

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**EDSON GUILHERME DA SILVA LIMA
IURI PEIXOTO DE MAGALHÃES**

**PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO PAVIMENTO RÍGIDO
ESTUDO DE CASO**

**RECIFE
2023**

**PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO PAVIMENTO RÍGIDO
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Disciplina TCC II do Curso de engenharia civil do Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Orientador(a): Prof. Janilson Alves Ferreira

RECIFE
2023

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

L732p Lima, Edson Guilherme da Silva.
Principais manifestações patológicas no pavimento rígido estudo de caso/ Edson Guilherme da Silva Lima; Iuri Peixoto de Magalhães. - Recife: O Autor, 2023.
26 p.

Orientador(a): Dr. Janilson Alves Ferreira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA. Bacharelado em Engenharia Civil, 2023.

Inclui Referências.

1. Pavimento rígido. 2. Concreto. 3. Defeitos. 4. ICP. I. Magalhães, Iuri Peixoto de. II. Centro Universitário Brasileiro. - UNIBRA. III. Título.

CDU: 624

RESUMO

Este trabalho visa uma avaliação sobre as principais condições problemáticas encontradas nos pavimentos rígidos. Onde essas condições são apontadas de maneira com as seguintes manifestações patológicas estruturais como fissuras, trincas e desgaste. Em seguida, são identificadas possíveis causas para esses problemas, como erros na construção do pavimento, uso de materiais duvidosos e o fluxo de veículos na área onde foi feito o estudo.

À medida que possa assimilar a condição do pavimento e determinar se ele possui vida útil remanescente ou requer alguma intervenção, surge a necessidade de métodos de avaliação de pavimentos. O objetivo desta aquisição é coletar dados relacionados à caracterização física e ao desempenho estrutural, permitindo uma avaliação mais precisa das condições atuais do pavimento existente em uma das principais vias de acesso ao bairro do Jordão - Recife, descrevendo minuciosamente as imperfeições e em seguida, calculando o índice de condição do pavimento (ICP).

Palavras-chave: Pavimento rígido, concreto, defeitos, ICP

Abstract

This work aims to assess the main problematic conditions found in rigid sidewalks. These conditions are identified by the following structural pathological manifestations: cracks, spalling and wear. Possible causes of these problems are then identified, such as errors in the construction of the sidewalk, the use of dubious materials and the flow of vehicles in the area where the study was carried out.

In order to assimilate the condition of the sidewalk and determine whether it has a useful life remaining or requires some intervention, the need for sidewalk evaluation methods arises. The aim of this acquisition is to collect data related to physical characterization and structural performance, allowing for a more accurate assessment of the current condition of the existing sidewalk on one of the main access roads to the Jordão - Recife district, describing the imperfections in detail and then calculating the sidewalk condition index (PCI).

Keywords: Rigid sidewalk, concrete, defects, ICP

Lista de Ilustrações

Figura 1: Seção do dimensionamento do pavimento flexível.....	14
Figura 2: Seção do dimensionamento do pavimento rígido.....	15
Figura 3: Seção do dimensionamento do pavimento semi-rígido.....	15
Figura 4: Esborcinamento ou quebra de canto.....	18
Figura 5: Placa bailarina.....	19
Figura 6: Recuperação das Juntas – Resselagem.....	22
Figura 7: Conceitos dos pavimentos em função do ICP.....	27
Figura 8: Imagem de satélite da área em estudo.....	29
Figura 9: Ficha de inspeção da Avenida Maria Irene.....	34
Figura 10: Quebras de canto e falha na selagem.....	37
Figura 11: Quebras de canto e falha na selagem.....	38
Figura 12: Deformação Plástica.....	39
Figura 13: Fissuras Superficiais.....	40

GRÁFICOS

Gráfico 1: Caracterização do tráfego na via	30
Gráfico 2: Caracterização do tráfego na via	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CVD – Valor deduzível

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura e Trânsito

ICP - Índice de Condição do Pavimento

PCI - Pavement Condition Index

VDT – Valor deduzível total

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Volume de Tráfego	30
Tabela 2: Volume de Tráfego	31
Tabela 3: Quantitativo de defeitos por placa.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVO.....	11
2.1. Objetivo Geral.....	11
2.2. Objetivo Específico.....	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1. Definição de Pavimento.....	12
3.2. Tipos de Pavimentos.....	13
3.2.1. <i>Pavimentos Flexíveis</i>	14
3.2.2. <i>Pavimentos Rígidos</i>	14
3.2.3. <i>Pavimento semi-rígido</i>	15
3.3. Patologia das Construções.....	16
3.3.1. <i>Principais patologias encontradas em pavimentos rígidos</i>	17
3.3.2. <i>Alçamento de placas</i>	17
3.3.3. <i>Fissura de canto</i>	17
3.3.4. <i>Placa dividida</i>	18
3.3.5. <i>Escalonamento nas juntas</i>	18
3.3.6. <i>Falha na selagem das juntas</i>	18
3.3.7. <i>Fissuras lineares</i>	18
3.3.8. <i>Quebras localizadas</i>	18
3.3.9. <i>Pequenos reparos</i>	19
3.3.10. <i>Grandes reparos</i>	19
3.3.11. <i>Placa “bailarina”</i>	19
3.4. Restauração e Melhorias.....	19
3.4.1. <i>Recuperação das Juntas</i>	20
3.4.2. <i>Recuperação de Fissuras</i>	22
3.4.3. <i>Irregularidades existentes na superfície da placa</i>	23
3.4.4. <i>Escalonamento</i>	24
3.5. Falhas críticas quanto ao desempenho e segurança.....	24
3.5.1. <i>Falhas Recuperáveis</i>	24
3.5.2. <i>Falhas Irrecuperáveis</i>	25
3.6. Aferição estrutural do pavimento rígido.....	25

4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
4.1. Cálculo do ICP.....	26
4.1.2. <i>Cálculo do ICP de uma seção.....</i>	<i>27</i>
5. ESTUDO DE CASO.....	29
5.1. Dados coletados na área do estudo.....	29
5.1.2. <i>Quantitativo do volume de tráfego da avenida</i>	<i>30</i>
5.2. Condições Atuais da Via em Análise	31
6. CONCLUSÕES.....	35
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	36
APÊNDICE A – Principais Patologias encontradas na Av. Maria Irene.....	37

1 INTRODUÇÃO

O pavimento rígido é caracterizado por sua baixa deformabilidade e é composto principalmente por concreto de cimento. De acordo com o Manual do DNIT (2006), ele é definido como uma camada que possui uma rigidez maior em relação às camadas inferiores, absorvendo assim a maior parte das tensões resultantes das cargas aplicadas. Já o pavimento flexível é classificado como aquele em que todas as camadas sofrem uma deformação elástica significativa sob a carga aplicada, resultando em uma distribuição aproximadamente igual da carga entre as camadas.

