

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS A. C. SIMÕES
CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC
ENGENHARIA CIVIL

JOÃO ANTÔNIO FERREIRA ALBUQUERQUE

**AVALIAÇÃO PATOLÓGICA DA CICLOVIA NA AVENIDA FERNANDES LIMA,
TRECHO CANAÃ - CENTENÁRIO**

MACEIÓ – AL
2025

JOÃO ANTÔNIO FERREIRA ALBUQUERQUE

**AVALIAÇÃO PATOLÓGICA DA CICLOVIA NA AVENIDA FERNANDES LIMA,
TRECHO CANAÃ - CENTENÁRIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Lima Marques da Silva

MACEIÓ – AL

2025

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Betânia Almeida dos Santos – CRB-4 – 1542

A345a Albuquerque, João Antônio Ferreira.

Avaliação patológica da ciclovia na Avenida Fernandes Lima,
trecho Canaã - Centenário / João Antônio Ferreira Albuquerque. –
2025.

83 f. : il.

Orientador: Alexandre Lima Marques da Silva.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) –
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2025.

Bibliografia: f. 70-71.

Anexos: f. 72-83.

1. Mobilidade urbana. 2. Ciclovias. 3. Construções – patologias.

I. Título.

CDU: 624:711.4(813.5)

Folha de aprovação

AVALIAÇÃO PATOLÓGICA DA CICLOVIA NA AVENIDA FERNANDES LIMA, TRECHO CANAÃ - CENTENÁRIO.

Trabalho de Conclusão de submetido à
banca examinadora do curso de Engenharia
Civil da Universidade Federal de Alagoas e
aprovada em 28 de maio de 2025.

Documento assinado digitalmente
 **ALEXANDRE LIMA MARQUES DA SILVA**
Data: 05/06/2025 17:27:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador – Prof. Dr. Alexandre Lima Marques da Silva, UFAL.

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **JESSICA HELENA DE LIMA**
Data: 06/06/2025 10:52:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador Interno – Profa. Dra. Jéssica Helena de Lima, UFAL.

Documento assinado digitalmente
 **ALINE CALHEIROS ESPINDOLA**
Data: 12/06/2025 11:15:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador Interno – Profa. Dra. Aline Calheiros Espíndola, UFAL.

RESUMO

A crescente demanda por soluções de mobilidade urbana tem impulsionado a construção de ciclovias como alternativa sustentável aos deslocamentos urbanos. Inserido nesse contexto e alinhado ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 da Organização das Nações Unidas, que promove cidades mais inclusivas, seguras e sustentáveis, este estudo abordou a ciclovia da Avenida Fernandes Lima, em Maceió/AL, com o intuito de compreender suas fragilidades construtivas e seu papel na mobilidade urbana local. A pesquisa se concentrou na identificação de patologias presentes ao longo do trecho entre os bairros Canaã e Centenário, avaliando também como essas falhas interferem na segurança e funcionalidade da infraestrutura, além de investigar o interesse da população na integração da ciclovia principal com bairros adjacentes. A abordagem metodológica combinou inspeção visual técnica com amostragem estatística, aplicada a 232 elementos estruturais distribuídos ao longo da via, e a coleta de dados sociais por meio de dois formulários online. Os levantamentos revelaram que cerca de 40% das placas avaliadas apresentavam manifestações patológicas, como fissuras, desgastes, alçamento e quebras, indicando interferências relevantes na durabilidade da estrutura. Observou-se também que a presença de obstáculos, a largura insuficiente da via para o tráfego simultâneo de bicicletas, falhas na sinalização e ausência de manutenção periódica impactam diretamente na experiência do usuário. Em paralelo, os dados oriundos da percepção popular apontaram elevada concordância quanto à importância da conectividade cicloviária. Moradores dos bairros do entorno reconhecem o potencial da ciclovia como um vetor de integração social, de acesso ao comércio local e de promoção de deslocamentos mais seguros e sustentáveis. A maior parte dos respondentes demonstrou apoio à expansão da malha cicloviária, desde que acompanhada por melhorias técnicas e estruturais. Dessa forma, os achados indicam não apenas a presença de fragilidades na infraestrutura existente, mas também um cenário promissor para o fortalecimento do uso da bicicleta como moda urbana, especialmente quando aliadas ações corretivas, planejamento integrado e gestão contínua da estrutura cicloviária.

Palavras-chave: Patologia das construções, mobilidade urbana, ciclovia.

ABSTRACT

The growing demand for urban mobility solutions has driven the construction of bike lanes as a sustainable alternative for urban commuting. Within this context, and aligned with the United Nations' Sustainable Development Goal (SDG) 11—which promotes more inclusive, safe, resilient, and sustainable cities—this study examined the bike lane along Avenida Fernandes Lima, in Maceió, Brazil, with the aim of understanding its structural weaknesses and its role in local urban mobility. The research focused on identifying construction pathologies along the segment between the neighborhoods of Canaã and Centenário, assessing how these defects affect the safety and functionality of the infrastructure, and investigating the local population's interest in integrating the main bike lane with adjacent neighborhoods. The methodological approach combined technical visual inspection with statistical sampling, applied to 232 structural elements distributed along the route, and the collection of social data through two online questionnaires. The surveys revealed that approximately 40% of the evaluated slabs exhibited pathological manifestations such as cracks, surface wear, uplift, and breakage, indicating relevant impacts on the durability of the structure. Additionally, the presence of obstacles, insufficient lane width for two-way bicycle traffic, poor signage, and the lack of periodic maintenance were observed to directly affect user experience. In parallel, data from public perception showed a high level of agreement regarding the importance of bike lane connectivity. Residents of nearby neighborhoods recognized the bike lane's potential as a vector for social integration, access to local commerce, and the promotion of safer and more sustainable travel. Most respondents supported the expansion of the cycling network, provided it is accompanied by technical and structural improvements. These findings reveal not only the existing infrastructure's shortcomings but also a promising scenario for strengthening the use of bicycles as a viable urban transport mode, especially when combined with corrective actions, integrated planning, and continuous infrastructure management.

Keywords: Construction pathology, urban mobility, bike lane.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Premissas da sinalização.....	18
Figura 02 – Trecho de ciclovia.....	18
Figura 03 – Trecho de ciclofaixa.....	18
Figura 04 – Gabarito do ciclista.....	23
Figura 05 - Altimetria do trecho estudado.....	25
Figura 06 –Picos máximo e mínimo da altimetria do trecho.....	25
Figura 07 – Trecho de estudo.....	29
Figura 08 – Primeiros usuários da ciclovia.....	30
Figura 09 – Equipamentos de proteção de madeira em estado de novo.....	30
Figura 10 – Veículo automotivo passando pela ciclovia.....	31
Figura 11 – Grave acidente, colisão entre um veículo e uma árvore na ciclovia na Av. Fernandes Lima.....	31
Figura 12 – avaria nos guarda-corpos de madeira.....	32
Figura 13 – Fissuras e movimentação de meio-fio, possivelmente causado por raízes de árvores.....	37
Figura 14 – Fissura transversal na ciclovia.....	37
Figura 15 – Fissuras transversais na ciclovia acrescida de abertura na placa e exposição da malha de ferro.....	38
Figura 16 – Fissura transversal na ciclovia.....	38
Figura 17 – Inexistência de meio-fio como elemento separador.....	39
Figura 18 – Possível rebaixamento do solo acrescido da falta de meio fio.....	39
Figura 19 – Fissura semicircular	40
Figura 20 – Fissura longitudinal na ciclovia.....	40
Figura 21 – Mau acabamento da placa de concreto.....	41
Figura 22 – Erro de execução na concretagem, elementos orgânicos no concreto.....	41
Figura 23 – Mau acabamento da placa de concreto.....	42
Figura 24 – Mau acabamento da placa de concreto, tempo de pega não respeitado.....	42
Figura 25 – Exposição da malha da armação.....	43
Figura 26 – Fissura transversal.....	43
Figura 27 – Sobreposição de placas.....	44
Figura 28 – Fissuras longitudinais.....	44
Figura 29 – Fissura de canto.....	45
Figura 30 – Buraco corrigido de forma parcial.....	45
Figura 31 – Fissura de ponta.....	46
Figura 32 – Fissura longitudinal, possível falta de junta de dilatação.....	46
Figura 33 – Conjunto de fissuras por má colocação das placas.....	47
Figura 34 – Desgaste superficial e elevação do meio fio.....	47
Figura 35 – Conexão entre ciclovia e travessia de pedestres com fissuras transversais e longitudinais.....	48
Figura 36 – Fissuras por não respeitar o tempo de cura.....	48
Figura 37 – Afundamento do piso de madeira.....	49
Figura 38 – Exposição da malha da armação.....	49
Figura 39 – Fissuras longitudinais.....	50
Figura 40 – Quebra localizada acrescido de conjunto de fissuras.....	50
Figura 41 – Alçamento de placas com ruptura de canto.....	51
Figura 42 – Proteção de ciclovia quebrada.....	51
Figura 43 – Fissura por falta de junta de dilatação.....	52
Figura 44 – Fissura transversal e pega do concreto não respeitada.....	52
Figura 45 – Fissura longitudinal.....	53
Figura 46 – Meio fio quebrado.....	53
Figura 47 – Meio quebrado e resto do concreto despejado em ambiente irregular.....	54
Figura 48 – Conjunto de fissuras transversais.....	54
Figura 49 – Fissura transversal em curva.....	55
Figura 50 – Desgaste superficial de via.....	55
Figura 51 – Desgaste de via.....	56
Figura 52 – Conjunto de placas irregulares em relação ao solo, possível movimentação de raízes de árvores.....	56
Figura 53 – Fissura diagonal e placa quebrada.....	57
Figura 54 – Buraco e fissura em junta de dilatação.....	57
Figura 55 – Proteção da ciclovia quebrada.....	58
Figura 56 – Buraco em um conjunto de placas de madeira.....	58
Figura 57 – Fissuras em estruturas de madeira.....	59
Figura 58 – perdas de parafusos e fissuras em estruturas de madeira.....	59

Figura 59 – Resultados do formulário de integração da ciclovias dos bairros.....	61
Figura 60 – Exposição da malha da armação.....	62
Figura 61– Resultados - Avaliação ciclovias canaã / centenário.....	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3 JUSTIFICATIVA	10
4 REFERENCIAL TEÓRICO	11
4.1 INTRODUÇÃO	11
4.2 PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES APLICADAS ÀS CICLOVIA	12
4.2.1 FISSURAS E TRINCAS	13
4.2.2 DEFORMAÇÕES E SUBSÍDIOS	13
4.2.3 PROBLEMAS DE DRENAGEM	14
4.2.4 MATERIAIS INADEQUADOS	14
4.3 DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO DE PATOLOGIAS EM CICLOVIAS	15
4.3.1 INSPEÇÃO VISUAL	16
4.3.2 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS	16
4.3.3 DEFLECTOMETRIA	16
4.3.4 MONITORAMENTO DAS PATOLOGIAS	17
4.3.5 MONITORAMENTO VISUAL SISTEMÁTICO	17
4.3.6 MONITORAMENTO VIA SENSOR	17
4.4 SINALIZAÇÃO	18
4.4.1 DA INTEGRAÇÃO MODAL DE BICICLETAS	21
4.4.2 DIRETRIZES DOS PROJETOS CICLOVIÁRIOS	21
4.5 ESTUDOS DE INTEGRAÇÃO DE CICLOVIAS EM BAIRROS TANGENTES À AVENIDA FERNANDES LIMA	23
4.5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AVENIDA FERNANDES LIMA E DOS BAIRROS ADJACENTES	23
4.5.2 EXPANSÃO E INTEGRAÇÃO COM A CICLOVIA DA AVENIDA FERNANDES LIMA	26
4.5.3 AVALIAÇÃO DOS TRAJETOS E CONECTIVIDADE	26
4.6 DESAFIOS DE IMPLANTAÇÃO DE CICLOVIAS NOS BAIRROS	27
4.6.1 TOPOGRAFIA	27
4.6.2 INTERFERÊNCIAS URBANAS E INFRA ESTRUTURAS EXISTENTES	27
4.6.3 BENEFÍCIOS DA EXPANSÃO DAS CICLOVIAS PARA A MOBILIDADE URBANA	28
5 CICLOVIA NA AVENIDA FERNANDES LIMA, TRECHO COAGRO CENTENÁRIO	28
6 METODOLOGIA	33
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
7.1 PATOLOGIAS APRESENTADAS NA CICLOVIA - TRECHO CANAÃ - CENTENÁRIO	34
7.2 A IMPORTÂNCIA DA INTEGRAÇÃO DA CICLOVIA NA AV. FERNANDES LIMA COM OS BAIRROS ADJACENTES.	60
7.3 AVALIAÇÃO DA CICLOVIA - TRECHO CANAÃ/CENTENÁRIO	62
8 CONCLUSÕES	66
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

1 INTRODUÇÃO

A construção e manutenção das ciclovias enfrentam desafios específicos relacionados ao ambiente urbano, como a sobrecarga de uso, variações climáticas, interferências com outros tipos de infraestrutura e a má qualidade dos materiais utilizados. Entre as principais patologias encontradas estão fissuras, trincas, deformações e problemas de drenagem. Essas falhas comprometem não apenas a segurança dos ciclistas, mas também a capacidade de as ciclovias cumprirem seu papel de oferecer um meio de transporte seguro e acessível para a população. Para mitigar esses problemas, é necessário adotar um diagnóstico detalhado das falhas existentes, aliado a soluções técnicas de reparo que garantam a longevidade das vias e sua integração eficiente com o restante da infraestrutura viária.

