

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL PEREIRA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DE DESEMPENHO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM
CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS NA CIDADE DE SÃO LUÍS - MA**

São Luís – MA

2024

GABRIEL PEREIRA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DE DESEMPENHO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM
CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS NA CIDADE DE SÃO LUÍS - MA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Mayssa Alves da Silva Sousa.

São Luís – MA

2024

Oliveira, Gabriel Pereira de

Análise de desempenho funcional de pavimentos flexíveis em condomínios residenciais na cidade de São Luís - MA / Gabriel Pereira de Oliveira. – São Luis, MA, 2024.

80 f

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Maranhão, 2024.

Orientadora: Profa. Dra. Mayssa Alves da Silva Sousa

1.Pavimento asfáltico. 2.Pavimento em blocos intertravados. 3.Avaliação superficial. 4.Desempenho funcional. I.Título.

CDU: 625.85


GABRIEL PEREIRA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DE DESEMPENHO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM
CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS NA CIDADE DE SÃO LUÍS - MA**


Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 21 / 08 / 2024


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MAYSSA ALVES DA SILVA SOUSA**
Data: 21/08/2024 10:57:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Mayssa Alves da Silva Sousa.
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **MARIA TERESINHA DE MEDEIROS COELHO**
Data: 21/08/2024 14:36:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª . Dra. Maria Teresinha de M. Coelho
1º Examinador

Documento assinado digitalmente
 **WALTER CANALES SANTANA**
Data: 22/08/2024 15:47:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª . Dr. Walter Canales Sant'Ana
2º Examinador

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus por guiar meus passos e sustentar minha sabedoria para continuar em seu caminho.

Sou grato aos meus pais, Otávio e Waléria, por sempre acreditarem em mim e me proporcionarem uma boa vida, ao meu irmão, Miguel, por ser meu braço direito em todas as situações.

Ao meu saudoso avô, Valeriano, que foi minha âncora e principal percursor para tomada de decisão do egresso no curso de Engenharia Civil.

A minha noiva, Abda, por sempre me apoiar em todas as decisões e desafios, principalmente na faculdade e profissional.

A minha orientadora, Mayssa, por proporcionar diversos ensinamentos sobre o tema e contribuições para o trabalho.

A Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), por todos os ensinamentos no decorrer desses anos que agregaram na minha vida profissional.

RESUMO

A importância da pavimentação vem desde os primórdios da humanidade, sempre acompanhando suas inovações e aprimorando suas tecnologias de mobilidade. Os pavimentos são divididos em três tipos: flexível, rígido e semirrígido. Cada tipo é composto por camadas estruturais e superficiais distintas, e são avaliados de forma funcional, estrutural e quanto à segurança. Cada tipologia apresenta seus próprios defeitos e possíveis causas. A metodologia do presente trabalho compreendeu uma revisão de literatura e pesquisas bibliográficas, além de levantamentos em campo para avaliação superficial do grau de degradação dos pavimentos. O estudo dessa avaliação superficial objetiva dos pavimentos foi feita através do cálculo do IGG, baseado na norma do DNIT 006/2003 – PRO. A pesquisa foi realizada em dois condomínios residenciais na cidade de São Luís-MA, onde foi analisado as condições de dois tipos de pavimentos: asfáltico e em blocos intertravados. Com os dados levantados analisou-se as principais patologias superficiais ocorrentes nesses pavimentos. No pavimento asfáltico a patologia mais ocorrente foi o desgaste com 40%, já no pavimento intertravado foi as trincas isoladas transversais curtas com 57%. A aplicação do método de avaliação superficial do Índice de Gravidade Global, obteve-se como classificação final para o pavimento asfáltico a condição do IGG “Regular” e em relação ao intertravado a condição do IGG “Ruim”. Portanto, percebeu-se a importância dos métodos de avaliação, que contribuem para se entender as causas, aplicar métodos práticos e buscar possíveis intervenções para as patologias encontradas, assim como foi proposto que para o condomínio A, pode-se ser feito o uso de sela trincas, em algumas áreas a execução de uma capa selante com lama asfáltica, aplicação de remendo e uma recomposição com microrrevestimento asfáltico. E para o condomínio B os defeitos superficiais podem ser solucionados com a substituição dos blocos danificados e rejuntamento das peças novas, e para os defeitos estruturais a recomposição de novo material granular na base, compactação e repavimentação da área afetada.

Palavras-chave: pavimento asfáltico; pavimento em blocos intertravados; avaliação superficial; desempenho funcional.

ABSTRACT

The importance of paving dates back to the early days of humanity, always evolving alongside innovations and improving mobility technologies. Pavements are divided into three types: flexible, rigid, and semi-rigid. Each type consists of distinct structural and surface layers and is evaluated in terms of functionality, structure, and safety. Each type has its own defects and potential causes. The methodology of this work included a literature review and bibliographic research, as well as field surveys to assess the superficial degree of degradation of the pavements. The study of the superficial evaluation of pavements was carried out through the calculation of the Global Severity Index (IGG), based on the DNIT 006/2003 – PRO standard. The research was conducted in two residential condominiums in São Luís-MA, where the conditions of two types of pavements were analyzed: asphalt and interlocking blocks. With the collected data, the main surface pathologies occurring in these pavements were analyzed. In the asphalt pavement, the most common pathology was wear, at 40%, while in the interlocking pavement, it was short isolated transverse cracks, at 57%. The application of the superficial evaluation method of the Global Severity Index resulted in a final classification of "Regular" for the asphalt pavement and "Poor" for the interlocking pavement. Therefore, the importance of evaluation methods was recognized as they help to understand the causes, apply practical methods, and seek possible interventions for the identified pathologies. It was proposed that for Condominium A, crack sealing could be used, along with the application of a sealing layer with asphalt emulsion in some areas, patching, and a recomposition with asphalt micro-surfacing. For Condominium B, superficial defects can be resolved by replacing damaged blocks and re-grouting new pieces, while structural defects require the replacement of granular material in the base, compaction, and repaving of the affected area.

Keywords: asphalt pavement; interlocking block pavement; superficial evaluation; functional performance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Carro de guerra sumério, com data de cerca de 2.500 a.C.	20
Figura 2 - Carta topográfica da estrada construída pela Companhia União e Indústria	21
Figura 3 - Camadas de pavimentos asfálticos.....	22
Figura 4 - Camadas do pavimento em blocos intertravados	23
Figura 5 - Níveis de Serventia	25
Figura 6 -Treliça metálica	26
Figura 7 - Fluxograma das etapas da metodologia	36
Figura 8 - Projeto de implantação do Condomínio A.....	39
Figura 9 – Projeção da circulação de veículos do condomínio A	40
Figura 10 - Projeto de implantação do Condomínio B.....	41
Figura 11 - Circulação de veículos do condomínio B	41
Figura 12 - Treliça metálica	42
Figura 13 - Estações de verificação	43
Figura 14 - Trinca longitudinal curta	46
Figura 15 - Painela.....	47
Figura 16 - Desgaste.....	47
Figura 17 - Remendo superficial	48
Figura 18 - Afundamento de trilha de roda	49
Figura 19 - Peças com trincas isoladas transversais curtas.....	52
Figura 20 - Afundamento local	53
Figura 21 - Afundamento com trilha de rodas	53
Figura 22 - Painela (Buraco)	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fator de ponderação dos defeitos.....	44
Tabela 2 - Conceitos do pavimento em função do IGG.....	45
Tabela 3 - Planilha de cálculo do IGG para revestimento asfáltico	50
Tabela 4 - Planilha de cálculo do IGG para blocos intertravados.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Código e classificação das fendas e demais defeitos	28
Quadro 2 - Tipos de trincas.....	29
Quadro 3 – Tipos de afundamentos	30
Quadro 4 -Demais defeitos em pavimentos asfálticos (continua).....	30
Quadro 4 -Demais defeitos em pavimentos asfálticos (conclusão).....	31
Quadro 5 - Imagens dos defeitos em pavimentos asfálticos	32
Quadro 6 - Resumo dos defeitos em pavimentos intertravados (continua).....	33
Quadro 6 - Resumo dos defeitos em pavimentos intertravados (conclusão)	34
Quadro 7 - Imagem dos defeitos em pavimentos intertravados (continua)	34
Quadro 7 - Imagem dos defeitos em pavimentos intertravados (conclusão).....	35
Quadro 8 - Resumo das soluções propostas para o revestimento asfáltico do Condomínio A.....	51
Quadro 9 - Equacionamento de soluções do condomínio A	51
Quadro 10 - Resumo das soluções em blocos intertravados do Condomínio B.....	56
Quadro 11 - Equacionamento de soluções do condomínio B.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual das Patologias no pavimento asfáltico	49
Gráfico 2 - Percentual das Patologias em blocos intertravados do Condomínio B ...	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CBR	California Bearing Ratio
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FAPESP	A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
NBRs	Normas Brasileiras
PRO	Procedimento
TER	Terminologia
TRE	Trilhas Externas
TRI	Trilhas Internas

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1.	Considerações Iniciais.....	16
1.2.	Justificativa	17
1.3.	Estrutura do trabalho	17
2.	OBJETIVOS	19
2.1.	Objetivo geral	19
2.2.	Objetivos específicos.....	19
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
3.1.	Pavimento e sua história	20
3.2.	Classificação dos pavimentos	21
3.2.1.	Flexível	22
3.2.2.	Rígido	22
3.2.3.	Semirrigido.....	22
3.3.	Camadas estruturais dos pavimentos	22
3.3.1.	Subleito e reforço de subleito	23
3.3.2.	Sub-base	23
3.3.3.	Base.....	24
3.3.4.	Camada de ligação	24
3.3.5.	Camada de assentamento.....	24
3.3.6.	Camada de rolamento	24
3.4.	Métodos de avaliação de pavimentos	25
3.5.	Manifestações patológicas no pavimento asfáltico.....	27
3.5.1.	Trincas	28
3.5.2.	Afundamento.....	30
3.5.3.	Demais defeitos	30
3.6.	Manifestações patológicas no pavimento intertravado	33

4.	METODOLOGIA	36
4.1.	Fluxograma	36
4.2.	Pesquisa bibliográfica.....	37
4.3.	Caracterização do local de estudo	37
4.3.1.	Implantação e inspeção do Condomínio A	37
4.3.2.	Implantação e inspeção do Condomínio B	38
4.4.	Aplicação do IGG	42
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
5.1.	Campo de estudo – Pavimento asfáltico	46
5.1.1.	Patologias inspecionadas no Condomínio A.....	46
5.1.1.1.	Trincas	46
5.1.1.2.	Panela	47
5.1.1.3.	Desgaste	47
5.1.1.4.	Remendo.....	48
5.1.1.5.	Afundamentos	48
5.1.2.	Análise dos dados obtidos – Qualidade do pavimento asfáltico no Condomínio A.....	49
5.1.3.	Soluções	50
5.2.	Campo de estudo – Pavimento em blocos intertravados	52
5.2.1.	Patologias inspecionadas no condomínio B	52
5.2.1.1.	Peças trincadas.....	52
5.2.1.2.	Afundamentos	52
5.2.1.3.	Panelas	54
5.2.2.	Análise dos dados obtidos	54
5.2.3.	Soluções	55
6.	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS.....	58
	APÊNDICE A – ESTAÇÕES DE VERIFICAÇÃO DO CONDOMÍNIO A.....	61

APÊNDICE B – VERIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS NO PAVIMENTO ASFÁLTICO	62
APÊNDICE C – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DAS PATOLOGIAS NO PAVIMENTO ASFÁLTICO	63
APÊNDICE D – ESTAÇÕES DE VERIFICAÇÃO DO CONDOMÍNIO B	70
APÊNDICE E – VERIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS NO PAVIMENTO EM BLOCOS INTERTRAVADOS	72
APÊNDICE F – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DAS PATOLOGIAS NO PAVIMENTO EM BLOCOS INTERTRAVADOS.....	73
ANEXO A – PLANILHA DE CÁLCULO DO IGG APRESENTADO NA NORMA - 006/2003 - PRO	79
ANEXO B – FORMULÁRIO DE INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO APRESENTADO NA NORMA - 006/2003 – PRO	80

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

No Brasil, o setor da construção civil como um todo, vem tendo uma crescente econômica muito forte no país, devido a diversos fatores que podem ser afirmados pela publicação dos dados fornecidos pelo Informativo da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), escrito por Vasconcelos (2022), que prevê um crescimento de 2,5% em 2023, após o avanço do setor da construção civil em 17,70% ante 8,20% da economia nacional no biênio de 2021 e 2022. Nesse raciocínio, entende-se que no Brasil, ante ao número de obras a serem realizadas, a velocidade de produção em todas as fases da obra também teve aumento significativo, na qual a prioridade se tornou a rapidez e praticidade, incluindo a etapa da pavimentação.

Em primeiro plano, segundo Bernucci et al., (2022), pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança. Desse modo, as vias pavimentadas, são destinadas a dar o maior conforto e segurança à quem trafega para sua residência. Busca-se entender, então, as vantagens técnicas e econômicas da metodologia de pavimento flexível, asfáltico e intertravado, além de analisar sua estrutura superficial e as possíveis causas de suas patologias.

Outrossim, é importante frisar que o desempenho do pavimento pode ser avaliado sob a ótica de três aspectos: funcional, estrutural e de segurança. Nesse âmbito, o presente trabalho visa focar no desempenho funcional, que tem como parte o estudo dos defeitos superficiais e sua influência no conforto ao rolamento dos veículos.

Nesse panorama, as normas responsáveis que atendem a análise de pavimentos flexíveis são: Norma DNIT 007/2003 - PRO Levantamento para avaliação da condição de superfície de pavimentos flexíveis e a Norma DNIT 006/2003 – PRO Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, com o objetivo de colaborar na sistemática de avaliação das características da pista de rolamento e a determinação do grau de degradação do pavimento. As normas auxiliarão a definir os tipos de patologias encontradas, os critérios de avaliação dos subtrechos estudados, a aparelhagem necessária para o desenvolvimento do trabalho, assim como os guias para definições do grau de

severidade dos defeitos.

Portanto, com base em estudos teóricos e pesquisas em campo, este trabalho tem o objetivo analisar, comparativamente, o desempenho funcional de pavimentos flexíveis em condomínios residenciais de São Luís, por meio da avaliação superficial de subtrechos homogêneos, para determinação do grau de degradação dos pavimentos em relação a sua vida útil, e especificação de causas e patologias presentes na área de atuação.

1.2. Justificativa

Erros de projeto, inadequação na seleção ou dosagem de materiais, erros construtivos, falhas de planejamento e falta de manutenções preventivas são fatores que acarretam nas manifestações patológicas de forma precoce ou a médio e longo prazo em pavimentos. Nesse âmbito, de forma geral, os dois tipos de pavimentos analisados neste trabalho estão vulneráveis a manifestar defeitos, pois em diversas obras está se tornando prioridade a rapidez em vista da qualidade na entrega de obras residenciais.

Isso posto, é válido notificar que esses erros geram transtornos financeiros devido ao grande custo com manutenções corretivas. Além disso, quando o conforto é prejudicado, o veículo sofre mais as consequências desses defeitos. Nesse sentido, as manifestações patológicas quando encontradas, precisam ser solucionadas, pois os defeitos estão correlacionados aos custos operacionais dos motoristas.