As falhas nos pavimentos asfálticos podem ser comparadas a “doenças” que afetam as estradas. De acordo com Capello et al. (2010), essas falhas podem surgir devido a projetos deficientes, materiais de construção de baixa qualidade ou falta de controle tecnológico. Esses defeitos resultam na deterioração do revestimento e das camadas subjacentes, prejudicando o desempenho da rodovia em termos de rolamento, conforto e segurança, além de causar prejuízos aos usuários e veículos envolvidos.

Portanto, o objetivo deste estudo é entender um conjunto de atividades que nos permite obter informações sobre o estado de um pavimento em um determinado momento. Isso envolve a exploração de conceitos técnicos relacionados à deterioração, avaliação da qualidade dos pavimentos e identificação dos níveis de defeitos por meio do diagnóstico das diferentes patologias que podem afetar os pavimentos.

Além disso, visamos destacar a importância das vias para a mobilidade urbana e enfatizar a importância do planejamento adequado para restauração e manutenção, visando preservar os pavimentos.

2 OBJETIVO

2.1 objetivo geral

Analisar as principais manifestações das patologias no pavimento rígido na Avenida Maria Irene no Recife/PE.

2.2 objetivo específico

Visitar o local para verificação do estado do pavimento com base nas normas brasileiras e internacionais, identificar e registrar os defeitos na superfície do pavimento da Avenida Maria Irene.

- avaliar as diferenças nas condições de superfície em diferentes trechos
- coletar dados que possam ajudar aqueles responsáveis pela manutenção do pavimento
- apresentar e sugerir diretrizes para a conservação do pavimento.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Definição de pavimento

De acordo com o Manual do DNIT (2006, p.95), o pavimento é composto por várias camadas de espessuras determinadas, que são colocadas sobre uma base considerada teoricamente infinita (infraestrutura ou terreno de fundação) conhecida como subleito. Além de suas diversas funções, seu principal papel é proporcionar uma superfície confortável e segura para a circulação dos veículos ao longo de sua vida útil. Isso é alcançado ao aumentar a resistência do terreno natural em que foi aplicado, utilizando materiais com maior capacidade de suporte e criando uma superfície durável capaz de resistir às forças verticais e horizontais causadas pelo tráfego, condições climáticas e outros fatores. É importante garantir que todas essas forças sejam adequadamente suportadas pela fundação.

Os pavimentos de estradas podem ser compostos por uma variedade de materiais, que podem ser agrupados em três tipos principais em termos de comportamento estrutural: flexíveis, semirrígidos e rígidos. No entanto, atualmente há uma tendência de utilizar a terminologia “pavimentos de concreto de cimento Portland” (ou simplesmente “concreto-cimento”) e “pavimentos asfálticos” para descrever o revestimento dos pavimentos rígidos e flexíveis.

As primeiras memórias de pavimentação remontam à China, o país responsável por sua invenção. Posteriormente, os romanos aprimoraram as estradas ao instalar calçamentos e sistemas de drenagem, visando torná-las mais duráveis. De acordo com autores alemães durante o apogeu de Roma, mais de 80 mil quilômetros de estradas foram construídos, permitindo que os conquistadores transportassem legiões militares e tivessem acesso aos recursos disponíveis nas terras distantes que dominavam. Os romanos também buscaram estabelecer rotas terrestres mais eficientes para superar montanhas e alcançar os principais portos do Mediterrâneo, combinando diferentes meios de transporte da maneira mais eficaz possível conforme planejado por seus estrategistas (BALBO, 2007, p. 23).

Na década de 1920, o avanço da Mecânica dos Solos impulsionou significativamente as pesquisas relacionadas à pavimentação viária. Esse desenvolvimento ocorreu principalmente por meio de estudos realizados por pesquisadores ligados a universidades e órgãos de transporte na América. Entre 1982 e 1929, O. J. Porter, um engenheiro da Divisão de Autoestradas da Califórnia, conduziu pesquisas que permitiram identificar algumas das principais causas do desgaste dos pavimentos flexíveis. Ele apresentou a primeira curva empírica para dimensionamento com base na resistência ao cisalhamento do subleito, obtida indiretamente por meio do ensaio do Índice de Suporte Californiano (CBR). Ao mesmo tempo e local, o ensaio de proctor foi estabelecido para compactação de solos. Esses trabalhos tiveram resultados significativos anos depois, especialmente nos critérios estabelecidos pelo U.S. Army Corps of Engineers (Usace) para pavimentação asfáltica e flexível (BALBO, 2007, p. 24).

No final do século XVIII, sob a iniciativa do governador da capitania de São Paulo, Bernardo José de Lorena, e com a supervisão dos engenheiros da Escola de Fortificações em Lisboa, foi construída a primeira estrada pavimentada no país. Essa obra foi projetada levando em consideração diversos aspectos técnicos da engenharia e ficou conhecida pelo nome do seu idealizador: Calçada do Lorena. Essa estrada ligava o Planalto Paulista ao porto de Santos (BALBO, 2007, p. 24).

Na década de 1950, foi desenvolvido um grande plano de pavimentação nos Estados Unidos chamado Sistema Interestadual para conectar cidades de médio e grande porte entre os estados americanos. Esse plano resultou no planejamento dos experimentos realizados pela AASHO (atual AASHTO - Associação Americana dos Oficiais estaduais de rodovias e Transporte). Os engenheiros da AASHO, que incluíam representantes de todos os estados, realizaram uma pesquisa abrangente sobre o desempenho de pavimentos. Esta pesquisa envolveu a criação de seis pistas experimentais com várias seções de pavimentos, utilizando diferentes materiais de construção. Vale ressaltar que essa pesquisa foi a maior já realizada e até foi incorporada ao Museu Smithsonian em 2004 (BALBO, 2007, p. 25).

3.2. Tipos de pavimentos

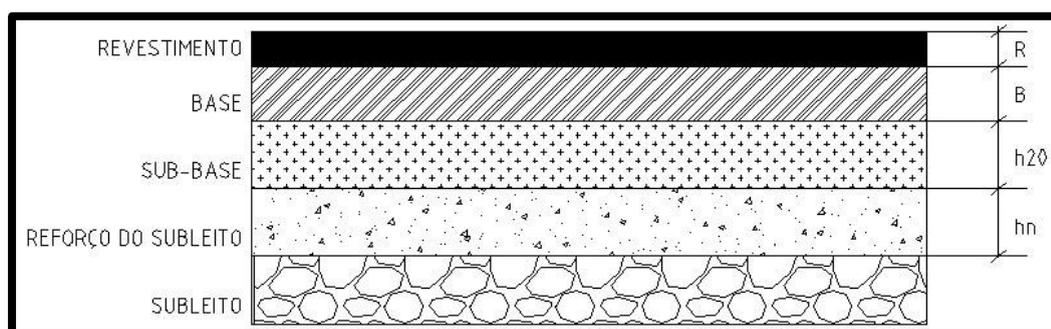
Existem três tipos de pavimentos: os flexíveis, rígidos e semi-rígido que são chamados de pavimentos asfálticos e pavimentos de concreto.