O conceito de ciclovia, no entanto, vai além da simples infraestrutura física. Ele está inserido no escopo mais amplo de mobilidade urbana sustentável, uma vez que as ciclovias representam um importante elo na integração entre diferentes modos de transporte, como ônibus, metrô e até pedestres. Para maximizar o impacto positivo das ciclovias, é fundamental que elas estejam integradas a um sistema de mobilidade mais amplo, conectando diferentes áreas da cidade e facilitando o acesso a regiões antes subvalorizadas ou desconectadas. O planejamento de ciclovias deve considerar não apenas o traçado principal em avenidas movimentadas, mas também sua expansão para bairros adjacentes, permitindo que os ciclistas tenham rotas seguras e interligadas ao longo de todo o percurso urbano.

A expansão da infraestrutura cicloviária para bairros tangentes à ciclovia principal, por exemplo, é uma das soluções apontadas para melhorar a conectividade urbana. Essas expansões exigem um estudo detalhado da viabilidade técnica, considerando as características topográficas, os padrões de fluxo de trânsito e as infraestruturas existentes. A implementação de ciclovias em bairros residenciais pode não apenas aumentar a adesão ao uso da bicicleta, mas também reduzir o tráfego de veículos motorizados, ajudando a descongestionar as vias principais e a diminuir os níveis de poluição.

Os benefícios da expansão e integração das ciclovias vão além da mobilidade urbana. Elas impactam diretamente a qualidade de vida dos cidadãos, promovendo uma maior interação entre os espaços públicos, incentivando a prática de atividades físicas e criando uma cultura de deslocamento mais sustentável. Além disso, a presença de ciclovias em áreas antes desprovidas de infraestrutura de mobilidade tende a valorizar essas regiões, trazendo desenvolvimento econômico e melhorando a acessibilidade para a população.

A implementação de ciclovias integradas requer, no entanto, um planejamento que

leve em consideração tanto os aspectos técnicos, quanto os sociais. Por um lado, é necessário garantir que as ciclovias sejam seguras, com pavimentação adequada e conectividade com outros modais de transporte. Por outro, é importante que haja políticas públicas que incentivem o uso da bicicleta como meio de transporte, por meio da construção de ciclovias, mas também com campanhas educativas, programas de compartilhamento de bicicletas e criação de espaços que garantam a segurança dos ciclistas.

Ao observar projetos de ciclovias bem-sucedidos em cidades ao redor do mundo, percebe-se que a infraestrutura cicloviária tem o potencial de transformar radicalmente a forma como as pessoas se deslocam e interagem com o ambiente urbano. Em cidades como Copenhague e Amsterdã, onde as bicicletas são amplamente utilizadas, a redução do tráfego de automóveis e a melhoria na qualidade do ar são evidentes. Essas cidades demonstram que o investimento em ciclovias integradas a um sistema de mobilidade sustentável pode gerar uma série de benefícios tanto para a cidade, quanto para seus cidadãos.

Além disso, a expansão de ciclovias pode servir como uma ferramenta de inclusão social, proporcionando meios de transporte acessíveis para populações de baixa renda, que muitas vezes são mais dependentes de transportes coletivos e modais não motorizados. A criação de ciclovias em bairros mais afastados permite que essas populações tenham acesso mais rápido e econômico a serviços essenciais, como escolas, hospitais e centros de trabalho, promovendo a equidade no uso do espaço urbano.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é investigar as patologias presentes na ciclovia da Avenida Fernandes Lima, e avaliar seu impacto na mobilidade urbana, considerando aspectos técnicos de engenharia, quanto a percepção e aceitação da população local.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar como os problemas identificados afetam a segurança dos usuários e a eficácia da ciclovia como meio de transporte sustentável.
- Avaliar com a população de bairros tangentes as possibilidades e interesses na integração entre a ciclovia principal com possíveis ciclovias dos bairros em questão.

3 JUSTIFICATIVA

A presente pesquisa se justifica pela relevância da ciclovia da Avenida Fernandes Lima para a mobilidade urbana de Maceió, visto que houve um crescimento em proporções relevantes, todavia, percebe-se sua baixa malha de ciclovia em comparação a outras capitais (ALIANÇA BIKE, 2024). Ciclovias são essenciais para promover um transporte mais sustentável, reduzindo o uso de veículos motorizados e, conseqüentemente, minimizando o impacto ambiental e os congestionamentos. Entretanto, a eficácia desse tipo de infraestrutura depende diretamente da sua qualidade e estado de conservação, fatores que podem comprometer tanto a segurança dos usuários, quanto o estímulo ao uso contínuo.

A identificação das patologias construtivas presentes na ciclovia da Avenida Fernandes Lima é fundamental para assegurar que essa infraestrutura cumpra sua função de maneira eficiente e segura. Patologias como fissuras, deformações ou problemas de drenagem podem impactar a durabilidade da ciclovia, resultando em custos adicionais de manutenção ou, em casos mais críticos, em eventos que impactam diretamente os ciclistas. Além disso, esses problemas podem desencorajar o uso da ciclovia, contrariando os objetivos de mobilidade sustentável da cidade.

A avaliação das causas dessas patologias é igualmente relevante, uma vez que proporciona um diagnóstico mais preciso e fundamentado. Ao compreender as origens das falhas, seja pela qualidade dos materiais empregados, por técnicas construtivas inadequadas ou por fatores ambientais, é possível propor intervenções que garantam maior durabilidade e funcionalidade à ciclovia, evitando a recorrência de problemas futuros.

Outro aspecto importante é a integração das ciclovias, tanto a nível de planejamento urbano quanto na aceitação da população. A conexão entre a ciclovia da Avenida Fernandes Lima e as ciclovias dos bairros adjacentes pode fomentar o uso mais amplo dessa infraestrutura, incentivando um fluxo contínuo de ciclistas e ampliando o impacto positivo na mobilidade da cidade. A pesquisa junto à população local é uma etapa crucial para garantir que as soluções propostas atendam às demandas reais e sejam bem aceitas pelos usuários.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

As patologias nas construções referem-se aos problemas ou falhas que ocorrem em uma edificação ou estrutura civil devido a fatores como má execução, projetos inadequados, utilização de materiais de baixa qualidade, ou até mesmo a ação de fatores externos, como o meio ambiente. O estudo das patologias tem sido amplamente discutido ao longo das últimas décadas, visando melhorar a durabilidade e a segurança das construções.

Segundo Braga (2010), a patologia das construções é definida como o estudo das manifestações de falhas, defeitos ou degradações que ocorrem em uma edificação, buscando identificar suas causas, entender seus mecanismos e propor soluções para eliminá-las ou minimizá-las. Helene (2007) foi um dos pioneiros no Brasil ao associar a patologia às condições do concreto armado, ressaltando a importância de uma análise criteriosa das falhas que ocorrem com o tempo nas construções. Ele destacou que grande parte das patologias pode ser evitada desde que um diagnóstico correto seja feito e medidas preventivas sejam implementadas já na fase de projeto.

Em Bernucci et al. (2006), a patologia é vista como uma área da engenharia que lida com o diagnóstico e a terapia das construções. Gonçalves (2010) defende que as patologias nas construções não são apenas um reflexo de falhas técnicas, mas também um indicativo de problemas de gestão e planejamento urbano. No caso das ciclovias, ele resalta a importância de adequar o projeto às condições locais, considerando fatores como tráfego, clima e solo. Gonçalves (2010) propõe uma abordagem multidisciplinar para o estudo das patologias, envolvendo engenheiros, arquitetos e gestores de obras na busca por soluções integradas.

Além disso, Silva et al. (2008) amplia a discussão ao associar as patologias ao conceito de "desempenho da construção", argumentando que a degradação de uma estrutura ao longo do tempo não pode ser atribuída unicamente a um fator, mas sim à interação de diversos elementos, como clima, desgaste físico e falta de manutenção. Os autores sugerem que a gestão da construção, desde a sua concepção até sua operação, é essencial para garantir um bom desempenho ao longo da vida útil do pavimento. Ele destaca que, em ciclovias, as falhas mais comuns estão relacionadas à má drenagem e ao desgaste precoce do pavimento, devido ao tráfego intenso de bicicletas e à exposição direta às intempéries.

Ainda conforme Silva (2008), o conceito de patologia nas construções envolve não só o diagnóstico, mas também o estudo de medidas preventivas. Eles discutem a importância da normatização técnica e do acompanhamento rigoroso durante a execução das obras. Oliveira e Santos indicam que as falhas no controle de qualidade, tanto no projeto quanto nos materiais

utilizados, são responsáveis por grande parte das patologias observadas em estruturas como ciclovias. Eles sugerem, ainda, que um mapeamento periódico das condições da estrutura pode ajudar a identificar problemas antes que se tornem críticos, evitando custos elevados com reparos. No contexto das ciclovias, um estudo específico de Silva (2008) explora as patologias mais recorrentes em estruturas desse tipo, como a formação de trincas no pavimento, desníveis e problemas de aderência dos materiais utilizados. Silva e sua equipe observaram que, em muitas cidades brasileiras, a construção de ciclovias não segue critérios adequados de execução, o que leva ao surgimento de patologias precoces. Eles reforçam que uma das principais causas é a falta de adequação do pavimento às condições de uso, como a sobrecarga de tráfego de bicicletas em áreas com pavimento subdimensionado.

De acordo com Helene (2013), a patologia da construção pode ser classificada em diferentes categorias, dependendo da origem do problema. Ele divide as patologias em quatro grupos principais: patologia de projeto, patologia de execução, patologia de manutenção e patologia de uso inadequado. Cada uma dessas categorias está associada a diferentes fatores de risco que precisam ser geridos para garantir a durabilidade e a segurança das ciclovias. Bezerra (2023) sugere que as administrações públicas, ao promover a construção de ciclovias, devem garantir que o projeto siga rigorosamente as normas técnicas e que a execução seja supervisionada por profissionais qualificados.

Portanto, o conceito de patologia nas construções vai além do simples estudo das falhas estruturais. Trata-se de uma área de conhecimento voltada para a identificação das causas das anomalias, com o objetivo de propor soluções tanto para reparos quanto para a prevenção de novos problemas. A aplicação correta desse conhecimento é essencial para garantir que as construções, incluindo ciclovias, cumpram sua função de maneira segura e eficiente ao longo do tempo.

4.1 PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES APLICADAS ÀS CICLOVIA

As ciclovias, como qualquer outra infraestrutura urbana, estão sujeitas a diversas patologias que podem comprometer sua funcionalidade, segurança e durabilidade. As falhas mais comuns em ciclovias estão relacionadas à qualidade do pavimento, à drenagem inadequada e à falta de manutenção periódica. Essas patologias podem ser influenciadas por fatores ambientais, pelo uso intensivo e por falhas no projeto e na execução da obra.

4.1.1 FISSURAS E TRINCAS

As fissuras e trincas são patologias muito frequentes em pavimentos de ciclovias e podem

ter origens diversas, como movimentos térmicos, recalques diferenciais do solo e até erros na formulação do concreto utilizado na pavimentação. Segundo Helene (2013), as fissuras ocorrem devido à retração do concreto, variações de temperatura e defeitos nos processos de cura. A retração é o encolhimento do concreto à medida que perde água, levando ao surgimento de fissuras em sua superfície, especialmente quando o controle de qualidade da mistura ou da aplicação é inadequado.

Medeiros (2019) enfatiza que, no caso de ciclovias, as fissuras podem ser agravadas pela sobrecarga concentrada em áreas específicas, especialmente quando o pavimento não foi dimensionado para suportar o fluxo de ciclistas. Ainda, observa que as trincas, se não forem tratadas rapidamente, podem evoluir para falhas maiores, como buracos e desníveis, aumentando o risco de acidentes para os usuários.

Silva (2013) relata que as trincas longitudinais, que acompanham o eixo da ciclovia, são causadas principalmente por recalques diferenciais, ou seja, por variações no assentamento do solo. Esse tipo de patologia é comum em regiões onde o solo não foi devidamente compactado durante a fase de construção. Além disso, aponta também que as trincas transversais, que cruzam a ciclovia perpendicularmente, ocorrem devido à falta de juntas de dilatação adequadas para absorver a movimentação do pavimento por conta de variações de temperatura.

4.1.2 DEFORMAÇÕES E SUBSÍDIOS

As deformações e os subsídios são patologias que afetam a planicidade do pavimento, causando ondulações, afundamentos e irregularidades na superfície das ciclovias. Esses problemas ocorrem, principalmente, quando há falhas na compactação do solo ou no dimensionamento da base da ciclovia, conforme descrito por Azevedo (2008). Segundo o autor, deformações excessivas são um indicativo de que a estrutura da ciclovia não foi projetada para suportar as cargas aplicadas, sejam elas provenientes do tráfego de bicicletas ou de veículos pesados, que porventura passam por essas vias.

De acordo com Gonçalves (2010), os subsídios também estão relacionados a problemas na drenagem da água pluvial. Ciclovias que não possuem um sistema de drenagem eficiente tendem a acumular água em sua superfície, o que pode gerar erosão no solo abaixo do pavimento. Com o tempo, isso provoca afundamentos localizados que comprometem a segurança dos ciclistas. Além disso, o autor destaca que essas deformações também são agravadas pela falta de manutenção, que permite que pequenos problemas evoluam para falhas

mais graves.