Portanto, faz-se necessário estudos e pesquisas que analisem questões relacionadas ao desempenho funcional entre estes dois tipos de pavimentos, sendo necessário reconhecer a relevância desse trabalho, pois, com base nos estudos teóricos e na comparação técnica avaliativa das manifestações patológicas encontradas nos condomínios analisados, pode-se propor o mais adequado tipo de pavimento a ser utilizado em condomínios residenciais com base em sua resistência aos esforços solicitados e minimizar as possíveis manutenções corretivas no decorrer da sua vida útil.

1.3. Estrutura do trabalho

O presente trabalho constou com 06 capítulos que abordam e discrevem o tema proposto, assim como uma discussão das análises e resultados.

O primeiro capítulo descreve a introdução do tema, mostra a importância, problema, justificativas e a organização do trabalho.

O segundo capítulo apresenta o objetivo geral e os específicos abordados durante o trabalho.

O terceiro capítulo demonstra uma revisão bibliográfica sobre o tema de pesquisa, os quais abordam os tópicos principais para entendimento teórico do assunto proposto.

O quarto capítulo expõe os materiais e métodos utilizados durante o estudo, caracterização do campo de pesquisa e aplicação dos métodos de cálculo.

O quinto capítulo mostra os resultados observados nos campos de pesquisa e propõe análises comparativas entre os resultados, assim como soluções para os defeitos encontrados.

O sexto capítulo apresenta a síntese e conclusão dos registros realizados durante o trabalho.

Ademais, foi registrado no trabalho as referências bibliográficas utilizadas durante a pesquisa do tema.

Por fim, o trabalho constou com os apêndices apresentados pelo autor, necessários para as análises dos resultados e registros fotográficos, assim como os anexos que auxiliaram na construção da pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar o desempenho funcional de pavimentos flexíveis em condomínios residenciais de São Luis – MA.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar durabilidade comparativa entre os pavimentos dos condomínios em estudo;
- Investigar causas e impactos de manifestações patológicas;
- Propor alternativas corretivas para as manifestações encontradas nos condomínios.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Antes da apresentação da metodologia desenvolvida e análise do estudo de caso, faz-se saber qual referencial teórico utilizado previamente para contexto da pesquisa e preparativo prático.

3.1. Pavimento e sua história

É válido mencionar as origens do pensamento humano, que em busca constante de evolução, proporcionaram inúmeras invenções e metodologias que nos levaram a conexões religiosas, comerciais, militares, dentre tantos outros objetivos, por meio das estradas.

Estes avanços, que passou de povos em pequenos vilarejos localizados próximos à rios e mares, à busca de novos territórios, comércio e início de civilizações mais organizadas, com a chamada revolução cognitiva da sociedade, fez com que surgissem inovações tecnológicas, como a roda (HARARI, 2017).

Figura 1 - Carro de guerra sumério, com data de cerca de 2.500 a.C.



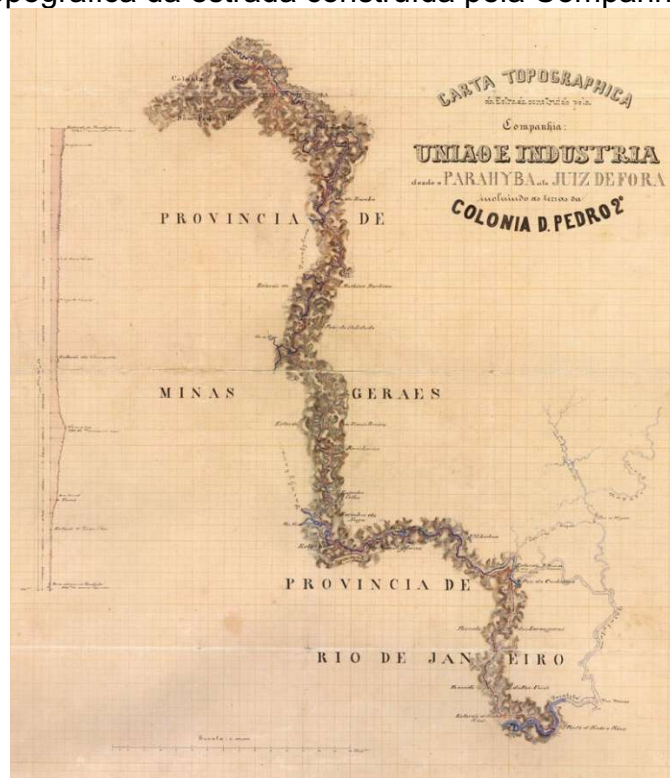
Fonte: Globo G1 (2017)

Segundo Abrams (2013), as primeiras estradas pavimentadas com pedra datam de cerca de 4.000 a.C. no subcontinente indiano e na Mesopotâmia, pois após a invenção da roda, as cargas maiores e mais pesadas que podiam ser

transportadas mostravam as limitações dos caminhos de terra que se transformavam em pântanos lamacentos quando chovia.

Anos mais tarde, com a revolução industrial e os diversos avanços tecnológicos nos meios de transporte e estradas, os processos foram se refinando cada vez mais, no Brasil, estradas macadamizadas mais “modernas” começaram a surgir. De acordo com Albergaria (2023), em 1861 foi inaugurado um dos primeiros trajetos macadamizados do Brasil, a Estrada União e Indústria, que ligava Petrópolis (RJ) a Juiz de Fora (MG), foi a mais importante dessa época. Com 144 quilômetros (km) de extensão e 8 metros (m) de largura, em média, permitia a circulação de carruagens à então incrível alta velocidade de 20 quilômetros por hora (km/h) e em ambos os sentidos.

Figura 2 - Carta topográfica da estrada construída pela Companhia União e Indústria



Fonte: Albergaria (2023)

3.2. Classificação dos pavimentos

Os pavimentos podem ser classificados em flexíveis, rígidos e semirrígidos. O presente trabalho irá focar nos pavimentos flexíveis, subdivididos em duas categorias, sendo estes o asfáltico e o intertravado em blocos de concreto. A definição de cada tipo é bem expressa pelo Manual de Pavimentação do DNIT (2006), exposto a seguir.

3.2.1. Flexível

Como dito anteriormente, pode ser utilizado com revestimentos asfálticos ou em blocos intertravados de concreto, nesta metodologia todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, conseqüentemente, a carga se distribui em parcelas proporcionais entre as camadas, exigindo espessuras maiores que os outros tipos de pavimento.

3.2.2. Rígido

Executado em placas de concreto de cimento Portland, a qual tem um alto grau de rigidez em relação às camadas inferiores, devido as suas características geométricas e mecânicas, absorvendo assim, praticamente todas as tensões submetidas do carregamento aplicado.

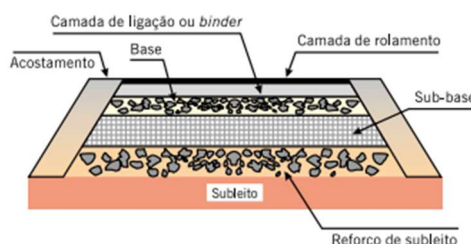
3.2.3. Semirrígido

Caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica, portanto, apresenta uma deformabilidade maior que o rígido e menor que a do flexível.

3.3. Camadas estruturais dos pavimentos

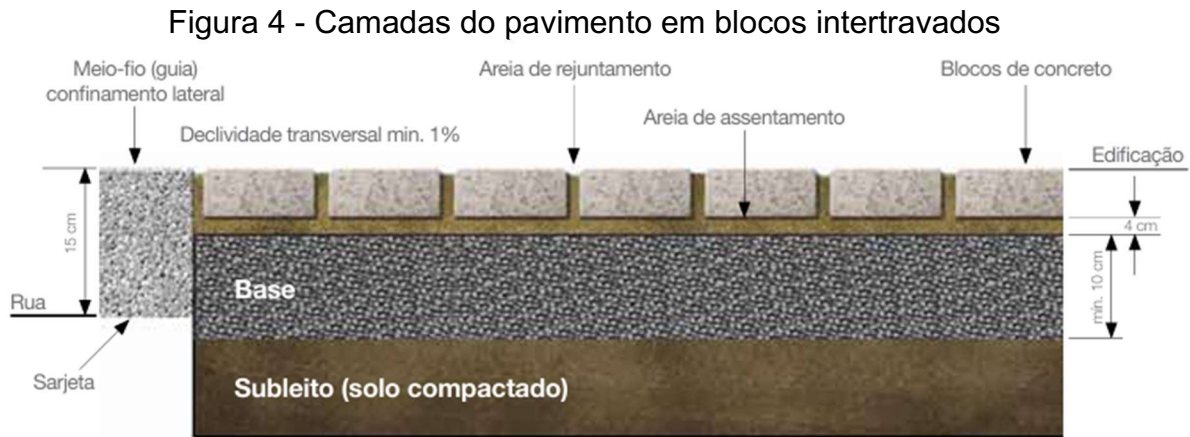
Os pavimentos são estruturas com camadas e espessuras, que variam dependendo das cargas de tráfego sobre elas impostas, da metodologia aplicada, do local de implantação do pavimento e dos materiais disponíveis para execução. O pavimento asfáltico é estruturado em camada de rolamento, camada de ligação, base, sub-base, reforço de subleito e subleito, conforme Figura 3:

Figura 3 - Camadas de pavimentos asfálticos



Fonte: Bernnuci, et al. (2022)

Já o pavimento em blocos intertravados é dividido em camada de rolamento com rejuntamento, camada de assentamento, base, sub-base, e subleito, conforme Figura 4:



Fonte: Portland (2010)

3.3.1. Subleito e reforço de subleito

Esta camada pode ser comumente caracterizada como a "fundação" do pavimento implantado, visto que ela recebe toda a carga absorvida pelo tráfego. É formado pelo terreno natural ou oriundo do empréstimo de material, se houver necessidade, haverá a aplicação do reforço para que essa camada fique mais resistente.

O subleito deve estar regularizado e compactado, na cota de projeto, antes da colocação das camadas posteriores. O dimensionamento deve ser feito conforme bibliografia, em função da solicitação do tráfego de veículos e do California Bearing Ratio (CBR) do solo (CARVALHO, 1998).

3.3.2. Sub-base

Camada suplementar à base, executada após o subleito, ou reforço do subleito, quando o projeto solicitar que a base não seja construída diretamente sobre a regularização, por motivos técnicos ou econômicos, os materiais precisam ter características tecnológicas melhores que a camada anterior. Em conformidade, Fioriti (2007), cita que essa camada pode ser composta por material granular, solo selecionado, solo triturado ou solo tratado com aditivos, como solo melhorado com cimento Portland.

3.3.3. Base

A principal função da base é proteger estruturalmente o subleito, evitando a deterioração do pavimento causada por deformações permanentes. A base recebe as tensões distribuídas pela camada de revestimento (CRUZ, 2003). Ela é constituída de material granular, pouco permeável ou impermeável, para prevenir a deterioração prematura do subleito. Os materiais mais utilizados são brita graduada, macadame hidráulico, solo estabilizado e solo-cimento.

3.3.4. Camada de ligação

A camada de ligação, ou "binder", é aplicada para pavimentos asfálticos, com a função de coesão entre a camada de rolamento e sua base subjacente. Sua composição é formada pelo cimento asfáltico e agregados, e segundo Bernucci et al., (2022), esta camada é comumente utilizada no Brasil quando a espessura de projeto do revestimento for maior que 80 mm, sendo feito uma subdivisão em duas camadas para fins de execução.

3.3.5. Camada de assentamento

A camada de assentamento de areia é única para a metodologia de pavimento em blocos intertravados de concreto. De acordo com Cruz (2003), ela é responsável por acomodar possíveis variações nas peças pré-moldadas e irregularidades da camada da base, fornecendo assim a regularidade final desejada para servir de cama para a camada de revestimento.

3.3.6. Camada de rolamento

Nesta etapa, as duas metodologias trabalham de formas diferentes. As pistas de rolamento com revestimentos asfálticos, são constituídas por associação de agregados, fíler e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais, por penetração ou por mistura, (BERNUCCI et al., 2022). Precisam ser o tanto quanto impermeáveis e trazer conforto e segurança aos motoristas.

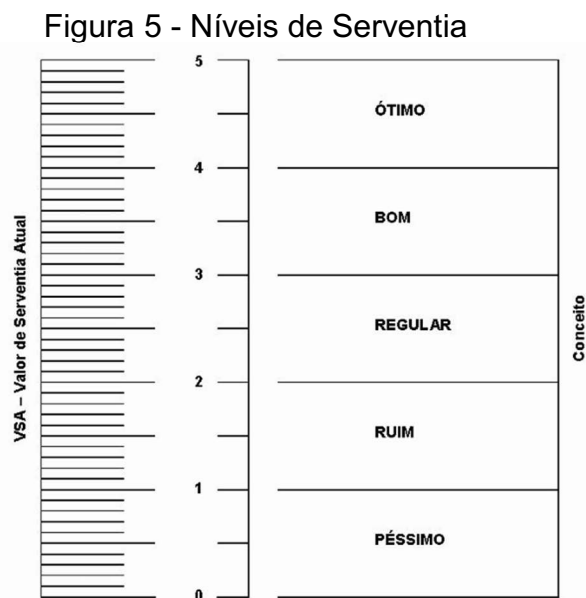
Já a metodologia de pavimentos em blocos intertravados, possui a mesma finalidade demonstrada acima, porém com outro formato, sendo composta pelas peças de concreto e material de rejuntamento, e que recebe diretamente a ação de rolamento dos veículos, tráfego de pedestres ou suporte de cargas, (PORTLAND, 2010).

3.4. Métodos de avaliação de pavimentos

Conforme Bernucci et al., (2022), há três maneiras de avaliar o desempenho dos pavimentos, sendo eles o funcional, estrutural e o de segurança. O estudo de caso do presente trabalho focou no desempenho e avaliação funcional.

De acordo com o DNIT (2006), a avaliação funcional consiste na determinação do desempenho momentâneo que o pavimento oferece ao usuário em termos de qualidade de rolamento, referindo-se à sua capacidade de proporcionar uma superfície com serventia adequada. Essa serventia é definida pelo nível de conforto ao rolamento que o pavimento proporciona ao usuário.

O primeiro método estabelecido de forma sistemática para a avaliação funcional foi o da serventia de determinado trecho de pavimento. Conforme Figura 5 este parâmetro foi definido como uma escala de 0 a 5, sendo 5 a nota dada à condição ideal da superfície do pavimento, que vai decaindo ao longo da solicitação do tráfego (BERNUCCI et al., 2022).