3.2.1. Pavimentos flexíveis:

O pavimento flexível é composto por uma combinação de ligante asfáltico e agregados. É uma camada de revestimento que é construída com várias camadas, começando pela base, passando pela sub-base e reforço do subleito.

Uma das características principais desse tipo de pavimento é a sua estrutura em múltiplas camadas, cujo objetivo é distribuir as forças provenientes da faixa de rolamento a parte visível da pavimentação que entra em contato direto com veículos e pedestres. De acordo com a figura 1.

Figura 1: Seção do dimensionamento do pavimento flexível



Fonte: Adaptado de SOUZA (1981)

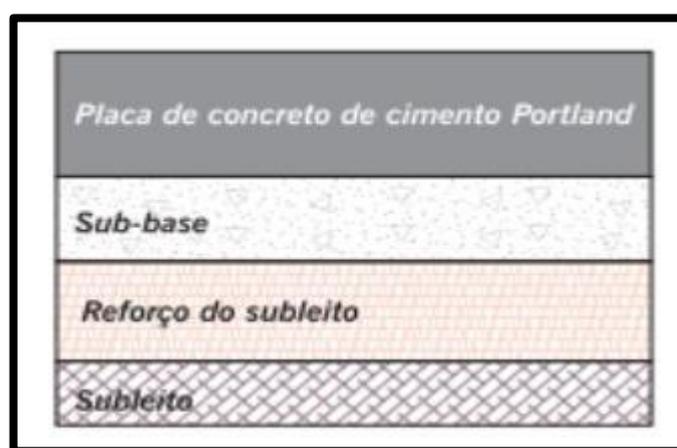
3.2.2. Pavimentos rígidos:

Os pisos rígidos são feitos de um revestimento composto por placas de Concreto de Cimento Portland (CCP). Esses pisos são considerados “mais rígidos” do que os pisos flexíveis, devido ao alto Módulo de Elasticidade do CCP (ABCP, 2009, p.4).

Ocasionalmente, esses pisos podem ser reforçados com telas ou barras de aço, que são usadas para aumentar o espaçamento entre as juntas ou fornecer reforço estrutural. Cada tipo de piso distribui a carga no subleito de maneira diferente. O piso rígido, graças ao alto Módulo

de Elasticidade do CCP, tende a distribuir a carga por uma área relativamente maior do subleito. A própria placa de concreto fornece a maior parte da capacidade estrutural do piso rígido (ABCP, 2009, p.8). De acordo com a figura 2.

Figura 2: Seção do dimensionamento do pavimento rígido



Fonte: Bernucci et al. (2008).

3.2.3. Pavimentos semi-rígido:

O pavimento semi-rígido é composto por uma cobertura de asfalto e camadas de base ou sub-base feitas com material estabilizado com cimento. Quando a camada de revestimento asfáltico é aplicada sobre uma camada de base cimentada, chamamos esse tipo de pavimento de direto. Já quando a camada de revestimento é aplicada sobre uma camada de base granular e sub-base cimentada, chamamos esse tipo de pavimento de indireto ou invertido. De acordo com a figura 3.

Figura 3: Seção do dimensionamento do pavimento semi-rígido



Fonte: E-Civil (2018).

3.3. Patologia das construções

Existem várias razões para a ocorrência de defeitos em pavimentos rígidos. Eles podem surgir devido a um projeto inadequado, execução deficiente, falta de manutenção constante ou operação imprópria (DNIT, 2010).

O pavimento rígido tem uma particularidade que o tornam diferente e opositor na área de pavimentação rodoviária e urbana, sendo durável e com baixo custo de manutenção como os principais benefícios. No entanto, ao longo do tempo e com o uso constante, o pavimento rígido desenvolve problemas esperados relacionados a deterioração e à exaustão do material. Se a manutenção adequada não for realizada regularmente para esse tipo de pavimento, esses problemas se agravam e levam a novos defeitos cada vez mais graves.

3.3.1. Principais patologias encontradas em pavimentos rígidos

Considerando que o surgimento dessas anomalias, pode afetar as propriedades da rodovia, causando incômodos de conforto e amparo para os utilizadores, torna-se essencial restaurá-las. A partir da ideia de que é preciso identificar e avaliar o nível de gravidade das anomalias para realizar os trabalhos de restauração, a seguir são apresentados os principais tipos de irregularidades nos pavimentos rígidos, assim como suas distribuições.

Nessa seção, é declarada a terminologia estabelecida e a identificação de cada tipo de particularidade exclusiva, de irregularidade que regulamente acontecem em pavimentos rígidos, de acordo com a Norma DNIT 061/2004 - TER - Defeitos nos pavimentos rígidos - terminologia.

3.3.2. Alçamento de placas

Desnivelamento das placas nas juntas ou nas fissuras transversais e eventualmente, na proximidade de canaletas de drenagens ou de intervenções feitas no pavimento.

3.3.3. Fissura de canto

É a fissura que intercepta as juntas a uma distância menor ou igual à metade do comprimento das bordas ou juntas do pavimento (longitudinal e transversal), medindo-se a partir do seu canto. Esta fissura geralmente atinge toda a espessura da placa.

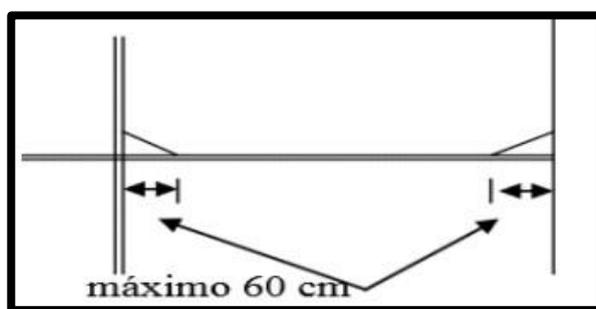
3.3.4. Placa dividida

É a placa que apresenta fissuras dividindo-a em quatro ou mais partes.

3.3.5. Escalonamento nas juntas

Caracteriza-se pela ocorrência de deslocamentos verticais diferenciados e permanentes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta.

Figura 4 - Esborcinamento ou quebra de canto



Fonte: DNIT,2010

3.3.6. Falha na selagem das juntas

É qualquer avaria no material selante que possibilite o acúmulo de material incompressível na junta ou que permita a infiltração de água.

