundamentado no Gráfico 6, analisa-se que a os pontos em azul se demonstram, em sua maioria, abaixo dos demais pontos, enquanto os pontos em verde se evidenciam, em geral, acima dos outros pontos. Tal resultado já era pressuposto, visto que conforme mencionado acima, o tráfego pesado está direcionado sobre as faixas exclusivas de ônibus, o que potencializa o surgimento e severidade dos defeitos.

Ademais, verifica-se que quanto mais afastadas as faixas convencionais estiverem da exclusiva, maior será o ICP. Isso se deve em virtude da ausência de separação física entre as faixas, o que possibilita que os veículos de transporte público realizem ultrapassagens para a faixa central, principalmente sobre outros coletivos parados nos pontos de ônibus ou, ainda, quando precisam

desviar de carros indevidamente encostados nas faixas. Motivo pelo qual explica a faixa esquerda, que com a mesma condição de tráfego da central, possui maiores ICPs, visto que o carregamento pesado pouco influencia nela.

A Tabela 3 exhibe as variações do ICP das faixas exclusivas com as outras, cujas representações equivalem a decréscimos ou acréscimo de valores de ICP. É possível observar, nessa tabela, que na maioria das comparações, a condição do pavimento das faixas exclusivas é pior que as demais.

Pôde-se analisar que 75% dos trechos da faixa exclusiva com a central, apresentaram uma variação negativa (decréscimo em seu índice de condição do pavimento), os trechos que apresentaram variação percentual positiva (aumento do índice) representam somente 8,33% e em 16,67% os trechos não tiveram nenhuma variação. O valor máximo de variação negativa foi de 82,82% enquanto a positiva teve o valor de 16,36%, com uma média negativa de 12,96%.

Em relação à faixa exclusiva com a faixa esquerda, 79,17% dos trechos possuíram variação negativa, 12,50% variação positiva e em 8,33% não apresentaram qualquer variação. Em relação aos valores máximos, mínimos e médios, foram obtidos 11,29%, -93,55%, e -15,80%, respectivamente.

Tabela 3 - Variações de ICP da faixa exclusiva com as demais

Trecho	ICP	Trecho	ICP	Trecho	ICP	VARIAÇÃO FD -> FC	VARIAÇÃO FD -> FE
CF1 FD	84,17	CF1 FC	86,67	CF1 FE	91,67	-2,97%	-8,91%
CF2 FD	79,67	CF2 FC	86,67	CF2 FE	79,17	-8,79%	0,63%
CF3 FD	67,33	CF3 FC	86,67	CF3 FE	91,67	-28,71%	-36,14%
CF4 FD	77,33	CF4 FC	86,67	CF4 FE	91,67	-12,07%	-18,53%
CF5 FD	91,67	CF5 FC	76,67	CF5 FE	91,67	16,36%	0,00%
CF6 FD	62,33	CF6 FC	77,17	CF6 FE	87,00	-23,80%	-39,57%
CF7 FD	84,17	CF7 FC	91,67	CF7 FE	91,67	-8,91%	-8,91%
CF8 FD	79,17	CF8 FC	91,67	CF8 FE	86,67	-15,79%	-9,47%
CF9 FD	86,67	CF9 FC	91,67	CF9 FE	91,67	-5,77%	-5,77%
CF10 FD	86,67	CF10 FC	91,67	CF10 FE	91,67	-5,77%	-5,77%
CF11 FD	84,67	CF11 FC	91,67	CF11 FE	90,00	-8,27%	-6,30%
CF12 FD	91,67	CF12 FC	91,67	CF12 FE	91,67	0,00%	0,00%
CF13 FD	86,67	CF13 FC	86,67	CF13 FE	91,67	0,00%	-5,77%
J1 FD	79,17	J1 FC	91,67	J1 FE	91,67	-15,79%	-15,79%
J2 FD	72,33	J2 FC	91,67	J2 FE	91,67	-26,73%	-26,73%
J3 FD	83,33	J3 FC	83,33	J3 FE	91,67	0,00%	-10,00%
J4 FD	86,67	J4 FC	86,67	J4 FE	91,67	0,00%	-5,77%
J5 FD	82,00	J5 FC	86,67	J5 FE	79,67	-5,69%	2,85%
J6 FD	84,17	J6 FC	86,67	J6 FE	74,67	-2,97%	11,29%
J7 FD	84,17	J7 FC	91,67	J7 FE	91,67	-8,91%	-8,91%
J8 FD	77,17	J8 FC	91,67	J8 FE	91,67	-18,79%	-18,79%
CB1 FD	46,50	CB1 FC	85,00	CB1 FE	90,00	-82,80%	-93,55%
CB2 FD	55,17	CB2 FC	81,67	CB2 FE	86,67	-48,04%	-57,10%
CB3 FD	81,67	CB3 FC	79,17	CB3 FE	91,67	3,06%	-12,24%
	Av. Conselheiro Furtado				MÍNIMO	-82,80%	-93,55%
	Av. Governador José Malcher				MÁXIMO	16,36%	11,29%
	Tr. Castelo Branco				MÉDIA	-12,96%	-15,80%

Fonte: Próprios Autores (2023)

O trecho que apresentou máxima variação negativa, tanto em relação à faixa central quanto à esquerda, foi o trecho crítico (CB1), que teve um decréscimo de 82,80% na faixa central e 93,55% na esquerda. Vale ressaltar que além dos motivos já mencionados no tópico 4.2.1, referentes ao carregamento, último recapeamento e cota, nesse trecho apresentaram defeitos como trincas por fadiga, remendo e painelas de altas severidades, que são os defeitos, conforme o método utilizado, que mais reduzem o valor do ICP.

