REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PAVIMENTO ASFÁLTICO URBANO POR INSPEÇÃO VISUAL E CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA DE SEVERIDADE: ESTUDO DE CASO DA AVENIDA FORMOSA, TIMON–MA

EVALUATION OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN URBAN ASPHALT PAVEMENT BY VISUAL INSPECTION AND QUALITATIVE SEVERITY CLASSIFICATION: CASE STUDY OF AVENIDA FORMOSA, TIMON–MA

Engenharias • 29/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/795780428

João Guilherme Mineu Feitosa
Marcus Vinicius Mineu Silva
Ronaldo Alves Siqueira

RESUMO

Este trabalho analisa, por meio de estudo de caso descritivo e exploratório, de abordagem qualitativa, as manifestações patológicas do revestimento asfáltico anterior à recuperação da Avenida Formosa, em Timon (MA), e descreve as intervenções executadas ou informadas em 2026. O corpus compreende cinco registros fotográficos anteriores à fresagem (P1 a P5), imagens da execução e da via concluída, observações de campo e informações obtidas em consultas técnicas informais. A identificação dos defeitos seguiu a terminologia da norma DNIT 005/2003-TER, e a gravidade foi expressa em escala visual qualitativa própria (baixa, média e alta), distinta do Índice de Gravidade Global (IGG) da norma DNIT 006/2003-PRO, que exige inventário sistemático e medições não disponíveis. Os registros P1, P2 e P3 apresentam panelas, com severidade visual alta; em P1 e P2, a água está acumulada no interior das cavidades, o que impede estimar sua profundidade sem, contudo, comprovar falha de drenagem. Os registros P4 e P5 mostram remendos, fissuração interligada e desgaste, com severidade predominante média e focos localmente críticos. A intervenção, conforme informada, compreendeu fresagem do revestimento antigo, aplicação de mistura asfáltica usinada a quente com espessura total entre 8 e 13 cm, reforma de sarjetas e canais superficiais e extensão de aproximadamente 1,2 km (1.174,88 m, medidos em imagem de satélite), nos dois sentidos de circulação. As hipóteses de espessura e compactação insuficientes, de deficiências de drenagem superficial e de influência do tráfego e do envelhecimento são discutidas como explicações plausíveis, sem demonstração causal, pois não há ensaios, medições nem controle tecnológico disponíveis. O estudo organiza as evidências segundo sua rastreabilidade e propõe subsídios para o monitoramento da via com base nas normas do DNIT.

Palavras-chave: pavimento flexível; manifestações patológicas; inspeção visual; fresagem; Avenida Formosa.

ABSTRACT

This study analyzes, through a descriptive and exploratory qualitative case study, the pathological manifestations of the asphalt surfacing prior to the rehabilitation of Avenida Formosa, in Timon, Maranhão, Brazil, and describes the interventions carried out or reported in 2026. The corpus comprises five photographic records taken before milling (P1 to P5), images of the works and of the completed road, field observations, and information gathered in informal technical consultations. Distresses were identified using the terminology of DNIT 005/2003-TER, and their severity was expressed on a qualitative visual scale of the authors' own (low, medium and high), distinct from the Global Severity Index (IGG) of DNIT 006/2003PRO, which requires a systematic inventory and measurements that were not available. Records P1, P2 and P3 show potholes of high visual severity; in P1 and P2, water is ponded inside the cavities, which prevents estimating their depth but does not, by itself, prove a drainage failure. Records P4 and P5 show patches, interconnected cracking and surface wear, with predominantly medium severity and locally critical spots. As reported, the intervention comprised milling of the old surfacing, placement of hot-mix asphalt with a total thickness between 8 and 13 cm, rehabilitation of gutters and surface channels, and a length of approximately 1.2 km (1,174.88 m, measured on satellite imagery) in both directions of traffic. The hypotheses of insufficient thickness and compaction, deficient surface drainage, and the influence of traffic and ageing are discussed as plausible explanations without causal demonstration, since no tests, measurements or quality-control data are available. The study organizes the evidence according to its traceability and

proposes guidelines for monitoring the road based on DNIT standards.
Keywords: flexible pavement; pavement distress; visual inspection; milling; Avenida Formosa.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

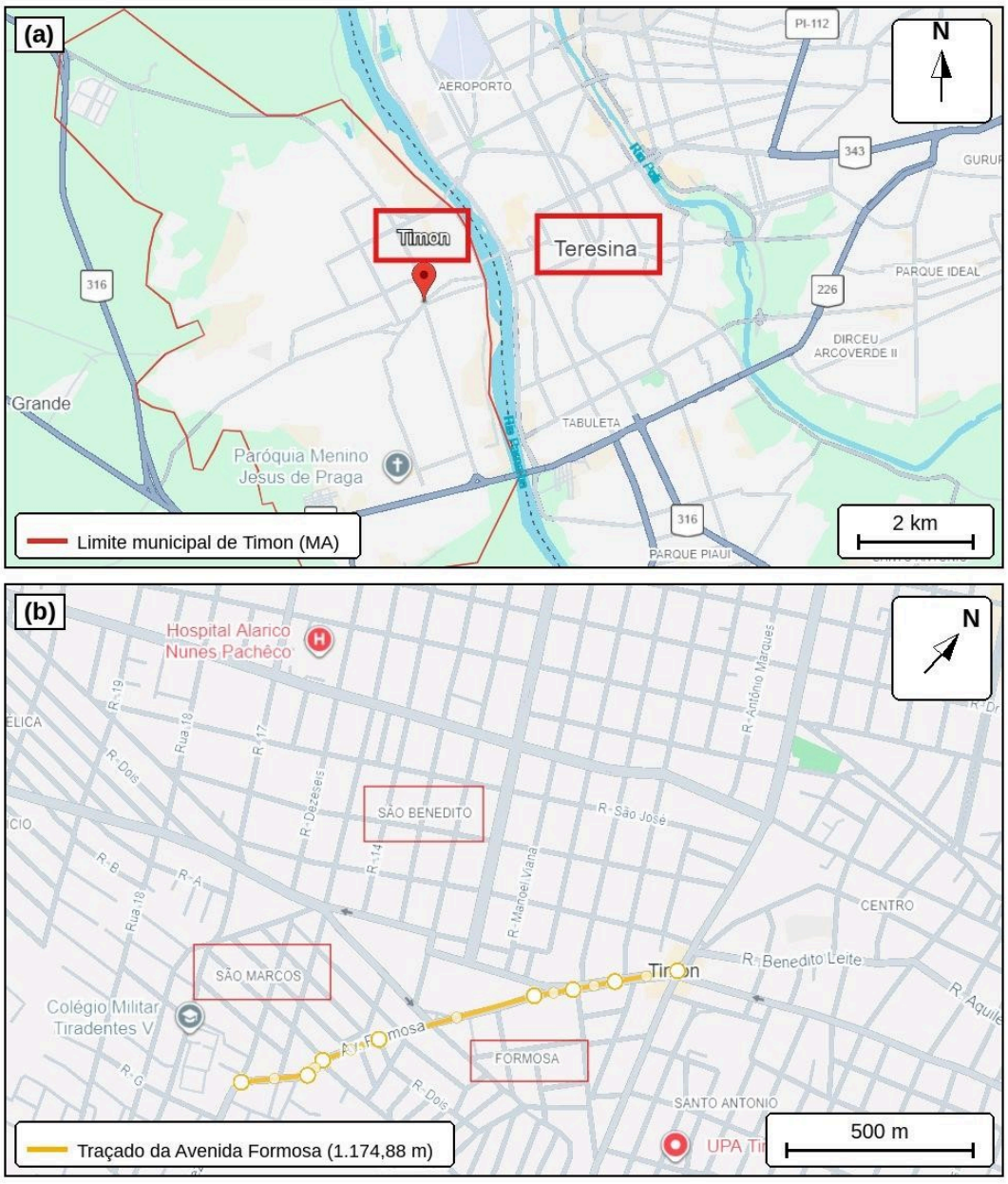
A malha viária urbana concentra a circulação de pessoas, mercadorias e serviços, de modo que a condição do pavimento repercute diretamente na segurança viária, no conforto de rolamento, no custo operacional dos veículos e na fluidez do tráfego. Nas cidades brasileiras, em que o transporte rodoviário predomina nos deslocamentos cotidianos, o revestimento asfáltico constitui a interface entre o sistema viário e o usuário e, por isso, a preservação de sua integridade representa uma demanda permanente da gestão pública (Bernucci *et al.*, 2008; BRASIL, 2006c).

O revestimento, contudo, está submetido à ação combinada das cargas do tráfego, das variações climáticas e da água, podendo apresentar trincas, deformações, desagregação e panelas. A interpretação desses defeitos exige considerar o pavimento como um sistema de camadas e reconhecer que as manifestações superficiais nem sempre revelam, isoladamente, a origem do problema (Balbo, 2007; Bernucci *et al.*, 2008). Em vias urbanas, essa análise torna-se ainda mais complexa, pois, ao desgaste natural, somam-se o tráfego canalizado, a presença de veículos pesados em baixa velocidade, as interferências de redes de serviços, os remendos sucessivos e a dependência de dispositivos de drenagem superficial, como sarjetas e bocas de lobo (Medina; Motta, 2015).

Nesse contexto, é importante distinguir os procedimentos empregados na recuperação dos pavimentos. No ambiente urbano, a expressão *recapeamento* é frequentemente utilizada para designar qualquer renovação do revestimento. No caso estudado, entretanto, o procedimento informado foi mais específico, compreendendo a retirada do revestimento antigo por meio de fresagem e a posterior execução de uma nova mistura asfáltica. Essa distinção é relevante porque a remoção prévia do material deteriorado elimina, ao menos na espessura fresada, defeitos que, em um simples capeamento, poderiam refletir-se na nova camada. Por essa razão, ao longo deste trabalho, os termos *recuperação* e *substituição* do revestimento são utilizados quando descrevem com maior precisão os serviços informados.

A Avenida Formosa, objeto deste estudo, localiza-se no município de Timon (MA), situado na margem esquerda do rio Parnaíba, em frente ao município de Teresina (PI) (IBGE, [2026]). A via percorre áreas dos bairros Formosa, São Marcos e São Benedito, em uma região próxima ao centro de Timon, e apresenta extensão de 1.174,88 m (aproximadamente 1,2 km), medida por meio de traçado sobre imagem do Google Earth, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1. Localização de Timon (MA) e da Avenida Formosa: (a) Timon e Teresina; (b) traçado da avenida e bairros adjacentes



Fonte: Google Earth (2026), adaptado pelos autores.

A avenida apresenta uso diversificado, com presença de estabelecimentos comerciais, veículos estacionados junto ao meio-fio e circulação de motocicletas, conforme observado nos registros fotográficos anteriores à intervenção. Essas características evidenciam a diversidade das solicitações às quais o pavimento está submetido, incluindo as decorrentes da circulação de veículos e das operações de parada e estacionamento.

A escolha da Avenida Formosa como objeto de estudo justifica-se pela ocorrência de problemas relatados no revestimento anterior e pela execução de uma intervenção em 2026. Os serviços

compreenderam a recuperação do revestimento por meio de fresagem e aplicação de nova mistura asfáltica usinada a quente, além da reforma de sarjetas e canais superficiais. Paralelamente aos serviços de pavimentação, foram realizadas a reorganização da sinalização viária e a implantação de uma ciclovia no espaço anteriormente ocupado pelo canteiro central.

Segundo os técnicos consultados, o revestimento antigo apresentava possíveis deficiências relacionadas à espessura e à compactação, além de problemas no escoamento superficial. Ressalta-se, entretanto, que essas informações correspondem a relatos e observações de campo, não constituindo resultados de ensaios laboratoriais. Dessa forma, a distinção entre as condições efetivamente observadas, as informações relatadas pelos técnicos e as inferências possíveis a partir dos dados disponíveis constitui um aspecto fundamental para a delimitação metodológica deste trabalho.

1.2. Problema de Pesquisa

Diante do contexto apresentado, este trabalho busca responder à seguinte questão: quais manifestações patológicas podem ser identificadas nos registros fotográficos anteriores à fresagem da Avenida Formosa, qual é sua severidade visual qualitativa e quais relações tecnicamente plausíveis podem ser estabelecidas entre o diagnóstico, as informações de campo e os serviços executados?

A formulação do problema evita, deliberadamente, estabelecer relações causais entre os defeitos identificados e suas possíveis origens, uma vez que os dados disponíveis, constituídos por registros

fotográficos pontuais, observações de campo e relatos técnicos informais, não permitem comprovar tais relações.

É possível, entretanto, descrever e classificar as manifestações evidenciadas nos registros, bem como discutir, com fundamento na literatura técnica e nas normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), quais explicações são compatíveis com as evidências disponíveis e quais investigações complementares seriam necessárias para confirmá-las ou descartá-las.