3.3.7. Fissuras lineares

São fissuras que atingem toda a espessura da placa de concreto, dividindo-a em duas ou três partes. Quando as fissuras dividem a placa em quatro ou mais partes, o defeito é denominado de “placa dividida”.

3.3.8. Quebras localizadas

Existem regiões nas placas que apresentam rachaduras e quebram em fragmentos pequenos, com formatos diversos. Essas regiões geralmente estão localizadas entre uma rachadura e uma junta, ou entre duas rachaduras próximas uma da outra (com cerca de 1,5 m de distância)

3.3.9. Pequenos reparos:

Entende-se como "pequeno reparo" uma área do pavimento original menor ou igual a $0,45\text{m}^2$, que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento.

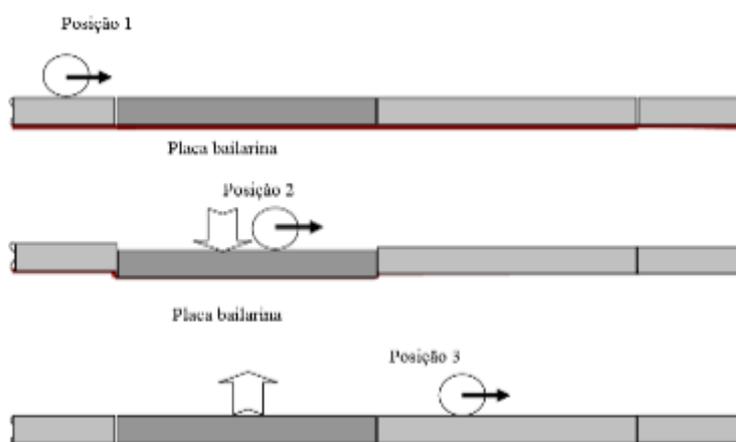
3.3.10. Grandes reparos

Entende-se como "grande reparo" uma área do pavimento original maior que $0,45\text{m}^2$, que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento.

3.3.11. Placa "bailarina"

É a placa cuja movimentação vertical é visível sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas. De acordo com a figura 5.

Figura 5 - Placa bailarina



Fonte: DNIT,2010

3.4. Restauração e Melhorias

A manutenção das vias é extremamente importante para garantir que as condições das estradas sejam mantidas ou restauradas. Após a implantação de uma estrutura, cabe ao órgão responsável pela sua gestão identificar e realizar as atividades de manutenção necessárias para permitir um fluxo eficaz do tráfego.

A melhoria de um pavimento abrange todas as intervenções que afetam direta ou indiretamente o nível atual e o desempenho futuro da via. No caso de pavimentos rígidos, pode-se adotar medidas preventivas para preservar a condição estrutural e retardar o processo de deterioração, ou realizar reparos localizados para restaurar essa condição. Muitos danos são superficiais e têm pouca interferência, não justificando ações corretivas. No entanto, é necessário reparar as patologias que comprometem a qualidade do pavimento e podem afetar a segurança e o conforto do tráfego.

Antes da realização da manutenção propriamente dita, é importante avaliar as causas do defeito em questão. Essa avaliação permite identificar a natureza da patologia, determinar se ela pode ser recuperada ou não, e decidir qual procedimento de recuperação deve ser adotado.

O êxito na recuperação do pavimento está intimamente ligado à qualidade do diagnóstico. Se não houver conhecimento adequado dos princípios fundamentais de funcionamento das estradas rígidas, poderão ocorrer grandes equívocos durante o processo de recuperação, resultando em intervenções malsucedidas e desperdício de tempo e recursos financeiros.

Com base no diagnóstico, determina-se se a recuperação envolverá uma remoção parcial ou total da placa de concreto, bem como se é necessário remover ou recuperar a fundação deste pavimento.

Neste caso, serão propostas soluções de recuperação para os defeitos mais comuns na estrada, como fissuras, desgaste e falhas na vedação, entre outros.

3.4.1. Recuperação de juntas

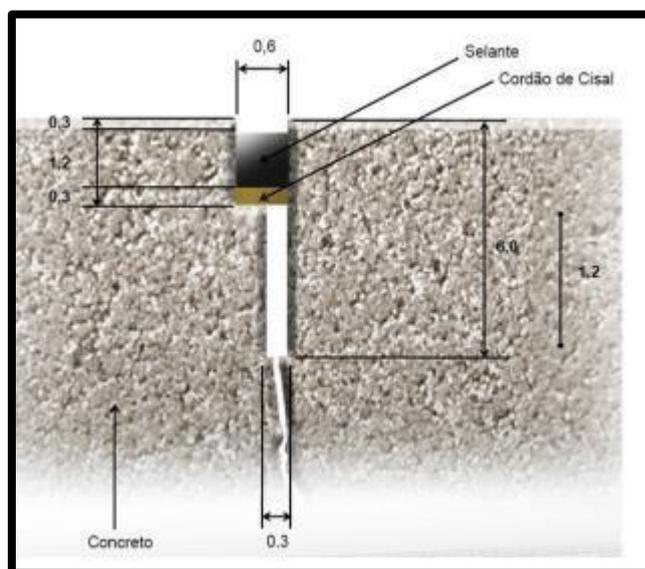
a) Resselagem das juntas

O processo começa com a remoção de materiais selantes ou incompressíveis que possam estar presentes na junta, usando ferramentas manuais ou mecânicas, como formão, ponteira ou serra de disco. Se as juntas estiverem danificadas, elas devem ser reparadas seguindo a metodologia adequada. Em seguida, as paredes e o fundo da junta

são completamente limpos com o uso de um jato de ar comprimido. Antes de aplicar o selante, é importante garantir o formato adequado da cavidade da junta, se necessário, utilizando fitas plásticas ou cordão de sisal em uma profundidade adequada.

Por fim, as juntas são vedadas utilizando materiais apropriados que podem ser aplicados no local (a quente ou a frio) ou ser pré-moldados.

Figura 6: Recuperação das Juntas – Resselagem



Fonte: Prof. MSc. Ruyter da Silva Souza, 2017

b) Esborcinamento:

Para realizar o corte do concreto, usa-se uma serra de disco diamantado para fazer um corte paralelo à junta, a cerca de 15cm de distância. Em seguida, remove-se o concreto entre a junta e o corte usando um martelo até atingir a profundidade desejada. É importante nivelar o fundo da abertura feita na placa. Após isso, certifique-se de remover qualquer sujeira e garantir que as paredes estejam secas e limpas. Aplique uma camada fina (1 a 2mm) de pasta à base de resina epóxica como uma pintura de aderência, exceto se você estiver usando isopor para preencher a junta. Por fim, despeje o concreto e certifique-se de curá-lo inicialmente com cura química e depois mantê-lo úmido com sacos de estopa por pelo menos 7 dias.