Em relação ao segundo e terceiro trechos com elevada variação negativa, destacam-se o segundo trecho da travessa Castelo Branco e o terceiro da avenida Conselheiro Furtado, de modo respectivo, que em ambos os trechos foram aferidos os mesmos defeitos do trecho crítico, mas em severidade média. No que tange o segundo trecho com maior modificação, diminuiu o ICP em

48,08% para as faixas centrais e 57,10% para as da esquerda, já no terceiro trecho, o ICP reduziu 28,71% em relação à faixa central e 36,14% nas faixas esquerdas.

Outro ponto que se pode destacar para justificar a condição das faixas exclusivas estarem piores que às demais, é a frequência dos defeitos que mais reduzem o ICP ser encontrados, majoritariamente, nessas faixas, como por exemplo, 80% das placas encontradas foram verificadas nas faixas exclusivas e por ser um defeito que deduz até 15 pontos do ICP, explica o baixo ICP dessas faixas. Além disso, foi possível verificar que em relação a todos os remendos encontrados, 91,67% está presente na faixa exclusiva e por ser, também, um defeito que reduz bastante pontos no ICP, justifica a condição das faixas exclusivas estarem piores que às demais.

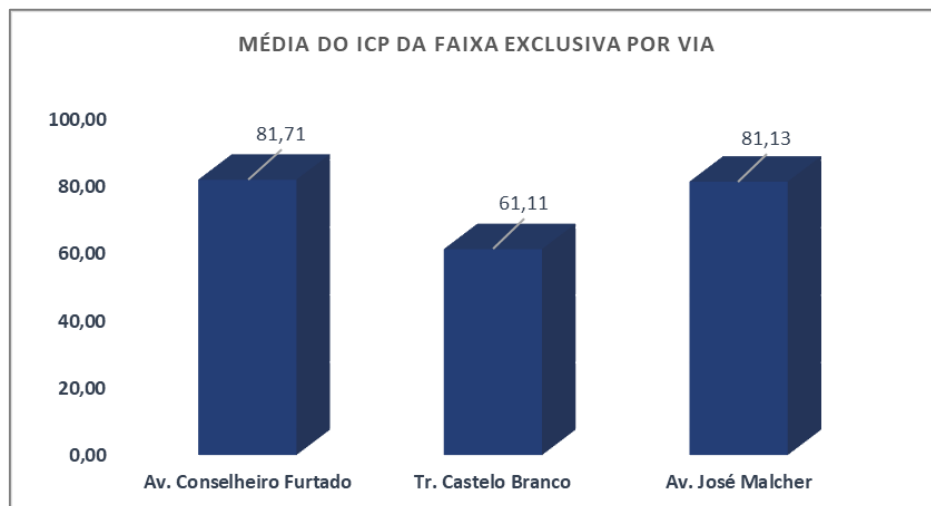
Com base nos fatos mencionados acima, pôde-se concluir que esses defeitos causam grande impacto na nota do ICP, haja vista que no trecho em que a faixa central apresentou melhores condições comparada com a exclusiva, os defeitos encontrados na faixa central, além de desgaste, foram placa e trincas por fadiga, enquanto nesse trecho específico, a faixa exclusiva só contava com desgaste. Tal trecho refere-se ao quinto quarteirão da avenida Conselheiro Furtado.

No que diz respeito à maior variação positiva da faixa esquerda, foi localizada no sexto quarteirão da José Malcher, e o que refletiu isso foi a presença de interferência com tubulações urbanas, que também diminuem, significativamente, o ICP e a condição do rolamento no que concerne ao conforto e segurança dos usuários.

4.3.2 Variação do ICP entre as faixas exclusivas das diferentes vias

Com o objetivo de ranquear as faixas exclusivas, elaborou-se Gráfico 7.

Gráfico 7 - Média do ICP da faixa exclusiva por via



Fonte: Próprios Autores (2023)

Analisando o Gráfico 7, notou-se que entre as três faixas exclusivas, a presente na travessa Castelo Branco porta o menor valor do ICP médio com 61,11, sendo caracterizada como uma condição “Boa” conforme Chen et al (1993), enquanto a avenida Conselheiro Furtado detém a maior média do ICP, resultando em 81,71 (condição ótima).

Além disso, foi possível calcular a variação de acréscimo ou decréscimo em relação aos índices de condição do pavimento das três importantes vias, esse cálculo está demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Variação do ICP entre as faixas exclusivas das diferentes vias

CF --> CB	25,2%	CB --> CF	-33,7%	J --> CF	-0,7%
CF --> J	0,7%	CB --> J	-32,8%	J --> CB	24,7%
MÉDIA	13,0%	MÉDIA	-33,2%	MÉDIA	12,0%

Fonte: Próprios Autores (2023)

Baseado na Tabela 4, verifica-se que o valor do ICP da travessa Castelo Branco possui uma grande disparidade em comparação com as demais vias, em que seu ICP médio resultou em uma variação negativa média de 33,2%. Ademais, é possível perceber que as avenidas Conselheiro Furtado e José Malcher obtiveram variação positivas médias bem próximas, com 13% e 12%, respectivamente.

Ressalta-se que a mencionada travessa é caracterizada como uma via coletora, ao passo que as duas avenidas são vias arteriais. Partindo desse

princípio, uma explicação possível para esses resultados seria a priorização das atividades de manutenção e reabilitação para as vias arteriais em comparação das vias coletoras. Apesar de as vias coletoras terem menos tráfego, elas recebem menos atividades de M&R em função de limitação dos recursos disponíveis.