Xavier (2021) observa que os subsídios podem ser minimizados com um bom planejamento do pavimento, levando em consideração o tipo de solo da região e a carga esperada. Ciclovias construídas em áreas com solos moles ou arenosos são mais suscetíveis a esse tipo de patologia, sendo necessário o uso de técnicas de reforço do solo, como geotêxteis ou camadas de reforço com materiais granulares.

4.1.3 PROBLEMAS DE DRENAGEM

A drenagem inadequada é uma das principais causas de patologias em ciclovias, conforme descrito por TAVARES (2014). Ciclovias que não possuem sistemas adequados de escoamento de águas pluviais tendem a sofrer com o acúmulo de água na superfície, o que acelera a degradação do pavimento e pode gerar danos estruturais. Segundo os autores, a falta de drenagem adequada é comum em ciclovias construídas em áreas urbanas densas, onde as soluções de escoamento de água muitas vezes são negligenciadas em prol de uma construção mais rápida ou econômica.

Silva (2019) aponta que a água, quando não adequadamente drenada, pode infiltrar-se no solo subjacente, enfraquecendo a base da ciclovia e provocando erosão, recalques diferenciais e até colapsos do pavimento. Além disso, a água acumulada sobre a superfície da ciclovia pode causar o fenômeno de "bombeamento" do pavimento, em que a pressão exercida pelos ciclistas empurra a água para as camadas inferiores, promovendo o desgaste interno do material de pavimentação.

Conforme Bauer (2019), um projeto adequado de drenagem deve incluir canaletas laterais, bueiros e sistemas de captação que permitam o escoamento rápido e eficaz da água. Ciclovias em áreas com grande volume de chuvas precisam de uma atenção especial nesse aspecto, sendo recomendado o uso de pavimentos permeáveis que possam absorver parte da água e prevenir o acúmulo excessivo na superfície.

4.1.4 MATERIAIS INADEQUADOS

A utilização de materiais inadequados na construção das ciclovias é uma das principais causas de patologias, conforme descrito por Helene (2013). O autor afirma que, para a longevidade de qualquer estrutura, é fundamental que os materiais utilizados atendam às normas técnicas e sejam adequados ao tipo de uso e às condições ambientais. No caso das

ciclovias, o uso de materiais de baixa qualidade ou inadequados para a exposição ao tráfego e às intempéries pode levar à degradação precoce do pavimento.

Medeiros (2007) reforça essa questão, indicando que em muitos casos, materiais que não foram projetados para resistir às condições de exposição ao sol e à chuva acabam sendo utilizados, o que resulta em uma maior propensão ao surgimento de trincas, fissuras e desagregação da camada superficial do pavimento. Ele também aponta que a escolha inadequada de materiais pode ser resultado de tentativas de reduzir custos de construção, o que compromete a durabilidade da ciclovia.

Segundo Xavier (2021), o uso de materiais adequados deve considerar não apenas a qualidade do pavimento, mas também o tipo de acabamento e a resistência ao desgaste. Ele ressalta que ciclovias construídas com asfalto de baixa qualidade, por exemplo, podem apresentar um desgaste acelerado nas áreas de maior uso. Além disso, a exposição constante às variações climáticas requer que os materiais possuam resistência à ação de agentes atmosféricos, como a chuva e a radiação ultravioleta.

4.2 DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO DE PATOLOGIAS EM CICLOVIAS

O diagnóstico e o monitoramento de patologias em ciclovias são etapas fundamentais para garantir a longevidade e a segurança dessas infraestruturas, promovendo a mobilidade sustentável nas áreas urbanas. As patologias, quando não identificadas e tratadas de forma adequada, podem comprometer a funcionalidade da ciclovia, afetando a segurança dos usuários e elevando os custos de manutenção a longo prazo. Diversos estudos indicam que um diagnóstico preciso e um monitoramento contínuo são essenciais para a identificação precoce de problemas estruturais, além de permitirem intervenções corretivas eficazes. Neste item, são apresentados os principais métodos de diagnóstico e monitoramento de patologias em ciclovias, bem como suas respectivas vantagens e limitações. O diagnóstico de patologias é o primeiro passo para a manutenção eficiente de ciclovias, uma vez que permite a identificação das causas e das dimensões dos danos. Existem diversos métodos de diagnóstico disponíveis, variando em complexidade, custo e precisão.

4.2.1 INSPEÇÃO VISUAL

A inspeção visual é o método mais simples e amplamente utilizado para o diagnóstico inicial de patologias em ciclovias. De acordo com De Barros (2022), a inspeção visual é eficaz para identificar fissuras, trincas, ondulações e outros tipos de falhas superficiais no pavimento.

Esse método é relativamente barato e rápido, permitindo que técnicos e engenheiros façam uma análise preliminar do estado da ciclovia sem a necessidade de equipamentos sofisticados. No entanto, como destaca Carvalho (2018), a inspeção visual apresenta limitações significativas, uma vez que falhas internas ou problemas ocultos na base do pavimento podem não ser detectados. Além disso, esse método é dependente da experiência e do treinamento do inspetor, o que pode resultar em diagnósticos subjetivos.

4.2.2 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Para complementar a inspeção visual, os ensaios não destrutivos (END) são amplamente utilizados no diagnóstico de patologias em ciclovias. Esses ensaios permitem uma análise mais detalhada das condições internas do pavimento sem causar danos à estrutura. Wang (2022) destaca a aplicação do método de georadar (Ground Penetrating Radar - GPR) para a detecção de falhas na base e sub-base do pavimento. O GPR é uma técnica eficiente para identificar vazios, infiltrações e outras anomalias que não são visíveis na superfície. Além disso, menciona o uso de ensaios ultrassônicos, que permitem a identificação de fissuras profundas e a avaliação da resistência do material ao longo do tempo. Esses métodos oferecem maior precisão no diagnóstico, embora envolvam custos mais elevados e demandem operadores especializados.

As fissuras observadas em ciclovias de concreto podem decorrer tanto de fadiga quanto de esforços de tração na fibra inferior da laje, sendo ambas associadas a condições de carregamento específicas. As fissuras de fadiga são causadas por solicitações repetitivas ao longo do tempo, mesmo que abaixo da carga de ruptura, como o tráfego contínuo de bicicletas, motocicletas ou veículos de manutenção, e tendem a surgir mesmo com cargas inferiores a 5 kN por roda, especialmente em pavimentos de espessura reduzida ou mal executados. Já as fissuras de tração na fibra inferior do concreto ocorrem devido ao momento fletor gerado por cargas concentradas no centro de vãos não armados ou com armadura insuficiente, sendo que, em uma laje com 10 cm de espessura e vão de 1,5 m, uma carga pontual superior a aproximadamente 3 kN (cerca de 300 kgf) já é suficiente para provocar esse tipo de fissuração. Portanto, o dimensionamento adequado da espessura, armadura e suporte da ciclovia é essencial para evitar patologias estruturais decorrentes de cargas rotineiras e incidentais.

4.2.3 DEFLECTOMETRIA

Outro método eficaz de diagnóstico é a deflectometria, que mede a deformação do pavimento sob a ação de uma carga aplicada. De acordo com DNIT 132/2010, a deflectometria com equipamento Falling Weight Deflectometer (FWD) é amplamente utilizada para avaliar a capacidade estrutural das ciclovias. O método permite medir a deflexão do pavimento em resposta a uma carga dinâmica, fornecendo informações sobre a rigidez e a capacidade de carga da estrutura. A partir desses dados, é possível determinar se a ciclovia está em condições de suportar o tráfego cicloviário previsto, além de identificar áreas onde a pavimentação pode estar falhando.

4.2.4 MONITORAMENTO DAS PATOLOGIAS

O monitoramento contínuo das patologias é tão importante quanto o diagnóstico inicial, pois permite acompanhar a evolução dos danos ao longo do tempo e planejar intervenções antes que as falhas se agravem. MAMELI e MARLETTO (2009) enfatizam que um sistema de monitoramento eficiente pode prolongar a vida útil da ciclovia, reduzindo os custos de reparo e garantindo a segurança dos usuários. A seguir, são discutidos os principais métodos de monitoramento.

4.2.5 MONITORAMENTO VISUAL SISTEMÁTICO

Assim como o diagnóstico inicial pode ser feito por meio da inspeção visual, o monitoramento sistemático também pode ser realizado dessa forma. Paiva (2019) recomenda a criação de rotinas de inspeção visual periódica, com intervalos de tempo definidos de acordo com a idade da ciclovia e o nível de tráfego. Esse método, embora simples, pode ser eficaz para detectar o surgimento de novas falhas e verificar a progressão de patologias já identificadas. No entanto, como no diagnóstico visual, o monitoramento visual depende fortemente da habilidade do inspetor e pode não identificar problemas estruturais subjacentes.

4.2.6 MONITORAMENTO VIA SENSOR

O avanço da tecnologia tem permitido o uso de sensores para o monitoramento contínuo de ciclovias. Almeida (2017) destaca o uso de sensores de deformação e acelerômetros embutidos no pavimento para detectar variações na estrutura da ciclovia em tempo real. Esses sensores são capazes de identificar deformações e vibrações excessivas, que podem indicar

problemas estruturais emergentes. Martins (2018) complementa essa análise mencionando o uso de sensores de umidade para monitorar a infiltração de água no pavimento, um dos principais fatores que contribuem para o aparecimento de patologias. O monitoramento com sensores oferece alta precisão e permite intervenções preventivas, mas requer investimento inicial elevado e manutenção constante dos dispositivos.

Uma abordagem inovadora para o monitoramento de ciclovias é o uso de imagens aéreas capturadas por drones. Segundo Nogueira (2021), drones equipados com câmeras de alta resolução podem sobrevoar ciclovias e capturar imagens detalhadas da superfície, permitindo a detecção de falhas que podem não ser percebidas a olho nu durante uma inspeção terrestre. Além disso, o uso de drones facilita o monitoramento de grandes extensões de ciclovias, especialmente em áreas de difícil acesso. Esse método, embora relativamente novo, tem se mostrado promissor em termos de eficiência e custo-benefício.

4.3 SINALIZAÇÃO

A Sinalização Ciclovária caracteriza-se pela aplicação dos elementos de sinalização vertical, horizontal, semafórica, dispositivos auxiliares e de segurança. Ela é composta por elementos específicos com características visuais próprias, cuja finalidade é orientar os usuários da via para a adoção de comportamentos seguros, contribuir para a organização dos fluxos de tráfego e advertir sobre situações que possam comprometer a livre circulação ou oferecer risco à segurança. No caso da sinalização temporária, a sinalização vertical de advertência e as placas de orientação de destino adotam colorações específicas, utilizando as cores laranja e preta. Apesar dessa alteração cromática, permanecem inalteradas suas formas, dimensões, símbolos e padrões alfanuméricos. Por sua vez, os elementos da sinalização vertical de regulamentação, horizontal e semafórica mantêm todas as suas características originais, incluindo forma, dimensões e cores (MBST).

Na elaboração e implementação da sinalização de trânsito, é fundamental considerar as condições de percepção e entendimento por parte dos usuários da via, assegurando, assim, sua efetiva funcionalidade. Nesse sentido, a sinalização temporária deve obedecer aos princípios descritos a seguir:

Figura 01 - Premissas da sinalização.

Legalidade	Obedecer ao Código de Trânsito Brasileiro – CTB e legislação complementar.
Padronização	Seguir um padrão legalmente estabelecido: situações iguais devem ser sinalizadas com o mesmo critério.
Suficiência	Permitir fácil percepção do que realmente é importante, com quantidade de sinalização compatível com a necessidade.
Clareza	Transmitir mensagens de fácil compreensão.
Precisão e confiabilidade	Ser precisa e confiável. Corresponder à situação existente.
Visibilidade e legibilidade	Ser vista à distância necessária. Ter o tempo hábil para a tomada de decisão.
Manutenção e conservação	Estar permanentemente limpa, conservada, fixada e visível.

Fonte: (MBST, 2022)

A Sinalização Ciclovária caracteriza-se pela aplicação dos elementos de sinalização vertical, horizontal, semaforica, dispositivos auxiliares e de segurança. Ela é composta por elementos específicos com características visuais próprias, cuja finalidade é orientar os usuários da via para a adoção de comportamentos seguros, contribuir para a organização dos fluxos de tráfego e advertir sobre situações que possam comprometer a livre circulação ou oferecer risco à segurança. No caso da sinalização temporária, a sinalização vertical de advertência e as placas de orientação de destino adotam colorações específicas, utilizando as cores laranja e preta. Apesar dessa alteração cromática, permanecem inalteradas suas formas, dimensões, símbolos e padrões alfanuméricos. Por sua vez, os elementos da sinalização vertical de regulamentação, horizontal e semaforica mantêm todas as suas características originais, incluindo forma, dimensões e cores MBST (2022).