3.4.2. Recuperação de fissuras

a) Fissuras que percorrem toda a densidade da placa:

O procedimento de recuperação de fissuras envolve a injeção de material. Ao longo da fissura, são feitos furos com uma broca na direção perpendicular à superfície do pavimento,

com cerca de 3 cm de profundidade e espaçados a cada 50cm. Esses furos devem ser realizados a seco, garantindo que a sujeira seja removida por meio de jatos de ar. Tubos plásticos transparentes devem ser colocados nos furos e fixados com um adesivo estrutural líquido à base de resina

Para garantir que a resina não vaze, um adesivo deve ser aplicado em toda a extensão da fissura. A resina utilizada deve ter baixa viscosidade para penetrar eficientemente na fissura. Caso surja alguma anomalia durante o processo de injeção, é necessário fazer uma nova injeção através de novos furos intercalados entre os já existentes. Após a cura completa da resina, os tubos de injeção podem ser removidos e as cavidades preenchidas com a mesma resina utilizada na injeção. Finalmente, após o término do processo de cura da resina, é necessário esmerilhar a superfície para eliminar quaisquer saliências em relação à superfície original.

b) Fissuras do tipo rendilhado

Uma possível solução é utilizar produtos que endurecem a superfície. Esses produtos são aplicados sobre a área com rachaduras e espalhados utilizando uma vassoura.

3.4.3. Irregularidades existentes na superfície da placa

a) Deterioração superficial:

Para corrigir esses defeitos, existem duas soluções possíveis. A primeira solução envolve aplicar uma mistura de cimento Portland e emulsão adesiva acrílica na área danificada.

Primeiro, é necessário limpar completamente a superfície do pavimento usando hidrojateamento. Antes de aplicar a mistura adesiva, é importante saturar a superfície para evitar poças de água. Aplique a mistura adesiva cobrindo todo o pavimento. É recomendado que a camada seja o mais fina possível. Para desgastes superficiais mais profundos e escamação intensa, o procedimento é semelhante à técnica de manutenção utilizada para tratar esborcinamento.

b) Fragmentação de canto

Para realizar o corte no concreto, utilize-se uma serra de disco diamantado e faça um corte com cerca de 2 cm de profundidade, seguindo uma linha paralela à borda. Deixe uma distância de aproximadamente 15 cm entre o corte e a borda. Em seguida, remova o concreto entre o canto e o corte até atingir a profundidade desejada. Retire as partes afetadas do concreto e nivele o fundo da abertura na placa, realizando uma limpeza adequada. Aplique uma camada de pintura adesiva com resina epóxica nas paredes e no fundo do reparo, exceto na parede formada pela placa adjacente. Por fim, aplique uma camada adesiva líquida e coloque o concreto.

3.4.4. Escalonamento

Caso a placa apresente esses e outros problemas, como rachaduras e quebras, é necessário remover total ou parcialmente a placa. No entanto, se não houver outros defeitos, é possível recuperar a placa aplicando injeções de cimento líquido entre a fundação e a placa. É importante controlar cuidadosamente a pressão da injeção para evitar que a placa se rompa. Durante o processo de injeção, deve-se observar se o cimento líquido está saindo pelos furos adjacentes. Depois que o cimento secar completamente, o tráfego pode ser retomado e é importante monitorar o comportamento da placa tratada. Se ainda houver deformações verticais visíveis, será necessário realizar novas injeções em furos adicionais entre os já injetados anteriormente.

3.5. Falhas críticas quanto ao desempenho e segurança

Quando se trata de problemas na pavimentação, tanto o asfalto quanto os veículos que passam por ele sofrem os impactos desses problemas, resultando em insegurança e desconforto ao dirigir. É claro que quanto mais severos forem esses problemas, menos seguro e mais desconfortável será o tráfego na estrada.

3.5.1. Falhas recuperáveis

Existem casos em que é possível eliminar as causas que deram origem a um problema sem a necessidade de destruir completamente ou parcialmente a placa. Em outras

palavras, qualquer defeito com um nível de gravidade baixo ou médio pode ser corrigido e recuperado.

São identificados por:

- a) Rachaduras horizontais e verticais;
- b) Desníveis ou degraus nas junções;
- c) Desgaste na superfície;
- d) Movimento de bombeamento;
- e) Rupturas localizadas;

3.5.2 Falhas irrecuperáveis

Geralmente, quando os defeitos não podem ser eliminados mesmo após o reparo das causas que os originaram, eles são considerados como defeitos irrecuperáveis, com um nível alto de gravidade.

Em outros casos, existem defeitos recuperáveis que ocorrem em grande quantidade e extensão nas placas, tornando inviável a sua recuperação.

Esses defeitos podem incluir:

- a) Descolamento das placas;
- b) Rachaduras nos cantos;
- c) Placas quebradas;
- d) Furos.

3.6. Aferição estrutural do pavimento rígido

é realizada de forma objetiva através do cálculo do Índice de Condição deste Pavimento - ICP. Esse método de avaliação, apresentado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2004), foi estabelecido com base na metodologia proposta pelo Corpo de Engenheiros do Exército Americano (USACE, 1982).

Esse índice é calculado com base nos defeitos observados em toda a extensão ou em

um trecho específico do pavimento, bem como na gravidade desses defeitos, após uma inspeção visual criteriosa. O ICP é um valor numérico que reflete as condições estruturais e funcionais do pavimento e permite estabelecer metas relacionadas às necessidades e prioridades de manutenção e recuperação, além de analisar o desempenho do pavimento.

O processo de avaliação visual dos defeitos no pavimento é dividido em quatro etapas. Essas etapas incluem: identificar as seções a serem avaliadas, determinar o tipo de avaliação necessária, registrar os defeitos presentes no pavimento e calcular o Índice de Condição do Pavimento (ICP). As duas primeiras etapas são abordadas na norma DNIT 060/2004-PRO (DNIT, 2004), enquanto a terceira etapa, ou seja, o registro dos defeitos em si, é detalhada na norma DNIT 062/2004-PRO (DNIT, 2004).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Cálculo do ICP

O Índice de Conservação Pavimentar (ICP) é um valor que indica a condição em que se encontra uma estrada, ou seja, é uma medida da saúde estrutural que fornece informações sobre as condições da rodovia e os métodos subsequentes de manutenção, prevenção e recuperação.