Para comparar e comprovar tal fato, na pesquisa realizada por Aihuki (2022), ele concluiu que o ICP médio das vias coletoras é 79,22 em contrapartida as vias arteriais resultam em 88,17. Além disso, Cardoso e Neves (2023), encontraram um ICP médio de 69,34 para as vias coletoras e 76,06 para as arteriais. Dessa maneira, corroborando os resultados obtidos na Tabela 4 e no Gráfico 7, em que as vias coletoras tendem a possuir os menores valores de ICP.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

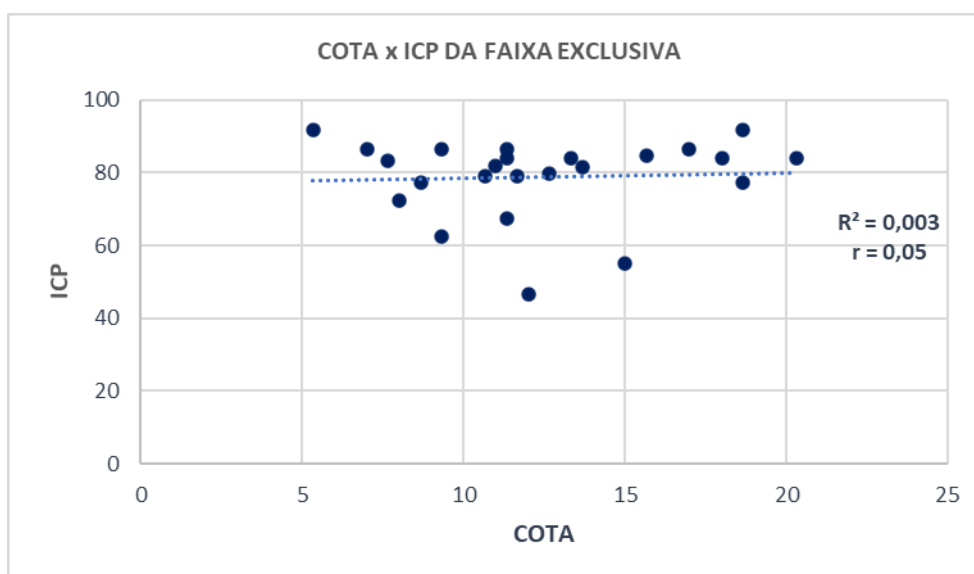
Considerando a verificação da correlação linear entre ICP e outros parâmetros, realizada por Sousa (2021), neste estudo buscou-se verificar se há correlação entre os valores das cotas dos trechos (que indicam aspectos que fragilizam o pavimento pelo excesso de água) *versus* o ICP das faixas exclusivas e se há correlação entre a quantidade de linhas de ônibus em cada trecho (que está relacionado ao tráfego pesado) *versus* ICP das faixas exclusivas.

Em seu estudo, Sousa (2021) obteve uma correlação positiva com o valor de (r) igual a 0,68 para a relação entre a cota e o ICP. No presente estudo, a correlação linear (r) entre as cotas e os valores de ICP das faixas exclusivas foi de 0,05.

Embora o sentido da correlação esteja coerente, uma vez que se esperava uma relação positiva (diretamente relacionada), já que cotas baixas enfrentam condições mais complicadas no que tange à drenagem, podendo resultar em menores ICPs, nota-se que o valor de (r) obtido configura uma correlação fraca, ou seja, não representando uma relação significativa entre a

cota da via e o ICP das faixas exclusivas. No gráfico 8 estão indicados os resultados obtidos da correlação linear de Pearson entre cotas versus ICP.

Gráfico 8 - Correlação linear: Cota versus ICP



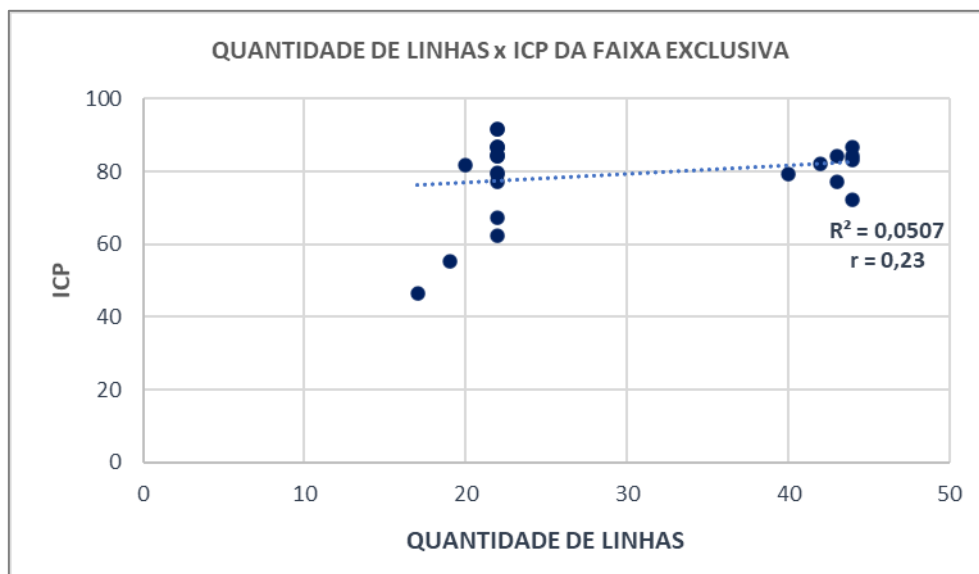
Fontes: Próprios autores (2023)

Ao se elevar ao quadrado o valor do coeficiente de correlação (r), é possível obter o valor R^2 da regressão linear. Para o (r) igual a 0,05, tem-se R^2 igual 0,003, indicando que apenas 0,30% da variação do ICP dos pavimentos é explicada pela variação das cotas do pavimento.

No que se refere a correlação linear entre o número de linhas de ônibus e o ICP, Souza (2021) em seu estudo obteve coeficiente (r) igual a 0,22. Neste estudo, o valor do coeficiente de correlação linear (r) foi igual a 0,23, indicando uma correlação positiva fraca, isto é, não há relação linear entre as duas variáveis consideradas.