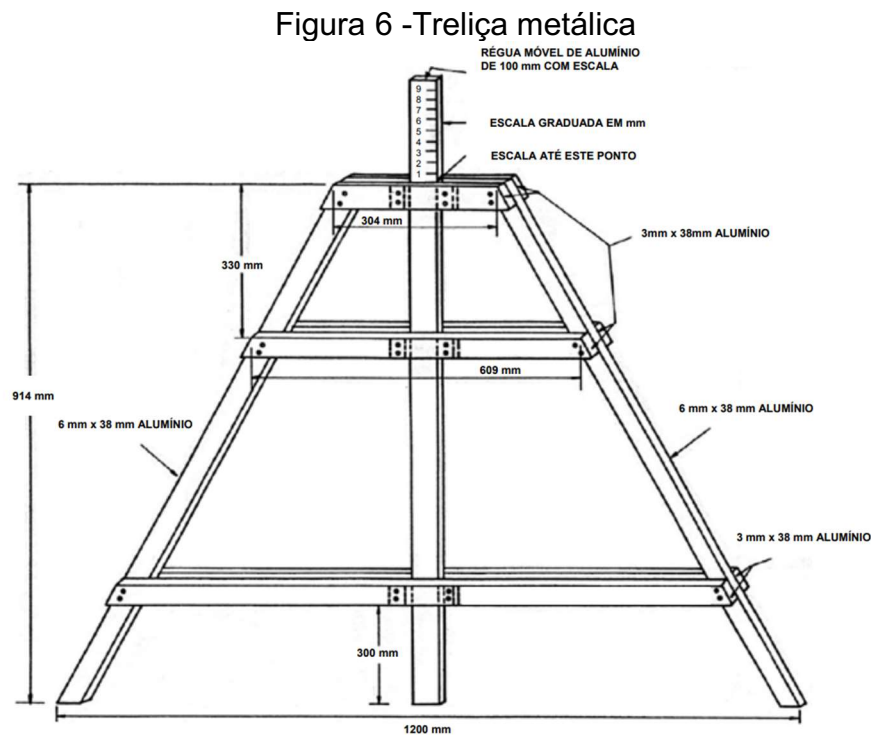


Fonte: DNIT (2003)

Outro método de avaliação superficial se demonstra de forma mais objetiva, sendo levantada a condição superficial do pavimento, analisando de maneira numérica os defeitos e seus índices, para classificar seu estado de degradação. Este método é especificado pela norma DNIT 006/2003 – PRO (DNIT, 2003), e

define o levantamento sistemático de defeitos e atribuição do Índice de Gravidade Global (IGG), conforme Anexo A.

Esta avaliação foca na quantidade amostral de ocorrências das patologias para associar ao grau de degradação daquele pavimento, assim como as medidas das deformações permanentes nas trilhas de roda, por meio da treliça metálica especificada na norma, demonstrada na Figura 6.



Fonte: DNIT (2003)

Em outra vertente, Bernucci et al. (2022) mostra que a avaliação estrutural tem enfoque nos defeitos da infraestrutura dos pavimentos, não mais apenas contando com o conforto ao rolamento, mas sendo indicativos da vida útil de tais vias de tráfego.

Os defeitos estruturais são resultantes da repetição das cargas e estão associados às deformações elásticas ou recuperáveis e às deformações plásticas ou permanentes. As deformações elásticas referem-se a deslocamentos verticais, conhecidos como “deflexão” do pavimento, que são responsáveis pelo surgimento da maioria das trincas ao longo da vida útil do pavimento e podem levar à fadiga do revestimento. As deformações plásticas, por sua vez, são acumulativas ao longo dos anos e resultam em defeitos como afundamento localizado ou trilhas de roda

(BERNUCCI et al., 2022).

A condição estrutural de um pavimento mostra, então, a duração com que o pavimento está se deteriorando, ou seja, o período com que os defeitos estão surgindo ou aumentando de gravidade. Com isso, a avaliação deste tipo de solicitação se refere na análise destas deformações, medindo seus deslocamentos quando são submetidos a uma determinada carga (BERNUCCI et al., 2022).

O terceiro tipo de avaliação de um pavimento está relacionado aos fatores de segurança do motorista e a interação pneu-pavimento do seu veículo, o que se refere aos cálculos e disciplinas de aderência que a pista fornece ao seu usuário (BERNUCCI et al., 2022).

Existem diversas situações nas quais os pavimentos podem ser avaliados em seu desempenho de segurança, um dos pontos focais deste assunto é a hidroplanagem, a qual consiste em uma situação em que o condutor perde o controle do seu veículo, enquanto trafega sobre pista molhada coberta por uma lâmina de água, os pneus perdem contato com a superfície da via e passam a deslizar sobre a camada de água. (VARDANEGA JUNIOR, 2009).

Bernucci et al., (2022), explica que a avaliação da segurança relaciona a interação pneu-pavimento em qualquer condição climática, o que envolve a resistência à derrapagem que é função da aderência. Vários fatores colaboram para a aderência em pistas molhadas, mas dois são essenciais: a textura superficial da pista e características dos pneus.

3.5. Manifestações patológicas no pavimento asfáltico

Para normatização e padronização da linguagem adotada pelos autores, a norma (DNIT 005/2003-TER), detalha os defeitos que ocorrem nos pavimentos asfálticos. Estas manifestações são codificadas e classificadas no Quadro 1 demonstrado abaixo.

As classes das trincas isoladas são estipuladas de acordo com alguns critérios:

- FC-1: Abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm;
- Abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas;
- Abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

Quadro 1 - Código e classificação das fendas e demais defeitos

TIPO DE DEFEITO	CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras	FI	-	-	-
Trincas isoladas transversais curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
Trincas isoladas transversais longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
Trincas isoladas longitudinais curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
Trincas isoladas longitudinais longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
Trincas interligadas jacaré sem erosão	J	-	FC-2	-
Trincas interligadas jacaré com erosão	JE	-	-	FC-3
Trincas isoladas devido à retração	TRR	FC-1	FC-2	FC-3
Trincas interligadas "bloco" sem erosão	TB	-	FC-2	-
Trincas interligadas "bloco" com erosão	TBE	-	-	FC-3
Afundamento plástico local	ALP			
Afundamento plástico da trilha	ATP			
Afundamento de consolidação local	ALC			
Afundamento de consolidação da trilha	ATC			
Ondulação/Corrugação	O			
Escorregamento	E			
Exsudação	EX			
Desgaste	D			
"Painéis"	P			
Remendo superficial	RS			
Remendo profundo	RP			

Fonte: Adaptado de DNIT (2003)

Estas manifestações patológicas são definidas em: fenda, afundamento, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panela ou buraco e remendo. A norma (DNIT 005/2003-TER) também estabelece descrições e possíveis causas destas patologias. Para uma abordagem didática, foi criado um resumo, apresentado pelos quadros 2, 3 e 4, para identificação dos defeitos manifestados em pavimentos asfálticos.

3.5.1. Trincas

A trinca é uma fenda mais larga do que uma fissura, sendo facilmente visível, podendo ocorrer de forma isolada ou interligada. Trincas isoladas podem ser classificadas como transversais, longitudinais ou de retração, dependendo da sua orientação em relação ao eixo da via. Trincas interligadas são classificadas como tipo 'couro de jacaré' ou tipo bloco (DNIT, 2003). O Quadro 2 apresenta a descrição e as possíveis causas desses tipos de trincas.

Quadro 2 - Tipos de trincas

TIPO DE DEFEITO	DESCRIÇÃO	POSSÍVEIS CAUSAS
Trinca transversal	Apresenta orientação prevalente ortogonal quanto ao eixo da via. É designada de curta quando a sua extensão é menor ou igual a 100 cm, em contrapartida, quando superior a 100 cm é denominada de longa.	Podem ser geradas em virtude da reflexão das juntas ou trincas subjacentes ocasionadas pela movimentação térmica e/ou cargas provenientes do tráfego, ou ainda devido a retração da própria camada de revestimento asfáltico.
Trinca longitudinal	Apresenta orientação preponderante paralela em relação ao eixo da via. Assim como a trinca transversal, é denominada de curta quando apresenta extensão menor ou igual a 100 cm, e de longa quando maior que 100 cm.	Podem ocorrer por efeito da junta de construção má executada, pelo início de fadiga, pelo assentamento da fundação, e assim como as trincas transversais podem ser causadas pela reflexão de trincas e retração da camada de revestimento.
Trinca de retração	Corresponde a trinca isolada atribuída aos fenômenos de retração térmica sofrida pelo material do revestimento ou pelo material da camada de base rígida ou semirrígida, abaixo do revestimento trincado.	Podem ocorrer em razão da retração térmica ou retração por secagem da base ou do revestimento.
Trinca tipo couro de jacaré	Trata-se do conjunto de trincas arrançadas de forma semelhante ao couro de jacaré. Pode ou não ser acompanhada de erosão significativa nas bordas.	Possivelmente é causada pela fadiga oriunda da passagem repetida das cargas dos veículos.
Trinca tipo bloco	Corresponde ao conjunto de trincas associadas de forma a configurar blocos cujo lados apresentam-se bem definidos. Assim como a trinca tipo “couro de jacaré”, podem ou não ser acompanhada de erosão significativa nas bordas.	Não é ocasionada pelo tráfego de veículos, ocorre em virtude da retração do revestimento asfáltico, e pela variação da temperatura diária, portanto, podem surgir em qualquer trecho, mesmo em trecho com baixo tráfego.

Fonte: Adaptado de DNIT (2003)

3.5.2. Afundamento

Este é um tipo de deformação permanente na superfície do pavimento, caracterizada por uma depressão que pode ser acompanhada por ondulações, apresentando-se como afundamento plástico ou por consolidação. Esse defeito ocorre geralmente devido a uma compactação inadequada do solo (DNIT, 2003). O Quadro 3 apresenta a descrição e possíveis causas destes tipos de afundamento.

Quadro 3 – Tipos de afundamentos

TIPO DE DEFEITO	POSSÍVEIS CAUSAS
Afundamento plástico	Causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento. Pode ser classificado ainda em afundamento plástico da trilha de roda quando sua extensão é maior que 6 m.
Afundamento por consolidação	Causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento. Pode ser classificado ainda em afundamento por consolidação da trilha de roda quando sua extensão é maior que 6 m.

Fonte: Adaptado de DNIT (2003)

3.5.3. Demais defeitos

No decorrer da norma (DNIT 005/2003-TER) os defeitos de ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panela ou buraco e remendo são apresentados, com suas respectivas descrições e possíveis causas, demonstrados no Quadro 4, abaixo:

Quadro 4 -Demais defeitos em pavimentos asfálticos (continua)

TIPO DE DEFEITO	DESCRIÇÃO	POSSÍVEIS CAUSAS
Ondulação ou corrugação	É denominada de “costela de vaca”, deformação transversal na face do pavimento. Associa-se às cargas horizontais de cisalhamento provocadas pela aceleração ou frenagem dos veículos.	Pode ser ocasionada por execução de má qualidade, e por teor excedente de asfalto ou de finos.











Quadro 5 - Demais defeitos em pavimentos asfálticos (conclusão)

TIPO DE DEFEITO	DESCRIÇÃO	POSSÍVEIS CAUSAS
Escorregamento	Corresponde ao deslocamento da camada de revestimento e consequente surgimento de fendas no formato de meia lua.	Ocorre em trechos submetidos a frenagem, por efeito da resistência reduzida da massa asfáltica causando deformação, ou da ausência de aderência entre o revestimento e a camada inferior como consequência da falta de limpeza, podendo gerar o deslizamento.
Exsudação	Trata-se da presença abundante de ligante betuminoso na face do pavimento, promovendo uma superfície brilhante geralmente na trilha de roda.	Ocorre devido a ação do calor que promove a dilatação do asfalto e por haver baixo volume de vazios ou ligante em excesso, não há espaço suficiente que possa ser ocupado por ele. Além disso, o asfalto torna-se menos viscoso permitindo que o agregado penetre nele.
Desgaste	Corresponde ao defeito oriundo do desprendimento gradual do agregado presente no pavimento, tornando áspera a superfície do revestimento.	É causado pela volatilização e oxidação do asfalto oriundas da ação combinada do tráfego de veículos com o intemperismo.
Panela ou buraco	Consiste na cavidade formada no revestimento asfáltico, podendo ocasionar degradação também das camadas inferiores. São considerados evoluções de outros defeitos como as trincas e o desgaste.	Pode ser causado entre outros motivos, por carência de aderência entre as camadas, e devido a ação da água acumulada principalmente em períodos chuvosos.
Remendo	É realizado na ação denominada de "operação tapa buraco", corresponde ao preenchimento da panela com uma ou mais camadas de pavimento. Pode ser classificado de acordo com a profundidade em remendo profundo ou superficial.	Ocorre devido a necessidade de corrigir o defeito denominado de panela ou buraco.

Fonte: Adaptado de DNIT (2003)

Para melhor interpretação, foi desenvolvido o Quadro 5, como resumo com as imagens referência de cada defeito demonstrado na norma (DNIT 005/2003-TER).

Quadro 6 - Imagens dos defeitos em pavimentos asfálticos

 <p>Trinca transversal</p>	 <p>Afundamento de trilha de roda</p>
 <p>Trinca longitudinal</p>	 <p>Ondulação ou corrugação</p>
 <p>Trinca tipo couro de jacaré</p>	 <p>Escorregamento</p>
 <p>Trinca tipo bloco</p>	 <p>Exsudação</p>
 <p>Desgaste</p>	 <p>Panela ou buraco</p>

Fonte: Adaptado de DNIT (2003)

3.6. Manifestações patológicas no pavimento intertravado

Segundo o manual de pavimentação do DNIT (2006) os pavimentos flexíveis por calçamento podem ser subdivididos em blocos de concreto e paralelepípedos, sua principal diferença é o material dos blocos. Almeida e Paiva (2019) elaboraram um levantamento sobre os problemas e possíveis causas das patologias em pavimentação urbana com paralelepípedos, conforme Quadro 6, que será utilizado como referência.

Quadro 7 - Resumo dos defeitos em pavimentos intertravados (continua)

TIPO DE DEFEITO	POSSÍVEIS CAUSAS
Abatimento do pavimento	<p>Origina-se devido a pontos fracos nas camadas subjacentes que decorrem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problemas na execução das camadas; • Capacidade de suporte do subleito; • Drenagem ineficiente.
Afloramento de materiais argilosos do subleito	<p>A falta de preenchimento das juntas associado ao tráfego de veículos, faz com as peças se desloquem de modo que, com a passagem dos veículos os materiais das camadas subjacentes ascendam a superfície. Esse processo resulta da deterioração ou inexistência da camada de base.</p>
Painéis	<p>É gerado pela falta de material de enchimento das juntas associado ao tráfego de veículos e a intempéries climáticas. Observou-se que em muitos pontos da cidade, o assentamento das peças não seguiu as configurações de execução.</p>
Juntas sem preenchimento	<p>Material inadequado de enchimento das juntas</p>
Elevação	<p>Pode estar associado a presença de materiais expansivos nas camadas subjacentes, remendos mal executados ou presença de vegetação.</p>
Peças trincadas ou quebradas	<p>Rochas que originaram as peças do pavimento inadequadas, quanto ao ensaio de abrasão, que deve apresentar perda por desgaste inferior a 40%.</p>
Deformação por aceleração, frenagem ou mudança de direção	<p>Causada pela frenagem e aceleração dos veículos, associada a folga entre as peças do pavimento e a falta de intertravamento adequado.</p>

Quadro 8 - Resumo dos defeitos em pavimentos intertravados (conclusão)

TIPO DE DEFEITO	POSSÍVEIS CAUSAS
Afundamento de trilhas de roda com solavanco lateral	Gerado pela baixa capacidade de suporte das camadas subjacentes, em relação ao tráfego vigente, drenagem ineficiente e deficiência na execução.
Afundamento de trilhas de roda sem solavanco lateral	Causas semelhante as patologias abatimento e afundamento por trilhas de rodas com solavanco, diferenciando dessa última apenas por não apresentar as elevações laterais.
Ondulação	Pode ser considerada como uma sucessão de abatimentos, portanto apresenta as mesmas causas da patologia abatimento do pavimento.

Fonte: Adaptado de Almeida e Paiva (2019)

Ilustrações de cada defeito foram apresentadas por Almeida e Paiva (2019), neste trabalho compilou-se os defeitos em pavimentos intertravados no Quadro 7.