De acordo com o MBST (2022), a sinalização ciclovária tem como objetivo principal garantir a prioridade ou preferência à circulação de bicicletas nas vias públicas, proporcionando maior segurança, conforto e acessibilidade aos ciclistas. Isso é viabilizado por meio da implantação de sinalização específica em vias, faixas ou pistas de uso exclusivo, rotas compartilhadas, infraestrutura de estacionamento e integração com outros modais de transporte. Seus principais propósitos são:

- Padronizar os elementos da sinalização ciclovária, incluindo sinalização horizontal, vertical e semaforica;
- Uniformizar os parâmetros técnicos relacionados ao desenho geométrico das infraestruturas ciclovárias;

- Aprimorar as condições de segurança dos ciclistas e dos demais usuários das vias urbanas;
- Fomentar a mobilidade ativa por meio do uso da bicicleta e incentivar sua integração ao sistema de transporte coletivo e demais modais.

A infraestrutura ciclovária compreende o conjunto de espaços devidamente sinalizados, destinados à circulação de bicicletas, seja de forma exclusiva ou compartilhada, isolada ou integrada em redes de mobilidade. Além das rotas de circulação, essa infraestrutura inclui áreas de estacionamento, pontos de parada, locais de apoio ao ciclista e demais elementos que assegurem funcionalidade e conforto ao modal.

A infraestrutura ciclovária é composta por diferentes tipologias de espaço, conforme a forma de segregação e compartilhamento com os demais modais. Destacam-se:

- Ciclovía: espaço totalmente segregado do tráfego motorizado e de pedestres, destinado exclusivamente à circulação de bicicletas. A segregação é realizada por meio de barreiras físicas ou elementos construtivos que garantem isolamento contínuo;
- Ciclofaixa: espaço delimitado por sinalização viária horizontal e/ou vertical, implantado sobre a pista de rolamento, calçada ou canteiro central. Embora exclusivo para bicicletas, é caracterizado por uma separação não física, permitindo coexistência mais próxima com os demais modais.

a) Ciclovía

A ciclovía é definida como pista exclusiva para a circulação de ciclos, fisicamente segregada do tráfego motorizado, conforme previsto no Anexo I do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), e sendo apresentada na figura 02. Sua implantação visa garantir segurança e fluidez à mobilidade por bicicleta, isolando-a do tráfego de veículos automotores.

Quanto ao sentido de circulação, as ciclovias podem ser classificadas em:

- Unidirecional: quando o fluxo de bicicletas ocorre em um único sentido;
- Bidirecional: quando há circulação em ambos os sentidos.

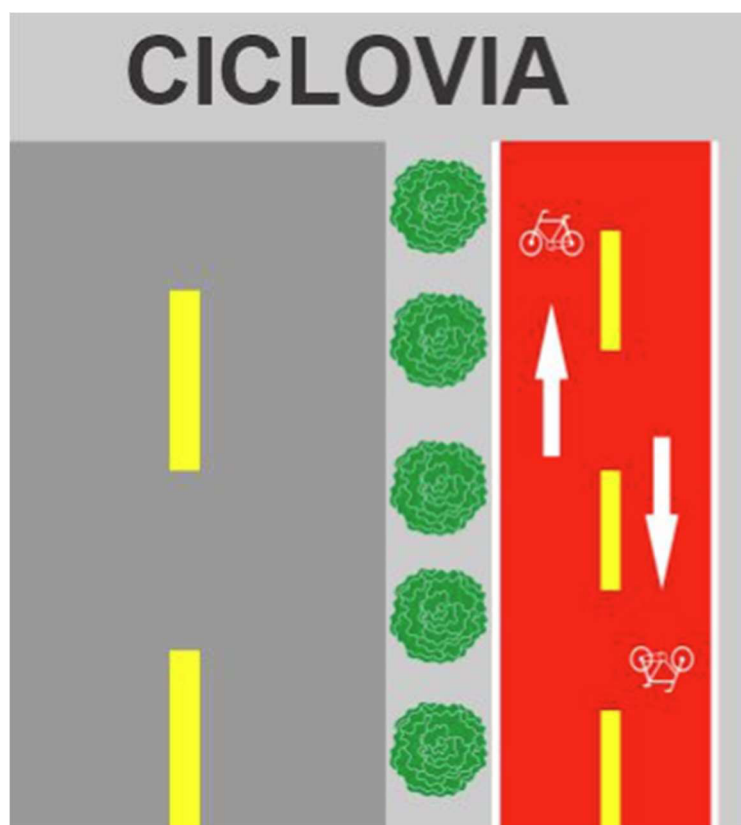
A segregação física é realizada por meio de elementos como canteiros, faixas verdes, barreiras físicas ou outros dispositivos previstos na legislação vigente. As ciclovias podem ser

implantadas em desnível ou no mesmo nível da pista, desde que garantam separação efetiva. Também são aplicáveis em áreas não edificáveis, faixas de domínio, parques e demais espaços públicos, assegurando continuidade e conectividade ciclovitária.

Quanto à sua localização, podem ser posicionadas:

- Nas laterais da pista de rolamento;
- No canteiro central;
- Nas calçadas, desde que respeitadas as normas de acessibilidade e segurança.

Figura 02 – Trecho de ciclovia.



Fonte: <https://blog.sinalcenter.com.br/qual-a-diferenca-entre-ciclovias-e-ciclofaixas/>

b) Ciclofaixa

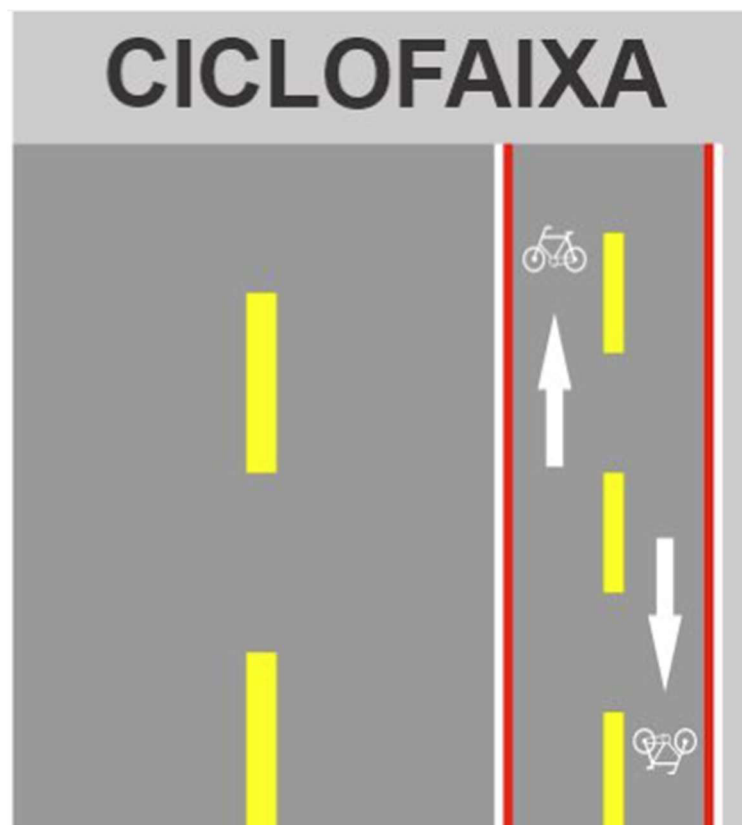
De acordo com o Anexo I do CTB, a ciclofaixa é definida como a parte da pista de rolamento destinada à circulação exclusiva de ciclos, delimitada por sinalização específica, como pode ser vista na figura 03. Neste contexto, entende-se como ciclofaixa a seção da via — seja pista de rolamento, calçada ou canteiro central — reservada à circulação exclusiva de bicicletas, com delimitação realizada por sinalização horizontal e vertical. Pode apresentar piso diferenciado,

sendo normalmente implantada no mesmo nível da superfície onde está inserida (pista, calçada ou canteiro).

Quanto ao sentido de circulação, as ciclofaixas classificam-se em:

- Unidirecional: circulação em um único sentido;
- Bidirecional: circulação em dois sentidos, paralela ou contrária ao fluxo veicular.

Figura 03 – Trecho de ciclofaixa.



Fonte: <https://blog.sinalcenter.com.br/qual-a-diferenca-entre-ciclovias-e-ciclofaixas/>

4.3.1 DA INTEGRAÇÃO MODAL DE BICICLETAS

A integração da bicicleta aos demais modos de transporte é um fator essencial para promover a mobilidade sustentável e ampliar o alcance desse modal nas cidades. Essa integração pode ocorrer por meio de facilidades disponibilizadas ao ciclista, tanto no acesso quanto na utilização de sistemas de transporte coletivo ou individual motorizado. Uma das formas mais comuns é a integração com estacionamentos de bicicletas, estratégia que permite ao ciclista utilizar a bicicleta em parte do trajeto e, em seguida, realizar a transferência para outro meio de transporte. Essa dinâmica é viabilizada por bicicletários públicos ou privados

instalados em pontos estratégicos, como estações de metrô, terminais de ônibus ou polos de atração urbana.

Outra forma de integração é a portabilidade da bicicleta, que consiste na possibilidade de o usuário transportar o equipamento consigo dentro de outro modo de transporte, sem a necessidade de estacioná-la previamente. Para fomentar essas práticas, recomenda-se que os órgãos e entidades com jurisdição sobre a via incentivem a adoção de medidas que facilitem a intermodalidade, como a instalação de paraciclos, bicicletários e sistemas de compartilhamento de bicicletas. Além disso, é recomendável que os processos de aprovação de novos empreendimentos ou de requalificação de pólos geradores de tráfego contemplem a implantação de estruturas adequadas para o uso da bicicleta, garantindo acessibilidade, segurança e incentivo à sua adoção como meio de transporte regular.

4.3.2 DIRETRIZES DOS PROJETOS CICLOVIÁRIOS

A implantação de infraestrutura cicloviária — como ciclovias, ciclofaixas, paraciclos, estações de bicicletas e bicicletários — depende de autorização expressa da autoridade de trânsito com circunscrição sobre a via. O planejamento e a concepção desses projetos devem ter como premissa a segurança dos ciclistas e dos demais usuários da via, especialmente os pedestres, integrando-se às diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) e aos respectivos Planos de Mobilidade Urbana Municipais, quando existentes.

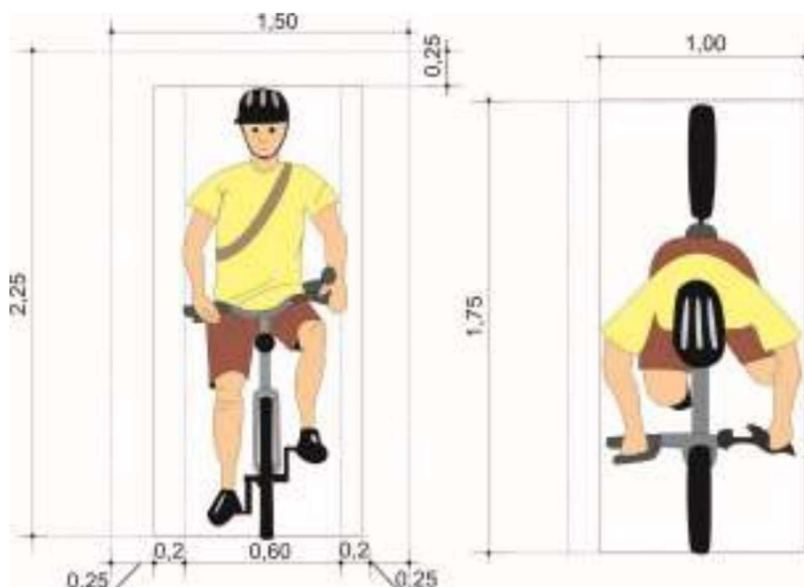
Durante o desenvolvimento de um projeto cicloviário, é essencial a realização de uma série de ações prévias que embasam tecnicamente sua viabilidade. Entre essas ações estão o mapeamento da demanda atual e potencial de ciclistas, a definição clara da função do sistema cicloviário (seja estruturante, complementar ou de lazer), e a realização de consultas qualitativas com usuários e representantes locais. Também é necessário identificar as características físicas e urbanísticas da área de intervenção, como topografia, uso do solo, polos geradores de tráfego, redes de transporte público, pontos críticos de acidentes e infraestrutura existente.

Deve-se garantir a continuidade dos fluxos cicloviários, com sinalização adequada nos acessos e saídas, além de avaliar as condições de iluminação pública e propor melhorias quando necessário. Nos trechos onde a circulação de bicicletas for contraindicada, o projeto deve prever alternativas seguras e bem sinalizadas, cabendo ao órgão de trânsito responsável implementar as medidas corretivas correspondentes.

4.3.2.1 ELEMENTOS DO PROJETO

O dimensionamento adequado dos espaços destinados à circulação de bicicletas deve considerar as dimensões do conjunto bicicleta/ciclista tanto em condição estática quanto dinâmica. O espaço estático corresponde às medidas físicas do ciclista e da bicicleta em repouso, enquanto o espaço dinâmico contempla essas mesmas dimensões acrescidas das variações decorrentes dos movimentos naturais do corpo durante a condução, como o balanço dos braços e pernas. Esses parâmetros são essenciais para garantir segurança, fluidez e conforto nos deslocamentos, especialmente em infraestruturas compartilhadas ou de faixa reduzida.

Figura 04 - Gabarito do ciclista.



Fonte: MBST, 2022.