Ao se elevar o coeficiente r ao quadrado, obtém-se o valor R^2 da regressão linear, sendo, nesse caso, igual 0,0507, indicando que somente 5,07% da variação do ICP dos pavimentos das faixas exclusivas é explicada pela variação do número de linhas de ônibus. O gráfico 9 demonstra a correlação linear entre o número de linhas de ônibus e o ICP.

Gráfico 9 - Correlação linear: Cota versus Quantidade de linhas



Fontes: Próprios autores (2023)

Vale ressaltar, que era esperado encontrar uma correlação negativa, mesmo que fraca, entre o número de linhas de ônibus e ICP, já que o tráfego de veículos pesados submete o pavimento a um maior grau de carregamento e, por conseguinte, maior grau de deterioração.

Além disso, é importante destacar que este estudo analisou vias importantes ao sistema viário de Belém, fato que pode ter influenciado os resultados diferentes do esperado, uma vez que em virtude de sua importância, essas vias acabam recebendo maior atenção nas atividades de manutenção e reabilitação, garantindo elas um bom ICP mesmo com a circulação de veículos mais pesados.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados de levantamento de campo, foi calculado o índice de condição do Pavimento (ICP) para cada faixa analisada, obtendo um valor médio final de 85,11, indicando que, no geral, os pavimentos das vias estudadas estão em ótimas condições. Em relação aos 72 trechos analisados, 56 foram

classificados como ótimos (77,78%), 14 como bons (19,44%) e 2 como regulares (2,78%), sendo que nenhum trecho foi categorizado como ruim ou péssimo.

No que se refere aos defeitos mais frequentes, destaca-se o desgaste com 72 ocorrências, representando 39,78% dos defeitos encontrados, seguido das deformações permanentes com 33 ocorrências (18,23%) e as trincas por fadiga, configurando o terceiro defeito mais recorrente, com 31 ocorrências (17,13%). Analisando somente as faixas exclusivas, ressaltam-se como os três defeitos mais encontrados, o desgaste, as trincas por fadiga e a deformação permanente, com ocorrências de 24 (24,24%), 22 (22,22%) e 17 (17,17%), respectivamente.

Além disso, foi possível constatar que entre os três tipos de faixa, as exclusivas de ônibus apresentaram o ICP médio mais baixo (78,94) enquanto as faixas da esquerda e central, obtiveram o ICP médio mais elevado e equiparado, com 89,19 e 87,21, de modo respectivo. Nesse contexto, demonstra-se a necessidade de priorização das faixas exclusivas, uma vez que tendem a se deteriorar mais rapidamente por canalizarem o tráfego pesado e por possuírem um papel fundamental para a mobilidade urbana.

Definiu-se, também, que o trecho crítico foi o CB1 FD, localizado na faixa exclusiva da Travessa Castelo Branco, apresentando um ICP no valor de 46,50, classificando-o como regular. Tal fato caracteriza esse trecho como o mais necessitado para uma atividade de manutenção e reabilitação, mais especificamente, para um serviço de recapeamento.

Ademais, é importante destacar que em 75% dos trechos, as condições das faixas exclusivas são menores que as centrais, apresentando uma variação negativa média de 12,96%. A mesma análise mostrou que 79,17% das faixas da exclusiva estão em piores condições que as das esquerdas, resultando em uma variação negativa média de 15,80%.

Destaca-se, também, que a concentração do tráfego pesado nas faixas exclusivas deteriora mais o pavimento. No entanto, pelo elevado percentual de remendos nessas faixas (91,67%), é possível verificar que existe algum nível de zelo e preocupação do poder público em manter essa infraestrutura, fundamental na mobilidade urbana, em condições aceitáveis. Afinal, a presença de painéis

tem um impacto significativamente maior no conforto e na segurança do usuário do que os remendos.

Sabe-se que a faixa exclusiva concentra tráfego pesado, portanto, os defeitos estruturais (trincas por fadiga e deformação permanente) se sobressaem. Constatou-se que a maioria desses defeitos se localizam próximos às paradas de ônibus e nos semáforos, uma vez que a proximidade nesses locais está associada às operações de aceleração e frenagem, bem como a um maior tempo do veículo parado e, conseqüentemente, maior tempo de aplicação de carga no pavimento.

Concluiu-se, também, que apesar da condição dos pavimentos, de modo geral, estarem boas, identificou-se uma presença expressiva de defeitos estruturais (deformação permanente e trincas por fadiga), mesmo após o recapeamento de quase todos os trechos no ano de 2020. Isso indica que, provavelmente, não está havendo um dimensionamento correto do pavimento, especialmente nas camadas inferiores (sub-base e base), as quais normalmente não são alteradas nos serviços mais corriqueiros de manutenção.

5 CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o desempenho das faixas exclusivas implantadas em Belém-PA, ferramenta fundamental à mobilidade urbana, assim como identificar a variação do ICP dos pavimentos flexíveis dessas faixas com as demais. Em vista disso, foram realizadas inspeções em campo que viabilizaram a aferição do índice de condição do pavimento para cada faixa selecionada, com a devida utilização do método do SHRP adaptado por Sousa (2021), em função da severidade e extensão dos defeitos encontrados.

Assim, a realização deste estudo se mostrou relevante, uma vez que representa um levantamento pioneiro em uma área com poucos trabalhos consolidados na cidade belenense. As informações obtidas sobre o sistema viário das faixas exclusivas têm o potencial de servir como base para a criação de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Urbanos, visto que a avaliação da condição da superfície do pavimento representa uma etapa inicial e imprescindível para o processo de implantação de um SGP, pois a partir de suas informações decisões serão tomadas.