1.3. Justificativa

A relevância deste estudo está relacionada a aspectos práticos, técnicos e acadêmicos. Do ponto de vista prático, intervenções de recuperação em vias urbanas de médio porte nem sempre são acompanhadas de documentação sistemática das condições anteriores do pavimento, o que pode dificultar a compreensão dos problemas existentes e dos motivos que justificaram a intervenção após a conclusão da obra. Nesse sentido, registrar e classificar o revestimento antes de sua remoção permite preservar evidências que deixam de estar disponíveis após a execução da fresagem.

Do ponto de vista técnico, o trabalho busca estabelecer critérios de classificação da severidade visual e diferenciar as manifestações patológicas do revestimento, como panelas, trincas, remendos e desgaste, das condições relacionadas à drenagem, como a presença de água acumulada na superfície. Essa distinção é importante porque a ocorrência de água não representa, necessariamente, a causa de um defeito, podendo constituir apenas uma condição associada a ele. Uma panela, por exemplo, por apresentar uma

depressão na superfície do pavimento, pode favorecer o acúmulo de água pluvial, independentemente de sua origem estar diretamente relacionada à ação da água.

Do ponto de vista acadêmico, o estudo apresenta uma aplicação da terminologia e dos critérios técnicos de avaliação superficial estabelecidos pelo DNIT a um caso de pavimentação urbana, reconhecendo as limitações dessa abordagem, uma vez que os procedimentos normativos considerados foram desenvolvidos principalmente no contexto da avaliação e da gestão de rodovias (BRASIL, 2003b, 2003c). Além disso, por envolver investimento público em infraestrutura urbana, a documentação das condições do pavimento, das intervenções executadas e das evidências disponíveis, com a explicitação de seus limites, contribui para a transparência e para o registro técnico de experiências que podem subsidiar futuras ações de planejamento e manutenção viária.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo Geral

Identificar e classificar qualitativamente as manifestações patológicas visíveis nos registros fotográficos anteriores à fresagem, bem como contextualizar a recuperação do revestimento da Avenida Formosa, localizada no município de Timon (MA).

1.4.2. Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

a. identificar e descrever as manifestações patológicas registradas nas fotografias anteriores à execução da obra;

b. estabelecer e aplicar critérios explícitos de classificação da severidade visual aos registros fotográficos identificados como P1 a P5;

c. distinguir as manifestações patológicas do revestimento das condições relacionadas à drenagem superficial;

d. documentar, com base nas evidências disponíveis, os serviços de fresagem e execução do novo revestimento asfáltico;

e. descrever as intervenções realizadas na drenagem superficial e as ações complementares relacionadas à mobilidade urbana; e

f. discutir as possíveis explicações para as manifestações identificadas, considerando as evidências disponíveis e as limitações do estudo.

1.5. Hipóteses

Por se tratar de um estudo de caso descritivo e exploratório, não se pretende testar hipóteses de causalidade. Com base nos relatos técnicos obtidos em campo e na literatura de pavimentação, foram formuladas três proposições exploratórias, que orientam a discussão das condições que podem ter contribuído para a deterioração do revestimento anterior:

- **H1** - a espessura reduzida e a compactação inadequada do revestimento anterior podem ter contribuído para sua

deterioração;

- **H2** - possíveis deficiências na drenagem superficial podem ter contribuído para o agravamento das manifestações patológicas; e

- **H3** - as solicitações do tráfego, o envelhecimento dos materiais e a ocorrência de manutenções corretivas podem ter influenciado a evolução dos defeitos observados

As hipóteses são consideradas explicações tecnicamente possíveis, não constituindo relações causais comprovadas por ensaios laboratoriais ou medições específicas. Sua análise será realizada na seção 5.5, considerando a compatibilidade de cada hipótese com as evidências disponíveis, as informações que ainda seriam necessárias para sua confirmação e as investigações complementares recomendadas.

1.6. Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está organizado em seis seções. Após esta introdução, a seção 2 apresenta o referencial teórico, abordando a estrutura dos pavimentos, as manifestações patológicas dos revestimentos asfálticos, os mecanismos de deterioração, a drenagem superficial, os métodos de avaliação das condições da superfície e as técnicas de recuperação de pavimentos.

A seção 3 descreve os procedimentos metodológicos adotados, incluindo a caracterização da área de estudo, o protocolo de inspeção visual, os critérios de classificação das manifestações patológicas e as limitações da pesquisa.

A seção 4 apresenta o estudo de caso da Avenida Formosa, contemplando o diagnóstico fotográfico do revestimento anterior, a descrição dos serviços executados e as condições observadas após a conclusão da intervenção.

A seção 5 apresenta e discute os resultados obtidos, considerando a identificação e a classificação das manifestações patológicas, a análise das condições de drenagem, a caracterização da recuperação executada e a discussão das hipóteses formuladas.

Por fim, a seção 6 apresenta as considerações finais, sintetizando os principais resultados, as limitações do estudo e as recomendações para futuras investigações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Classificação e Estrutura dos Pavimentos

O Manual de Pavimentação do DNIT descreve o pavimento como uma estrutura constituída por camadas de espessuras finitas, assentadas sobre o subleito, cuja função é resistir e distribuir ao terreno os esforços do tráfego, assegurando condições adequadas de rolamento. As camadas apresentam resistências e deformabilidades distintas, de modo que o desempenho do conjunto depende da interação entre elas sob as solicitações do tráfego (BRASIL, 2006c; Medina; Motta, 2015).

Os pavimentos podem ser classificados, de forma geral, em flexíveis, semirrígidos e rígidos. Nos flexíveis, a estrutura reúne revestimento asfáltico e camadas granulares ou estabilizadas, que distribuem progressivamente as tensões. Nos semirrígidos, há camada de base tratada com aglutinante de propriedades cimentícias. Nos rígidos, o

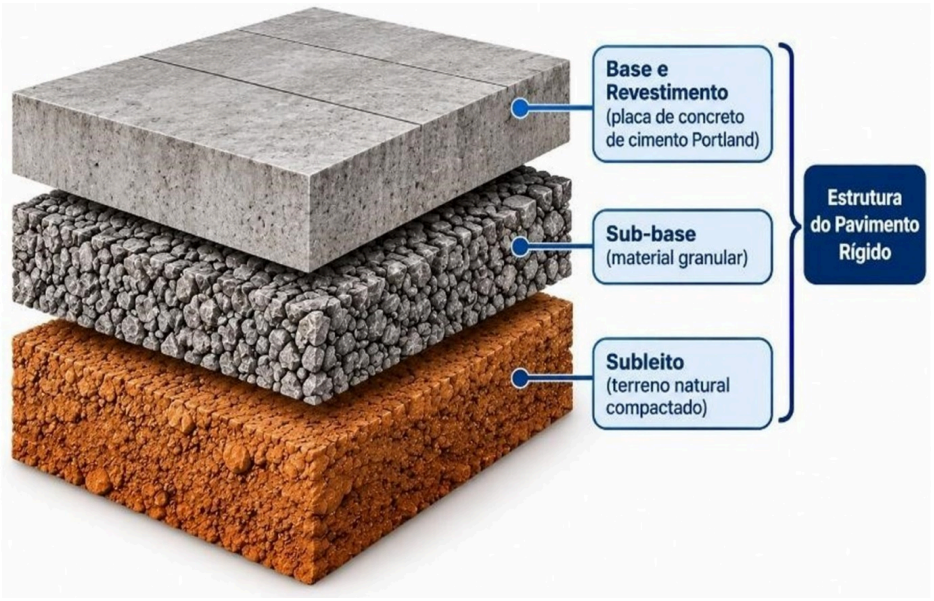
revestimento de concreto de cimento Portland apresenta elevada rigidez e assume parcela expressiva das solicitações (Balbo, 2007; Medina; Motta, 2015). A Figura 2 ilustra o pavimento flexível, destacando suas camadas estruturais: revestimento asfáltico, camada de ligação (Binder), base, sub-base e subleito e a Figura 3, as de um pavimento rígido.

Figura 2. Representação esquemática da estrutura de um pavimento flexível.



Fonte: *Elaborado pelo autor (2026).*

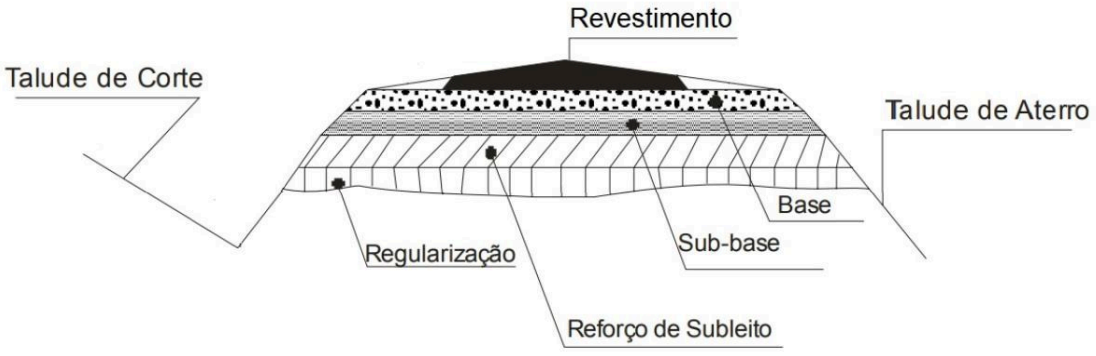
Figura 3. Representação esquemática da estrutura de um pavimento rígido.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Figura 4 apresenta uma seção transversal esquemática de pavimentação, com a identificação das camadas estruturais e dos taludes de corte e aterro. Essa representação permite compreender que o revestimento asfáltico corresponde apenas à camada superficial de uma estrutura composta por diferentes elementos.

Figura 4. Seção transversal esquemática de pavimentação, com indicação das camadas



Fonte: *SOUZA, Murilo L de. Método de projeto de pavimentos flexíveis. 3. ed. Rio de Janeiro: IPR, 1981.*

A compreensão dessa estrutura é relevante para o presente estudo, uma vez que a identificação de manifestações patológicas na superfície não permite concluir, isoladamente, que sua origem

esteja restrita ao revestimento asfáltico. Deficiências nas camadas inferiores, deformações do subleito e a ação da água podem refletir-se na superfície do pavimento, embora a comprovação de cada mecanismo exija investigação específica (Medina; Motta, 2015). Esse princípio fundamenta a cautela adotada neste trabalho ao relacionar os defeitos visualmente identificados às suas possíveis causas.

2.2. Desempenho dos Pavimentos Asfálticos em Áreas Urbanas

Os pavimentos asfálticos urbanos devem ser compreendidos como sistemas constituídos por múltiplas camadas, projetados para resistir às solicitações mecânicas do tráfego e às ações ambientais. Dessa forma, seu desempenho não depende exclusivamente das condições do revestimento superficial, mas do comportamento integrado do revestimento, da base, da eventual sub-base e do subleito (Medina; Motta, 2015; Balbo, 2007).

O revestimento asfáltico estabelece o contato direto com os veículos e contribui para o conforto, a segurança e a proteção das camadas inferiores. Para apresentar desempenho adequado, a mistura asfáltica deve possuir características compatíveis de granulometria, teor de ligante, trabalhabilidade e compactação. A perda de coesão, o envelhecimento do ligante e a ação da água podem favorecer processos de desagregação e o desenvolvimento de fissuras (Bernucci *et al.*, 2008).

As demais camadas também desempenham funções importantes na estrutura. A base é responsável pela distribuição das tensões às camadas inferiores, enquanto a sub-base, quando prevista, contribui para a transição estrutural. O subleito, por sua vez, constitui a fundação do pavimento. Nesse contexto, a compactação

inadequada de qualquer uma dessas camadas pode comprometer a resposta mecânica da estrutura. Entretanto, sem ensaios ou documentação executiva, não é possível atribuir uma manifestação patológica específica à deficiência de determinada camada (Medina; Motta, 2015).

Em cidades de clima quente, a exposição à radiação solar e às variações de temperatura também deve ser considerada na análise do desempenho dos materiais asfálticos. Temperaturas elevadas podem reduzir a rigidez da mistura e acelerar o envelhecimento do ligante. A água proveniente das chuvas representa outro fator relevante, pois condições inadequadas de escoamento superficial podem favorecer a permanência de umidade e a infiltração por descontinuidades existentes no revestimento (Bernucci *et al.*, 2008; BRASIL, 2006c). A intensidade desses processos em cada local, entretanto, depende de informações específicas que não foram mensuradas nesta pesquisa.

Além dos fatores ambientais e estruturais, as vias urbanas apresentam condicionantes específicos de utilização que influenciam o desempenho dos pavimentos asfálticos. O tráfego pode se concentrar em determinadas faixas de circulação, especialmente em vias utilizadas por veículos pesados, como ônibus, caminhões de carga e veículos de coleta. As operações frequentes de frenagem e aceleração, particularmente em cruzamentos e pontos de parada, também produzem solicitações mecânicas que podem contribuir para o desenvolvimento de deformações permanentes e outras manifestações patológicas no revestimento. Dessa forma, o desempenho do pavimento está relacionado não apenas às características dos materiais e da estrutura, mas também

à intensidade e à distribuição das cargas atuantes (Balbo, 2007; Medina; Motta, 2015).