Quadro 9 - Imagem dos defeitos em pavimentos intertravados (continua)

	
<p>Abatimento do pavimento</p>	<p>Peças trincadas ou quebradas</p>
	
<p>Afloramento de materiais argilosos do subleito</p>	<p>Deformação por aceleração, frenagem ou mudança de direção</p>

Quadro 10 - Imagem dos defeitos em pavimentos intertravados (conclusão)

	
Panelas	Afundamento de trilhas de roda com Solavanco lateral
	
Juntas sem preenchimento	Afundamento de trilhas de roda sem Solavanco lateral
	
Elevação	Ondulação

Fonte: Adaptado de Almeida e Paiva (2019)

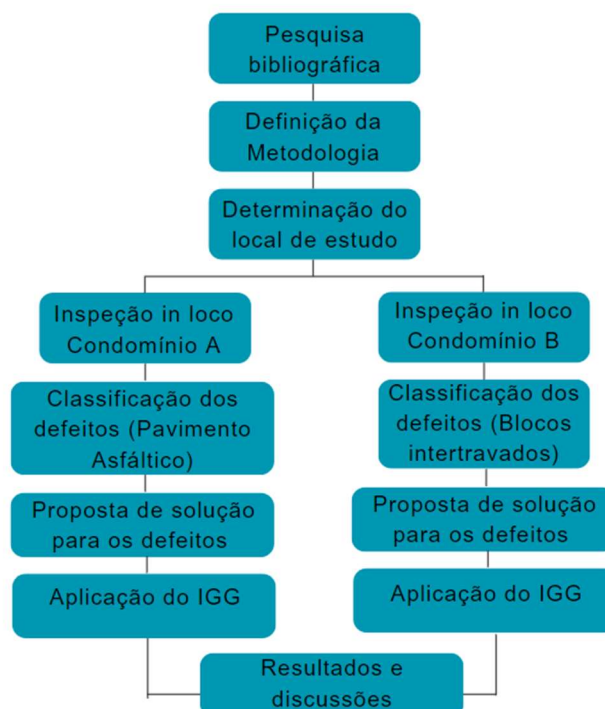
4. METODOLOGIA

A análise deste estudo, incluiu as pesquisas bibliográficas e o estudo de caso. A primeira foi de fundamental importância para o aprofundamento sistematizado das questões teóricas para apreensão das questões que envolvem um determinado objeto. A segunda, por ser necessária a aproximação com a realidade dos pavimentos em dois condomínios, que no decorrer do trabalho foram identificados como: Condomínio A e Condomínio B, no qual foram focados na análise comparativa do desempenho funcional entre eles, registrando suas patologias superficiais e determinando a partir de métodos normativos a classificação do estado de gravidade dos pavimentos amostrados.

4.1. Fluxograma

O fluxograma das atividades foi planejado considerando a inspeção *in loco* dos dois condomínios estudados. Em seguida, foi feita a classificação dos defeitos encontrados nos campos de pesquisa, juntamente com a aplicação do método Índice de Gravidade Global (IGG). Isso permitiu a análise dos dados obtidos através deste método, visando alcançar um resultado sobre o desempenho funcional dos dois tipos de pavimento.

Figura 7 - Fluxograma das etapas da metodologia



Fonte: Autor (2024)

4.2. Pesquisa bibliográfica

Definido o universo de pesquisa, utilizou-se como instrumento para coleta de dados, a análise de documentos, dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Normas Brasileiras (NBRs), livros, artigos, entre outros, o que foi essencial para sistematização do estudo configurando o objeto de forma aproximada, e alcance dos objetivos pretendidos.

Considerando que não há um método único e específico para avaliação do desempenho funcional de pavimentos intertravados, o autor do presente trabalho optou por aplicar o método de avaliação objetiva do Índice de Gravidade Global, contido na norma DNIT 006/2003, oficialmente adotado para análise de pavimentos flexíveis. Ademais, foi retratado a pavimentação intertravada como classificação flexível com base nas fontes das pesquisas bibliográficas, como a Instrução de Projeto da Prefeitura de São Paulo (IP-06/2004 - Dimensionamento De Pavimentos Com Blocos Intertravados De Concreto), SILVA e GIAMMARINO (2022) em seu artigo 'Pavimentos Com Blocos De Concreto Intertravados Considerações Para Uso Em Terminais Portuários' e SHACKEL (1990), em seu trabalho 'Design and Construction of Interlocking Concrete Block Pavement'.

No mesmo âmbito, não foi referenciado no presente trabalho o manual de desempenho do pavimento intertravado da ABCP (2022), pois o manual trabalha com a metodologia PCI – Pavement Conditions Index, a qual é igualmente utilizada para pavimentos rígidos na norma “Pavimento rígido - Avaliação objetiva” - DNIT 062/2004, traduzido para Índice de Condição do Pavimento (ICP).

4.3. Caracterização do local de estudo

4.3.1. Implantação e inspeção do Condomínio A

O condomínio A possui revestimento asfáltico, com 3.683,83 m² de área pavimentada, como mostra a Figura 8. Possui uma extensão de aproximadamente 678,70 m lineares. A circulação de veículos é dividida em seções com 01 e 02 faixas. As seções com 01 faixa, possuem 5,0 m de largura, já as com 02 faixas possuem aproximadamente 6,0 m, cada faixa com 3,0 m de largura, como mostra a Figura 9. O pavimento avaliado é submetido todos os dias ao tráfego, com 416 de veículos de passeio. Desde nov/2023 até a data da avaliação, jul/2024, foram 07 meses de exposição ao tráfego.

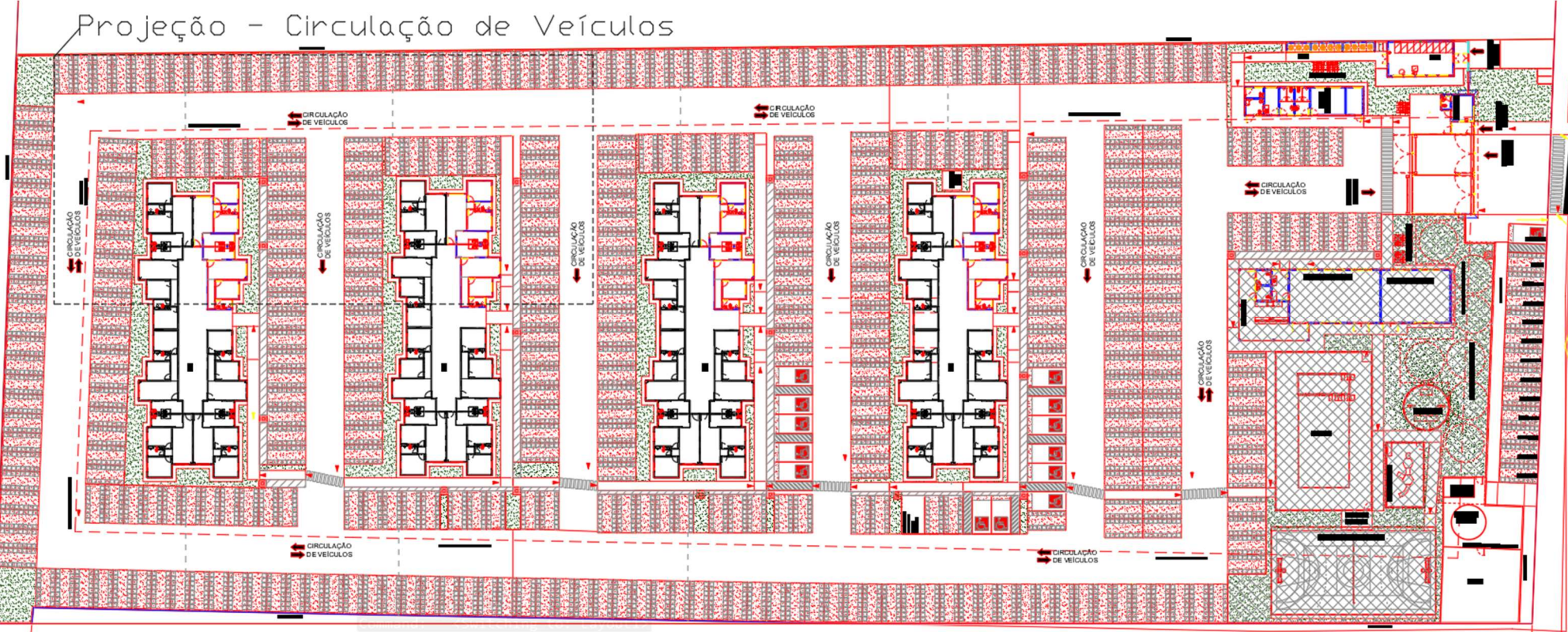
A inspeção no condomínio foi realizada no dia 13 de julho de 2024, iniciada por volta das 13h20min e tendo seu fim às 15h, o local de estudo foi dividido em 35 estações de avaliação de superfície com dimensões de 3,0 x 6,0 m, alternadas de 20 em 20 metros em relação ao eixo da estação (Figura 13), as quais estão expostas ao mesmo tráfego de veículos de passeio, por se tratar de vias de circulação de veículos de condôminos na área social comum, conforme Apêndice A, de acordo com a norma do DNIT – 006/2003 – PRO.

4.3.2. Implantação e inspeção do Condomínio B

O condomínio B possui revestimento em blocos intertravados de concreto com 2.770,63 m² de área pavimentada, como mostra a Figura 10 e Figura 11, possui uma extensão de aproximadamente 467,98 m lineares. A circulação de veículos consta com 02 faixas, cada faixa com 3,0 m de largura. O pavimento avaliado é submetido todos os dias ao tráfego, com 208 de veículos de passeio. Desde ago/2023 até a data da avaliação, jun/2024, foram 10 meses de exposição ao tráfego.

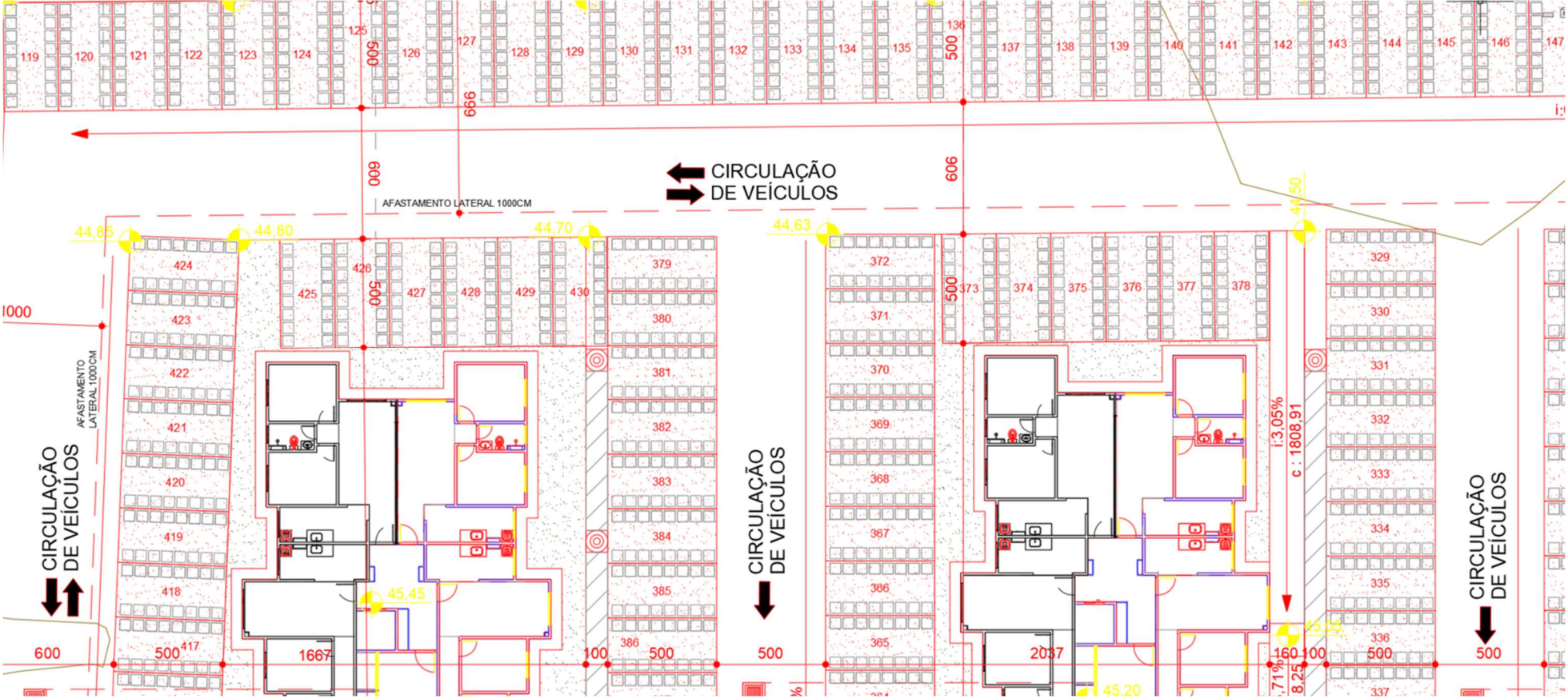
A inspeção no condomínio B foi realizada no dia 29 de junho de 2024, iniciada por volta das 09h20min e tendo seu fim às 12h. O local de estudo foi dividido em 23 estações de avaliação de superfície com dimensões de 3,0 x 6,0 m, alternadas de 20 em 20 metros em relação ao eixo da estação (Figura 13), as quais estão expostas ao mesmo tráfego de veículos de passeio, por se tratar de vias de circulação de veículos de condôminos na área social comum, conforme Apêndice D, de acordo com a norma do DNIT – 006/2003 – PRO.