Para calcular o ICP de uma amostra, é necessário subtrair 100 (que representa o valor do ICP quando não há defeitos visíveis na amostra) do somatório dos valores deduzíveis - CVD, que depende dos tipos de graus de severidade e densidades de defeitos das placas defeituosas visíveis. No entanto, antes da subtração, é preciso corrigir esse somatório - VDC, levando em consideração a quantidade de valores deduzíveis e sua influência na condição estrutural do pavimento.

$$ICP = 100 - VDC \text{ (com } 0 \geq ICP \geq 100 \text{)}$$

Temos que:

ICP = Índice de Condição do Pavimento;

A = valor deduzível, dependente do tipo do defeito (Ti), do grau de severidade (Sj) e da densidade de defeitos (Dij);

i = contador para tipos de defeitos;

j = contador para graus de severidade;

p = número total de placas defeituosas;

mi = número de graus de severidade para o tipo de defeito;

F (t,q) = uma função de ajustamento para defeitos múltiplos que varia com o valor deduzível somado (t) e o número de deduções (q)

4.1.2. Cálculo do ICP de uma seção

Se estivermos usando a “Inspeção em toda a seção” como método de inspeção, o valor do ICP da seção será calculado como a média dos valores de ICP obtidos para as amostras.

$$ICP_t = \frac{N - A}{N} ICP_1 + \frac{A}{N} ICP_2$$

temos que:

ICPt = ICP do trecho;

ICP1 = ICP médio das amostras aleatórias;

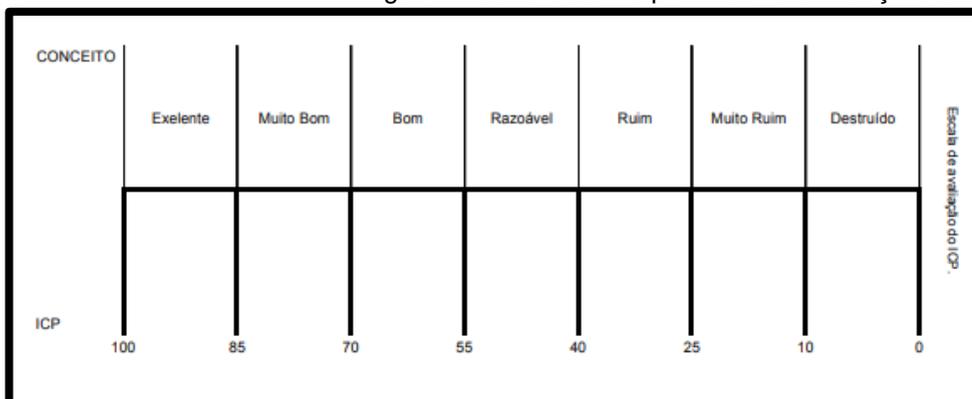
ICP2 = ICP médio das amostras adicionais; N

= número total de amostras do trecho;

A = número de amostras adicionais inspecionadas.

A representação da relação entre a amostra do pavimento e o ICP pode ser observada na figura.

Figura 7: Conceitos dos pavimentos em função do ICP



Fonte: DNIT, 2004

Para o desenvolvimento do estudo de caso, foram realizadas visitas técnicas ao local com o objetivo de avaliar e identificar os defeitos no pavimento rígido.

O resultado das pesquisas técnicas começou com as visitas, onde os defeitos existentes no pavimento foram reconhecidos e caracterizados visualmente, utilizando os conhecimentos e informações obtidos na revisão bibliográfica. Em seguida, os defeitos identificados foram comparados e classificados com base em imagens presentes nas normas do DNIT.

Para analisar o desempenho e as possíveis causas das patologias encontradas no pavimento, foi necessário realizar um levantamento do volume de tráfego para determinar a magnitude das cargas que o pavimento está suportando. Com base nos dados coletados sobre as características do pavimento, patologias, clima e volume de tráfego, foi possível obter os resultados neste artigo.

5 ESTUDO DE CASO

5.1. Dados coletados na área do estudo

Via: Avenida Maria Irene

Localização: Jordão Baixo, Recife-PE

Extensão da área do estudo: 600m

Classe do pavimento: Rígido e Flexível

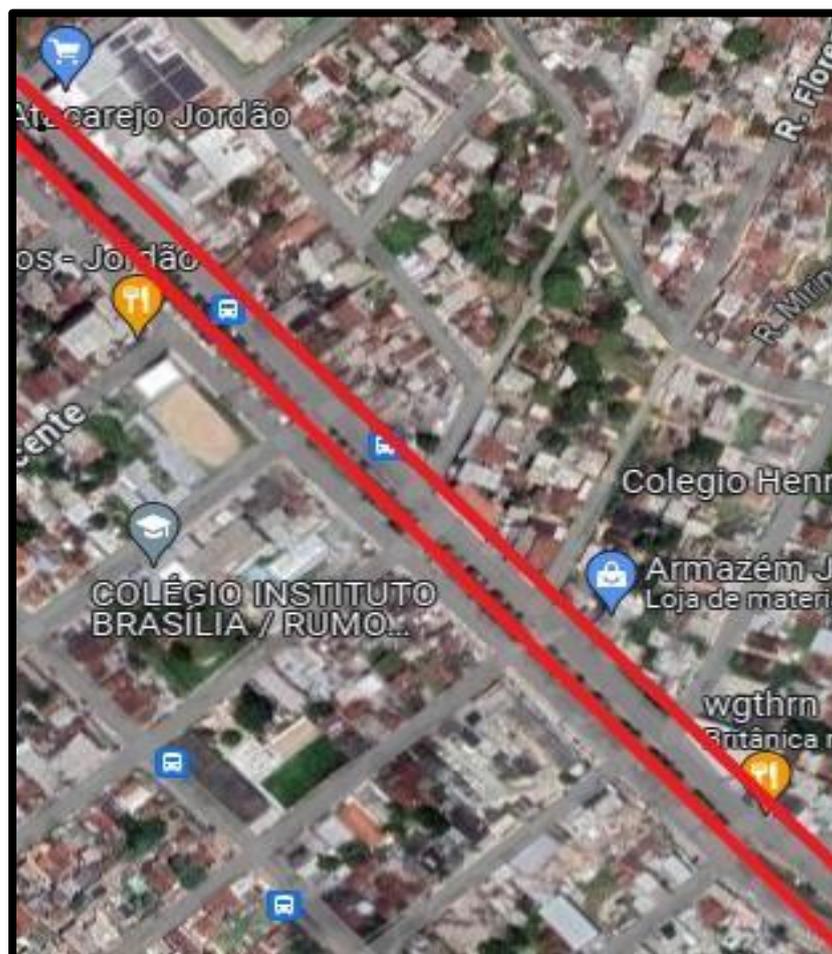
Total de faixas: 02

Quantidade de placas por faixa: 100

Total de placas: 200

Diâmetro da placa: 6,0m x 3,50m

Figura 8: Imagem de satélite da área em estudo



Fonte: Google Maps, 2023

5.1.2. Quantitativo do volume de tráfego da avenida

o objetivo desta pesquisa é analisar p fluxo de tráfego naquela região, para isso, foram duas contagens com a duração de duas horas cada, subdivididas em intervalos de trinta minutos: uma pela manhã e outra a tarde.