Outro aspecto relevante corresponde às intervenções realizadas nas redes subterrâneas de serviços públicos, que podem exigir a abertura de valas e a posterior recomposição do pavimento. Essas operações produzem interfaces entre o revestimento existente e o material de reparo, cuja execução inadequada pode favorecer o aparecimento de descontinuidades e a infiltração de água. Além disso, os serviços de manutenção corretiva resultam em áreas de remendos que podem apresentar características distintas das do revestimento original. Em avenidas comerciais, as operações de estacionamento, carga e descarga também acrescentam solicitações às faixas laterais, próximas às guias e sarjetas. A interação desses fatores deve ser considerada na análise das condições de conservação dos pavimentos urbanos (Balbo, 2007; Bernucci *et al.*, 2008).

2.3. Manifestações Patológicas e Terminologia do DNIT

As manifestações patológicas em pavimentos flexíveis correspondem a alterações observadas na superfície do revestimento, que podem comprometer suas condições estruturais e funcionais. Essas ocorrências apresentam diferentes características e formas de manifestação, sendo importante identificá-las e classificá-las adequadamente para subsidiar a avaliação do estado de conservação da via.

Para uniformizar a identificação dos defeitos em pavimentos flexíveis e semirrígidos, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), por meio da norma DNIT 005/2003-TER,

estabelece uma terminologia específica para as principais manifestações patológicas. Essa classificação contempla fissuras, trincas, deformações, desgastes, buracos e remendos, entre outras ocorrências (BRASIL, 2003a).

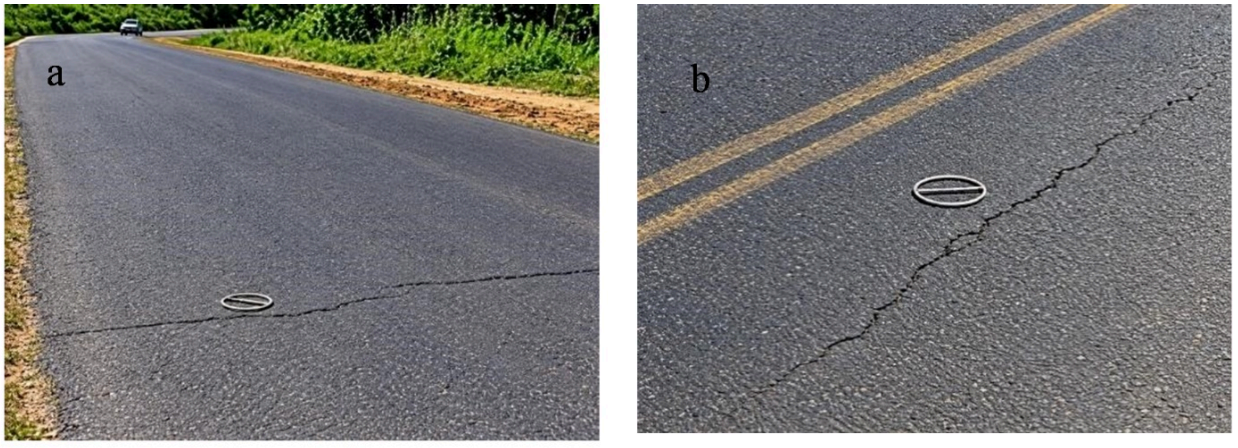
Entre as manifestações patológicas relacionadas à fissuração, destacam-se as fissuras e as trincas, cuja diferenciação é estabelecida pela norma DNIT 005/2003-TER. As fissuras correspondem a aberturas de pequena dimensão, perceptíveis visualmente a curta distância, podendo apresentar diferentes orientações em relação ao eixo da via. As trincas, por sua vez, constituem aberturas mais perceptíveis na superfície do revestimento, classificadas conforme suas características geométricas e sua disposição, podendo ocorrer de forma isolada ou interligada (BRASIL, 2003a).

As trincas isoladas podem ser classificadas conforme sua orientação em relação ao eixo da pista, sendo denominadas transversais ou longitudinais (Figura 5). Também são diferenciadas quanto ao comprimento, sendo consideradas curtas quando apresentam extensão de até 1,00 m e longas quando ultrapassam esse limite. A norma contempla, ainda, as trincas de retração, associadas a fenômenos de retração térmica ou dos materiais constituintes do pavimento. Essa classificação permite padronizar a identificação dos defeitos e contribuir para a caracterização das condições superficiais do revestimento (BRASIL, 2003a).

As trincas interligadas podem apresentar configuração do tipo couro de jacaré ou em blocos (Figura 6). O trincamento tipo couro de jacaré caracteriza-se pela formação de uma malha de trincas interconectadas, com configuração irregular, enquanto o

trincamento em blocos apresenta divisões aproximadamente poligonais. Essas manifestações podem apresentar diferentes condições de conservação das bordas, incluindo a ocorrência de erosão, característica considerada na classificação normativa. A identificação adequada dessas configurações é importante para a descrição técnica das manifestações patológicas e para a discussão dos possíveis mecanismos de deterioração do pavimento (BRASIL, 2003a; Balbo, 2007).

Figura 5. Tricas Isoladas no Pavimento Flexível: (a) transversal, (b) longitudinal.



Fonte: *DNIT 005/2003-TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia*

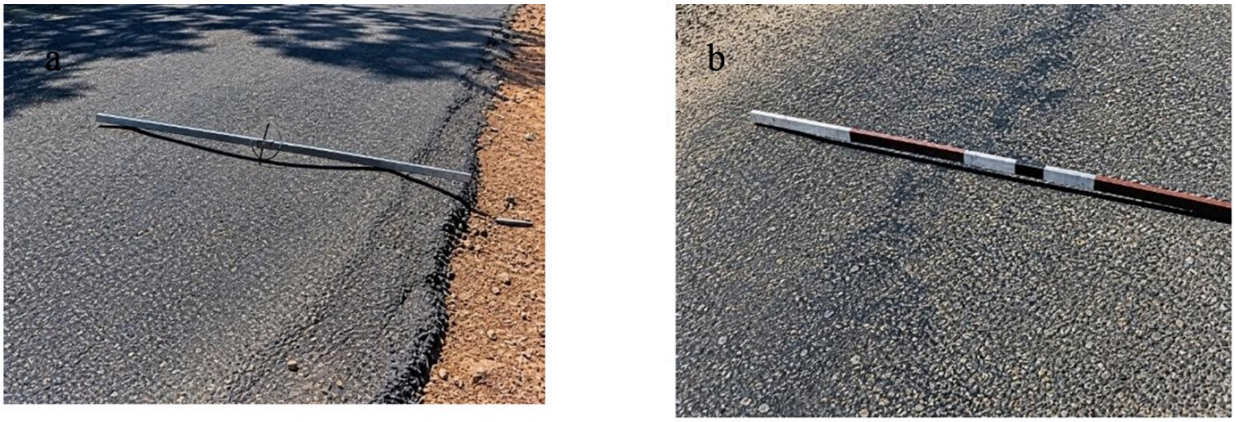
Figura 6. Tricas Interligadas no Pavimento Flexível: (a) couro de jacaré, (b) blocos.



Fonte: *DNIT 005/2003-TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia*

Outra manifestação relevante é o afundamento, caracterizado pela formação de depressões na superfície do pavimento, podendo ou não apresentar elevação do material nas regiões próximas. Conforme a classificação do DNIT, essa ocorrência pode ser dividida em ***afundamento plástico*** e ***afundamento de consolidação***. O primeiro está relacionado à deformação permanente de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, geralmente acompanhado de deslocamento lateral do material. Já o segundo decorre de processos de consolidação diferencial das camadas, sem a presença desse solevamento (Figura 7).

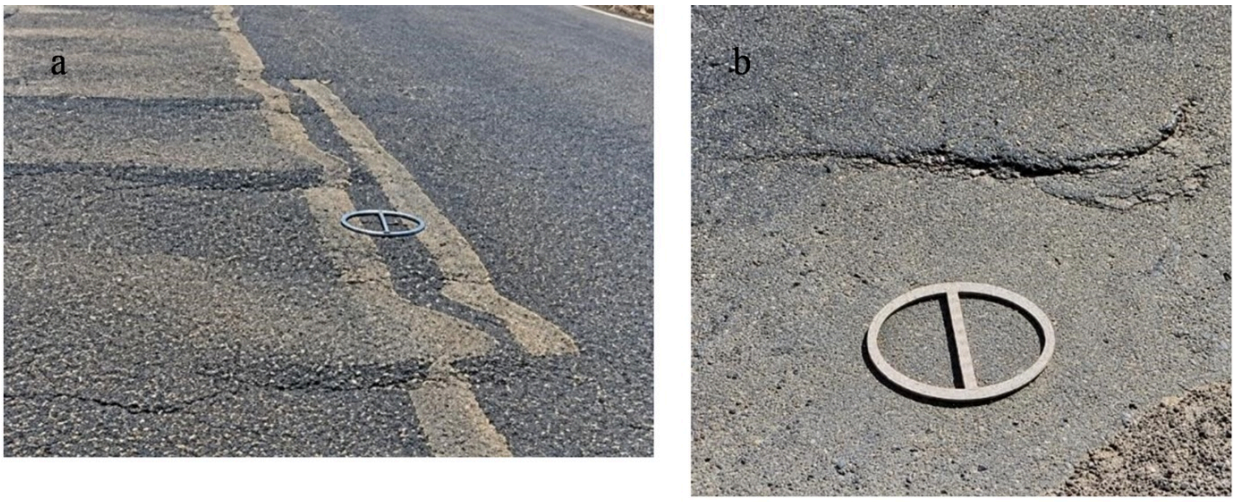
Figura 7. Afundamento Plástico no Pavimento Flexível: (a) afundamento de trilha de roda, (b) afundamento local.



Fonte: *DNIT 005/2003-TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia*

As **ondulações** ou **corrugações** correspondem a deformações caracterizadas pela formação de irregularidades sucessivas, predominantemente transversais ao sentido de circulação (Figura 8). O **escorregamento,** por sua vez, ocorre quando há deslocamento do revestimento em relação à camada inferior, podendo produzir aberturas com formato semelhante a meia-lua.

Figura 8. Manifestações patológicas em pavimento flexível: (a) ondulação ou corrugação; (b) escorregamento do revestimento.



Fonte: *DNIT 005/2003-TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia*

Também merece destaque a **exsudação** (Figura 9), identificada pelo excesso de ligante betuminoso na superfície do revestimento, decorrente de sua migração em direção à superfície. Essa condição pode alterar a textura superficial e reduzir a aderência entre os pneus dos veículos e o pavimento.

Figura 9. Exsudação



Fonte: *DNIT 005/2003-TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia*

O **desgaste** (Figura 10) caracteriza-se pela perda progressiva de agregados da superfície do revestimento, resultando em uma textura mais áspera e irregular. Esse processo pode estar associado aos esforços tangenciais provocados pela circulação dos veículos, contribuindo para a deterioração superficial do pavimento.

Figura 10. Desgaste



Fonte: *DNIT 005/2003-TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia*

Os **buracos,** também denominados ***panelas*** (Figura 11), consistem em cavidades formadas no revestimento, que podem apresentar diferentes dimensões e profundidades. Sua ocorrência pode estar relacionada a diferentes processos de deterioração, incluindo a perda de aderência entre camadas e o desprendimento de materiais. Em situações mais avançadas, a cavidade pode atingir as camadas inferiores, ampliando a extensão do defeito.

Figura 11. Buraco em Pavimento Flexível



Fonte: *DNIT 005/2003-TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos Terminologia*

Por fim, os remendos representam intervenções localizadas destinadas à correção de defeitos existentes, especialmente buracos. Podem ser classificados como superficiais, quando envolvem apenas a recomposição da camada de revestimento, ou profundos, quando também ocorre a substituição de uma ou mais camadas inferiores do pavimento.

A identificação dessas manifestações constitui uma etapa importante da avaliação visual das condições de conservação da via. Entretanto, a presença de determinado defeito não permite, isoladamente, estabelecer sua causa, sendo necessária a consideração de informações complementares sobre as características construtivas, as condições de drenagem, o tráfego e o histórico de intervenções realizadas no pavimento.

Dessa forma, a terminologia estabelecida pelo DNIT 005/2003-TER será utilizada como referência para a identificação e descrição das manifestações patológicas observadas nos registros fotográficos da Avenida Formosa, em Timon (MA), respeitando-se os limites da avaliação visual adotada nesta pesquisa. Quadro 1 apresenta os defeitos considerados no estudo, suas características gerais e a ocorrência nos registros fotográficos analisados.