Figura 8 - Projeto de implantação do Condomínio A



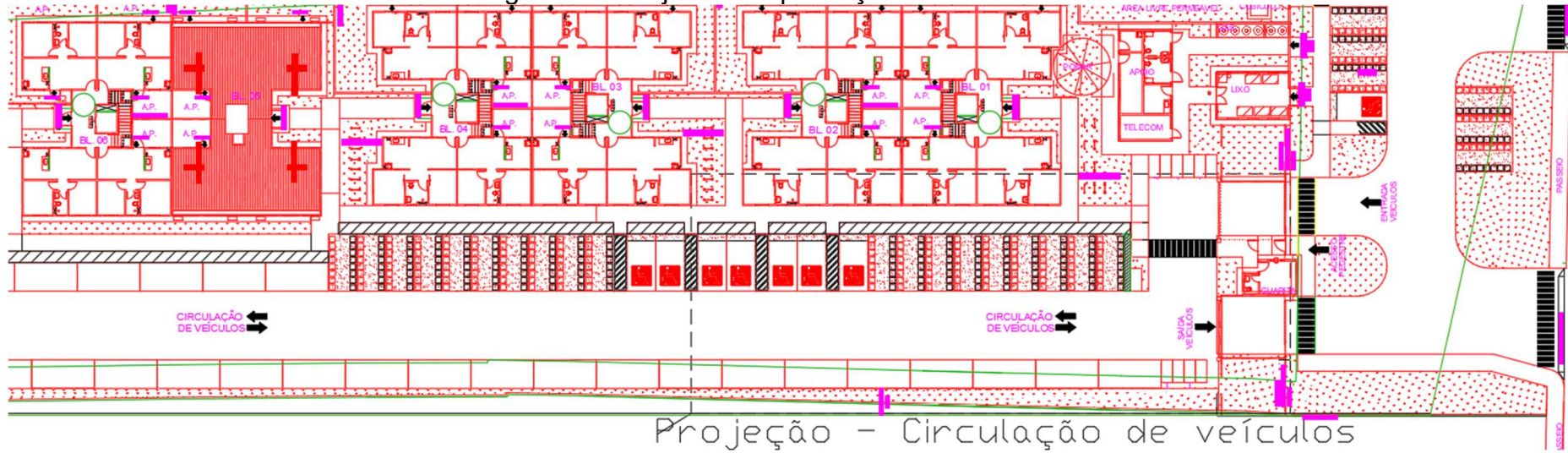
Fonte: Autor (2024)

Figura 9 – Projeção da circulação de veículos do condomínio A



Fonte: Autor (2024)

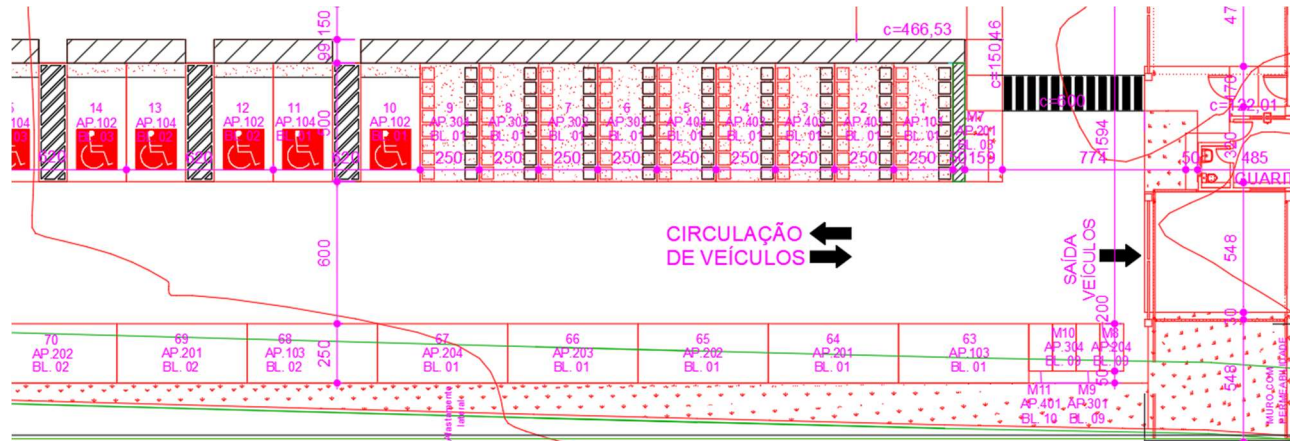
Figura 10 - Projeto de implantação do Condomínio B



Projeção - Circulação de veículos

Fonte: Autor (2024)

Figura 11 – Projeção da circulação de veículos do condomínio B



Fonte: Autor (2024)

4.4. Aplicação do IGG

Na fase de coleta de dados em campo, o estudo de caso envolveu visitas diretas aos condomínios A e B. O autor deste trabalho utilizou materiais de identificação, como trena metálica e giz, para uma catalogação meticulosa, e instrumentos de medida para uma avaliação detalhada das condições observadas dos pavimentos asfálticos e em blocos intertravados, como a treliça metálica (Figura 12) apresentada na norma DNIT 006/2003 – PRO.

Figura 12 - Treliça metálica

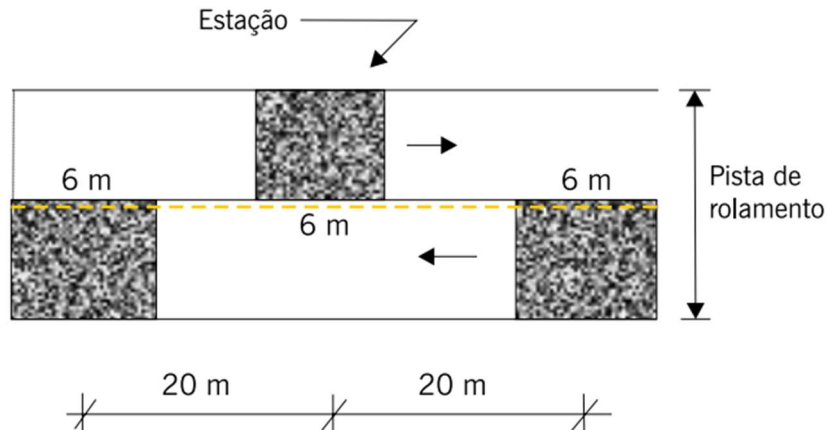


Fonte: Autor (2024)

Os trechos catalogados foram registrados por fotografias e lançados nas fichas de inspeção demonstrada no anexo B, conforme os anexos da norma DNIT 006/2003 – PRO, assim como no levantamento para avaliação da condição de superfície de pavimentos flexíveis, também estabelecido pelo DNIT (2003).

As estações de análise foram implantadas de acordo com a norma para o parâmetro de pistas simples, que consiste em estações inventariadas a cada 20 metros, sendo alternada a faixa de avaliação entre os eixos da pista, suas dimensões são de 3,0 metros antes e após a demarcação da estaca, de acordo com a Figura 13.

Figura 13 - Estações de verificação



Fonte: Bernucci, et al. (2022)

Para o cálculo do IGG foi utilizado uma planilha em excel similar a presente na norma do DNIT já citada. O primeiro passo foi quantificar as ocorrências das patologias. Logo após isso é utilizada a frequência absoluta, pois se a patologia "Fendas" aparecer mais de uma vez em uma estação é considerada apenas a fenda de maior severidade. Para os demais defeitos, são quantificadas de forma comum.

Em seguida, com posse de todas as frequências absolutas de cada defeito, foi realizado o cálculo das frequências relativas, valor esse que é encontrado dividindo as frequências absolutas pela quantidade de estações, conforme a Equação 1:

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

Onde:

Fr – Frequência relativa;

Fa – Frequência absoluta;

N – Número de estações inventariadas.

Após isso, foi utilizado o valor de cada frequência relativa para multiplicar pelo fator de ponderação presente em norma, de acordo com a Tabela 1, para obter assim o IGI (Índice de Gravidade Individual) de cada patologia.

Tabela 1 - Fator de ponderação dos defeitos

DEFEITO	Fator de Ponderação
Trincas isoladas, FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0,2
FC-2, J, TB	0,5
FC-3, JE, TBE	0,8
ALP, ATP, ALC, ATC	0,9
O, P, E	1
EX	0,5
D	0,3
R	0,6

Fonte: Adaptado de DNIT (2003)

Importante frisar que para efeito de cálculo, os defeitos classificados como Escorregamento e Exsudação, não foram considerados nas tabelas 3 e 4 das planilhas de cálculo do IGG, por serem típicos apenas do revestimento asfáltico.

Para as trilhas de rodas foi utilizado os fatores F (Média aritmética) e Fv (Variância). O valor F é obtido através da média dos parâmetros TRE (Trilha de roda externa) e TRI (Trilha de Roda Interna), conforme a Equação 02:

$$F = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

Onde:

F - Média aritmética dos valores das flechas medidas (TRI e TRE);

X_i – Valores individuais;

N - Número de estações inventariadas.

Já o valor Fv é obtido através da média aritmética das variâncias dos parâmetros TREv (Variâncias das flechas externas), TRIv (Variâncias das flechas internas), conforme Equação 3:

$$Fv = \sqrt{\frac{\sum (x_i - F)^2}{n-1}} \quad (3)$$

Onde:

Fv - Variância;

X_i – Valores individuais;

F - Média aritmética;

N - Número de estações inventariadas.

Para a média aritmética e a variância, o fator de ponderação aplicado em norma pode variar a partir dos seguintes critérios:

- 1) Quando a média aritmética for igual ou menor a 30, o fator de ponderação é igual a 4/3; Quando for acima de 30, o IGI é igual a 40;
- 2) Quando a média das variâncias for igual ou menor a 50, o fator de ponderação é igual a ela mesma; Quando acima de 50, o IGI é igual a 50.

Por fim, para o cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG), é usado a Equação 4:

$$IGG = \sum IGI \quad (4)$$

Onde:

IGG - Índice de Gravidade Global;

IGI - Índice de Gravidade Individual.

Calculado o IGG, pode-se definir a condição do pavimento avaliado, de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Tabela 2, apresentada na norma DNIT 006/2003 – PRO.

Tabela 2 - Conceitos do pavimento em função do IGG

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

Fonte: Adaptado de DNIT (2003)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Campo de estudo – Pavimento asfáltico

5.1.1. Patologias inspecionadas no Condomínio A

Durante a vistoria foi catalogado nas estações de amostragem uma quantidade de trincas transversais curtas, trincas longitudinais curtas e longas, trincas tipo “Jacaré” e tipo “Bloco”, “Panelas”, desgastes, remendos, afundamentos de consolidação local e afundamentos de trilha de roda, conforme demonstra o Apêndice B. As patologias encontradas foram devidamente registradas, conforme apêndice C, e explicitadas a seguir.

5.1.1.1. Trincas

Das 35 estações inspecionadas, esse grupo patológico foi observado em 18 delas, sendo 05 tipologias de trincas encontradas durante todo o percurso. Foi identificado uma frequência de 14% nas trincas longitudinais curtas, as trincas subsequentes mais encontradas foram as isoladas transversais curtas e as interligadas tipo “jacaré” sem erosão, ambas com 11% de aparência nas estações, as tipo bloco tiveram 9%, e a menos recorrente foi a longitudinal longa, com 6% vistoriado. A Figura 14 ilustra um exemplo de trinca longitudinal curta.

Figura 14 - Trinca longitudinal curta



Fonte: Autor (2024)

As causas para esse tipo de grupo patológico são diversas, o Quadro 2, apresentado no capítulo anterior, demonstra as possíveis causas desses defeitos, dentre elas pode-se destacar: A reflexão de juntas ou trincas e a retração por secagem da base ou da camada de revestimento.

5.1.1.2. Panela

Na vistoria, esse defeito foi registrado apenas na estação 24, com apenas 3% de frequência. As cavidades se formam devido à falta de aderência entre as camadas e o acúmulo de água em pavimentos com alta porcentagem de vazios, o que resulta na desagregação do revestimento, conforme mostra a Figura 15.

Figura 15 - Panela



Fonte: Autor (2024)

5.1.1.3. Desgaste

Diversos níveis de desgaste foram registrados no percurso, com 40% de frequência foi a patologia mais ocorrente em todo o revestimento. Sua causa mais comum é a combinação do tráfego intenso de veículos com as intempéries climáticas. A Figura 16 demonstra a gravidade deste defeito.

Figura 16 - Desgaste



Fonte: Autor (2024)

5.1.1.4. Remendo

Na vistoria, essa patologia foi registrada em duas estações, com 6% de frequência. De acordo com a norma DNIT 005/2003-TER o remendo pode ser classificado em superficial e profundo, dependendo do grau de severidade do qual o buraco ou panela foi corrigido, os remendos sempre estarão atrelados às operações chamadas de “tapa-buraco”. A Figura 17 mostra um exemplo de remendo superficial.

Figura 17 - Remendo superficial



Fonte: Autor (2024)

5.1.1.5. Afundamentos

Foi identificada, durante a vistoria, uma frequência de 20% em afundamentos de consolidação local. Em seguida, foram observados afundamentos nas trilhas de roda interna e externa, ambas com 3% de ocorrência nas estações. A trilha com maior deformação foi a interna da estação 08, com 3 mm de deflexão. As causas desses tipos de patologia são diversas; o Quadro 3, no capítulo anterior, demonstra as possíveis causas desses defeitos, e a Figura 18 apresenta um exemplo. Dentre as principais causas, destacam-se a fluência plástica e a consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito.

Figura 18 - Afundamento de trilha de roda

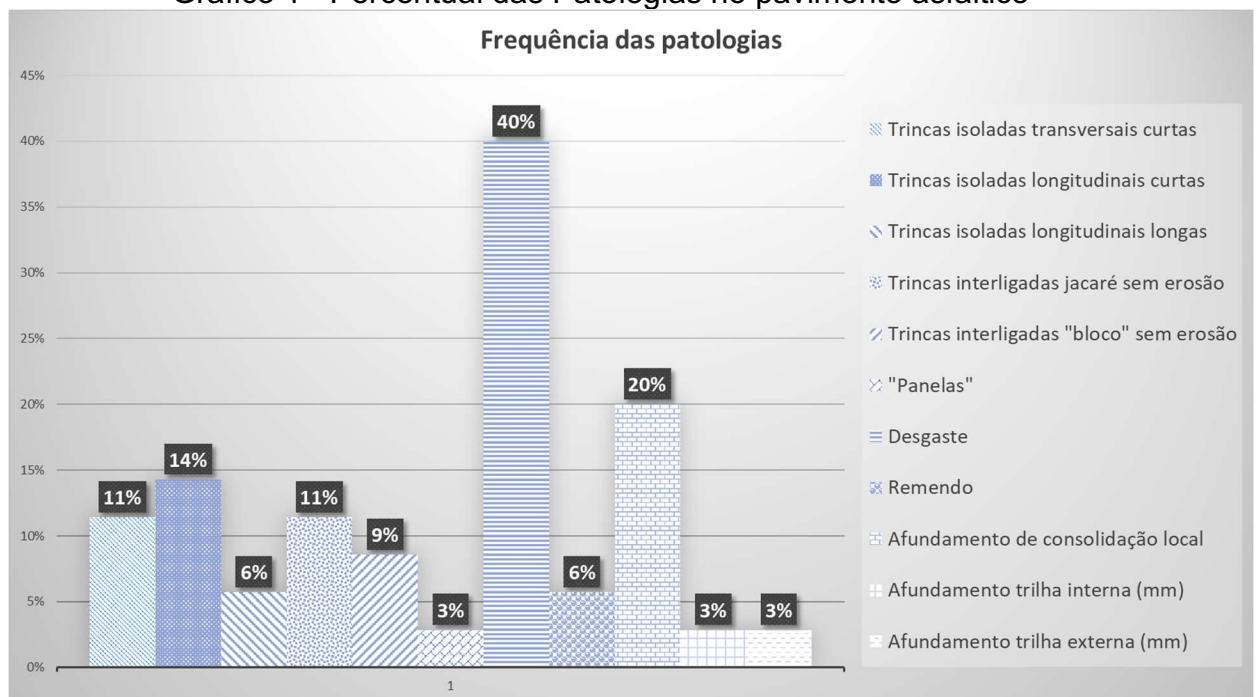


Fonte: Autor (2024)

5.1.2. Análise dos dados obtidos – Qualidade do pavimento asfáltico no Condomínio A

No Gráfico 1 nota-se as porcentagens dos defeitos presentes no pavimento asfáltico, o defeito mais perceptível e recorrente foram os desgastes, presentes em 40% das estações, seguido dos afundamentos de consolidação locais e subsequente as trincas isoladas longitudinais curtas.

Gráfico 1 - Percentual das Patologias no pavimento asfáltico



Fonte: Autor (2024)

De acordo com o levantamento realizado, foi compilado a quantidade de defeitos encontrados na planilha de cálculo da Tabela 3, conforme especifica a norma do DNIT – 006/2003 – PRO. O resultado do IGG foi de 52,90, que se enquadra como “Regular” pela classificação do DNIT.