Esses horários foram escolhidos para capturar os momentos de maior volume do tráfego de veículos, como pode se observar nas tabelas 1 e 2.

No primeiro caso, o período selecionado foi das 07:00hrs às 08:00hrs, enquanto no segundo caso, foi das 16:00hrs às 17:00hrs.

Ao analisar os dados apresentados nas tabelas e nos gráficos, podemos concluir que nos dois horários predominou o tráfego de veículos leves, com destaque para carros de passeio.

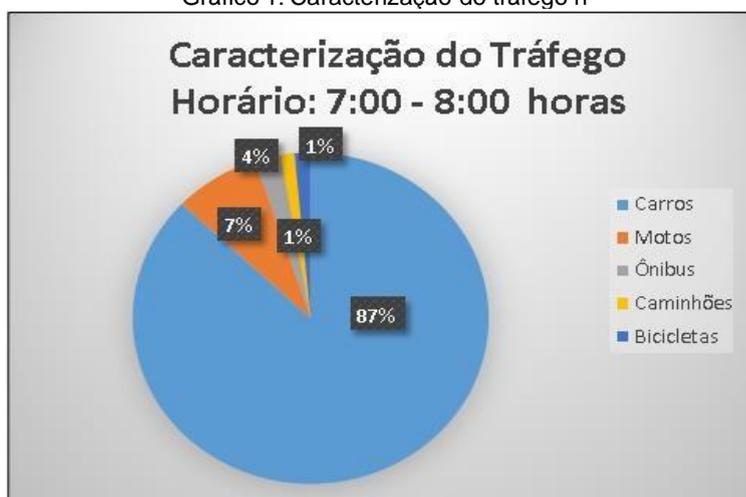
Abaixo, são fornecidos os números totais do tráfego por meio de tabelas.

Tabela 1 – Volume de veículos (manhã)

	AUTOMÓVEL	ÔNIBUS	CAMINHÃO	MOTO	BICICLETA
07:00 – 07:30	250	12	7	33	8
07:30 – 08:00	315	20	10	42	3
TOTAL	565	32	17	75	11

Fonte: Pelos autores, 2023

Gráfico 1: Caracterização do tráfego n



Fonte: Pelos autores, 2023

Tabela 2 – Volume de veículos (tarde)

	AUTOMÓVEL	ÔNIBUS	CAMINHÃO	MOTO	BICICLETA
16:00 – 16:30	270	14	3	54	9
16:30 – 17:00	345	17	2	28	6
TOTAL	565	32	17	75	11

Fonte: Pelos autores, 2023

Gráfico 2: Caracterização do tráfego na via



Fonte: Pelos autores, 2023

Com base nos gráficos que mostram os resultados das contagens de tráfego, podemos observar que a maioria dos veículos que trafegam na via em questão são de porte leve. Isso indica que o pavimento analisado não está sujeito a grandes cargas.

5.2. Condições Atuais da Via em Análise

A avaliação das condições de um pavimento rígido que já foi construído e não teve um acompanhamento durante a fase de obras é bastante superficial devido à falta de informações

e projetos. Como mencionado anteriormente neste estudo, existem alguns conceitos que indicam o quão grave são as patologias e qual é a condição geral de um pavimento.

Para analisar a condição da Avenida Maria Irene, optamos por utilizar o método do ICP, pois esse procedimento avalia o pavimento como um todo, levando em consideração uma ampla gama de defeitos, para chegar a uma compreensão real da superfície da via.

Após uma análise minuciosa da via para identificar os defeitos e seus respectivos graus de gravidade, o ICP foi determinado com base nas curvas dos valores deduzidos ilustrados na seção do Anexo A (Normativo) da Norma DNIT 062/2004-PRO.

No processo de ICP, assumimos que a seção avaliada tem uma condição ótima (100) e subtraímos o valor de dedução encontrado nas curvas de defeitos. Quando há mais de um tipo de defeito na seção, somamos os valores de dedução (VDT) e procuramos na curva de correção apresentada na seção 7 do Anexo A da Norma DNIT 062/2004-PRO o coeficiente para o VDC (Valor Deduzível Corrigido). Em seguida, subtraímos esse valor da nota máxima da seção.

Com base nesse resultado, é possível estabelecer metas que relacionem as necessidades e prioridades na manutenção e recuperação, além de analisar o desempenho do pavimento em serviço por meio de determinações periódicas do ICP.

Conforme mencionado anteriormente, a fim de obter uma caracterização mais precisa do estado real da pavimentação, o ICP foi calculado em quatro ocasiões. Inicialmente, dividindo o pavimento em seções e, posteriormente, calculando-o para a Avenida como um todo. Aqui estão as fichas de inspeção para cada análise.

Tabela 3 - Quantitativo de defeitos por placa

Nº do defeito	Qtde na faixa 01	Qtde na faixa 2	Total
1	13	4	17
2	8	6	14
3	2	0	2
4	0	13	13
5	1	0	1
6	0	0	0
7	9	14	23
8	12	11	33
9	16	9	25
10	39	72	111
11	0	0	0
12	2	3	5
13	0	0	0
14	8	12	20
15	19	21	30
16	4	8	12
17	5	9	14
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0

Figura 9: Ficha de inspeção da Avenida Doma Irene

FICHA DE INSPEÇÃO DE PAVIMENTO RÍGIDO				DATA 13/11/2023
VIA: MARIA IRENE				
AMOSTRA ADICIONAL (?) SIM () NÃO (X)		AMOSTRA Nº -----	MEDIDA/PLACA (m)	6,0 m x 3,5 m
NÚMERO DE PÁGINAS:		NÚMERO DE ANEXOS:	CHEFE DE EQUIPE: EDSON GUILHERME	
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL:				
TIPOS DE DEFEITOS				
1. Alçamento de Placas 2. Fissura de canto 3. Placa dividida 4. Degrau na junta 5. Defeito na selagem das juntas 6. Desnível pavimento acostamento 7. Fissuras lineares 8. Grandes reparos 9. Pequenos reparos 10. Desgaste superficial 11. Bombeamento 12. Quebras localizadas 13. Passagem de nível 14. Rendilhado e escamação 15. Fissuras de retração plástica 16. Quebra de canto 17. Esborcinamento de junta 18. Placa bailarina				
TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	Nº DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUZÍVEL
1	Baixo	17	8,5	15
2	Baixo	14	7	5
3	Médio	2	1	1
4	Baixo	13	6,5	9
5	Alto	1	0,5	1
6	Baixo	0	0	0
7	Baixo	23	11,5	3
8	Baixo	33	16,5	15
9	Médio	25	12,5	7
10	Baixo	111	55,5	10
11	-	-	0	0
12	Médio	5	2,5	8
13	-	-	0	0
14	Baixo	20	10	4
15	-	30	15	3
16	Baixo	12	6	3
17	Baixo	14	7	4
18	-	-	0	-
19	-	-	0	-
20	-	-	0	-
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				88
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC) ²				53
IPC = 100 - VDC = 47			CONCEITO	Razoável

6 CONCLUSÕES

As condições do piso de concreto estão relacionadas a vários fatores, como integridade, capacidade estrutural e desgaste superficial, entre outros. Avaliar esses fatores separadamente exigiria o uso de equipamentos específicos. No entanto, neste estudo, constatou-se que é possível avaliar as condições funcionais e estruturais do pavimento com base na avaliação objetiva do Índice de Condição do Pavimento (ICP), obtido por meio da inspeção parcial ou total da seção em serviço.