Quadro 1. Defeitos do revestimento asfáltico considerados no estudo

Defeito (código)	Descrição resumida	Ocorrência nos registros
Fissuras e trincas (FC-1, FC-2 e FC-3)	Aberturas na superfície do revestimento, classificadas segundo o grau de interligação e a presença de erosão nas bordas: FC-1, trincas isoladas; FC-2, trincas interligadas sem erosão	P4 e P5. Em P5, a configuração é compatível com trincamento interligado, sem classificação

	acentuada nas bordas; FC-3, trincas interligadas com erosão acentuada nas bordas.	normativa conclusiva.
Panela (P)	Cavidade no revestimento, que pode atingir as camadas inferiores e evoluir pela desintegração do material.	P1, P2 e P3.
Remendo (R)	Preenchimento de panelas ou de áreas deterioradas com material de reparo, em serviço corretivo.	P4, em áreas de textura distinta, compatíveis com remendos.
Desgaste e desagregação (D)	Desprendimento progressivo de partículas da superfície, que passa a apresentar aspereza e perda de material.	P4 e P5, em focos localizados.
Afundamento (A)	Deformação permanente da superfície, caracterizada por depressão, com ou sem solevamento lateral.	Não identificado de forma conclusiva, pois as imagens não permitem aferir deformações.

Fonte: *Elaboração própria, com base em BRASIL (2003a). As descrições são sínteses simplificadas; as definições completas constam da norma.*

A classificação da severidade das manifestações patológicas também constitui um elemento importante para a avaliação das condições do pavimento e para o planejamento de intervenções de manutenção. Entretanto, os níveis de severidade baixa, média e alta adotados neste trabalho correspondem a uma escala visual qualitativa própria, desenvolvida para a interpretação dos registros disponíveis e apresentada detalhadamente na seção 3.4.

Essa classificação não representa uma pontuação do Índice de Gravidade Global (IGG), previsto na norma DNIT 006/2003-PRO, uma vez que sua determinação exige inventário sistemático dos defeitos, medições de áreas e extensões e a realização dos demais procedimentos estabelecidos pela norma (BRASIL, 2003a; BRASIL, 2003b).

2.4. Mecanismos de Deterioração e Fatores Condicionantes

A deterioração dos pavimentos asfálticos resulta da interação de diferentes fatores estruturais, ambientais, executivos e operacionais (Balbo, 2007; BRASIL, 2006d). Entre os mecanismos discutidos na literatura, destacam-se a fadiga decorrente das solicitações do tráfego, a ação da água, as condições de espessura e compactação das camadas e o envelhecimento dos materiais associado à manutenção corretiva.

Esses mecanismos fornecem fundamentação teórica para as hipóteses formuladas neste trabalho. Entretanto, é importante ressaltar que a presença de uma manifestação patológica, isoladamente, não permite determinar o mecanismo responsável por sua formação.

2.4.1. Fadiga e Solicitações do Tráfego

A repetição das cargas provenientes do tráfego pode gerar deformações de tração na fibra inferior do revestimento asfáltico. Quando a estrutura apresenta rigidez insuficiente para suportar as solicitações atuantes, ou quando o revestimento possui espessura reduzida, os ciclos sucessivos de carregamento podem provocar o acúmulo de danos e o desenvolvimento de trincas por fadiga.

Esse processo pode evoluir de trincas inicialmente isoladas para configurações interligadas, formando malhas características. Com a progressiva perda de material, podem surgir cavidades e panelas na superfície do pavimento (Balbo, 2007; Medina; Motta, 2015).

Em vias urbanas, o tráfego lento e canalizado, com repetição das passagens dos veículos sobre as mesmas trilhas de roda, pode intensificar esse processo. A presença de trincamento em malha é compatível com mecanismos de fadiga e solicitações repetidas, mas não comprova, sem investigação complementar, a existência de deficiência na base ou no subleito (BRASIL, 2006d).

2.4.2. Ação da Água

A água constitui um dos agentes que podem comprometer o desempenho dos pavimentos asfálticos. Ao infiltrar-se por trincas, juntas e interfaces próximas às sarjetas, pode reduzir a coesão e a adesividade entre o ligante asfáltico e os agregados, favorecendo o desprendimento de partículas. Sob a ação repetida do tráfego, esses processos podem contribuir para o carreamento de materiais finos e o amolecimento das camadas inferiores, acelerando a deterioração e a formação de panelas (Bernucci *et al.*, 2008; BRASIL, 2006b).

Entretanto, é necessário estabelecer uma distinção entre a presença de água na superfície e sua participação efetiva no processo de deterioração. A água acumulada em uma panela pode constituir consequência da própria ruptura do revestimento, uma vez que a cavidade formada representa uma depressão capaz de reter a água pluvial. Assim, a presença de um buraco preenchido por água demonstra seu acúmulo naquele ponto, mas não comprova que a água tenha provocado originalmente o defeito.

Para caracterizar uma deficiência de drenagem, seria necessário demonstrar que a geometria da pista e os dispositivos de coleta e condução não permitem o escoamento adequado das águas pluviais. Essa avaliação exige levantamento geométrico e observações das condições de escoamento durante eventos de chuva (BRASIL, 2006b).

2.4.3. Espessura e Compactação

A espessura das camadas constituintes do pavimento representa um dos parâmetros fundamentais para seu desempenho estrutural, uma vez que influencia a distribuição das tensões e deformações decorrentes das solicitações do tráfego. Quando a espessura executada é inferior à necessária para as condições de carregamento e de suporte da estrutura, podem ocorrer maiores deformações e concentração de esforços, favorecendo o desenvolvimento de manifestações patológicas, como trincamentos por fadiga e deformações permanentes (Balbo, 2007; Medina; Motta, 2015).

A compactação constitui outra etapa essencial para o desempenho das misturas asfálticas, pois está diretamente relacionada à densificação do material e ao volume de vazios existente na camada. A compactação insuficiente pode resultar em maior permeabilidade, favorecendo a entrada de água e de ar na mistura, além de contribuir para processos de oxidação do ligante e perda de coesão entre os materiais. Essas condições podem reduzir a durabilidade do revestimento e favorecer o desenvolvimento de manifestações patológicas ao longo de sua vida útil (Bernucci *et al.*, 2008).

Nas regiões próximas às guias e sarjetas, as condições geométricas e as restrições de acesso dos equipamentos podem representar

dificuldades adicionais para a execução dos serviços de compactação. Entretanto, a identificação visual de defeitos nessas regiões não permite afirmar que tenham sido provocados por deficiência executiva. A confirmação de problemas relacionados à espessura e à compactação exige investigações específicas, como extração de testemunhos, determinação da densidade aparente, avaliação do volume de vazios e verificação do grau de compactação do revestimento (Bernucci *et al.*, 2008; BRASIL, 2006a).

No caso da Avenida Formosa, as possíveis deficiências de espessura e compactação do revestimento anterior são consideradas hipóteses técnicas, fundamentadas nos relatos obtidos durante a pesquisa e nos mecanismos descritos pela literatura. Como não foram disponibilizados resultados de ensaios ou documentação de controle tecnológico do pavimento anterior, não é possível confirmar a ocorrência dessas deficiências nem estabelecer sua participação efetiva na formação dos defeitos identificados.

2.4.4. Envelhecimento, Remendos e Manutenção Corretiva

O envelhecimento dos materiais asfálticos constitui um dos fatores que influenciam a durabilidade dos revestimentos, estando associado principalmente às alterações físico-químicas do ligante betuminoso ao longo do tempo. A exposição ao oxigênio, à radiação solar e às variações de temperatura pode favorecer processos de oxidação, aumentando a rigidez do material e reduzindo sua capacidade de acomodar deformações. Como consequência, o revestimento pode apresentar maior suscetibilidade ao desenvolvimento de fissuras e trincas, especialmente quando submetido à repetição das cargas do tráfego (Balbo, 2007; Bernucci *et al.*, 2008).

Os remendos correspondem a intervenções localizadas destinadas à recomposição de áreas deterioradas do pavimento. Conforme a terminologia estabelecida pela norma DNIT 005/2003-TER, podem ser classificados como superficiais ou profundos, de acordo com a extensão da intervenção nas camadas da estrutura. Embora esses serviços tenham a finalidade de restabelecer as condições de utilização da superfície, a existência de interfaces entre materiais de diferentes características pode representar uma região suscetível ao desenvolvimento de novas manifestações patológicas, especialmente quando há deficiência de execução ou presença de água (BRASIL, 2003a; BRASIL, 2006d).

A ocorrência simultânea de remendos, trincamentos e desgaste pode indicar um histórico de intervenções corretivas e de deterioração progressiva do revestimento. Entretanto, a simples identificação dessas manifestações não permite determinar a qualidade dos reparos anteriormente executados ou estabelecer as causas específicas de sua deterioração. No caso da Avenida Formosa, o registro fotográfico P4 apresenta características compatíveis com áreas de remendos e fissuração, cuja interpretação deve considerar as limitações da inspeção visual e a ausência de informações detalhadas sobre as intervenções anteriores.

2.5. Drenagem Superficial e Desempenho Funcional

O escoamento superficial das águas pluviais depende da geometria da pista e da continuidade dos dispositivos responsáveis pela coleta e condução da água. A declividade transversal direciona o escoamento para as bordas da via, enquanto sarjetas e canais superficiais conduzem a água ao longo do sistema de drenagem até os pontos de captação e descarga (BRASIL, 2006c; BRASIL, 2006b).

No ambiente urbano, a drenagem do pavimento está integrada ao sistema de águas pluviais do município. Dessa forma, mesmo quando a superfície apresenta geometria adequada, podem ocorrer empoçamentos caso os dispositivos de captação e descarga não possuam capacidade suficiente para receber e conduzir as vazões provenientes das chuvas.

A simples presença de sarjetas, canais e grelhas, entretanto, não comprova a eficiência hidráulica do sistema. Uma avaliação conclusiva exige levantamento geométrico, verificação das condições de descarga, observações durante eventos de chuva e, quando necessário, dimensionamento hidrológico e hidráulico (BRASIL, 2006b).

No presente estudo, as intervenções realizadas na drenagem superficial são descritas com base nas evidências disponíveis, sem atribuir eficiência hidráulica comprovada ao sistema após sua reforma.

2.6. Métodos de Avaliação da Superfície do Pavimento

O DNIT estabelece procedimentos específicos para a avaliação das condições superficiais de pavimentos flexíveis e semirrígidos, os quais podem ser compreendidos em diferentes níveis de abordagem.

O primeiro nível corresponde à padronização da terminologia dos defeitos, estabelecida pela norma DNIT 005/2003-TER. Esse documento apresenta as definições e classificações necessárias para identificar e registrar as manifestações patológicas observadas nos pavimentos (BRASIL, 2003a).

O segundo nível corresponde à avaliação objetiva da superfície, prevista na norma DNIT 006/2003-PRO que estabelece procedimentos para a determinação do Índice de Gravidade Global (IGG). Esse índice é obtido a partir do inventário dos defeitos em estações de inspeção e de medições de deformação nas trilhas de roda (BRASIL, 2003b).

O terceiro nível corresponde ao levantamento visual contínuo, estabelecido pela norma DNIT 008/2003-PRO. Trata-se de um procedimento expedito em que as condições da superfície são avaliadas por trechos, mediante percurso realizado em baixa velocidade ao longo da via (BRASIL, 2003c).

O presente estudo utiliza a terminologia estabelecida pela DNIT 005/2003-TER para identificar e descrever as manifestações patológicas registradas nas fotografias anteriores à intervenção. Entretanto, não foram realizados os procedimentos necessários para a aplicação das demais metodologias, uma vez que não há inventário sistemático em estações de inspeção, medições de flechas, levantamento de extensões e áreas dos defeitos ou percurso contínuo de avaliação ao longo da avenida. Por esse motivo, os resultados não são expressos em IGG nem em outro índice normativo.

Cabe destacar que os procedimentos mencionados foram concebidos no contexto da avaliação e da gestão de rodovias. Sua aplicação em vias urbanas deve considerar as particularidades relacionadas ao tráfego, à geometria e às condições de drenagem, uma vez que os parâmetros e as faixas de classificação do IGG foram estabelecidos para outro contexto de utilização. Essa ressalva

fundamenta a decisão de utilizar a terminologia normativa, sem reproduzir as pontuações dos métodos de avaliação rodoviária.

Diante dessas limitações, a adoção de uma escala qualitativa própria justifica-se por três aspectos. Primeiro, a determinação do IGG não é viável com os dados disponíveis, e a apresentação de uma pontuação sem a realização dos procedimentos necessários comprometeria a precisão dos resultados. Segundo a definição explícita dos critérios de classificação visual, com parâmetros para cada nível de severidade, permite tornar a interpretação das imagens mais transparente e reproduzível. Terceiro, estudos de caso de natureza qualitativa admitem a utilização de categorias de análise definidas em função do objeto pesquisado, desde que os critérios adotados sejam claramente apresentados (Yin, 2015; Gil, 2019).

2.7. Recuperação do Revestimento e Técnicas Executivas

O recapeamento é frequentemente utilizado para designar a aplicação de uma nova camada asfáltica sobre um pavimento existente. Entretanto, quando a intervenção envolve a remoção prévia do revestimento por fresagem, é necessário distinguir esse procedimento de um simples capeamento sobre a superfície antiga.

A fresagem mecanizada consiste na retirada controlada de parte do material existente, permitindo remover trechos deteriorados e preparar a superfície para a execução de uma nova camada, conforme as especificações do projeto e as condições locais (BRASIL, 2006d; BRASIL, 2011).