No contexto brasileiro, adota-se como referência a bicicleta padrão com comprimento de 1,75 metro e largura máxima de 0,60 metros (MBST, 2022). Entretanto, para assegurar a estabilidade e a liberdade de movimento do ciclista, a largura considerada para o gabarito dinâmico deve ser de, no mínimo, 1,00 metro — resultado da soma da largura do guidão com um acréscimo de 0,20 metro para cada lado, destinado ao movimento dos membros superiores e inferiores. Além disso, recomenda-se que esse gabarito dinâmico tenha uma folga adicional de 0,25 metro em altura e lateralmente, de modo a assegurar o equilíbrio do ciclista durante o deslocamento e prevenir interferências com elementos da via ou de outros usuários, como mostra a figura 04.

4.3.3 CARACTERIZAÇÃO DA AVENIDA FERNANDES LIMA E DOS BAIRROS ADJACENTES

A Avenida Fernandes Lima é uma das principais vias arteriais de Maceió, capital de Alagoas, com cerca de 8 km de extensão e grande importância logística, comercial e urbana. Ela liga a parte alta à parte baixa da cidade, iniciando no bairro do Farol e seguindo até a região da Gruta de Lourdes. Trata-se de um corredor urbano com múltiplas faixas, tráfego intenso e alto fluxo de transporte coletivo, como ônibus, vans e veículos por aplicativo. A avenida concentra uma grande diversidade de estabelecimentos, incluindo clínicas, hospitais, escolas, supermercados, agências bancárias, escritórios e repartições públicas, sendo referência em atividade econômica e prestação de serviços. Entre os principais pontos ao longo da Fernandes Lima estão o Tribunal de Justiça de Alagoas, o Hospital Arthur Ramos, o Shopping Farol e o supermercado Palato.

Ao longo de seu percurso, a avenida margeia ou atravessa diversos bairros com características distintas. O bairro do Farol, onde ela começa, é tradicional e concentra muitos serviços públicos e estabelecimentos privados. O bairro do Pinheiro, de perfil misto entre residencial e comercial, teve parte de sua área afetada pelo afundamento do solo causado pela mineração de sal-gema, o que levou à desocupação de várias quadras, embora ainda mantenha funcionamento restrito em áreas não afetadas. A Gruta de Lourdes, onde a avenida se conecta com a Via Expressa, é um bairro majoritariamente residencial, com infraestrutura consolidada e perfil de classe média e média-alta. Nas imediações também se encontram bairros como o Barro Duro, que apresenta crescente desenvolvimento urbano e novos empreendimentos residenciais, e a Jatiúca, embora não seja margeada diretamente pela avenida, é facilmente acessível a partir dela, sendo um polo turístico e comercial importante da cidade. A Fernandes Lima, portanto, é um eixo vital para a mobilidade urbana e o desenvolvimento socioeconômico da capital alagoana, servindo como elo entre bairros diversos e funcionando como espinha dorsal da parte alta da cidade. Segundo Gehl (2010), o estudo das dinâmicas urbanas é essencial para avaliar o potencial de intervenção em infraestruturas existentes, como ciclovias. A Avenida Principal, em geral, cumpre o papel de uma via arterial, conectando importantes pólos urbanos e distribuindo tráfego para áreas periféricas.

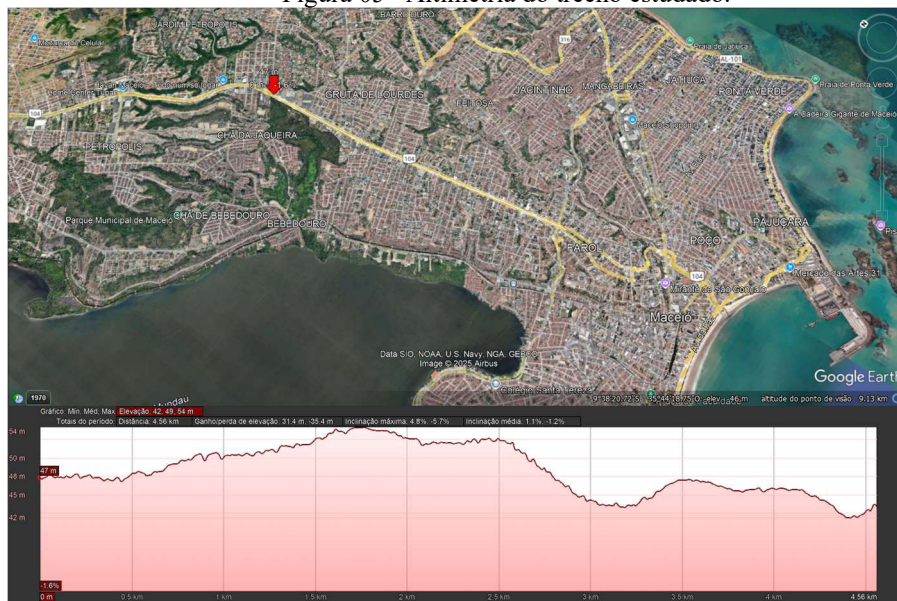
Os bairros circundantes, por sua vez, apresentam características específicas que influenciam a possibilidade de expansão da ciclovia. Hall (2002) destaca que as áreas

residenciais densamente povoadas tendem a se beneficiar mais da instalação de ciclovias, devido à necessidade de alternativas ao transporte motorizado. No entanto, a presença de infraestruturas como escolas, comércios e hospitais também pode afetar a escolha dos trajetos para a ciclovias.

A topografia, os tipos de pavimento, e as características das vias nos bairros circunvizinhos são variáveis importantes a serem considerados. Lynch (1981) afirma que a legibilidade da cidade e a adequação das vias para o tráfego de ciclistas são fatores cruciais para garantir a segurança e o uso contínuo das ciclovias. Essas características físicas e funcionais determinam a viabilidade de integração com a Avenida Fernandes Lima.

No trecho avaliado com extensão superior a 4 km, a topografia apresenta uma elevação de aproximadamente 16,50 metros, tendo seu pico máximo sendo apresentado em frente ao hospital Veredas e seu pico mínimo sendo apresentado próximo à praça do Centenário, como podem ser apresentados nas figuras 05 e 06.

Figura 05 - Altimetria do trecho estudado.



Fonte: Google Earth (2025).

Figura 06 - Picos máximo e mínimo da altimetria do trecho



Fonte: Google Earth (2025).

4.3.4 EXPANSÃO E INTEGRAÇÃO COM A CICLOVIA DA AVENIDA FERNANDES LIMA

Expandir e integrar a ciclovia principal exige uma abordagem multidisciplinar, considerando aspectos técnicos, econômicos e sociais. Jacobs (1961) ressalta que a expansão de ciclovias deve ser acompanhada de um estudo detalhado das demandas locais e das condições de tráfego, evitando a implantação de ciclovias em áreas onde há baixa demanda ou alto risco de acidentes.

A integração das ciclovias com outras infraestruturas urbanas, como vias de pedestres e transporte público, é um ponto fundamental. Segundo Newman e Kenworthy (1999), a sinergia entre diferentes modais de transporte melhora a eficiência dos deslocamentos urbanos e incentiva o uso de transportes não motorizados. Ciclovias integradas a estações de ônibus e metrô, por exemplo, podem aumentar significativamente a adesão ao uso da bicicleta, criando uma rede multimodal mais robusta.

Estudos de caso, como o programa de ciclovias em Copenhague, ilustram a importância

de uma abordagem integrada ao planejamento urbano. A cidade desenvolveu uma rede de ciclovias interconectadas que facilita o transporte não motorizado, reduzindo o tráfego de veículos particulares e promovendo a mobilidade sustentável (Pucher et al., 2010). Aplicar esses princípios à expansão e integração da ciclovia principal com os bairros tangentes requer a adaptação de boas práticas a partir desses exemplos bem-sucedidos.

Atualmente, constam duas ciclofaixas que são apresentadas como possível integração com a ciclovia da avenida Fernandes Lima, a primeira sendo localizada na avenida Valentim dos Santos Diniz que liga a avenida Menino Marcelo e a outra ciclofaixa localizada na rua Ariosvaldo Pereira Cintra e que liga até a avenida Nelson Marinho de Araújo.

4.3.5 AVALIAÇÃO DOS TRAJETOS E CONECTIVIDADE

A avaliação dos trajetos e da conectividade da ciclovia é central para garantir que a expansão proposta realmente atenda às necessidades da população local. Segundo Cervero (2003), a eficácia das ciclovias depende de sua capacidade de conectar áreas residenciais, comerciais e recreativas, proporcionando uma alternativa viável ao uso de automóveis. A conectividade deve ser maximizada, considerando a densidade populacional e os padrões de deslocamento dentro dos bairros tangentes.

Além disso, a continuidade das ciclovias é um fator chave. Como apontado por Dill e Carr (2003), a interrupção da infraestrutura cicloviária em interseções ou pontos de tráfego intenso pode desestimular o uso da bicicleta. Dessa forma, a análise de trajetos deve considerar soluções de engenharia para garantir que continuidade da ciclovia, como passagens elevadas, semáforos dedicados para ciclistas e demarcação de faixas exclusivas, possa ser incentivado não apenas como meio de transporte, mas como atividade recreativa.

As vias que possuem potencial de conectividade são importantes (avenida Valentim dos Santos Diniz e rua Ariosvaldo Pereira Cintra), todavia, em um âmbito socioeconômico, ciclovias em outros trechos que ligam os bairros, tais como: Novo Mundo, Pinheiro, Rotary, Pinheiro e Pitanguinha, poderiam ser apresentadas perante o município. Tendo esses estudos possivelmente apresentados no Plano Municipal de Mobilidade Urbana de Maceió.

4.4 DESAFIOS DE IMPLANTAÇÃO DE CICLOVIAS NOS BAIRROS

4.4.1 TOPOGRAFIA

A implantação de ciclovias em bairros tangentes enfrenta desafios técnicos e topográficos que podem limitar a expansão da infraestrutura cicloviária. O terreno acidentado, por exemplo, representa uma dificuldade considerável em áreas urbanas, especialmente quando o traçado das vias precisa seguir curvas e elevações acentuadas (Litman, 2003). Em alguns casos, a inclinação das vias pode desincentivar o uso da bicicleta, especialmente entre ciclistas menos experientes ou fisicamente condicionados.

De acordo com Silva (2018), o planejamento cicloviário em áreas topograficamente desafiadoras requer soluções de engenharia inovadoras, como a construção de ciclovias elevadas ou a adoção de rampas com inclinação moderada. Além disso, é necessário considerar o uso de pavimentos específicos que garantam maior aderência e segurança em terrenos íngremes, sobretudo em períodos de chuva.

4.4.2 INTERFERÊNCIAS URBANAS E INFRAESTRUTURAS EXISTENTES

As interferências urbanas, como a presença de grandes avenidas, redes de infraestrutura subterrânea e construções já estabelecidas, também são desafios significativos. Jacobs (1993) ressalta que a adaptação de ciclovias em áreas urbanas consolidadas muitas vezes exige soluções criativas, como a redistribuição do espaço viário e a integração com outros projetos de infraestrutura urbana.

As interferências podem incluir a necessidade de desviar rotas de transporte público ou redes de esgoto e eletricidade, o que encarece e complica o processo de implementação (Topp, 1995). Assim, a viabilidade técnica da implantação de ciclovias deve ser cuidadosamente avaliada, levando em conta as limitações impostas pelas infraestruturas já existentes.

4.4.3 BENEFÍCIOS DA EXPANSÃO DAS CICLOVIAS PARA A MOBILIDADE URBANA

A expansão da ciclovia principal para os bairros tangentes pode trazer diversos benefícios para a mobilidade urbana. Segundo Banister (2008), o desenvolvimento de infraestrutura cicloviária promove a redução do uso de veículos motorizados, o que contribui para a diminuição do congestionamento e da poluição atmosférica. Ao melhorar as condições para o transporte não motorizado, as cidades podem alcançar um modelo de mobilidade mais

sustentável e inclusivo.

Além disso, a expansão das ciclovias pode estimular o desenvolvimento econômico local, especialmente em bairros periféricos, ao facilitar o acesso a comércios e serviços (Pucher et al., 2010). As ciclovias também podem atuar como catalisadoras de melhorias urbanas, incentivando a revitalização de áreas degradadas e promovendo a inclusão social ao conectar bairros menos favorecidos a áreas centrais.

5 CICLOVIA NA AVENIDA FERNANDES LIMA, TRECHO COAGRO CENTENÁRIO

A ciclovia da Avenida Fernandes Lima, em Maceió, foi concebida como uma importante infraestrutura de mobilidade urbana, com o objetivo de oferecer maior segurança e acessibilidade aos ciclistas que se deslocam entre a parte alta da cidade e o Centro como pode ser visto na figura 07. Com uma extensão de 4,6 km em piso de concreto e 292 metros em piso de madeira, a obra foi iniciada em 2021 e concluída em outubro de 2024, sendo planejada para mitigar impactos ambientais e garantir a segurança dos usuários.

O projeto foi desenhado para utilizar o canteiro central da avenida, preservando a vegetação local. Em trechos onde há árvores de grande porte e raízes expostas, foram adotadas soluções de elevação da ciclovia por meio de estruturas suspensas em madeira de eucalipto de reflorestamento, evitando danos à vegetação. O piso da ciclovia é predominantemente de concreto com aproximadamente 1598 placas de concreto armado, com seções em madeira para proteger áreas sensíveis, como a preservação das raízes das árvores, utilizando decks em quase 20 pontos. Possui também pisos intertravados em tijolos em cada intersecção com vias de retorno.