Vale ressaltar que a eficiência na manutenção e planejamento dessas faixas exclusivas não apenas melhora a experiência dos usuários, mas também contribui significativamente para a fluidez do tráfego, a segurança viária e a qualidade de vida nas cidades.

Os principais resultados foram:

- ICP médio = 85,11 (ótima condição);
- 77,78% dos trechos apresentaram uma condição ótima, 19,44% condição boa e 2,78% como regular;
- Os defeitos mais frequentes foram: desgastes (39,78%), deformações permanentes (18,23%) e trincas por fadiga (17,13%);
- Os defeitos menos frequentes foram: trincas em blocos (0%), bombeamento (0%) e trincas transversais (0,55%);

- Os defeitos mais frequentes nas faixas exclusivas foram: desgastes (24,24%), trincas por fadiga (22,22%) e deformações permanentes (17,17%);
- Trecho mais crítico: CB 1FD – faixa exclusiva da Travessa Castelo Branco entre as Avenidas José Malcher e Magalhaes Barata, ICP = 46,50 (condição regular);
- Os Trechos menos críticos correspondem a 28 trechos com o ICP = 91,67, nos quais o único defeito ocorrido foi o desgaste de média severidade.
- ICP médio das faixas exclusivas = 78,98, faixas centrais = 87,21 e faixas da esquerda = 89,19;
- A ação repetitiva das cargas de tráfego de veículos pesados, o tráfego lento e as altas temperaturas foram os principais efeitos causadores da diminuição de ICP das faixas exclusivas;
- ICP médio da faixa exclusiva da Tr. Castelo Branco = 61,11, Av. José Malcher = 81,13 e Av. Conselheiro Furtado = 81,71;
- Não foram encontradas correlações lineares entre os ICPs e as cotas e número de linhas que podem ser consideradas importantes, em nenhum dos parâmetros testados.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Buscando dar prosseguimento a linha de pesquisa e considerando as limitações financeiras, de recursos humanos e, principalmente, temporais, sugerem-se as seguintes atividades:

- Obter inventário das três vias analisadas incluindo espessuras e materiais empregados nas camadas;
- Avaliar os trechos utilizando o parâmetro do DNIT 006/2003 (IGG), para fins de comparação;
- Refazer a coleta de dados 1 ano após a atual coleta para avaliar a variação do ICP ao longo do tempo e traçar as curvas de desempenho dos pavimentos.

6 REFERÊNCIAS

AIHUKI, J. N. **Avaliação de desempenho de vias do bairro de Batista Campos, em Belém-PA, em relação ao Índice de Condição do Pavimento (ICP)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2022.

ALBANO, J. F. **Efeitos da variação da carga por eixo, pressão de inflação e tipo de pneu na resposta elástica de um pavimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

ALBANO, J. F. **Efeitos dos excessos de carga sobre a durabilidade dos pavimentos**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ALBURQUERQUE, T. P. **Índice de condição baseado em defeitos superficiais para Gerência de Pavimentos Urbanos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

ALLIARDI, E. **Mobilidade urbana de cachoeirinha: impactos de uma faixa exclusiva para ônibus**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

ALVES, M. T. O.; FERNANDES, R. E. C.; BERTEQUINE, A. B. T. **Patologias em pavimento flexível**. Trabalho apresentado no XVII Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão - São Paulo, 2018.

AMEKUDZI, A.; ATTOH-OKINE, N. O. **Institutional issues in implementation of pavement management systems by local agencies**. Transportation research record, v. 1524, n. 1, p. 10-15. 1996.

Applied Research Associates (ARA), “**Implementation of RWD-Based Pavement Management System of Champaign County, IL,**” Presented at **Northwest Pavement Management Association – Fall Conference**, Vancouver, WA, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322644620_Implementing_Pavement_Management_Systems_for_Local_Agencies_Implementation_Guide. Acesso em: 19 de novembro de 2023.

BALADI, M. Y. “**Pavement Condition Index – Remaining Service Life**”. **Pavement Management Implementation, ASTM STP 1121**, Frank B. Holt and Wade L. Gramling, Eds. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1992.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, projetos e restauração**. São Paulo, Oficina de Textos, 2007.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de Concreto**. São Paulo, Oficina de Textos, 2009.

BELÉM (PA). Lei N° 8.655 de 30 de julho de 2008. **Plano Diretor de Belém**. Prefeitura Municipal de Belém, 2008. Disponível em: http://www.belem.pa.gov.br/planodiretor/Plano_diretor_atual/Lei_N8655-08_plano_diretor.pdf. Acessado em 23/11/2023.

BERNUCCI, Liedi B.; MOTTA, Laura M. G.; CERATTI, Jorge A. P.; SOARES, Jorge B. **Pavimentação Asfáltica – formação básica para engenheiros**. 3ª Edição. Rio de Janeiro, Imprinta, 2008.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. **Manual de BRT Bus Rapid Transit: guia de planejamento**. Brasília, 2008.

CARDOSO, A. A. A.; NEVES, L. N. F. **Avaliação do desempenho de pavimentos flexíveis do bairro de Batista Campos em Belém/PA mediante ao cálculo do índice de condição do pavimento**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2023.

CAREY, W.N.; IRICK, P.E. **The Pavement Serviceability-Performance Concept**. Highway Research Board Bulletin 250, pp.40-58,1960.

CARVALHO, L.M.C.; MONTEIRO, F.F.; COSTA, D.F.M.; OLIVEIRA, F.H. L.; AGUIAR, M.F.P. **Patologias de pavimentos flexíveis em corredores de ônibus - trecho da Avenida João Pessoa, Fortaleza-Ce**. Trabalho apresentado na 45ª RAPv – Reunião Anual De Pavimentação / 19º ENACOR – Encontro Nacional De Conservação Rodoviária. Brasília, 2016.