De maneira geral, a execução de um novo revestimento asfáltico envolve etapas de preparação e limpeza da superfície, aplicação de

tratamentos de ligação quando previstos em projeto, transporte e distribuição da mistura por equipamento acabador e posterior compactação por rolos. As especificações de serviço estabelecem controles relacionados aos materiais e à execução, incluindo temperatura da mistura, teor de ligante, grau de compactação e espessura da camada (Bernucci *et al.*, 2008; BRASIL, 2006a).

No presente estudo, as etapas de distribuição mecanizada da mistura e compactação encontram-se documentadas nos registros fotográficos disponíveis. Entretanto, não foram apresentados boletins de controle de temperatura, densidade, teor de ligante ou espessura do revestimento executado.

Embora a expressão concreta betuminosa usinado a quente (CBUQ) seja frequentemente empregada na literatura e tenha constado da redação inicial deste trabalho, as informações de campo confirmam apenas a aplicação de mistura asfáltica usinada a quente. Na ausência de traço ou documentação técnica da usina responsável pelo fornecimento, não é possível confirmar a classificação específica da mistura empregada.

Por fim, é importante ressaltar que uma intervenção no revestimento pode recuperar as condições superficiais de rolamento, mas não comprova, isoladamente, a correção de eventuais problemas existentes nas camadas estruturais inferiores. Nesse sentido, o acompanhamento do desempenho do pavimento após a execução dos serviços constitui uma medida importante para avaliar sua evolução e subsidiar futuras ações de manutenção (Balbo, 2007; Medina; Motta, 2015).

3. METODOLOGIA

3.1. Natureza e Delineamento

A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso único, de caráter descritivo e exploratório, com abordagem predominantemente qualitativa. O estudo de caso é adequado à investigação de fenômenos contemporâneos em seu contexto real, especialmente quando não há controle sobre as variáveis envolvidas e quando os limites entre o fenômeno investigado e o contexto em que ocorre não são claramente definidos. Essa abordagem mostra-se pertinente à análise do desempenho de um pavimento submetido às condições de tráfego, clima e drenagem próprias do ambiente urbano (Yin, 2015).

O caráter descritivo está relacionado ao registro e à caracterização das manifestações patológicas identificáveis nas evidências disponíveis. Já o caráter exploratório decorre da discussão de possíveis fatores associados à deterioração observada, com base na literatura técnica e nas informações obtidas durante a pesquisa, sem a pretensão de comprovar relações causais (Gil, 2019; Prodanov; Freitas, 2013).

O material empírico da pesquisa é composto por cinco fotografias anteriores à fresagem, identificadas como P1 a P5, registros fotográficos das etapas de execução dos serviços e da situação posterior à intervenção, observações realizadas em visitas de campo e informações obtidas por meio de conversas técnicas informais. Cada registro fotográfico anterior à obra constitui uma unidade de análise incorporada ao estudo de caso.

A pesquisa não utilizou amostragem probabilística, levantamento normativo por estações, medições das dimensões dos defeitos,

ensaios laboratoriais, extração de testemunhos ou contagem de tráfego. Dessa forma, a avaliação possui caráter interpretativo e está restrita às evidências efetivamente disponíveis, não permitindo generalizações quantitativas sobre toda a extensão da avenida.

3.2. Área de Estudo e Recorte Temporal

A área territorial de referência corresponde à Avenida Formosa, no município de Timon (MA), considerada em toda a sua extensão, de uma extremidade à outra, abrangendo os dois sentidos de circulação. Essa delimitação foi estabelecida com base nas informações dos autores, obtidas durante o acompanhamento de campo.

A extensão longitudinal da avenida foi estimada por meio de traçado manual do eixo da via sobre imagem disponibilizada pelo Google Earth (GOOGLE, 2026), resultando em aproximadamente 1.174,88 m, ou 1,2 km, conforme apresentado na Figura 1. Trata-se de uma medida aproximada, sujeita às limitações de precisão da imagem e do procedimento manual utilizado.

É importante distinguir a abrangência territorial da intervenção da cobertura da análise fotográfica. Embora os serviços executados tenham sido informados como abrangentes às duas pistas ao longo da avenida, a avaliação das manifestações patológicas anteriores à obra utiliza apenas cinco registros fotográficos pontuais, sem localização georreferenciada. Portanto, esses registros não constituem um levantamento representativo de toda a extensão da via.

Quanto ao recorte temporal, as fotografias referentes às etapas de execução apresentam datas impressas pelo aparelho de registro em

3 e 13 de agosto de 2026. Já o registro da via após a conclusão dos serviços apresenta a data de 29 de outubro de 2026. As fotografias anteriores à fresagem não possuem data identificável, impossibilitando determinar o intervalo exato entre sua obtenção e o início da intervenção.

Assim, as datas impressas nas imagens são utilizadas apenas como referências cronológicas das etapas documentadas, não constituindo registros formais de controle ou acompanhamento da execução dos serviços.

3.3. Procedimentos de Coleta e Fontes

As informações utilizadas na pesquisa foram organizadas em quatro categorias, considerando suas diferentes naturezas, fontes de obtenção e respectivos limites probatórios.

Essa organização permitiu distinguir as evidências diretamente observadas, os relatos técnicos obtidos em campo e as informações provenientes da literatura especializada.

A primeira categoria corresponde aos registros fotográficos, constituídos pelas imagens anteriores à fresagem, pelas fotografias das etapas executivas e pelos registros da situação posterior à intervenção. Essas imagens representam evidências visuais dos elementos identificáveis em cada enquadramento, permitindo descrever as condições aparentes do revestimento e as características dos serviços documentados.

A segunda categoria compreende as observações de campo, realizadas pelos autores durante visitas à Avenida Formosa. Essas observações foram utilizadas para complementar o contexto das

imagens e esclarecer aspectos não inteiramente perceptíveis nos registros fotográficos. Como exemplo, destaca-se a informação de que a água observada nas fotografias P1 e P2 estava acumulada no interior de cavidades existentes no revestimento.

A terceira categoria abrange as informações técnicas relatadas, obtidas por meio de conversas informais com profissionais vinculados às áreas municipais de infraestrutura, sinalização e trânsito. Essas conversas não seguiram roteiro padronizado, não foram gravadas e não envolveram identificação nominal dos participantes. Por essa razão, as informações são tratadas como relatos técnicos de apoio à contextualização do caso, não sendo equiparadas a laudos, medições ou documentos oficiais.

A quarta categoria corresponde à literatura científica e às normas técnicas, utilizadas como fundamentação para a identificação dos defeitos, a compreensão dos mecanismos de deterioração e a discussão das possíveis relações entre as condições observadas e os serviços executados. Para a construção do referencial teórico, foi realizado levantamento bibliográfico por meio de consultas ao Google Acadêmico, à Scientific Electronic Library Online (SciELO), ao Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e aos documentos técnicos disponibilizados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Essas fontes subsidiaram a consulta a publicações científicas, obras especializadas e documentos normativos relacionados à estrutura e ao desempenho dos pavimentos asfálticos, às manifestações patológicas, aos mecanismos de deterioração, à drenagem superficial e às técnicas de recuperação de revestimentos.

A fundamentação técnica do estudo contemplou obras de referência da Engenharia de Pavimentos, como Balbo (2007), Bernucci *et al.* (2008) e Medina e Motta (2015), além de normas e manuais do DNIT. Entre os documentos normativos utilizados, destacam-se a DNIT 005/2003-TER, referente à terminologia dos defeitos em pavimentos flexíveis e semirrígidos, e a DNIT 006/2003-PRO, que estabelece procedimentos para a avaliação objetiva da superfície desses pavimentos. A utilização dessas referências possibilitou fundamentar tecnicamente a identificação e a descrição das manifestações patológicas, bem como discutir os fatores que podem estar associados à deterioração do revestimento, sem atribuir relações causais não comprovadas pelas evidências disponíveis.

As informações referentes à espessura do revestimento executado e à cronologia de determinadas etapas foram obtidas por meio do acompanhamento de campo e dos relatos dos profissionais consultados, não tendo sido confirmadas por ensaios independentes ou documentação de controle tecnológico. A extensão longitudinal da Avenida Formosa, por sua vez, foi estimada pelos autores mediante traçado manual sobre imagem disponibilizada pelo Google Earth, resultando em 1.174,88 m. Dessa forma, a pesquisa distingue as informações obtidas por observação direta, as estimativas realizadas pelos autores, os relatos técnicos e as interpretações fundamentadas na literatura especializada, respeitando os limites de cada fonte de evidência.

3.4. Protocolo de Inspeção Visual e Severidade

A unidade de análise corresponde a cada um dos cinco registros fotográficos anteriores à fresagem, identificados como P1 a P5. Em

cada registro, atribui-se a severidade visual predominante e, quando houver, indicam-se separadamente os focos localizados de deterioração mais acentuada. O procedimento de análise foi desenvolvido nas etapas descritas a seguir:

1. Separação dos registros fotográficos anteriores à intervenção, das imagens referentes à execução dos serviços e das fotografias posteriores à obra.

2. Descrição dos elementos visíveis em cada imagem, sem atribuição de dimensões que não pudessem ser verificadas.

3. Identificação das manifestações patológicas, sempre que possível, com base na terminologia estabelecida pela norma DNIT 005/2003-TER.

4. Atribuição de severidade visual predominante às manifestações identificadas no revestimento, somente quando o enquadramento apresentasse elementos suficientes para essa classificação.

5. Registro das incertezas, das ocorrências localizadas e das limitações decorrentes do enquadramento e da qualidade das imagens.

A utilização dos registros fotográficos anteriores à intervenção decorre da disponibilidade do material documental reunido para a pesquisa, constituindo um conjunto de evidências pontuais das condições do revestimento antes da fresagem. Dessa forma, as imagens não representam uma amostragem estatística da extensão total da avenida, mas unidades de análise selecionadas para a identificação e a caracterização das manifestações patológicas

visualmente reconhecíveis. A interpretação dos registros considera os limites dos enquadramentos, a ausência de escala física e a impossibilidade de realizar medições diretas das dimensões dos defeitos, não permitindo a generalização quantitativa dos resultados para todo o pavimento estudado.

Para classificar a intensidade aparente das manifestações patológicas, foi adotada uma escala qualitativa própria, composta pelos níveis baixos, médio e alto, além da condição não determinável. Os critérios consideram as características visuais dos defeitos, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2. Escala visual qualitativa de severidade das manifestações patológicas

Nível	Indicadores qualitativos	Condição para atribuição
Baixa	Fissuração discreta ou perda superficial localizada, sem perda expressiva de material.	Defeito reconhecível em imagem anterior à obra.
Média	Deterioração mais desenvolvida, trincas conectadas, desagregação perceptível ou deformação visível.	Imagem com detalhe e contexto suficientes.
Alta	Ruptura extensa, panela significativa, perda acentuada de revestimento ou condição visual crítica.	Evidência direta de dano acentuado; dimensão não presumida.
Não determinável	Imagem de execução, pós-obra ou sem detalhe suficiente do defeito anterior.	Não atribuir nível por inferência.

Fonte: *Elaboração própria (2026).*

A escala apresentada não reproduz as classes FC-1, FC-2 e FC-3 da norma DNIT 005/2003-TER, aplicáveis à classificação de determinadas configurações de trincamento, nem substitui os procedimentos de avaliação objetiva e cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG), estabelecidos pela norma DNIT 006/2003-PRO.

A classificação adotada representa exclusivamente a intensidade visual aparente das manifestações nos registros examinados, não correspondendo à severidade média de todo o trecho nem à condição estrutural do pavimento. A ausência de escala física, de medições de profundidade, largura e extensão dos defeitos, de coordenadas dos pontos fotografados e de inventário sistemático por estações impede a quantificação das ocorrências segundo os procedimentos normativos (BRASIL, 2003a; BRASIL, 2003b).

A presença isolada de água na superfície também não é classificada como manifestação patológica do revestimento. Nesses casos, o acúmulo de água é descrito separadamente, como uma condição observada no local, sem presumir que tenha sido a causa da formação do defeito.

3.5. Critérios de Rigor

A confiabilidade de uma pesquisa qualitativa depende da transparência dos procedimentos adotados e da possibilidade de acompanhamento e avaliação crítica das interpretações realizadas por terceiros (Yin, 2015). Nesse sentido, três critérios orientaram o desenvolvimento da análise.

O primeiro corresponde à **rastreabilidade das informações,** segundo a qual cada afirmação apresentada no trabalho deve estar

associada à evidência que lhe dá suporte. Esse procedimento é operacionalizado por meio da matriz de análise apresentada no Quadro 3, que relaciona os registros examinados às respectivas manifestações identificadas e às interpretações realizadas.

O segundo critério consiste na **separação entre observação, relato e inferência.** Dessa forma, as características diretamente identificáveis nas fotografias e nas visitas de campo são diferenciadas das informações fornecidas pelos profissionais consultados e das interpretações fundamentadas na literatura técnica. Essa distinção evita que informações não verificadas sejam apresentadas como resultados de medições ou constatações experimentais.