Além disso, foram instalados guarda-corpos de proteção em mais de 60 locais onde a ciclovia se aproxima da via de tráfego, garantindo a segurança dos ciclistas. A sinalização foi completamente implantada, e a concretagem do piso foi concluída antes da inauguração. Esses detalhes técnicos revelam o compromisso com a durabilidade e a segurança da obra, além de soluções de engenharia voltadas para a preservação ambiental e a integração harmônica entre o espaço urbano e natural. As figuras 08 e 09 apresentam os primeiros usuários utilizando a região, bem como o estado em que a estrutura foi entregue em 2023.

Figura 08 – Primeiros usuários da ciclovía



32

Figura 09 – Equipamentos de proteção de madeira em estado de novo.



Fonte: Itawi Albuquerque/Secom Maceió.

Com o passar de aproximadamente três anos, diversas atividades como acidentes de trânsito, mal uso e intempéries resultaram em desgaste acelerado, como podem ser vistos nas figuras 10, 11 e 12 respectivamente.

Figura 10 – Veículo automotivo passando pela ciclovia



Fonte - <https://mobilidademaceio.com.br/video-mostra-carro-circulando-em-ciclovias-de-maceio/>

Figura 11 – Grave acidente, colisão entre um veículo e uma árvore na ciclovia na Av. Fernandes Lima



Fonte: Ana Cláudia/TV Gazeta de Alagoas.

Figura 12 – avaria nos guarda-corpos de madeira



(Autor, 2024).

6 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi estruturada em etapas voltadas à investigação das patologias na ciclovia da Avenida Fernandes Lima e à proposição de soluções para melhorar sua funcionalidade e segurança. Inicialmente, foi realizada uma inspeção visual detalhada ao longo dos 4,6 km de extensão da ciclovia. Para essa etapa, foi selecionado um conjunto de amostras de forma planejada, com base em critérios de representatividade (uma placa avaliada para cada 7 visualizadas), a fim de identificar e catalogar patologias como fissuras, deformações, quebras e alçamentos de placas. As falhas foram registradas com o auxílio de ferramentas de medição e organizadas em uma base de dados para posterior análise.

Na sequência, foram analisadas as possíveis causas das patologias observadas, considerando aspectos relacionados à qualidade construtiva e às condições ambientais do entorno.

Abordou-se em seguida o potencial de integração da ciclovia com outras estruturas cicloviárias em bairros adjacentes. Para isso, foram mapeadas regiões com potencial para expansão e realizada uma pesquisa com moradores locais, com o objetivo de identificar o interesse da população na ampliação da malha cicloviária e os benefícios associados à sua conectividade.

O estudo incluiu a aplicação de dois questionários online, que estão em anexo, direcionados aos usuários e moradores das áreas próximas. Para a análise das patologias, foi utilizada uma amostra sistemática, com seleção de elementos diretamente em campo, de forma a garantir a representatividade das condições gerais do pavimento. No aspecto social, foram analisadas as respostas obtidas nos questionários, permitindo avaliar as perspectivas de uso, os principais desafios enfrentados pelos ciclistas e as expectativas quanto à infraestrutura existente.

Para a realização desta pesquisa, que tem por objetivo avaliar as patologias apresentadas na pavimentação da ciclovia localizada na avenida Fernandes Lima, foi necessário definir um tamanho de amostra estatisticamente representativo em relação ao total da população de elementos executados. A população total considerada neste estudo corresponde a 1.598 placas de concreto e 60 conjuntos de passagem com piso de madeira (contabilizadas em campo), instaladas ao longo do trecho analisado, totalizando um trecho com 1658 elementos quantificados.

Diante da inviabilidade prática de realizar a inspeção em 100% da população, optou-se pela utilização de uma metodologia estatística para definição do tamanho da amostra, garantindo a representatividade dos resultados e assegurando que as conclusões obtidas a partir das unidades amostradas possam ser estendidas de forma confiável à totalidade da obra.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir de campo (inspeção visual) e da aplicação de dois formulários online distintos de coleta de dados, elaborados com o objetivo de compreender a percepção da população em relação à infraestrutura cicloviária da Avenida Fernandes Lima, em Maceió/AL. O primeiro formulário investigou o impacto da integração da ciclovia principal com os bairros adjacentes, enquanto o segundo concentrou-se na avaliação específica do trecho compreendido entre os bairros Canaã e Centenário.

A análise dos dados foi estruturada em duas frentes: a primeira aborda a visão conceitual da população sobre a importância da conectividade cicloviária, especialmente no que se refere à integração entre bairros e o eixo principal da avenida; a segunda examina aspectos técnicos e operacionais de um trecho específico da ciclovia já implantada. Essa separação metodológica permite compreender, de forma mais precisa, tanto as demandas e expectativas dos usuários quanto os pontos críticos da infraestrutura existente.

7.1 PATOLOGIAS APRESENTADAS NA CICLOVIA - TRECHO CANAÃ - CENTENÁRIO

Para a definição da amostra, foi adotado um nível de confiança de 90%, o qual representa uma probabilidade de 90% de que os resultados obtidos por meio da amostragem reflitam a situação real da população dentro de uma margem de erro predefinida. A margem de erro foi fixada em 5%, valor considerado adequado para avaliações de conformidade em obras de engenharia, conforme recomendado por Barbetta (2003) e Triola (2015).

A adoção de um nível de confiança de 90% foi fundamentada na busca pelo equilíbrio entre precisão estatística e viabilidade operacional do processo de inspeção, uma vez que níveis mais elevados de confiança exigiram um aumento significativo no número de amostras, impactando diretamente nos recursos e prazos do estudo.

O dimensionamento da amostra foi realizado com base na fórmula clássica de cálculo

para proporções em populações finitas, conforme apresentado por Barbetta (2003), Montgomery e Runger (2012) e alinhado com os procedimentos indicados na norma ABNT NBR 6118:2023 para amostragem e inspeção de elementos estruturais:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2}$$

$$n = \frac{1,645^2 \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,5)}{0,05^2}$$

$$n \approx 270,6$$

Em que:

- n = tamanho da amostra para população infinita;
- Z = valor da distribuição normal para 90% de confiança (1,645 para grau de confiança de 90%);
- p = proporção esperada de ocorrência de não conformidade (adotado 50% por representar a máxima variabilidade quando não se tem dados prévios);
- e = margem de erro (5%).

Considerando que a população é finita ($N=1658$), aplicou-se o ajuste para população finita, utilizando a seguinte equação:

$$n_{ajustado} = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{N}}$$

$$n_{ajustado} = \frac{270,6}{1 + \frac{270,6-1}{1658}}$$

$$n_{ajustado} \approx 232$$

Portanto, determinou-se que a amostra estatisticamente recomendada para o presente estudo é de 232 placas de concreto, distribuídas ao longo do trecho da ciclovia, com seleção realizada de forma aleatória simples sem reposição.

A opção pela amostragem aleatória simples sem reposição está em conformidade com os princípios metodológicos descritos por Montgomery e Runger (2012), sendo considerada adequada para populações homogêneas ou quando não há informações prévias sobre a distribuição das características a serem avaliadas. Este tipo de amostragem evita o viés de seleção e assegura que cada placa tenha a mesma probabilidade de ser incluída na amostra. O processo de seleção das unidades amostrais foi realizado de forma eletrônica, utilizando um gerador de números aleatórios para sorteio das placas, garantindo a integridade e a imparcialidade do procedimento.

Foram observadas as seguintes manifestações patológicas presentes no pavimento: das 232 placas de concreto avaliadas de forma visual, 93 placas apresentaram algum tipo de patologia, tais como: Fissura Transversal, Fissura Longitudinal, Fissura de Canto, Quebra Localizada, Quebra de Canto, Esborcinamento de Juntas, Alçamento de Placas, Buracos e Desgaste Superficial, bem como placas com mais de um tipo de patologia, sua distribuição pode ser vista na tabela 01, bem como as imagens de campo das figuras 13 a 58 como apresentado abaixo.

Tabela 01 - Quantitativos de patologias identificadas

TIPO DE PATOLOGIA	QUANTIDADE	POSSÍVEIS CAUSAS
FISSURA TRANSVERSAL	45	Retração térmica, variação brusca de temperatura, ausência de juntas ou falha na execução das mesmas, retração plástica ou de secagem, tráfego excessivo antes da cura adequada.
FISSURA LONGITUDINAL	8	Falha no suporte da base ou sub-base, falta de armadura adequada, juntas mal posicionadas, movimentação diferencial entre placas adjacentes.
FISSURAS DE CANTO	4	Concentração de tensões nos cantos devido à falta de apoio, tráfego concentrado em extremidades, assentamento diferencial do solo de suporte.
QUEBRA LOCALIZADA	5	Sobrecarga pontual, impacto concentrado, falha localizada no concreto ou na fundação, baixa resistência do concreto.
QUEBRA DE CANTO	5	Similar à fissura de canto, causada por tráfego excessivo nos cantos, falta de suporte ou recalque do solo nos cantos.

ESBORCIMENTO DE JUNTAS	6	Infiltração de água nas juntas, má compactação das bordas, deterioração das bordas das placas, tráfego pesado sem proteção adequada nas juntas.
ALÇAMENTO DE PLACAS	7	Expansão térmica sem espaço suficiente para movimentação (falta ou falha nas juntas de dilatação), presença de água aprisionada sob as placas, reações expansivas (como reação álcali-agregado).
BURACOS	3	Deterioração avançada do concreto por infiltração de água, tráfego pesado sobre áreas já danificadas, falha estrutural da camada inferior.
DESGASTE SUPERFICIAL	10	Ação abrasiva de pneus, escoamento superficial de água, má qualidade da superfície do concreto, ausência de tratamentos superficiais protetores, uso inadequado de agregados.

(Neville, 2013).

Figura 13 – Fissuras e movimentação de meio-fio, possivelmente causado por raízes de árvores.



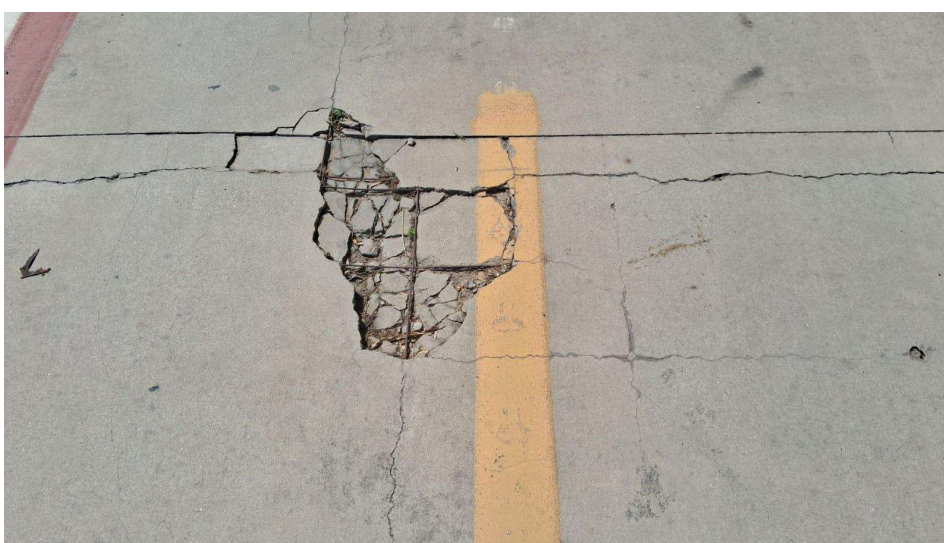
(Autor, 2025).

Figura 14 – Fissura transversal na ciclovia.



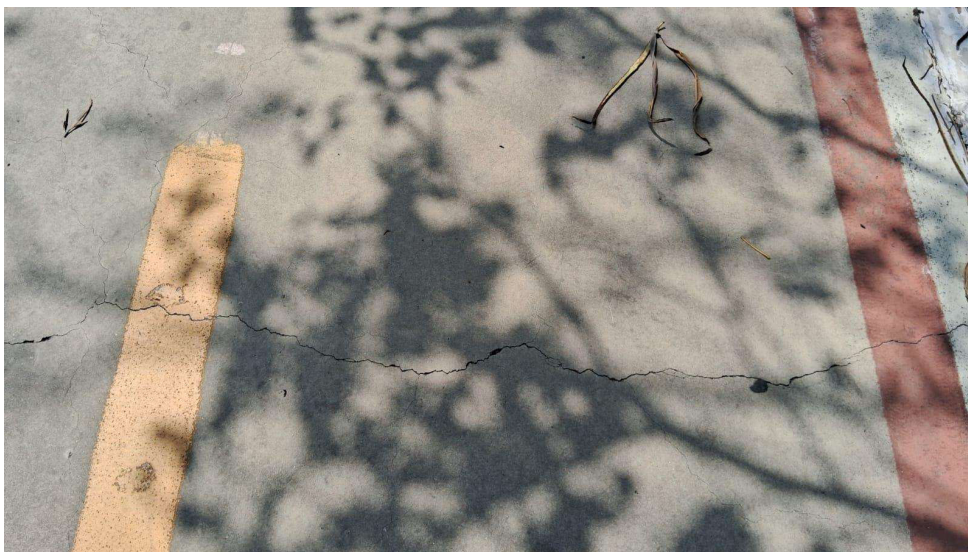
(Autor, 2025).

Figura 15 – Fissuras transversais na ciclovia acrescida de abertura e exposição da malha de ferro, trecho antes da praça centenário, amostra 4.