CHEN, X. et al. **URMS: Development of Project-Level Urban Roadway Management System**. Transportation. Research Record 1455. TRB. National Research Council. Washington, D.C., p. 62-68, 1993.

CNT- Confederação Nacional de Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias 2022: Relatório Gerencial**. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2023. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/conteudo>. Acesso em: 18 de novembro de 2023.

DESSUY, T. Y.; ECHEVERRIA, J. A. S.; OLIVEIRA, J. P.; PEDROTTI, T. F.; WAYHS, C. A. S. P. **Estudo da influência da umidade excessiva e possíveis soluções em pavimentos flexíveis**. In: CRICTE – XXVIII CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA, 2017, Ijuí, Anais. Ijuí: UNIJUÍ – Universidade Regional, 2017.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos Terminologia**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2003.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificações de serviço – Norma DNIT 031/2006–ES**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2006.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos –Terminologia – Norma DNIT 005/2003 – TER**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2003.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação Rodoviária**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2006.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço – Norma DNIT 141/2022–ES**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2022.

FELIPE CAVA, 2018. Disponível em: <<https://alemdainercia.com/2018/05/16/os-15-defeitos-em-pavimentos-flexiveis/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2023.

FERNANDES JÚNIOR, J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. Apostila. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 1999.

FILHO, D.B.F.; SILVA JUNIOR, J.A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, Vol. 18, n. 1, 2009.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 12.ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467p.

HAAS, R.; HUDSON, R. W.; ZANIEWSKI, J. **Modern Pavement Management**. Editora Krieger Publishing Company. Malabar. Flórida. 1994.

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 de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

LIMA, D.Q.; CANDIOTTO, R.E.B.; MILITÃO, J.P.A; CORREIA, L.S. **Estudo das manifestações patológicas na faixa de ônibus da Estrada**

Parque Núcleo Bandeirante (EPNB). Trabalho apresentado no Encontro Distrital do Crea-Jr/DF e Senge Jovem/DF – ENDICS 2022. Brasília – DF, 2022.

MANTAI, I. I.; LEAL, G. V.; BOTELHO, K. C. H.; OLIVEIRA, T. D. **Mobilidade urbana e o sistema viário: reflexões a partir da legislação do município de Ijuí/RS.** Trabalho apresentado na XXI Jornada de Pesquisa, Ijuí-RS, 2016.

MAPC (1986). **Pavement Management, A Manual for Communities.** U. S. Department of Transportation. Metropolitan Area Planning Council, Boston, MA.

NHI. **Pavement management systems.** Federal Highway Administration, National Highway Institute Course, 422 p, NHI Course nº 131035,1998.

NPU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos – NPU. **Avaliação Comparativa das Modalidades de Transporte Público Urbano.** Curitiba, 2009.

NPU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. **Faixas exclusivas de ônibus urbanos: experiências de sucesso.** Brasília, 2013.

NPU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. **NTUrbano.** 41. ed., Brasília, 2019.

PIRES, C. A. B. **Considerações sobre métodos de avaliação subjetiva e objetiva de pavimentos urbanos: o caso de Valparaíso de Goiás – GO.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

Prestes, M.P. **Métodos de Avaliação Visual de Pavimentos Flexíveis – Um Estudo Comparativo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

SHAHIN, M.Y. **Pavement management for airports, roads and parking lots.** Edição: 1. Chapman & Hall, New York: 1994. 450p.

SHOJI, Eunice Satie. **Desenvolvimento de um programa de sistema de gerência de pavimentos urbanos para cidades de porte médio**. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

SHRP. **Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement performance Studies**. The Strategic Highway Research Program. National Academy of Science. Washington, D.C., 1993.

SILVA, L.L.M. **Avaliação Superficial de Pavimentos, usando o método IGG, (Índice de Gravidade Global): Um estudo de caso, em um trecho na Av. Anhanguera, em Goiânia, Goiás**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Transportes) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2019.

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

SOUSA, T. C. **Avaliação objetiva de pavimentos flexíveis pelo método do ICP/SHRP. Estudo caso, bairro de Batista Campos em Belém-PA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2021.

VALIM, G. L. A.; CÂMARA A. C. **Estudo e Análise do Pavimento Flexível nas Faixas Exclusivas de Ônibus e sua substituição por Pavimento Rígido no Município de São Paulo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Transporte Terrestre) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. Faculdade de Tecnologia do Tatuapé, São Paulo, 2015.

WAHHAB, Hamad I. Al-Abdul et al. **Development of pavement management system for municipality roads, Saudi Arabia**. In: Transportation Research Board 81st Annual Meeting, Washington, DC, USA. 2002.

ZANCHETTA, F. **Aquisição de dados sobre a condição dos pavimentos visando a implementação de sistemas de gerência de**

pavimentos urbanos. 2005. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

ZANCHETTA, F. **Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos: Avaliação de Campo, Modelo de Desempenho e Análise Econômica.** 2017. Tese (Doutorado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

APÊNDICE A - Quantificação do ICP contendo todos os defeitos considerados no programa de pesquisa SHRP.