O terceiro critério refere-se ao **conservadorismo na classificação.** Quando a imagem apresenta informações suficientes, atribui-se o nível de severidade visual predominante, registrando-se também eventuais focos localizados que mereçam destaque. Quando o enquadramento é ambíguo ou não permite reconhecer adequadamente a manifestação, a ocorrência é considerada não determinável, evitando classificações baseadas em suposições.

3.6. Limitações Metodológicas

A principal limitação da pesquisa está relacionada à quantidade e à natureza dos registros fotográficos anteriores à intervenção. O conjunto de cinco imagens foi selecionado conforme a disponibilidade de registros e não constitui uma amostra representativa de toda a Avenida Formosa. Assim, embora a intervenção tenha sido informada como abrangente às duas pistas

ao longo da via, a análise da severidade está restrita às ocorrências identificáveis nas fotografias P1 a P5.

Além disso, os registros anteriores à obra não possuem localização georreferenciada, escala de medição ou identificação precisa dos pontos fotografados. Também não foram disponibilizados pares de imagens do mesmo local, obtidos antes e depois da intervenção, o que limita a comparação direta da evolução das manifestações patológicas.

Outra limitação corresponde à ausência de documentação técnica complementar, como projeto executivo, laudos de controle tecnológico, boletins de medição, resultados de ensaios de materiais e avaliações específicas do sistema de drenagem. Também não foram realizados ensaios para determinar a espessura das camadas, o grau de compactação, o volume de vazios ou as condições estruturais do pavimento.

Diante dessas restrições, não é possível comprovar as causas das manifestações patológicas, determinar a eficiência estrutural dos serviços executados ou afirmar a capacidade hidráulica do sistema de drenagem após a intervenção. As relações discutidas ao longo do trabalho são tratadas como hipóteses tecnicamente plausíveis, fundamentadas na literatura e nas informações disponíveis.

Essas limitações não invalidam a pesquisa, mas delimitam seu alcance. O estudo busca descrever e interpretar as manifestações patológicas registradas, contextualizar as intervenções realizadas e discutir possíveis fatores associados à deterioração, sem pretender substituir uma avaliação estrutural, funcional ou hidráulica completa da avenida.

4. ESTUDO DE CASO: AVENIDA FORMOSA

4.1. Diagnóstico Fotográfico do Revestimento Anterior

As cinco fotografias anteriores à fresagem, fornecidas pelos autores, constituem as principais evidências visuais das manifestações patológicas identificadas em pontos da Avenida Formosa. O conjunto demonstra diferentes condições de conservação do revestimento: enquanto alguns registros apresentam perda acentuada de material e formação de cavidades, outros evidenciam remendos, fissuração e desgaste superficial.

> *A análise a seguir considera cada fotografia individualmente, utilizando a terminologia da norma DNIT 005/2003-TER para identificar as manifestações patológicas e a escala qualitativa própria, apresentada na seção 3.4, para classificar sua severidade visual. Ressalta-se que os níveis atribuídos representam as condições aparentes nos enquadramentos analisados, não podendo ser generalizados para toda a extensão da avenida, estimada em aproximadamente 1,2 km (BRASIL, 2003a).*

Registro P1: Conforme esclarecimento do observador de campo, a água identificada na imagem estava acumulada no interior de uma cavidade existente no revestimento, e não apenas sobre a superfície da pista. A ocorrência é identificada como panela, com severidade visual **alta,** devido à ruptura da superfície de rolamento. O local aparece isolado por fita de sinalização e balizadores, indicando a adoção de uma medida de isolamento diante do risco representado pela cavidade aos usuários da via.

A presença de água encobre parte da geometria do defeito. Por essa razão, não são estimadas sua profundidade, área ou eventual extensão do comprometimento às camadas inferiores. A fotografia permite reconhecer a ruptura superficial, mas não fornece elementos suficientes para caracterizar sua dimensão ou origem (Figura 12).

Figura 12. Registro P1: panela com água acumulada no interior; severidade visual alta



Fonte: *Acervo de campo dos autores (2026).*

Registro P2: Assim como em P1, conforme esclarecimento do observador de campo, a água visível encontra-se acumulada no interior de um buraco existente no pavimento. A ocorrência é classificada como panela, com severidade visual alta, em razão da presença de cavidade na superfície de rolamento.

O enquadramento apresenta uma visão mais ampla da pista, permitindo observar a textura irregular do revestimento em primeiro

plano. Entretanto, a fotografia não permite determinar a profundidade ou a extensão da abertura, tampouco comprovar, isoladamente, a existência de deficiência no sistema de drenagem superficial (Figura 13).

Figura 13. Registro P2: panela com água acumulada; severidade visual alta, sem medição de profundidade



Fonte: *Acervo de campo dos autores (2026).*

Registro P3: A imagem evidencia pelo menos duas cavidades e perda localizada de material, características compatíveis com a manifestação patológica denominada panela. Também são perceptíveis sinais de deterioração nas bordas das áreas rompidas.

A severidade visual é classificada como alta, considerando a ruptura aberta da superfície de rolamento e a perda de material, que ultrapassam a condição de fissuração ou desgaste superficial discreto. Como não há escala física ou medição, não são quantificadas a área, a profundidade ou o volume de material perdido. Também não é possível determinar se houve comprometimento das camadas inferiores do pavimento (BRASIL, 2003a) (Figura 14).

Figura 14. Registro P3: panelas e perda localizada de revestimento antes da fresagem; severidade visual alta



Fonte: Acervo de campo dos autores (2026).

Registro P4. Observam-se áreas com textura superficial distinta, compatíveis com remendos, além de fissuração e desgaste irregular nas proximidades da borda da pista. A severidade visual predominante é classificada como **média,** considerando a coexistência de áreas reparadas e sinais de deterioração superficial. Entretanto, um foco localizado junto à lateral apresenta comprometimento visual mais acentuado.

A fotografia também mostra uma grelha metálica situada no limite da pista, cuja função específica não pôde ser confirmada durante a pesquisa. Não há informações suficientes para identificar o tipo de material utilizado nos remendos, a data de execução ou o desempenho de cada reparo realizado anteriormente (Figura 15).

Figura 15. Registro P4: remendos, fissuração e deterioração localizada junto à lateral; severidade visual média, com pontos críticos



Registro P5: O enquadramento apresenta uma área próxima à sarjeta, na qual são identificadas fissuras interligadas, perda de material e desgaste localizado. A severidade visual predominante é classificada como média, embora exista um foco localizado com desagregação mais acentuada, potencialmente enquadrável como de severidade alta.

A configuração observada é compatível com trincamento interligado. Contudo, não há elementos suficientes para estabelecer conclusivamente sua classificação normativa como FC2 ou FC-3,

uma vez que essa distinção depende da avaliação das características das trincas e da presença de erosão acentuada em suas bordas. Da mesma forma, a associação do defeito ao mecanismo de fadiga constitui uma interpretação possível, mas não comprovada pelas imagens disponíveis (BRASIL, 2003a).

A proximidade da ocorrência com a sarjeta também merece atenção, pois a interface entre o revestimento e os dispositivos de drenagem constitui uma região que deve apresentar condições adequadas de escoamento e proteção contra a infiltração. Entretanto, a identificação de uma ocorrência nessa posição não permite generalizar a existência de deficiência em todo o sistema de drenagem da avenida. (Figura 16)

Figura 16. Registro P5: fissuração interligada e desgaste junto à sarjeta; severidade predominante média, com pontos críticos



Fonte: Acervo de campo dos autores (2026)

Em conjunto, os registros P1 a P5 demonstram a ocorrência de diferentes manifestações patológicas no revestimento anterior à intervenção, com destaque para as panelas identificadas em P1, P2 e P3 e para a fissuração, os remendos e o desgaste observados em P4 e P5. A classificação evidencia maior comprometimento visual nos três primeiros registros, enquanto os dois últimos apresentam deterioração predominante de severidade média, embora com focos localizados mais acentuados.

Essa caracterização constitui a referência para a discussão dos serviços executados, mas não permite estabelecer a condição estrutural de toda a avenida ou determinar as causas específicas de cada manifestação.

4.2. Fresagem do Revestimento Antigo

A remoção do revestimento antigo por meio de fresagem mecanizada foi informada pelos autores com base no acompanhamento de campo. Segundo essas informações, o procedimento foi realizado como etapa preparatória para a execução do novo revestimento asfáltico.

A fresagem consiste na remoção controlada de parte do material existente, por meio de equipamento específico, permitindo retirar o revestimento deteriorado e preparar a superfície para receber uma nova camada, conforme as condições estabelecidas para a intervenção. A técnica encontra fundamentação no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos e na especificação de serviço do DNIT referente à fresagem a frio (BRASIL, 2006d; BRASIL, 2011).

Entretanto, os registros fotográficos disponibilizados para esta pesquisa não comprovam diretamente a operação da máquina

fresadora, nem permitem determinar a espessura do material removido. Assim, a utilização desse equipamento é tratada como informação relatada pelos autores, e não como evidência fotográfica inequívoca.

Do ponto de vista técnico, a fresagem é relevante porque permite remover parte do revestimento existente e expor a superfície subjacente, possibilitando sua inspeção antes da aplicação do novo material. Essa observação poderia fornecer informações adicionais sobre as condições da estrutura após a retirada da camada deteriorada. Contudo, não foram disponibilizados registros específicos dessa superfície exposta, impossibilitando avaliar visualmente o estado das camadas inferiores após a fresagem.

4.3. Distribuição e Compactação da Mistura Asfáltica

Após a remoção do revestimento antigo, foi executada a aplicação de mistura asfáltica usinada a quente. Segundo informações fornecidas pelos técnicos consultados, a espessura total do material asfáltico executado variou aproximadamente entre 8 e 13 cm, sem incluir as camadas de base e sub-base. Também não foram relatados serviços de recuperação dessas camadas inferiores.

> *A faixa de espessura mencionada não foi verificada por meio de extração de testemunhos ou de medições documentadas. Portanto, o dado deve ser interpretado como informação técnica relatada, e não como resultado de controle tecnológico realizado nesta pesquisa.*

A variação informada merece atenção, pois pode estar relacionada à execução de mais de uma camada asfáltica ou à necessidade de

ajustes de espessura para regularização do perfil da pista. Essas possibilidades, entretanto, não podem ser confirmadas sem acesso ao projeto executivo, às especificações dos serviços ou aos registros de medição da obra.

As fotografias disponíveis documentam a distribuição mecanizada da mistura asfáltica, conforme apresentado na Figura 17, e a utilização de equipamento de compactação durante a execução do novo revestimento, conforme a Figura 18. Esses registros permitem descrever visualmente as etapas gerais do serviço, mas não comprovam, isoladamente, a conformidade dos procedimentos executivos quanto à temperatura da mistura, ao número de passadas dos equipamentos, à densidade final ou ao teor de vazios (Bernucci *et al.*, 2008; BRASIL, 2006d).

Figura 17. Equipamento de pavimentação durante aplicação da mistura asfáltica (registro de 13 de agosto de 2026)



Fonte: *Acervo de campo dos autores (2026).*

Figura 18. Etapa de acabamento e compactação do novo revestimento (registro de 3 de agosto de 2026)



Fonte: *Acervo de campo dos autores (2026)*

Dessa forma, os registros permitem caracterizar a execução de uma nova camada de revestimento asfáltico, mas não possibilitam avaliar a qualidade final da mistura ou comprovar o atendimento aos parâmetros técnicos de controle estabelecidos para esse tipo de serviço.

4.4. Intervenções de Drenagem Superficial

Além da recuperação do revestimento, foram realizadas intervenções nas sarjetas e nos canais de escoamento superficial da Avenida Formosa. Segundo as informações obtidas durante o acompanhamento de campo, o perfil transversal da pista foi executado de modo a direcionar as águas pluviais para as laterais, favorecendo seu encaminhamento pelos dispositivos de drenagem superficial.

Não houve confirmação de intervenções em galerias subterrâneas ou bocas de lobo. Por esse motivo, tais serviços não são considerados como parte da intervenção descrita neste estudo.

A Figura 19 apresenta a interface entre o novo revestimento e a borda lateral da pista, região na qual a continuidade entre a superfície de rolamento e a sarjeta é relevante para o direcionamento do escoamento superficial. Essa conexão deve permitir que a água seja conduzida adequadamente, evitando condições que favoreçam o acúmulo junto às bordas do pavimento.

Figura 19. Interface entre revestimento da pista e borda lateral, em registro de execução (3 de agosto de 2026)



Fonte: *Acervo de campo dos autores (2026).*

A interpretação das intervenções deve distinguir a finalidade dos serviços de seu desempenho efetivo. A adequação do perfil transversal e a reforma dos dispositivos superficiais são medidas coerentes com o princípio de direcionamento e condução das águas pluviais. Entretanto, a pesquisa não dispõe de observações sistemáticas realizadas durante eventos de chuva após a conclusão da obra, nem de avaliações hidrológicas ou hidráulicas do sistema.