Tabela 3 - Planilha de cálculo do IGG para revestimento asfáltico

Planilha de cálculo do IGG						
Revestimento: Pavimento asfáltico						
Tipo	DEFEITO	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	IGI	OBS
1	Trincas isoladas, FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	11	31,4	0,2	6,3	
2	FC-2,J,TB	7	20,0	0,5	10,0	
3	FC-3,JE,TBE	0	0,0	0,8	0,0	
4	ALP,ATP,ALC,ATC	7	20,0	0,9	18,0	
5	O,P,E	1	2,9	1	2,9	
6	EX	0	0,0	0,5	0,0	
7	D	14	40,0	0,3	12,0	
8	R	2	5,7	0,6	3,4	
9	Média aritmética dos valores das flechas medidas em mm nas TRI e TER	FRI= 0,09	FRE= 0,06	F= 0,07	0,0952	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	FRIv= 0,26	FREv= 0,11	Fv= 0,19	0,19	
N° Estações		35,00	Índice de Gravidade Global		52,9	REGULAR

Fonte: Autor (2024)

5.1.3. Soluções

As propostas de solução para as patologias encontradas no pavimento asfáltico, tratadas a seguir, foram referenciadas por Bernucci et al. (2022) em seu livro *Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros*.

a) Trincas

Com muita diversidade de trincas isoladas nas estações, sugere-se que a solução mais viável e eficiente seja o tratamento por selagem. Já para as trincas interligadas do tipo “jacaré”, ocasionadas pela passagem repetida dos veículos, propõe-se a execução de uma capa selante com lama asfáltica.

b) Panela

Esse defeito pode ter várias causas. Na amostragem feita no condomínio, foi encontrada uma panela com pequenas dimensões. Como solução, pode-se aplicar um pequeno remendo na área desagregada.

c) Desgastes

A patologia mais evidenciada em todo o trajeto, provocada pelos esforços

causados pelo tráfego e, muitas vezes, atrelada ao mal dimensionamento do material asfáltico utilizado na execução do revestimento, pode ser tratada com a aplicação de uma camada fina de lama asfáltica para a restauração da superfície.

d) Afundamentos

Os afundamentos vistoriados classificam-se como de consolidação, pois são causados pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento e não são acompanhados de solevamento. Como solução, pode-se propor uma recomposição com microrrevestimento asfáltico.

Quadro 11 - Resumo das soluções propostas para o revestimento asfáltico do Condomínio A

PATOLOGIA	SOLUÇÃO
Trincas isoladas	Tratar com sela trincas
Trincas tipo "jacaré"	Executar uma capa selante com lama asfáltica
Panelas	Aplicar um pequeno remendo na área desagregada.
Desgastes	Aplicar uma camada fina de lama asfáltica, para restauração da superfície.
Afundamentos	Recompôr a superfície com microrrevestimento asfáltico.

Fonte: Autor (2024)

Para o campo amostral do condomínio A, foi compilado as proposições de soluções para cada estação avaliada, englobando os defeitos com maior ponderação para que se pudesse equacionar cada solução. Conforme Quadro 9, a proposta a ser mais utilizada no condomínio pode ser a execução de Lama asfáltica.

Quadro 12 - Equacionamento de soluções do condomínio A

SOLUÇÃO	ESTAÇÕES
Sela trincas	06, 08, 13, 16, 27, 28
Capa selante com lama asfáltica	01, 10, 12, 14, 17, 18, 20, 22, 23, 26, 28, 30, 32, 35
Remendo	24
Microrrevestimento asfáltico	02, 03, 04, 11, 15, 21, 31, 34

Fonte: Autor (2024)

5.2. Campo de estudo – Pavimento em blocos intertravados

5.2.1. Patologias inspecionadas no condomínio B

Durante a vistoria foi catalogado nas estações de amostragem uma quantidade de trincas transversais curtas, trincas longitudinais longas, “Panelas”, afundamentos plásticos locais e afundamentos de trilha de roda, as patologias encontradas foram devidamente registradas, conforme apêndice F, e explicitadas a seguir.

5.2.1.1. Peças trincadas

Das 23 estações inspecionadas, essa patologia foi observada em 14 delas, sendo o defeito mais comum em todo o pavimento, com uma frequência de ocorrência das trincas transversais curtas de 57% e as longitudinais longas de 4%. Sua abertura é superior do que a das fissuras e é facilmente visível a olho nu. A Figura 19 ilustra a gravidade na superfície.

Figura 19 - Peças com trincas isoladas transversais curtas



Fonte: Autor (2024)

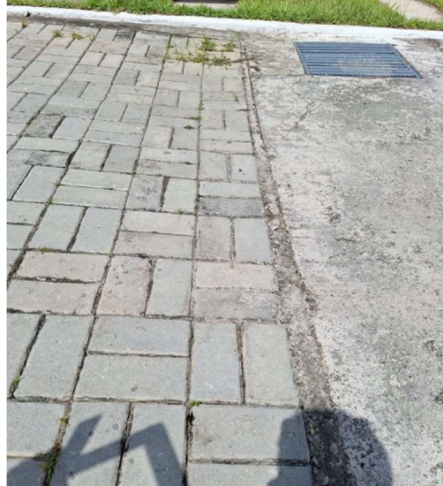
Este tipo de patologia pode se apresentar como trincas isoladas e interligadas, sendo elas transversais, como a Figura 19 ou longitudinais, se categorizando como curtas ou longas.

5.2.1.2. Afundamentos

Os afundamentos são classificados em plásticos e de consolidação. Os afundamentos plásticos ocorrem devido à fluência plástica de uma ou mais camadas

do pavimento ou do subleito, enquanto os afundamentos de consolidação resultam da consolidação diferencial em camadas do pavimento ou do subleito. Ambos são diferenciados pela extensão do defeito, podendo ser localizados ou em trilhas. Nas estações vistoriadas, foram identificados afundamentos plásticos locais com uma frequência de 52%, conforme exemplificado na Figura 20.

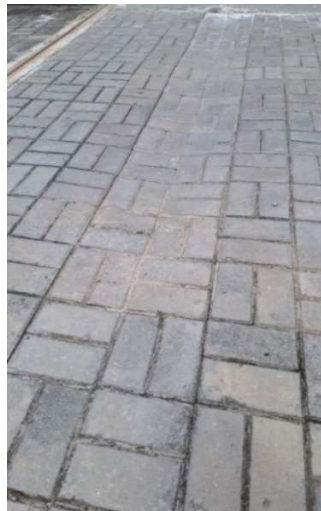
Figura 20 - Afundamento local



Fonte: Autor (2024)

Os afundamentos com trilhas de rodas estavam frequentes nas estações e foram divididos por trilhas internas (TRI), com 4% de ocorrência, e externas (TRE), com 22% de ocorrência, as medidas foram registradas na planilha do apêndice E, para coleta de dados do cálculo do IGG.

Figura 21 - Afundamento com trilha de rodas



Fonte: Autor (2024)

5.2.1.3. Pannels

No segmento vistoriado, essa patologia foi registrada em uma estação, com apenas 4% de frequência de ocorrência. As pannels ou buracos são cavidades que se formam no revestimento devido à falta de intertravamento das peças e má execução do assentamento, o que resulta na desagregação do revestimento.

Figura 22 - Pannels (Buraco)

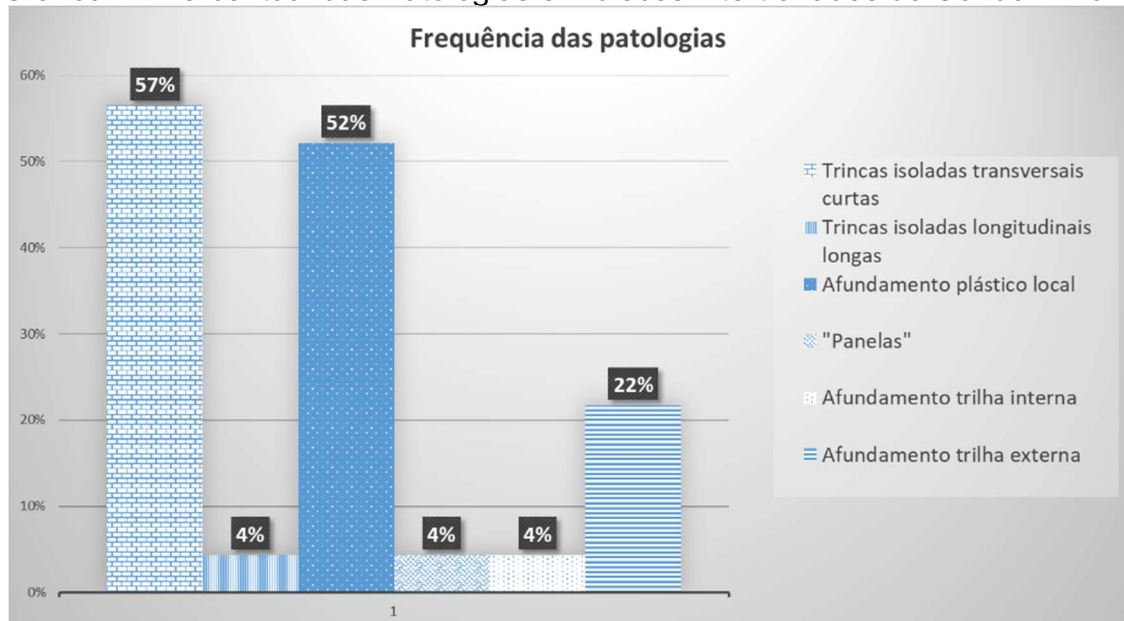


Fonte: Autor (2024)

5.2.2. Análise dos dados obtidos

No gráfico 2 nota-se as porcentagens dos defeitos presentes no pavimento em blocos intertravados do condomínio B, o defeito mais perceptível e recorrente foi as trincas do tipo transversais curtas, presentes em 57% das estações, seguido dos afundamentos plásticos locais e subsequente os afundamentos de trilha externa.

Gráfico 2 - Percentual das Patologias em blocos intertravados do Condomínio B



Fonte: Autor (2024)

De acordo com o levantamento realizado, foi compilado a quantidade de defeitos encontrados na planilha de cálculo da Tabela 4, conforme especifica a norma do DNIT – 006/2003 – PRO, o resultado do IGG foi de 108,50, que se enquadra como “Ruim” pela classificação do DNIT.

Tabela 4 - Planilha de cálculo do IGG para blocos intertravados

Planilha de cálculo do IGG						
Revestimento: Blocos intertravados de concreto						
Tipo	DEFEITO	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Fator de Ponderação	IGI	OBS
1	Trincas isoladas, FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	14	60,9	0,2	12,2	
2	FC-2,J,TB	0	0,0	0,5	0,0	
3	FC-3,JE,TBE	0	0,0	0,8	0,0	
4	ALP,ATP,ALC,ATC	12	52,2	0,9	47,0	
5	O,P,E	1	4,3	1	4,3	
6	EX	0	0,0	0,5	0,0	
7	DEFEITO	0	0,0	0,3	0,0	
8	R	0	0,0	0,6	0,0	
9	Média aritmética dos valores das flechas medidas em mm nas TRI e TER	FRI=	FRE=	F=	3,2174	
		0,57	4,26	2,41		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	FRIv=	FREv=	Fv=	41,77	
		7,35	76,20	41,77		
Nº Estações		23,00	Índice de Gravidade Global		108,5	RUIM

Fonte: Autor (2024)

5.2.3. Soluções

As propostas de solução para as patologias encontradas no pavimento em blocos intertravados, tratadas a seguir, foram referenciadas pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2010) em seu manual *Manual Pavimento Intertravado: Passeio Público*.

a) Trincas

As trincas são fendas, divididas pela sua severidade, e são causadas pela ação do tráfego ou pela baixa resistência do bloco quanto à compressão, para as fendas encontradas no pavimento em questão, podem ser solucionadas com a substituição dos blocos danificados e refeito o rejuntamento e compactação da superfície afetada.

b) Afundamentos

Como os afundamentos plásticos encontrados tiveram deflexões pequenas, a principal causa pode ser a fluidez de uma ou mais camadas subjacentes ao

revestimento que já estão causando irregularidades na superfície, como a má compactação da base e sub-base, como solução pode-se promover uma recomposição das bases, realizando uma nova compactação e repavimentando a área afetada, nivelando à superfície.

c) Painelas

As painelas podem ser causadas pela ação do tráfego de forma intensa associado a falta de material de enchimento das juntas, assim como pode ser a falta de intertravamento dos blocos de concreto. Para a painela encontrada, como medida mitigadora pode-se retirar as peças danificadas, preencher novamente a base e repavimentar a área afetada.

Quadro 13 - Resumo das soluções em blocos intertravados do Condomínio B.

PATOLOGIA	SOLUÇÃO
Trincas	Substituição dos blocos danificados, refazer o rejuntamento e compactação da superfície afetada.
Afundamentos	Recomposição das bases, realizando uma nova compactação e repavimentação a área afetada, nivelando à superfície
Painelas	Retirar as peças danificadas, preencher novamente a base e repavimentar a área afetada.

Fonte: Autor (2024)

Para o campo amostral do condomínio B, foi compilado as proposições de soluções para cada estação avaliada, englobando os defeitos com maior ponderação para que se pudesse equacionar cada solução. Conforme Quadro 11, a proposta a ser mais utilizada no condomínio pode ser a recomposição da base e repavimentação da área afetada.

Quadro 14 - Equacionamento de soluções do condomínio B

SOLUÇÃO	ESTAÇÕES
Substituição dos blocos danificados e refazer o rejuntamento	05, 06, 07, 08, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 23
Recomposição da base e repavimentar área afetada	01, 02, 03, 04, 09, 10, 11, 12, 13, 17, 21, 22

Fonte: Autor (2024)

6. CONCLUSÃO

O estudo do pavimento asfáltico, implantado no condomínio A, analisado conforme a norma para avaliação objetiva de pavimentos flexíveis e semirrígido, DNIT 006/2003 – PRO, provou por meio das estações amostradas uma condição de desempenho funcional “Regular”, contendo um resultado de 52,90 do IGG.

Ademais, o pavimento executado em blocos intertravados, implantado no condomínio B, analisado conforme a mesma norma, DNIT 006/2003 – PRO, provou por meio das estações amostradas uma condição de desempenho funcional “Ruim”, contendo um resultado de 108,50 do IGG.

Ambos os pavimentos estudados estão sujeitos ao tráfego de veículos de passeio. O condomínio A consta com 07 meses submetido ao tráfego de 416 veículos, em comparação com o condomínio B que está a 10 meses submetido ao tráfego de 208 veículos. Percebe-se então que em a comparação entre as duas metodologias de execução em vista da norma 006/2003 do DNIT, o pavimento asfáltico mostrou-se melhor na classificação de superfície em contraste com o pavimento intertravado, pois tendo apenas diferença de 03 meses de vida, o revestimento asfáltico apresentou melhores resultados quanto à sua condição de superfície.

Em paralelo aos resultados comparativos, fica claro que faz-se necessário o uso de intervenções nos dois condomínios avaliados, para que a condição de mobilidade dos condôminos seja classificada como boa ou ótima, portanto foi discutido possíveis soluções a serem aplicadas para cada tipo de patologia encontrada. Importante frisar que deve se fazer uma avaliação mais detalhada, com uma pesquisa em toda a extensão dos condomínios, para se ter conhecimento de todas as patologias presentes.