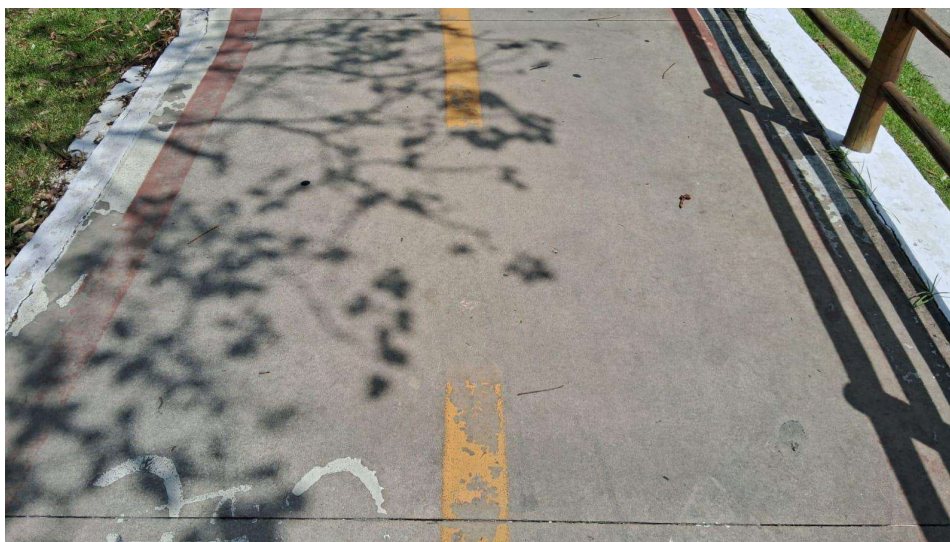
(Autor, 2025).

Figura 16 – Fissura transversal na ciclovia.



(Autor, 2025).

Figura 17 – Inexistência de meio-fio como elemento separador.



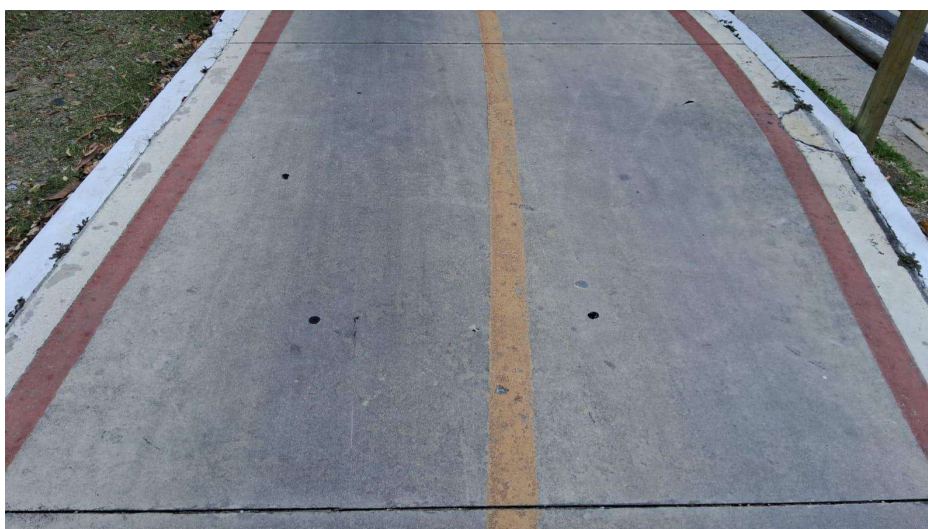
(Autor, 2025).

Figura 18 – Possível rebaixamento do solo acrescido da falta de meio fio.



(Autor, 2025)

Figura 19 – Fissura semicircular.



(Autor, 2025)

Figura 20 – Fissura longitudinal na ciclovia.



(Autor, 2025).

Figura 21 – Mau acabamento da placa de concreto.



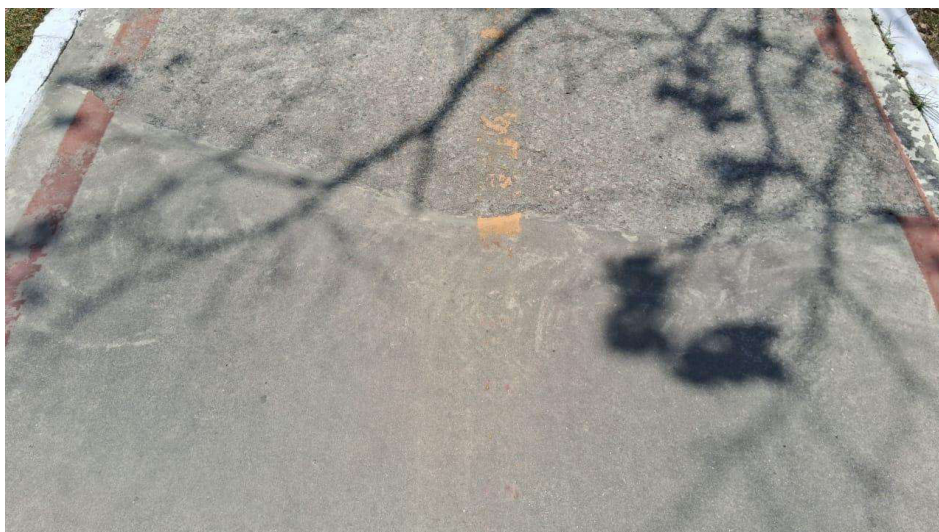
(Autor, 2025).

Figura 22 – Erro de execução na concretagem, elementos orgânicos no concreto.



(Autor, 2025).

Figura 23 – Mau acabamento da placa de concreto.



(Autor, 2025).

Figura 24 – Mau acabamento da placa de concreto, tempo de pega não respeitado.



(Autor, 2025).

Figura 25 – Exposição da malha da armação.



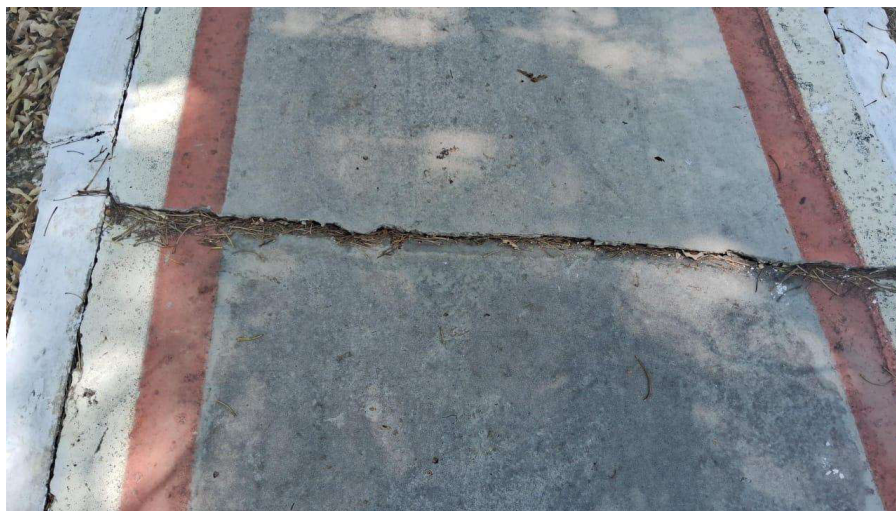
(Autor, 2025).

Figura 26 – Fissura transversal.



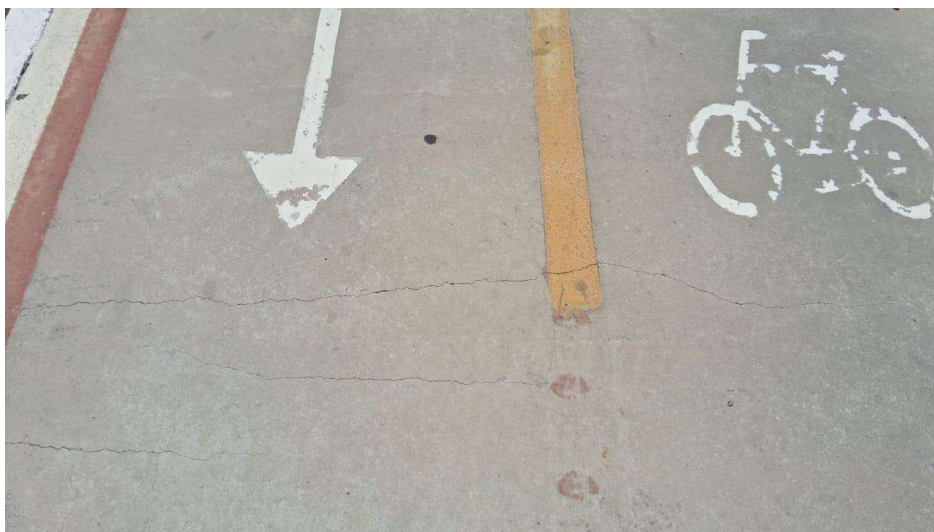
(Autor, 2025).

Figura 27 – Sobreposição de placas.



(Autor, 2025).

Figura 28 – Fissuras transversais.



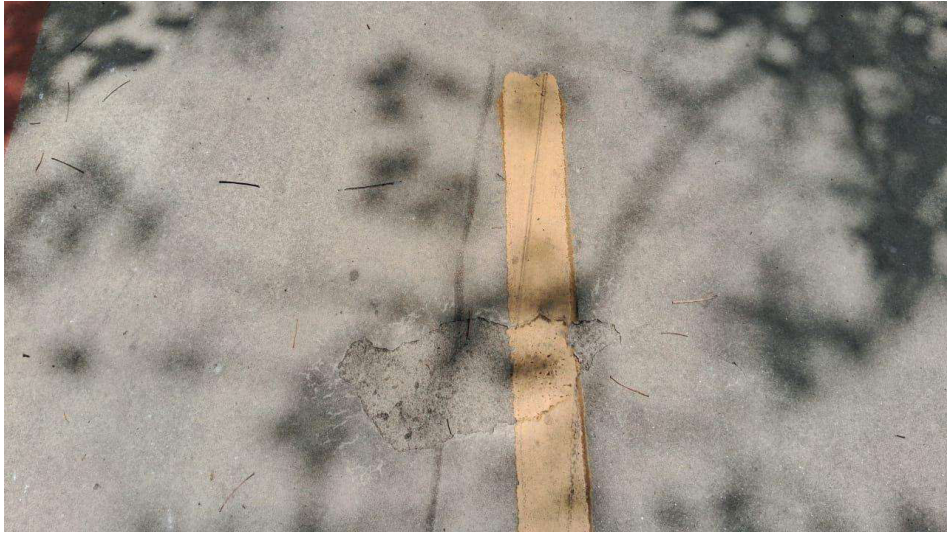
(Autor, 2025).

Figura 29 – Fissura de canto.



(Autor, 2025).

Figura 30 – Buraco corrigido de forma parcial.



(Autor, 2025).

Figura 31 – Fissura de ponta.



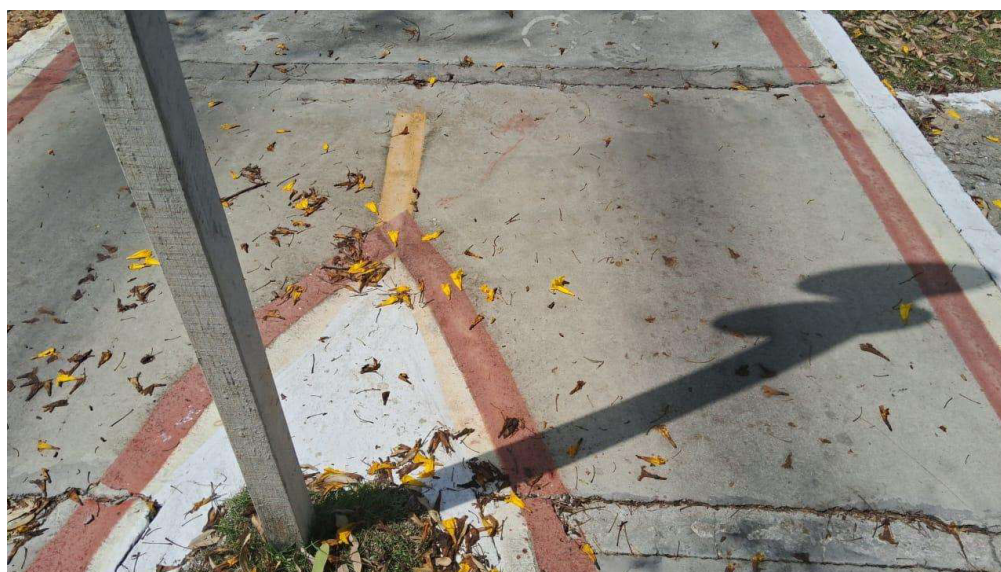
(Autor, 2025).

Figura 32 – Fissura longitudinal, possível falta de junta de dilatação.



(Autor, 2025).

Figura 33 – Conjunto de fissuras por má colocação das placas.