Assim, embora as intervenções tenham sido descritas como medidas destinadas a melhorar o escoamento superficial, não é possível afirmar que eventuais problemas anteriores de empoçamento tenham sido integralmente eliminados.

4.5. Sinalização e Implantação da Ciclovia

Além dos serviços de pavimentação e drenagem superficial, a Avenida Formosa passou por alterações na organização da circulação viária, incluindo a reorganização da sinalização e a implantação de uma ciclovia.

Conforme informações obtidas durante o acompanhamento de campo, os serviços de sinalização e implantação da ciclovia foram atribuídos à Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito de Timon (SMTTM), enquanto as intervenções de pavimentação foram atribuídas à Secretaria Municipal de Infraestrutura (SEINFRA). Essa distinção de responsabilidades decorre de informações relatadas e não foi confirmada por documentação administrativa oficial.

A ciclovia foi implantada no espaço anteriormente ocupado pelo canteiro central da avenida, não correspondendo à recuperação de uma estrutura cicloviária preexistente. A alteração representa uma mudança na organização do espaço viário, com destinação de área específica à circulação de bicicletas.

Essas intervenções são consideradas complementares à recuperação do pavimento, pois modificam a configuração e a utilização da avenida. Entretanto, não devem ser confundidas com os serviços diretamente relacionados à recuperação do revestimento asfáltico (Figura 20).

Figura 20. Configuração da avenida após a intervenção, com espaço central destinado à circulação cicloviária (registro de 29 de outubro de 2026)



Fonte: *Acervo de campo dos autores (2026).*

4.6. Inspeção Visual Posterior

Em outubro de 2026, segundo informações dos autores obtidas durante o acompanhamento de campo, os serviços de recuperação do revestimento já estavam concluídos ao longo de toda a Avenida Formosa, abrangendo os dois sentidos de circulação. A extensão longitudinal da via, estimada por meio de traçado sobre imagem do Google Earth, corresponde a aproximadamente 1.174,88 m, conforme apresentado na Figura 1.

As fotografias posteriores à intervenção permitem observar o aspecto superficial do novo revestimento e elementos da

reorganização da infraestrutura viária, incluindo a sinalização e a área destinada à circulação cicloviária. Esses registros fornecem uma referência visual da condição da avenida em período próximo à conclusão dos serviços (Figura 21).

Figura 21. Aspecto geral da avenida após a execução do revestimento e da sinalização



Fonte: *Acervo de campo dos autores (2026).*

A inspeção visual posterior permite descrever a aparência da superfície e a configuração da via após a intervenção. Entretanto, considerando o curto intervalo entre a conclusão dos serviços e a obtenção dos registros, não é possível avaliar o desempenho do pavimento em longo prazo, sua capacidade estrutural ou a eficiência hidráulica dos dispositivos de drenagem.

Também não foram disponibilizados registros georreferenciados dos mesmos pontos fotografados antes da obra, o que impede uma comparação direta entre as condições anteriores e posteriores em cada local. Dessa forma, as imagens posteriores são utilizadas como documentação do resultado visual da intervenção, e não como

comprovação de que todas as manifestações patológicas anteriores foram definitivamente solucionadas.

Em síntese, o estudo de caso documenta a recuperação do revestimento asfáltico, as intervenções relatadas na drenagem superficial e as alterações complementares na organização viária da Avenida Formosa. A análise conjunta dessas etapas fornece subsídios para a discussão dos resultados, respeitando os limites das evidências fotográficas, das informações técnicas relatadas e dos procedimentos metodológicos adotados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Rastreabilidade das Evidências

Para evitar que informações provenientes de fontes distintas sejam tratadas como equivalentes, os resultados foram organizados de acordo com a natureza e o alcance das evidências disponíveis, conforme apresentado no Quadro 3. Essa organização permite distinguir as constatações obtidas por meio dos registros fotográficos, as informações relatadas durante as atividades de campo e as interpretações fundamentadas na literatura técnica. Dessa forma, as possíveis causas dos defeitos são discutidas como hipóteses técnicas, e não como conclusões comprovadas por ensaios ou medições.

Quadro 3. Matriz de rastreabilidade das evidências

Afirmação analisada	Evidência disponível	Alcance da conclusão
Defeitos anteriores à obra	Fotografias P1 a P5.	Identificação e classificação da severidade

		visual restritas aos enquadramentos registrados.
Água acumulada em panelas anteriores à obra	Fotografias P1 e P2, complementadas por esclarecimento de campo.	Presença de água no interior das cavidades, sem comprovação isolada de deficiência de drenagem.
Fresagem e execução de novo revestimento	Acompanhamento e informações de campo, além de fotografias das etapas posteriores.	Descrição da intervenção, sem comprovação de quantitativos ou dos resultados do controle tecnológico.
Espessura de 8 a 13 cm	Informação relatada durante as atividades de campo.	Valor informado, sem medição independente ou validação por extração de testemunhos.
Reforma de sarjetas e canais superficiais	Informação de campo e fotografia da interface entre a pista e a borda.	Descrição dos serviços executados, sem avaliação do desempenho hidráulico.
Abrangência da intervenção nos dois sentidos	Declaração dos autores e extensão aproximada medida em imagem do Google Earth.	Abrangência informada pelos autores e extensão estimada em 1.174,88 m.
Atribuição institucional (SEINFRA e SMTTM)	Informações obtidas em campo.	Atribuição relatada, sem confirmação por documentação oficial.
Possíveis causas dos defeitos	Relatos técnicos e literatura especializada.	Discussão de hipóteses tecnicamente plausíveis, sem comprovação de causalidade.

Fonte: *Elaboração própria, com base nos registros e nas informações de campo (2026).*

5.2. Síntese das Evidências por Etapa

O Quadro 4 apresenta uma síntese das evidências disponíveis em cada etapa da intervenção e das interpretações que podem ser estabelecidas a partir delas. A análise conjunta demonstra que a condição anterior à obra possui maior documentação visual, enquanto as etapas executivas e a avaliação posterior dependem, em maior medida, de informações obtidas durante o acompanhamento de campo.

Quadro 4. Síntese das evidências por etapa

Etapa	Evidência disponível	Interpretação permitida
Condição anterior	Cinco fotografias anteriores à fresagem, visitas e relatos técnicos.	Classificação qualitativa das ocorrências visíveis, sem inventário dimensional da via.
Fresagem	Relato dos autores sobre a utilização de fresadora, sem registro fotográfico inequívoco da máquina em operação.	Descrição da etapa com base nas informações de campo, sem comprovação fotográfica direta.
Novo revestimento	Fotografias das etapas de aplicação e compactação, além de espessura informada entre 8 e 13 cm.	Descrição da execução, sem comprovação dos parâmetros de controle tecnológico.
Drenagem	Informações sobre a reforma de sarjetas e canais superficiais.	Descrição dos serviços realizados, sem avaliação hidráulica de seu desempenho.
Pós-obra	Fotografias da via após a conclusão dos serviços, em outubro de 2026.	Caracterização visual inicial do pavimento, sem possibilidade de estimar sua

		vida útil ou desempenho em longo prazo.

Fonte: *Elaboração própria (2026).*

5.3. Classificação Visual Individual das Ocorrências

Com base nos critérios estabelecidos na seção 3.4 e considerando o esclarecimento obtido em campo sobre a presença de água no interior das cavidades, os registros P1, P2 e P3 foram classificados com severidade visual alta. Já os registros P4 e P5 apresentam severidade predominante média, embora contenham áreas localizadas com deterioração mais acentuada.

O Quadro 5 sintetiza a classificação adotada. Ressalta-se que os resultados se restringem às manifestações identificadas nos cinco registros fotográficos analisados, não sendo possível extrapolá-los para toda a extensão da Avenida Formosa.

Quadro 5. Classificação visual das ocorrências anteriores à fresagem

Registro	Evidência principal	Severidade visual	Justificativa
P1	Panela com água acumulada no interior.	Alta	Presença de ruptura aberta na superfície de rolamento; profundidade e dimensões não podem ser estimadas com precisão devido à água acumulada.
P2	Panela com água acumulada no interior.	Alta	Cavidade identificada no registro fotográfico e esclarecida durante as atividades de campo; a presença de água não

			comprova, isoladamente, falha de drenagem.
P3	Cavidades abertas e perda de material.	Alta	Descontinuidade expressiva da superfície de rolamento, com perda localizada do revestimento.
P4	Remendos, fissuras e desgaste próximo à borda.	Média (predominante)	Deterioração heterogênea, com presença de áreas localizadas mais comprometidas.
P5	Trincas interligadas e desagregação junto à sarjeta.	Média (predominante)	Fissuração e desgaste visíveis, com foco localizado de deterioração potencialmente mais acentuada.

Fonte: *Elaboração própria (2026).*

A análise dos registros fotográficos evidencia diferenças na natureza e na intensidade aparente das manifestações patológicas identificadas. Nos registros P1, P2 e P3, a classificação de severidade visual alta está relacionada à presença de panelas e à ruptura aberta da superfície de rolamento, condições compatíveis com os indicadores de deterioração acentuada estabelecidos no Quadro 2. Em P1 e P2, a existência de água acumulada no interior das cavidades dificulta a identificação de suas dimensões e profundidades, mas não impede o reconhecimento visual da descontinuidade do revestimento. Ressalta-se que a classificação atribuída decorre da manifestação patológica identificada, não sendo a presença de água utilizada como critério independente de severidade.

Nos registros P4 e P5, a classificação de severidade visual predominantemente média fundamenta-se na identificação de fissuração interligada, desgaste superficial e áreas compatíveis com intervenções corretivas anteriores. Essas características correspondem aos indicadores de deterioração intermediária definidos no protocolo de avaliação qualitativa, embora existam pontos localizados com comprometimento visual mais acentuado. A classificação considera exclusivamente as condições aparentes dos elementos registrados nas fotografias, sem permitir a quantificação da extensão dos danos ou a determinação da condição estrutural das camadas inferiores.

A comparação entre os registros demonstra que a escala qualitativa adotada possibilitou diferenciar as manifestações conforme suas características visuais e seu grau aparente de desenvolvimento. Entretanto, os resultados representam somente os pontos documentados, não correspondendo a uma avaliação global da Avenida Formosa. A classificação também não substitui os procedimentos normativos de levantamento e quantificação dos defeitos previstos na DNIT 006/2003-PRO (BRASIL, 2003b).

5.4. Discussão Integrada: Defeitos, Drenagem e Recuperação

5.4.1. Defeitos, Água e Drenagem

Os registros anteriores à intervenção evidenciam diferentes manifestações patológicas na superfície do pavimento. Enquanto P1 e P2 apresentam panelas com água acumulada em seu interior, conforme esclarecimento obtido em campo, P3 evidencia cavidades abertas e perda de revestimento. Por sua vez, P4 e P5 apresentam

fissuração, desgaste e áreas com sinais de reparos anteriores ou desagregação.

A presença de água no interior das cavidades registradas em P1 e P2 permite discutir a possível interação entre o escoamento superficial e o processo de deterioração do pavimento. Entretanto, não comprova que deficiências de drenagem tenham originado as panelas ou as demais manifestações observadas.

A literatura técnica reconhece que a água pode acelerar a deterioração dos pavimentos asfálticos ao infiltrar-se por descontinuidades da superfície, atingir camadas inferiores e comprometer a adesividade entre o ligante e os agregados, bem como a coesão da mistura (Bernucci *et al.*, 2008). Nesse sentido, os registros são compatíveis com a possibilidade de interação entre a deterioração do revestimento e a presença de água. Um pavimento previamente fissurado ou desagregado pode apresentar maior suscetibilidade à infiltração, enquanto a permanência da água pode contribuir para a evolução dos danos. Contudo, os dados disponíveis não permitem estabelecer a sequência dos acontecimentos nem determinar qual desses fatores teve maior influência.

De maneira semelhante, os relatos técnicos sobre possíveis limitações de espessura e compactação do revestimento anterior indicam mecanismos que podem ter contribuído para a deterioração observada. Entretanto, como não foram realizados ensaios ou medições no material original, essas informações devem ser interpretadas como elementos de discussão, e não como comprovação das condições estruturais do pavimento.

As intervenções nas sarjetas e nos canais superficiais também devem ser compreendidas como serviços executados no contexto da recuperação da via. Embora a literatura técnica reconheça a importância da drenagem para o desempenho dos pavimentos, a efetividade dos serviços realizados não pode ser afirmada sem avaliação específica das condições de escoamento após a obra (BRASIL, 2006b).

Além disso, a classificação dos registros P1 a P5 não permite calcular a proporção de áreas deterioradas, comparar quantitativamente as condições anteriores e posteriores à intervenção, determinar o Índice de Gravidade Global (IGG) ou estimar a vida útil do pavimento. A contribuição empírica desta pesquisa consiste, portanto, na descrição sistematizada de ocorrências específicas e na discussão de suas possíveis relações com os serviços executados, respeitando os limites das evidências disponíveis (BRASIL, 2003b; Yin, 2015).