Por fim, vale destacar que a ausência de manutenções preventivas torna a reparação das patologias de qualquer pavimento mais oneroso, e com o adiamento destas manutenções, os defeitos já existentes virão a se agravar por fragilidade de suporte das camadas atingidas inicialmente, diminuindo sua vida útil.

REFERÊNCIAS

ABRAMS, S. The unseen history of our roads. 2013. Disponível em: <https://www.roadandtrack.com/car-culture/a4447/the-road-ahead-road-evolution/>. Acesso em: 05/04/2024.

ALBERGARIA, Danilo. As primeiras estradas de rodagem do Brasil. In: **As primeiras estradas de rodagem do Brasil**. 330. ed. Brasil: Pesquisa FAPESP, ago 2023. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/as-primeiras-estradas-de-rodagem-do-brasil/>. Acesso em: 05/04/2024.

ALMEIDA, Marina Bedeschi Dutra; PAIVA, Igor Vinícius Silva. **Levantamento das Patologias no Calçamento da Cidade de Ouro Preto, Mg, Visando Melhorar o seu Gerenciamento**. Congresso de pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, Balneário Camboriú-SC, 33, p. (1106 - 1114), novembro, 2019.

BBC NEWS. **Onde a roda foi inventada - e por que demoramos tanto para criá-la**. In: G1 (ed.). Brasil: G1, 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/onde-a-roda-foi-inventada-e-por-que-demoramos-tanto-para-cria-la.ghtml>. Acesso em: 05/04/2024.

BERNUCCI, L. B. Et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2ª ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2022.

CARVALHO, Marcos D. Associação Brasileira de Cimento Portland – Estudo Técnico – Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto. São Paulo, junho de 1998.

CRUZ, Luiz M. Pavimento intertravado de concreto: estudo dos elementos e métodos de dimensionamento. 2003, 281 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. 007/2003 – PRO: Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semi-rígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. Manual de Pavimentação. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 3ª ed. Rio de

Janeiro, 2006.

FIORITI, Cesar Fabiano; INO, Akemi; AKASAKI, Jorge Luís. Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 43–54, out./dez. 2007.

HARARI, Y. N. **Sapiens, uma breve história da humanidade**. L&PM, 19. Ed., 2017.

PORTLAND, Associação Brasileira de Cimento. Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010.

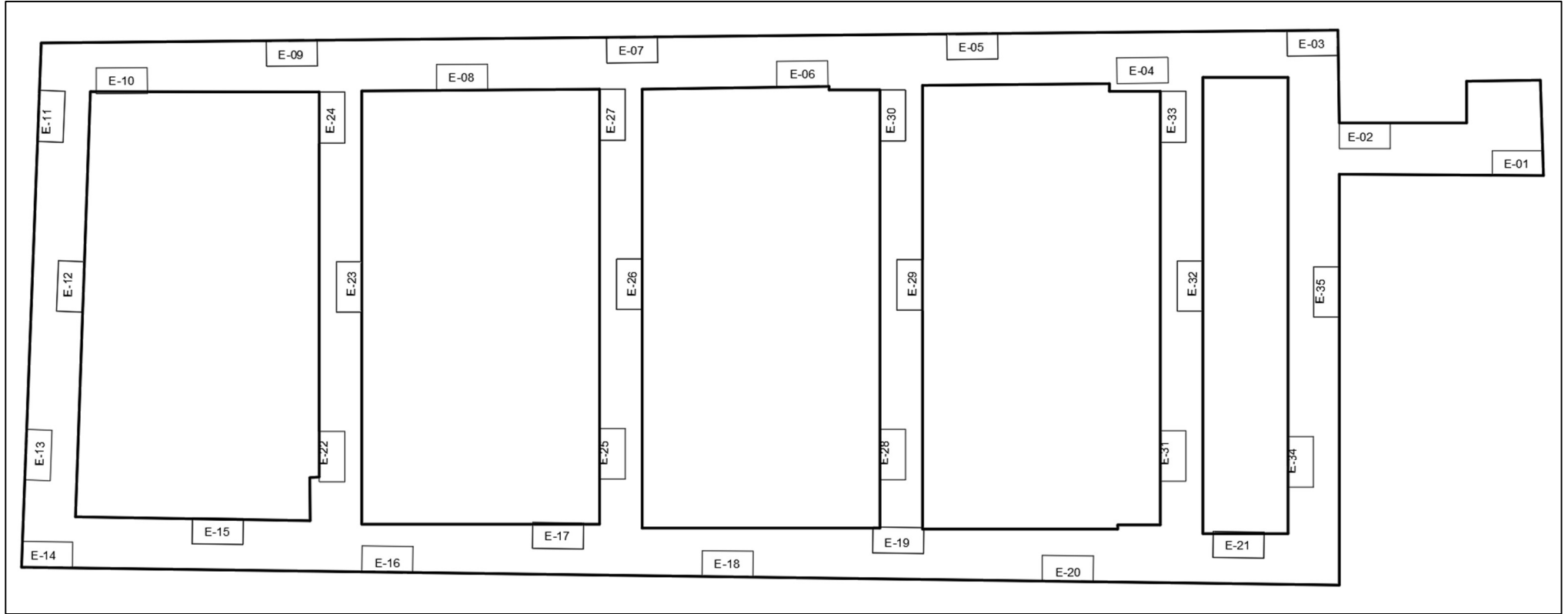
VARDANEGA JUNIOR, Luiz Ilson. **Hidroplanagem: caracterização e análise da incidência em rodovias**. 2009.

VASCONCELOS, Ieda. “Construção Civil mostra sua força e cresce acima da economia nacional”. **Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC)**, v.01, p. 08, 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/patrocinado/dino/noticia/2023/04/26/setor-da-construcao-civil-deve-crescer-25-em-2023.ghtml>. Acesso em: 16/09/2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ESTAÇÕES DE VERIFICAÇÃO DO CONDOMÍNIO A

Estações 01 a 35



Fonte: Autor (2024)

APÊNDICE B – VERIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS NO PAVIMENTO ASFÁLTICO

		Rodovia: Condomínio A																																				
		Estação:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
		Faixa:		D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
Tipo	OK	Sem defeitos																																				
1	FI	Fissuras																																				
FC-1	TTC	Trincas isoladas transversais curtas																																				
	TTL	Trincas isoladas transversais longas																																				
	TLC	Trincas isoladas longitudinais curtas																																				
	TLL	Trincas isoladas longitudinais longas																																				
	TRR	Trincas isoladas devido à retração																																				
2	J	Trincas interligadas jacaré sem erosão																																				
FC-2	TB	Trincas interligadas "bloco" sem erosão																																				
3	JE	Trincas interligadas jacaré com erosão																																				
FC-3	TBE	Trincas interligadas "bloco" com erosão																																				
4	ALP	Afundamento plástico local																																				
	ATP	Afundamento plástico da trilha																																				
5	O	Ondulação/Corrugação																																				
	P	"Painelas"																																				
6	EX	Exsudação																																				
7	D	Desgaste																																				
8	R	Remendo																																				
	ALC	Afundamento de consolidação local																																				
	ATC	Afundamento de consolidação da trilha																																				
	E	Escorregamento																																				
	TRI	Afundamento trilha interna (mm)																																				
	TRE	Afundamento trilha externa (mm)																																				

Fonte: Autor (2024)

APÊNDICE C – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DAS PATOLOGIAS NO PAVIMENTO ASFÁLTICO

Estação 01 - Remendo	Estação 01 - Desgaste	Estação 02 - afundamento consolidação local
		

Fonte: Autor (2024)

Estação 03 - Desgaste	Estação 03 - Remendo	Estação 03 - afundamento consolidação local
		

Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)



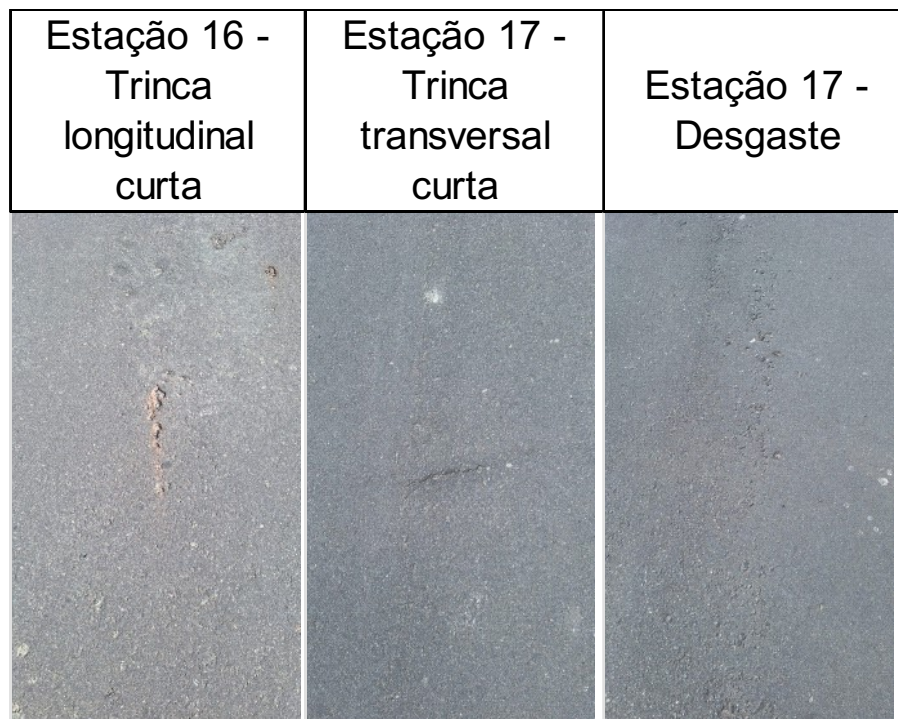
Fonte: Autor (2024)



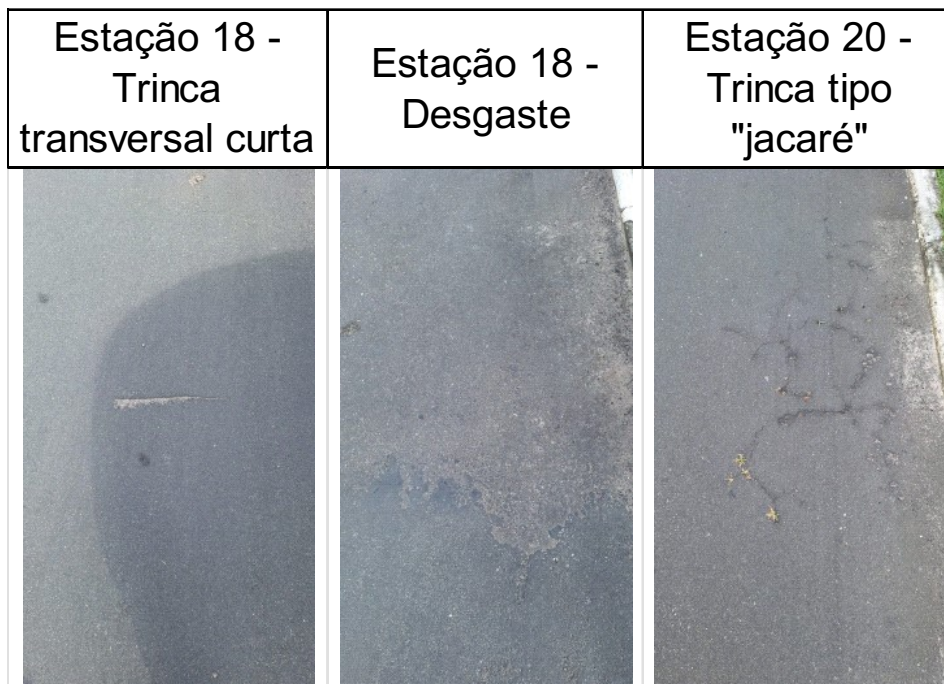
Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)



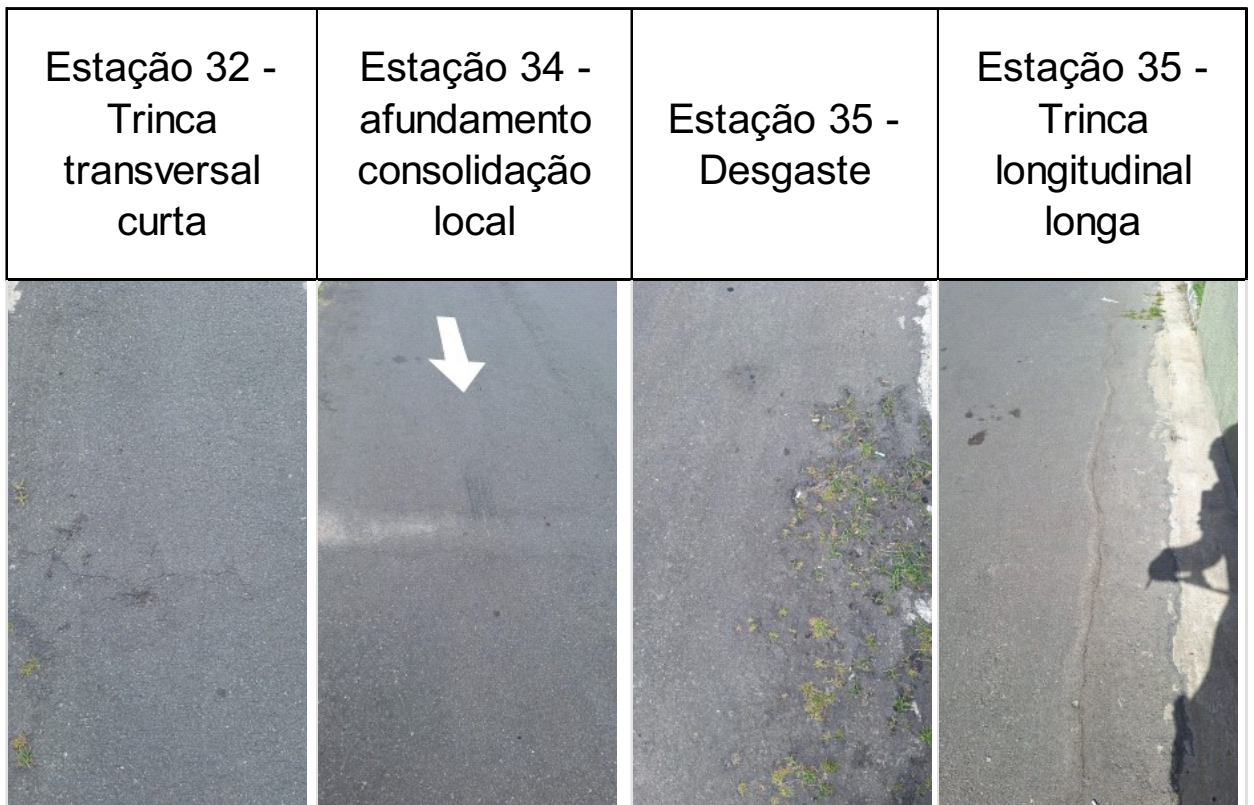
Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)