PLANILHA PARA AVALIAÇÃO DE PAVIMENTOS	
Rodovia ou Rua: _____	Município ou Cidade: _____
Código da Seção: _____	
Extensão: _____	Largura: _____
Tipo de Pavimento: _____	Data: _____
<u>DEFEITOS</u>	<u>AVALIAÇÃO</u>
1. Trincas por Fadiga	0-15 _____
2. Trincas em Blocos	0-5 _____
3. Trincas nos Bordos	0-5 _____
4. Trincas Longitudinais	0-5 _____
5. Trincas por Reflexão	0-5 _____
6. Trincas Transversais	0-5 _____
7. Remendos	0-5 _____
8. Pannels	0-10 _____
9. Deformação Permanente nas Trilhas de Roda	0-15 _____
10. Corrugação	0-5 _____
11. Exsudação	0-5 _____
12. Agregados Polidos	0-5 _____
13. Desgaste	0-5 _____
14. Desnível Pista - Acostamento	0-5 _____
15. Bombeamento	0-5 _____
Soma dos Defeitos: _____	
Índice de Condição do Pavimento: ICP = 100 - Soma dos Defeitos	
ICP = 100 - _____	
ICP = _____	

APÊNDICE B - Dados gerais dos 24 trechos principais.

CÓDIGO	NOME DA VIA	PERÍMETRO		LARGURA (M)	EXTENSÃO (M)	ÁREA (M ²)	COTA (M)	Nº DE LINHAS	ICP	
		INÍCIO	FIM							
CF 1	Av. Conselheiro Furtado	Travessa Castelo Branco	Travessa 14 de Abril	10,55 m	167,32 m	1.764,81 m ²	13 m	22	CF1 FD	84,17
									CF1 FC	86,67
									CF1 FE	91,67
CF 2	Av. Conselheiro Furtado	Travessa 14 de Abril	Travessa 3 de Maio	10,40 m	189,06 m	1.966,22 m ²	13 m	22	CF2 FD	79,67
									CF2 FC	86,67
									CF2 FE	79,17
CF 3	Av. Conselheiro Furtado	Travessa 3 de Maio	Travessa 9 de Janeiro	10,43 m	180,54 m	1.882,43 m ²	11 m	22	CF3 FD	67,33
									CF3 FC	86,67
									CF3 FE	91,67
CF 4	Av. Conselheiro Furtado	Travessa 9 de Janeiro	Avenida Alcindo Cacela	10,62 m	190,45 m	2.023,06 m ²	9 m	22	CF4 FD	77,33
									CF4 FC	86,67
									CF4 FE	91,67
CF 5	Av. Conselheiro Furtado	Avenida Alcindo Cacela	Travessa 14 de Março	10,30 m	367,83 m	3.787,18 m ²	5 m	22	CF5 FD	91,67
									CF5 FC	76,67
									CF5 FE	91,67
CF 6	Av. Conselheiro Furtado	Travessa 14 de Março	Av. Generalíssimo Deodoro	10,28 m	246,34 m	2.531,14 m ²	9 m	22	CF6 FD	62,33
									CF6 FC	77,17
									CF6 FE	87,00
CF 7	Av. Conselheiro Furtado	Av. Generalíssimo Deodoro	Travessa Quintino Bocaiúva	9,66 m	286,36 m	2.765,28 m ²	11 m	22	CF7 FD	84,17
									CF7 FC	91,67
									CF7 FE	91,67
CF 8	Av. Conselheiro Furtado	Travessa Quintino Bocaiúva	Travessa Rui Barbosa	9,67 m	149,11 m	1.442,39 m ²	11 m	22	CF8 FD	79,17
									CF8 FC	91,67
									CF8 FE	86,67
CF 9	Av. Conselheiro Furtado	Travessa Rui Barbosa	Travessa Benjamin Costant	9,56 m	133,72 m	1.278,81 m ²	9 m	22	CF9 FD	86,67
									CF9 FC	91,67
									CF9 FE	91,67
CF 10	Av. Conselheiro Furtado	Travessa Benjamin Costant	Travessa Doutor Moraes	10,04 m	85,34 m	856,53 m ²	11 m	22	CF10 FD	86,67
									CF10 FC	91,67
									CF10 FE	91,67
CF 11	Av. Conselheiro Furtado	Travessa Doutor Moraes	Av. Serzedelo Corrêa	11,08 m	186,62 m	2.066,82 m ²	16 m	22	CF11 FD	84,67
									CF11 FC	91,67
									CF11 FE	90,00
CF 12	Av. Conselheiro Furtado	Av. Serzedelo Corrêa	Rua Presidente Pernambuco	9,76 m	113,19 m	1.104,73 m ²	19 m	22	CF12 FD	91,67
									CF12 FC	91,67
									CF12 FE	91,67
CF 13	Av. Conselheiro Furtado	Rua Presidente Pernambuco	Travessa Padre Eutíquio	9,37 m	149,88 m	1.404,88 m ²	17 m	22	CF13 FD	86,67
									CF13 FC	86,67
									CF13 FE	91,67
J 1	Av. José Malcher	Av. José Bonifácio	Tv. Castelo Branco	9,98 m	190,09 m	1.897,73 m ²	12 m	40	J1 FD	79,17
									J1 FC	91,67
									J1 FE	91,67
J 2	Av. José Malcher	Tv. Castelo Branco	Travessa 14 de Abril	10,74 m	193,54 m	2.078,62 m ²	8 m	44	J2 FD	72,33
									J2 FC	91,67
									J2 FE	91,67
J 3	Av. José Malcher	Travessa 14 de Abril	Travessa 3 de Maio	11,21 m	193,82 m	2.173,37 m ²	8 m	44	J3 FD	83,33
									J3 FC	83,33
									J3 FE	91,67
J 4	Av. José Malcher	Travessa 3 de Maio	Travessa 9 de Janeiro	10,34 m	175,28 m	1.812,40 m ²	7 m	44	J4 FD	86,67
									J4 FC	86,67
									J4 FE	91,67
J 5	Av. José Malcher	Travessa 9 de Janeiro	Avenida Alcindo Cacela	11,18 m	226,59 m	2.533,28 m ²	11 m	42	J5 FD	82,00
									J5 FC	86,67
									J5 FE	79,67
J 6	Av. José Malcher	Avenida Alcindo Cacela	Travessa 14 de Março	9,68 m	313,58 m	3.034,41 m ²	18 m	44	J6 FD	84,17
									J6 FC	86,67
									J6 FE	74,67
J 7	Av. José Malcher	Travessa 14 de Março	Av. Generalíssimo Deodoro	9,68 m	257,83 m	2.494,93 m ²	20 m	43	J7 FD	84,17
									J7 FC	91,67
									J7 FE	91,67
J 8	Av. José Malcher	Av. Generalíssimo Deodoro	Av. Visconde de Sousa Franco	9,68 m	387,18 m	3.746,61 m ²	19 m	43	J8 FD	77,17
									J8 FC	91,67
									J8 FE	91,67
CB 1	Tr. Castelo Branco	Av. Gov. José Malcher	Av. Gov. Magalhães Barata	8,91 m	340,31 m	3.030,80 m ²	12 m	17	CB1 FD	46,50
									CB1 FC	85,00
									CB1 FE	90,00
CB 2	Av. Gov. José Malcher	Av. Gov. Magalhães Barata	Av. Gentil Bitencourt	9,00 m	342,22 m	3.081,35 m ²	15 m	19	CB2 FD	55,17
									CB2 FC	81,67
									CB2 FE	86,67
CB 3	Av. Gov. Magalhães Barata	Av. Gentil Bitencourt	Av. Conselheiro Furtado	10,11 m	174,50 m	1.763,76 m ²	14 m	20	CB3 FD	81,67
									CB3 FC	79,17
									CB3 FE	91,67