5.4.2. Limites da Comparação Fotográfica

A comparação entre as imagens anteriores e posteriores à intervenção apresenta limitações relacionadas à ausência de identificação geográfica dos pontos fotografados. Os registros não foram organizados como pares correspondentes de um mesmo local, tampouco possuem coordenadas, escala ou enquadramentos padronizados.

Por essa razão, não é possível estimar a redução percentual das manifestações patológicas, mensurar a melhoria estrutural do pavimento ou determinar o aumento de sua vida útil. As fotografias posteriores permitem apenas caracterizar visualmente a condição

inicial da via após a execução dos serviços, sem demonstrar seu desempenho ao longo do tempo.

Também é importante distinguir a água acumulada no interior das panelas registradas em P1 e P2 de outras manifestações superficiais. Essa ocorrência não deve ser confundida com exsudação de ligante asfáltico, uma vez que não há evidência de que o material observado corresponda ao ligante da mistura. Da mesma forma, a presença de água nas cavidades não deve ser utilizada isoladamente como comprovação de deficiência do sistema de drenagem.

5.5. Avaliação das Hipóteses

H1 – Espessura e compactação

Os relatos técnicos obtidos durante as atividades de campo são compatíveis com a hipótese de que limitações de espessura e compactação do revestimento anterior possam ter contribuído para sua deterioração. Além disso, manifestações como panelas e trincamento interligado são associadas, pela literatura, a diferentes mecanismos de deterioração que podem envolver insuficiência estrutural e condições inadequadas de execução (Bernucci *et al.*, 2008).

Entretanto, a confirmação dessa hipótese exigiria dados objetivos, como a espessura do revestimento original, o grau de compactação e o volume de vazios da mistura. Como o revestimento anterior foi removido durante a fresagem, a verificação direta dessas características já não é possível por meio do material originalmente aplicado. Essa limitação evidencia a importância de realizar registros e avaliações técnicas antes da remoção do revestimento em

intervenções futuras, bem como de manter documentação dos procedimentos de controle tecnológico do novo pavimento.

H2 – Drenagem

A hipótese relacionada à drenagem encontra elementos de discussão nas informações sobre a reforma de sarjetas e canais superficiais e nos registros P1 e P2, que apresentam água acumulada no interior de panelas. Contudo, essas fotografias não comprovam, isoladamente, a existência de deficiência no sistema de drenagem da avenida.

Assim, a hipótese permanece sem verificação hidráulica. Sua avaliação exigiria levantamento geométrico da seção transversal e das declividades da pista, verificação das condições de captação e descarga das águas pluviais e observação do escoamento durante eventos de chuva, tanto antes quanto depois da intervenção (BRASIL, 2006b).

A inclusão da reforma de sarjetas e da redefinição do perfil transversal entre os serviços executados indica que o escoamento superficial foi considerado no contexto da intervenção. Entretanto, essa informação demonstra apenas que tais aspectos foram contemplados nos serviços relatados, não sendo suficiente para comprovar a eficiência hidráulica da solução implantada.

H3 – Tráfego, envelhecimento e manutenção corretiva

A influência do tráfego, do envelhecimento dos materiais e das intervenções corretivas anteriores constitui outra hipótese tecnicamente plausível. A utilização comercial da Avenida Formosa, os remendos identificados no registro P4 e as condições climáticas

da região são aspectos que podem ser considerados na discussão sobre a deterioração do pavimento. A literatura reconhece que o envelhecimento do ligante asfáltico e as solicitações decorrentes do tráfego podem contribuir para a evolução das manifestações patológicas (BRASIL, 2006d).

Apesar disso, não foram obtidos dados sobre o volume e a composição do tráfego, a idade do revestimento ou o histórico de manutenção da avenida. Dessa maneira, não é possível determinar a contribuição individual de cada fator para os danos identificados. Para aprofundar essa análise, seriam necessários levantamentos classificados de tráfego e registros históricos das intervenções realizadas pelo órgão gestor da via.

De modo geral, as três hipóteses não são necessariamente excludentes. A deterioração de pavimentos urbanos pode resultar da interação de diferentes fatores, sendo difícil atribuir uma manifestação superficial a um único mecanismo sem investigações complementares (Balbo, 2007; Medina; Motta, 2015). Nesse contexto, a contribuição da pesquisa está em relacionar as evidências disponíveis às hipóteses formuladas e explicitar quais informações seriam necessárias para confirmá-las ou rejeitá-las.

A avaliação conjunta das hipóteses evidencia que os registros fotográficos e as informações de campo permitem identificar condições compatíveis com diferentes mecanismos de deterioração descritos na literatura técnica, mas não fornecem elementos suficientes para estabelecer a predominância de um fator específico. As proposições PE1, PE2 e PE3 mostraram-se compatíveis com as evidências disponíveis, mas não puderam ser confirmadas nem refutadas, pois os dados necessários (espessura e compactação do

revestimento original, comportamento hidráulico, tráfego e histórico de manutenção) não foram obtidos.

5.6. Subsídios para o Monitoramento da Via

Considerando que a condição anterior à intervenção foi documentada por meio de registros fotográficos pontuais, uma das contribuições práticas desta pesquisa consiste em indicar procedimentos que podem ser adotados para acompanhar o desempenho do pavimento recuperado e produzir informações comparáveis ao longo do tempo.

Com base nas diretrizes das normas do DNIT, recomenda-se:

- Realizar inventário georreferenciado das manifestações patológicas em estações de inspeção regularmente espaçadas, conforme os procedimentos da DNIT 006/2003-PRO, possibilitando o cálculo e o acompanhamento do Índice de Gravidade Global (IGG) ao longo do tempo (BRASIL, 2003b).

- Aplicar periodicamente o levantamento visual contínuo previsto na DNIT 008/2003PRO, como procedimento de avaliação expedita das condições superficiais do pavimento (BRASIL, 2003c).

- Estabelecer pontos fixos para registros fotográficos, com coordenadas geográficas, escala de referência e padronização do enquadramento, permitindo comparações entre diferentes períodos.

- Acompanhar as condições da via durante períodos chuvosos, observando a ocorrência de empoçamentos, o comportamento

do escoamento superficial e as condições da interface entre a pista e as sarjetas.

- Obter o projeto executivo, os boletins de controle tecnológico e, quando tecnicamente viável, os resultados de extração de testemunhos do novo revestimento, para verificar parâmetros como espessura e compactação.

- Utilizar a ficha de inspeção apresentada no Apêndice A para registrar novas ocorrências, mantendo os critérios de identificação e classificação adotados nesta pesquisa.

A adoção desses procedimentos poderá contribuir para a formação de um histórico técnico da Avenida Formosa, permitindo acompanhar a evolução das condições superficiais e identificar eventuais necessidades de manutenção.

5.7. Alcance e Limites dos Resultados

Os resultados obtidos permitem atender ao objetivo de identificar e classificar qualitativamente manifestações patológicas específicas do pavimento anterior à intervenção, além de documentar e discutir os serviços de recuperação realizados na Avenida Formosa.

Entretanto, os dados disponíveis não permitem caracterizar toda a extensão da avenida por meio de índice normativo, comprovar que as camadas inferiores do pavimento se encontravam em condições adequadas, verificar a conformidade tecnológica do novo revestimento ou demonstrar a eficiência hidráulica do sistema de drenagem após a intervenção.

Essas conclusões dependeriam de procedimentos complementares, como inventário sistemático das manifestações patológicas, medições, ensaios laboratoriais, análise de documentação técnica e acompanhamento da via em diferentes condições climáticas e períodos de utilização (BRASIL, 2003b; Yin, 2015).

Dessa forma, os resultados devem ser compreendidos como uma avaliação qualitativa de ocorrências pontuais e das intervenções documentadas, contribuindo para o registro técnico do caso estudado e para a indicação de procedimentos que possam aprimorar o monitoramento futuro do pavimento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo de identificar e classificar as manifestações patológicas existentes no pavimento da Avenida Formosa antes da intervenção foi alcançado, considerando os limites dos cinco registros fotográficos disponíveis. Os registros P1, P2 e P3 apresentaram panelas, classificadas com severidade visual alta, enquanto P4 e P5 evidenciaram fissuração, remendos e desgaste, com severidade predominante média. Nos registros P1 e P2, a água identificada encontrava-se no interior das cavidades, conforme esclarecimento obtido em campo. Essa condição, entretanto, não permitiu determinar a profundidade dos defeitos nem comprovar, isoladamente, a existência de deficiência no sistema de drenagem.

Em relação às intervenções realizadas, foram identificadas, por meio de informações de campo, a fresagem do revestimento antigo e a execução de um novo revestimento asfáltico. As fotografias e os relatos obtidos durante o acompanhamento permitiram documentar as etapas de distribuição e compactação da mistura

asfáltica usinada a quente, cuja espessura total foi informada entre 8 e 13 cm. Também foram relatadas intervenções nas sarjetas e nos canais superficiais. Segundo as informações levantadas, a recuperação contemplou os dois sentidos de circulação ao longo da avenida. A extensão longitudinal foi estimada em 1.174,88 m, por meio de medição em imagem do Google Earth. Ressalta-se, contudo, que a espessura informada não foi confirmada por medições independentes ou documentos executivos. A pesquisa também registrou a atribuição institucional informada para os serviços, relacionando à SEINFRA a recuperação asfáltica e à SMTTM as intervenções de sinalização e a implantação da ciclovia no espaço anteriormente ocupado pelo canteiro central.

A análise das hipóteses demonstrou que os relatos de campo são compatíveis com mecanismos de deterioração descritos na literatura técnica, especialmente aqueles relacionados à espessura e à compactação do revestimento, à ação da água, ao tráfego, ao envelhecimento dos materiais e à manutenção corretiva. Entretanto, a ausência de ensaios, medições e documentação técnica específica impediu a confirmação da contribuição individual desses fatores. Da mesma forma, a presença de água nas panelas não foi considerada prova suficiente de deficiência de drenagem. Assim, a pesquisa distinguiu as evidências diretamente observadas, as informações relatadas e as interpretações fundamentadas na literatura, evitando estabelecer relações de causalidade que não poderiam ser comprovadas pelos procedimentos adotados.

Conclui-se que a inspeção visual, quando fundamentada em critérios previamente definidos e acompanhada da identificação de suas limitações, constitui um recurso válido para reconhecer, descrever e classificar qualitativamente manifestações patológicas

registradas. Contudo, essa avaliação não substitui levantamentos sistemáticos nem procedimentos normativos de cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG). Nesse sentido, recomenda-se ampliar o inventário de defeitos por meio de registros georreferenciados, realizar medições das dimensões das ocorrências, obter projetos e boletins de controle tecnológico e acompanhar as condições de escoamento superficial durante períodos chuvosos. Além disso, as fotografias posteriores à intervenção permitem caracterizar a condição visual inicial do pavimento recuperado, mas não são suficientes para comprovar sua durabilidade ou a eficiência hidráulica do sistema de drenagem em longo prazo.

Como desdobramento desta pesquisa, recomenda-se a realização de avaliações periódicas das condições superficiais da Avenida Formosa, mediante levantamentos sistemáticos e registros fotográficos georreferenciados, de modo a permitir o acompanhamento da evolução das manifestações patológicas ao longo do tempo. Sugere-se, ainda, a aplicação de procedimentos normativos de avaliação, a análise das condições de drenagem superficial e a verificação dos parâmetros de espessura e compactação do novo revestimento por meio de documentação técnica e ensaios específicos. Essas medidas poderão contribuir para a formação de um histórico técnico da via, subsidiando o planejamento de intervenções de manutenção e a gestão da infraestrutura viária urbana. Dessa forma, a principal contribuição do estudo consiste na documentação e na classificação qualitativa das manifestações patológicas identificadas antes da recuperação, associadas à sistematização das evidências disponíveis e à indicação de procedimentos que poderão aprimorar o monitoramento futuro do pavimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica:** materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica:** formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: ABEDA, 2008.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 005/2003-TER:** defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos: terminologia. Rio de Janeiro: DNIT, 2003a.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 006/2003-PRO:** avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos: procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2003b.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 008/2003-PRO:** levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirígidos: procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2003c.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 031/2006-ES:** pavimentos flexíveis: concreto asfáltico: especificação de serviço. Rio de Janeiro: DNIT, 2006a.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 159/2011-ES:** pavimentação asfáltica: fresagem a frio: especificação de serviço. Rio de Janeiro: DNIT, 2011.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de drenagem de rodovias.** 2. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006b. (Publicação IPR, 724).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006c. (Publicação IPR, 719).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos.** 2. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006d. (Publicação IPR, 720).

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GOOGLE. **Google Earth.** [S. l.]: Google, 2026. Disponível em: https://earth.google.com/web/. Acesso em: 16 nov. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e estados:** Timon (MA). Rio de Janeiro: IBGE, [2026]. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/timon.html. Acesso em: 13 nov. 2026.

MEDINA, Jacques de; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Mecânica dos pavimentos.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico:** métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

YIN, Robert K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

---

[1] Orientador(a).