Pode-se dizer que o ICP é um indicador confiável das condições de um pavimento. No entanto, há uma limitação em relação ao seu uso, pois esse método exige muito tempo para identificar defeitos e recomenda-se realizar a inspeção visual completa apenas em trechos de pavimentos menos extensos. Portanto, neste estudo de caso específico, considerando que a via tem apenas 600 metros, foi realizada uma avaliação detalhada das patologias presentes ao longo de todo o trecho do pavimento rígido da Avenida Maria Irene.

Com base na análise de todas as placas ao longo da via, determinamos o Índice de Condição do Pavimento (ICP) para cada trecho da estrada. Ao examinarmos as placas na Avenida Maria Irene, constatamos um conceito “razoável” para o estado do pavimento nesse trecho específico. Portanto, é necessário realizar uma série de intervenções para corrigir os defeitos mais graves e elevar o conceito geral do trecho, aumentando assim sua vida útil.

É importante ressaltar que fatores como o uso diário e/ou falhas durante a construção podem contribuir para a redução da vida útil do pavimento. Portanto, é fundamental realizar um levantamento dos defeitos nas placas e em outros elementos de concreto como primeiro passo para determinar as atividades de manutenção necessárias para preservar a qualidade da via.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNUCCI, L.; MOTTA, L.; CERATTI, J.; SOARES, J. **Pavimentação asfáltica, formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro, 2008.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE.
Manual de Pavimentação – Publicação IPR-719 – 2006. Disponível em:
<<http://www.dnit.gov.br/>>.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE.
Pavimento Rígido – Inspeção Visual – Procedimento – Norma DNIT 060/2004 – PRO.
Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/>>.

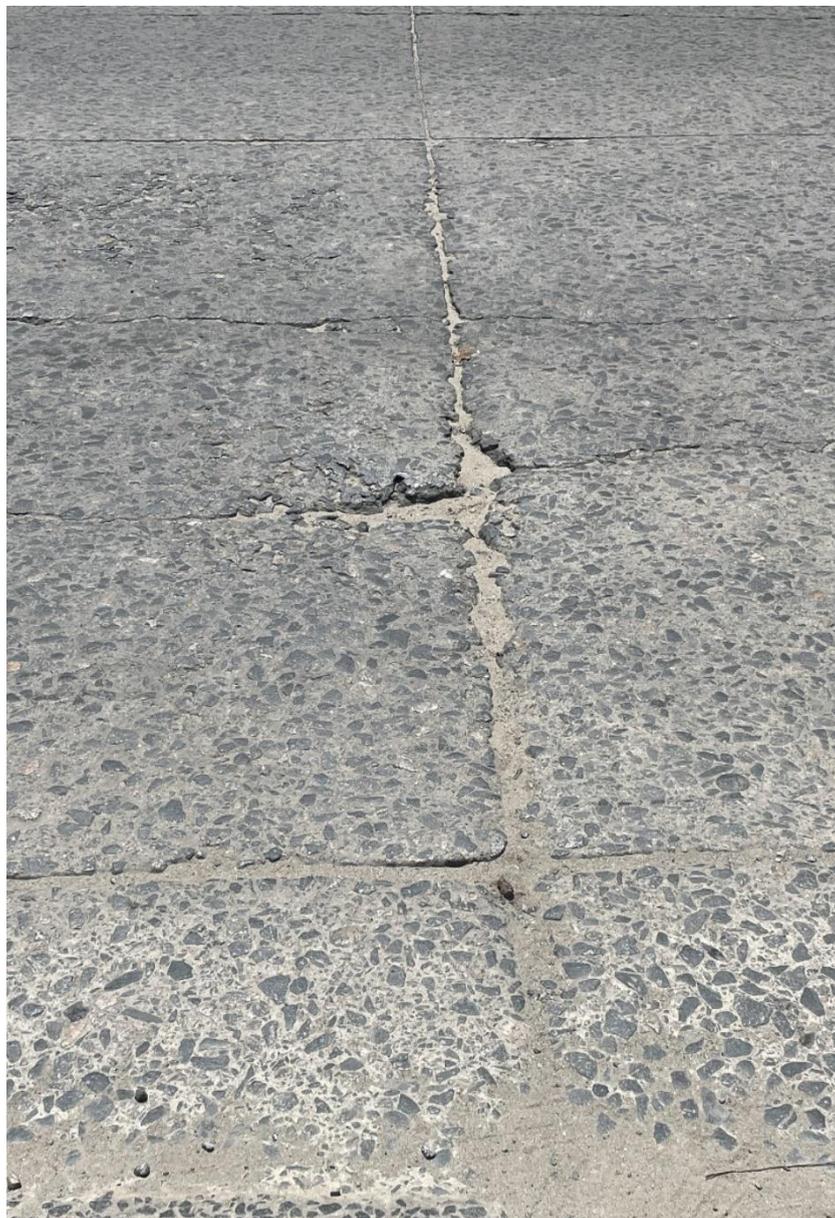
DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE.
Pavimento Rígido – Defeitos – Terminologia – Norma DNIT 061/2004 – TRE.
Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/>>.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE.
Manual de Pavimentos Rígidos – Publicação IPR-714 – 2005. Disponível em:
<<http://www.dnit.gov.br/>>.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE.
Manual de Recuperação de Pavimentos Rígidos – Publicação IPR-737 - 2010.
Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/>>.

APÊNDICE A – Principais patologias encontradas na Av Maria Irene

Figura 10: Quebras de canto e Falha na selagem



Fonte: Foto pelos Autores, 2023

Figura 11: Quebras de canto e Falha na selagem



Fonte: Foto pelos Autores, 2023

Figura 12: Deformação Plástica



Fonte: Foto pelos Autores, 2023

Figura 13: Fissuras Superficiais



Fonte: Foto pelos Autores, 2023