ANEXO 1 - Identificação dos Defeitos de Pavimentos

DEFEITO	CARACTERISTICA	NIVEL DE SEVERIDADE	COMO MEDIR
TRINCAS POR FADIGA DO REVESTIMENTO	Áreas submetidas a cargas repetidas de tráfego Forma: "couro de crocodilo" ou "tela de galinheiro" Espaçamento inferior a 30 cm.	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 evidencia de bombeamento.	Registrar a área afetada (m ²) para cada nível de severidade.
TRINCAS EM BLOCOS	Trincas que dividem o pavimento Em pedaços aproximadamente retangulares. Tamanho dos blocos: 0,1 a 10 m ² .	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. ALTA: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta aleatórias adjacentes com severidade média e alta.	Registrar a área afetada (m ²) para cada nível de severidade.
TRINCAS NOS BORDOS	Apenas para pavimentos com acostamentos não pavimentados. Dentro de uma faixa de 60 cm a partir da extremidade do pavimento.	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.	Registrar a extensão afetada (m) para cada nível de severidade.
TRINCAS LONGITUDINAIS	Trincas predominantemente paralelas ao eixo, podendo se localizar dentro ou fora das trilhas de roda.	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.	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	Reflexão de trincas ou juntas das camadas inferiores. Recapeamento ou pavimentos novos (contração da base).	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.	Registrar, em separado, as trincas transversais e longitudinais. Registrar o número de trincas transversais. Registrar a extensão das trincas e os níveis de severidade. Registrar a extensão com selante em boas condições.
TRINCAS TRANSVERSAIS	Trincas predominantemente perpendiculares ao eixo. Severidade de uma trinca: adotar a mais elevada, desde que represente pelo menos 10% da extensão.	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.	Registrar o número de trincas, a extensão e os níveis de severidade correspondentes. Registrar a extensão com selante em boas condições.
REMENDOS	Porção da superfície do pavimento, maior que 0,1 m ² , removida e substituída ou material aplicado ao pavimento após a construção inicial.	Função da severidade dos defeitos apresentados pelo remendo.	Registrar o número de remendos e a área afetada (m ²) para cada nível de severidade.

DEFEITO	CARACTERISTICA	NIVEL DE SEVERIDADE	COMO MEDIR
PANELAS	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.	BAIXA: profundidade menor que 25 mm. MÉDIA: profundidade entre 25 e 50 mm. ALTA: profundidade maior que 50 mm.	Registrar o número de remendos e a área afetada para cada nível de severidade.
DEFORMAÇÃO PERMANENTE	Depressão longitudinal nas trilhas de roda, em razão de densificação dos materiais ou ruptura por cisalhamento.	Substituídos pelas medições da deformação permanente a cada 15 m.	Registrar a máxima deformação permanente nas trilhas de roda.
CORRUGAÇÃO	Deformação plástica caracterizada pela formação de ondulações transversais na superfície do pavimento.	Associados aos efeitos sobre a qualidade do rolamento.	Registrar o número de ocorrências e a área afetada (m ²).
EXSUDAÇÃO	Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento.	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.	Registrar a área afetada (m ²) para cada nível de severidade.
AGREGADOS POLIDOS	Polimento (desgaste) dos agregados e do ligante betuminoso e exposição dos agregados graúdos.	Níveis de polimento podem ser associados à redução no coeficiente de atrito pneu-pavimento.	Registrar a área afetada (m ²).
DESGASTE	Perda de adesividade do ligante betuminoso e desalojamento dos agregados. Envelhecimento, endurecimento.	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.	Registrar a área afetada (m ²) para cada nível de severidade.
DESNÍVEL (DEGRAU) ENTRE PISTA E ACOSTAMENTO	Diferença de elevação entre a faixa de tráfego e o acostamento: camadas sucessivas de revestimento asfáltico; erosão de acostamento não pavimentado; consolidação diferencial.	Substituídos pelas medições do desnível.	Registrar o desnível (mm) a cada 15 m, ao longo da interface pistaacostamento.
BOMBEAMENTO	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.	Não aplicáveis porque o bombeamento depende do teor de umidade das camadas inferiores do pavimento.	Registrar o número de ocorrências e a extensão afetada (m ²).