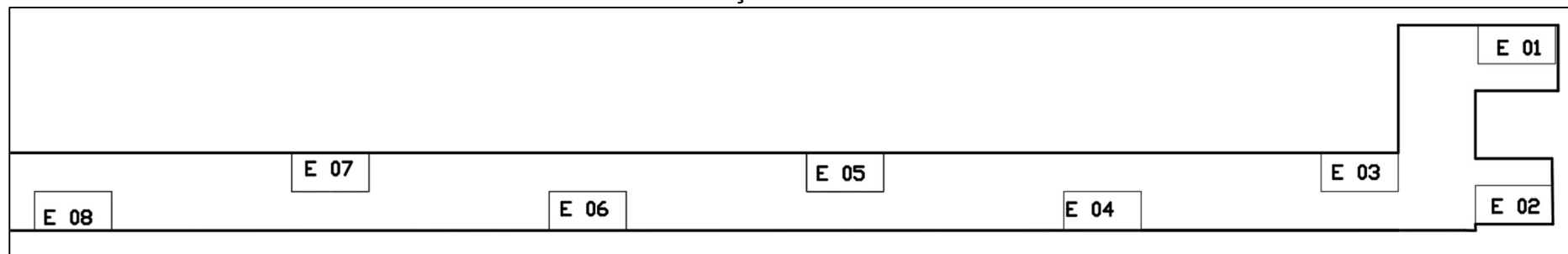
Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)

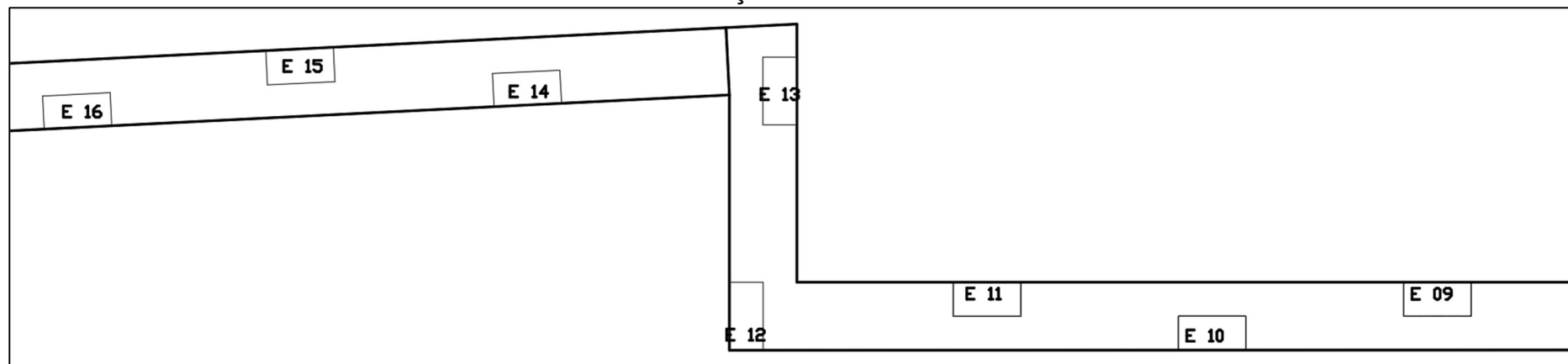
APÊNDICE D – ESTAÇÕES DE VERIFICAÇÃO DO CONDOMÍNIO B

Estações 1 a 08



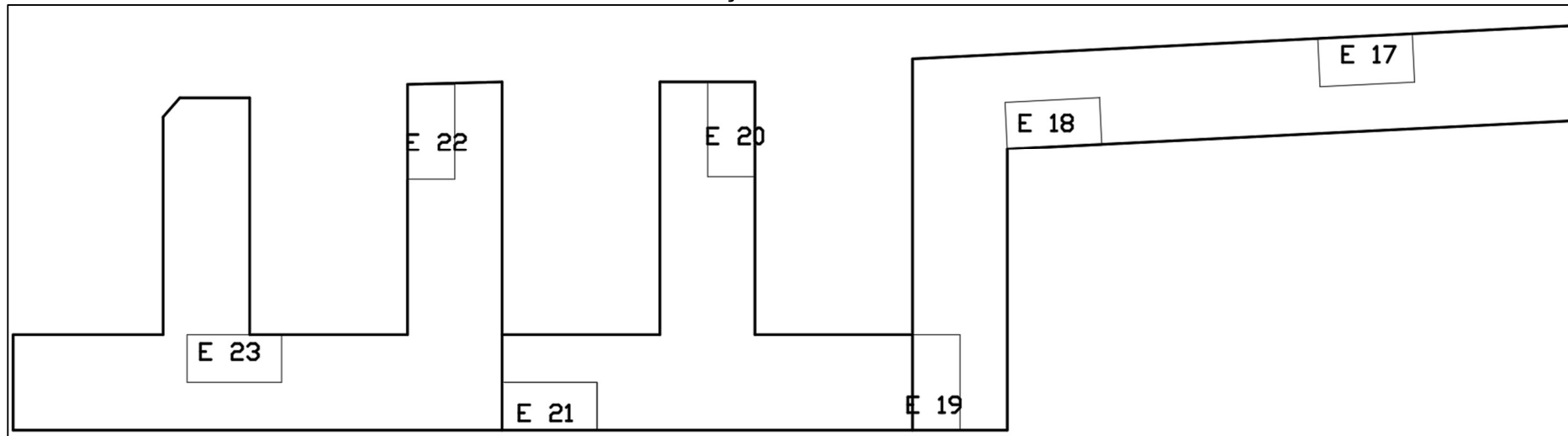
Fonte: Autor (2024)

Estações 9 a 16



Fonte: Autor (2024)

Estações 17 a 23



Fonte: Autor (2024)

APÊNDICE E – VERIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS NO PAVIMENTO EM BLOCOS INTERTRAVADOS

		Rodovia: Condomínio B																								
		Estação:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
		Faixa:		D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
Tipo	OK	Sem defeitos																								
1	FI	Fissuras																								
FC-1	TTC	Trincas isoladas transversais curtas		X		X	X	X	X	X							X	X	X		X	X	X			X
	TTL	Trincas isoladas transversais longas																								
	TLC	Trincas isoladas longitudinais curtas																								
	TLL	Trincas isoladas longitudinais longas	X																							
	TRR	Trincas isoladas devido à retração																								
2	J	Trincas interligadas jacaré sem erosão																								
FC-2	TB	Trincas interligadas "bloco" sem erosão																								
3	JE	Trincas interligadas jacaré com erosão																								
FC-3	TBE	Trincas interligadas "bloco" com erosão																								
4	ALP	Afundamento plástico local	X	X	X	X					X	X	X	X	X					X				X	X	
	ATP	Afundamento plástico da trilha																								
5	O	Ondulação/Corrugação																								
	P	"Painéis"	X																							
6	EX	Exsudação																								
7	D	Desgaste																								
8	R	Remendo																								
	ALC	Afundamento de consolidação local																								
	ATC	Afundamento de consolidação da trilha																								
	E	Escorregamento																								
	TRI	Afundamento trilha interna (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TRE	Afundamento trilha externa (mm)	30	15	20	0	0	0	0	0	20	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autor (2024)

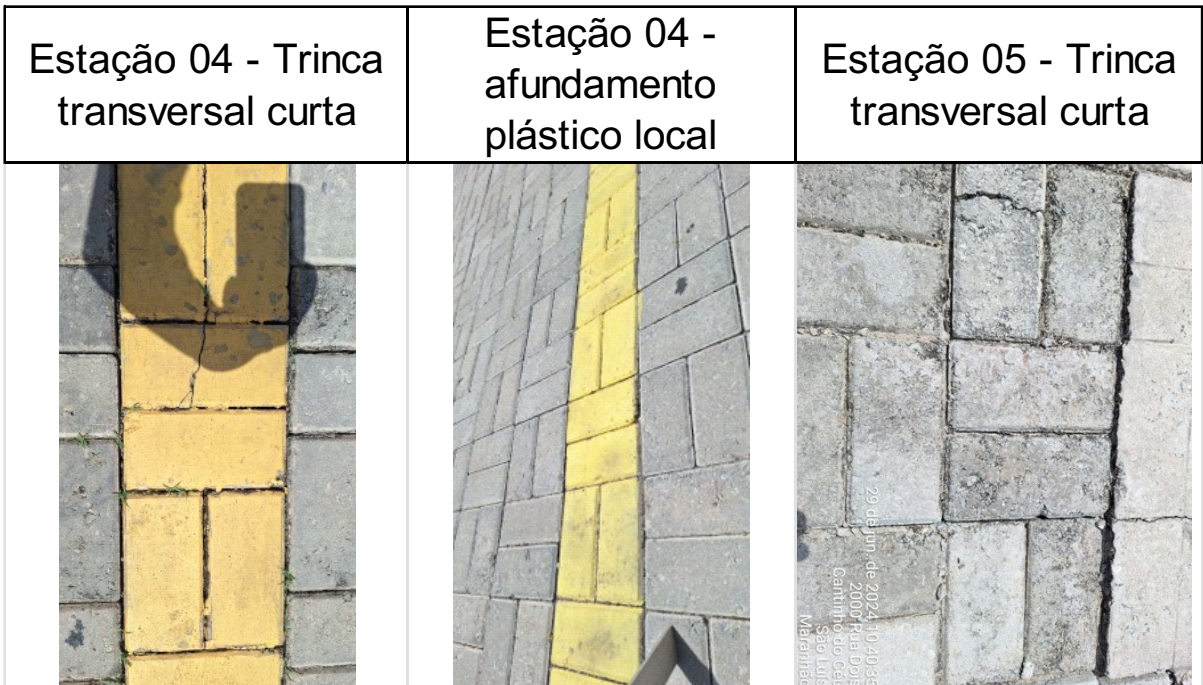
**APÊNDICE F – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DAS PATOLOGIAS NO
PAVIMENTO EM BLOCOS INTERTRAVADOS**

Estação 01 - Trinca longitudinal longa	Estação 01 - afundamento plástico local	Estação 01 - Panela
		

Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)



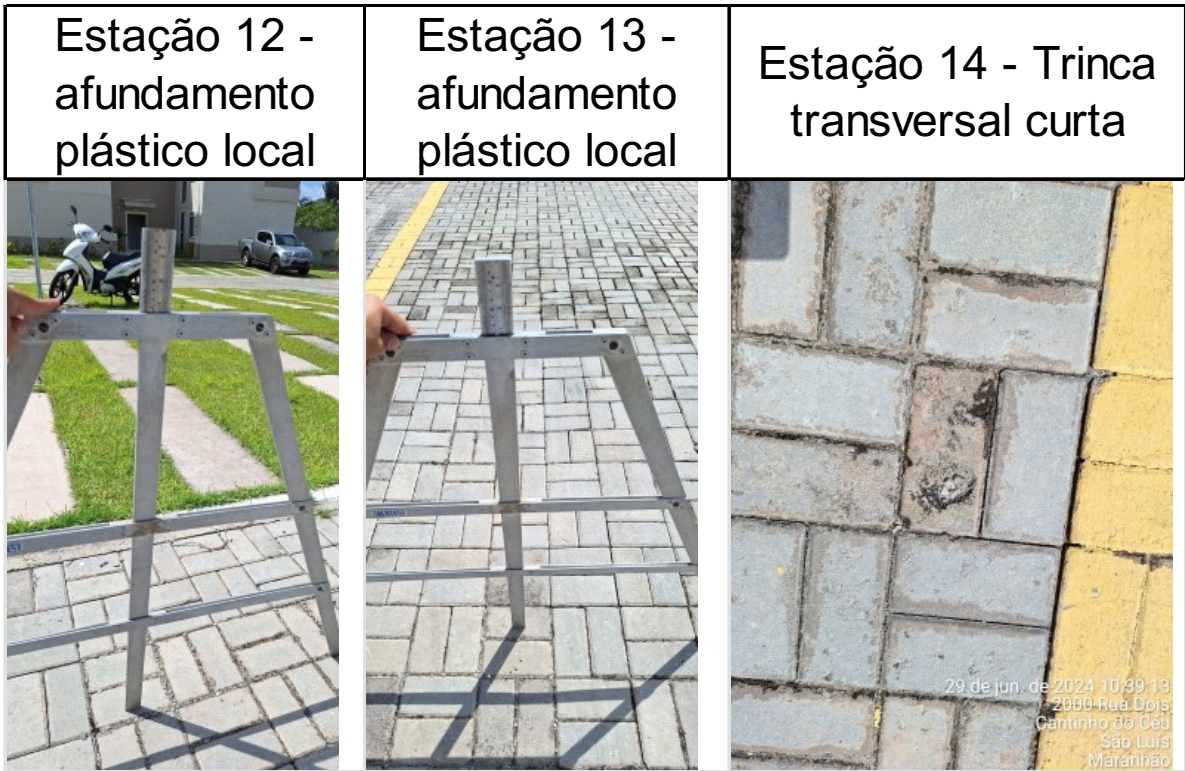
Fonte: Autor (2024)



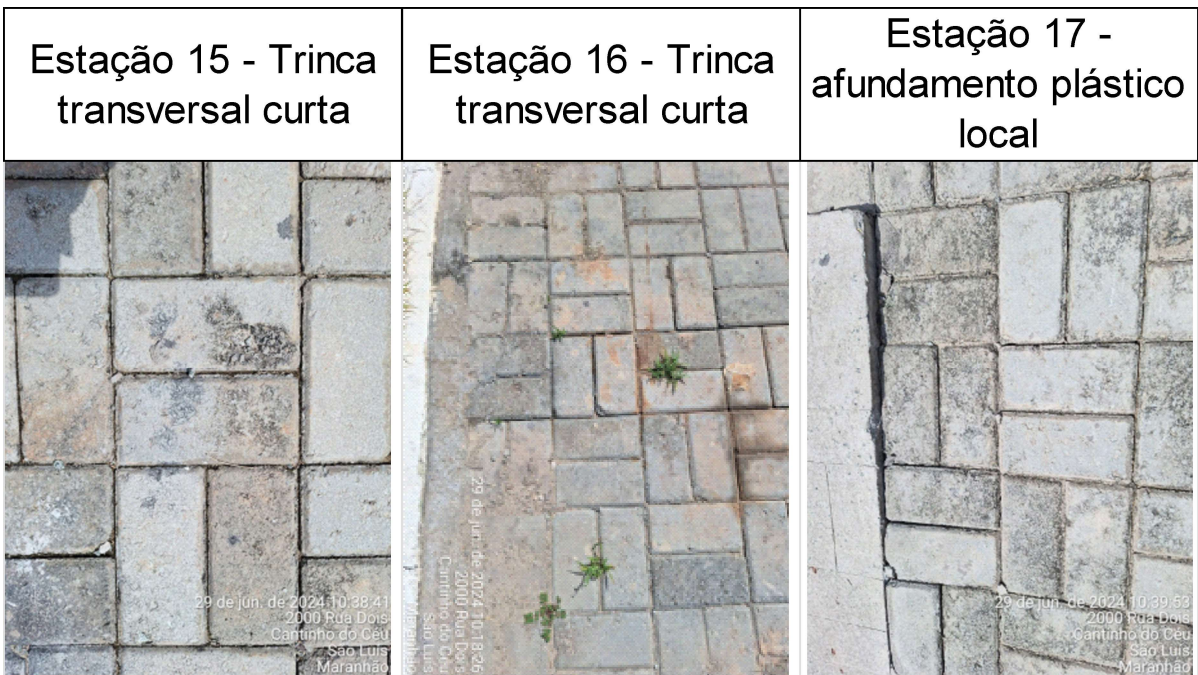
Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)



Fonte: Autor (2024)

ANEXOS

ANEXO A – PLANILHA DE CÁLCULO DO IGG APRESENTADO NA NORMA - 006/2003 - PRO

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