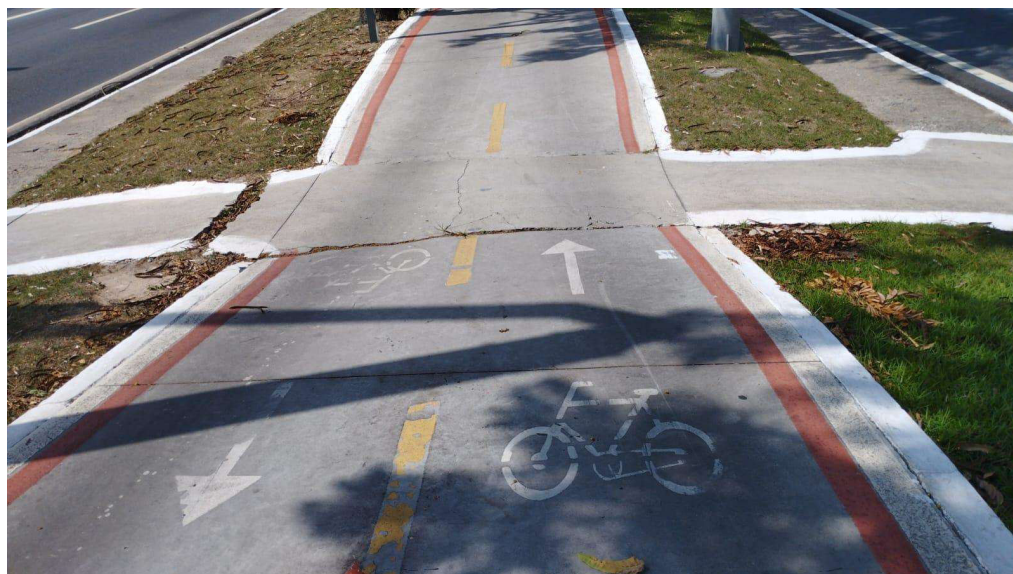
(Autor, 2025).

Figura 34 – Desgaste superficial e elevação do meio fio.



(Autor, 2025).

Figura 35 – Conexão entre ciclovia e travessia de pedestres com fissuras transversais e longitudinais.



(Autor, 2025).

Figura 36 – Fissuras por não respeitar o tempo de cura.



(Autor, 2025).

Figura 37 – Afundamento do piso de madeira.



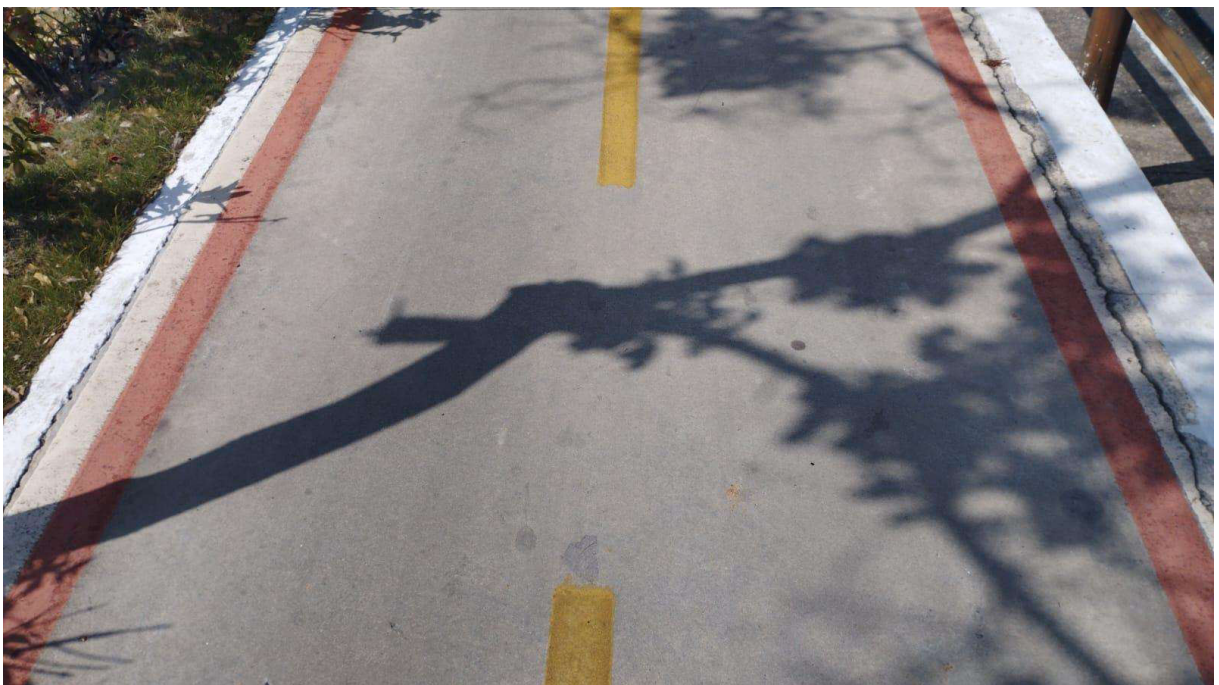
(Autor, 2025).

Figura 38 – Exposição da malha da armação.



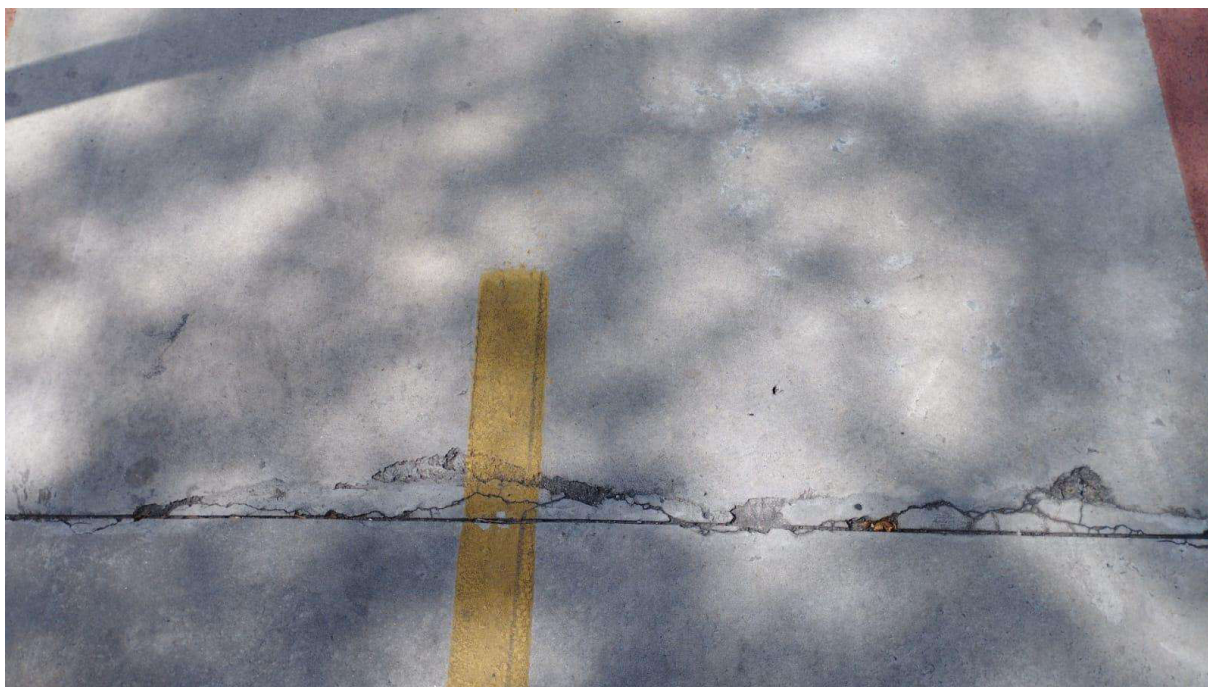
(Autor, 2025).

Figura 39 – Fissuras longitudinais.



(Autor, 2025).

Figura 40 – Quebra localizada acrescido de conjunto de fissuras.



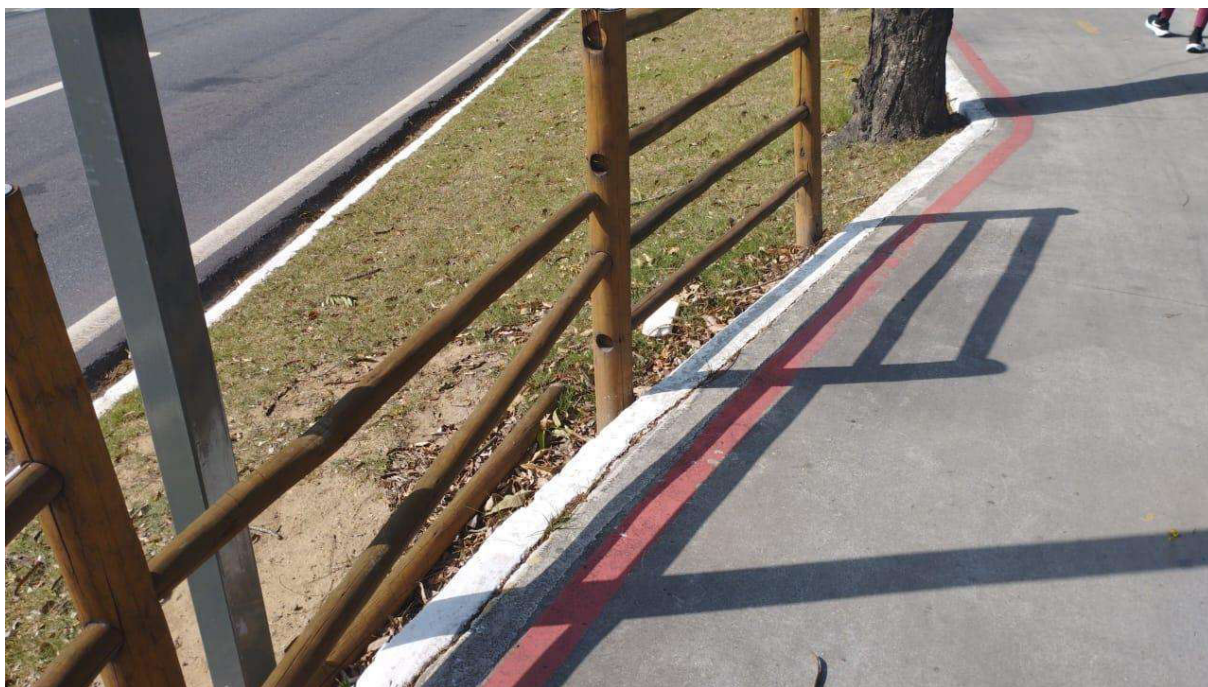
(Autor, 2025).

Figura 41 – Alçamento de placas com ruptura de canto.



(Autor, 2025).

Figura 42 – Proteção de ciclovia quebrada.



(Autor, 2025).

Figura 43 – Fissura por falta de junta de dilatação.



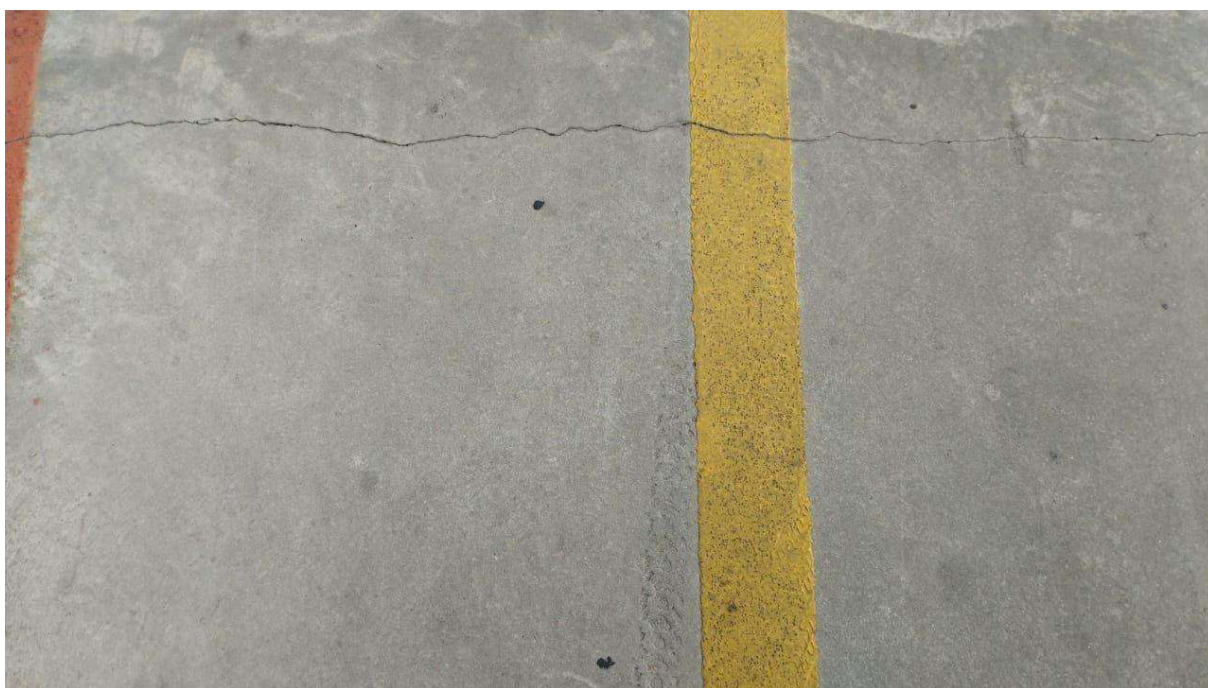
(Autor, 2025).

Figura 44 – Fissura transversal e pega do concreto não respeitada.



(Autor, 2025).

Figura 45 – Fissura longitudinal.



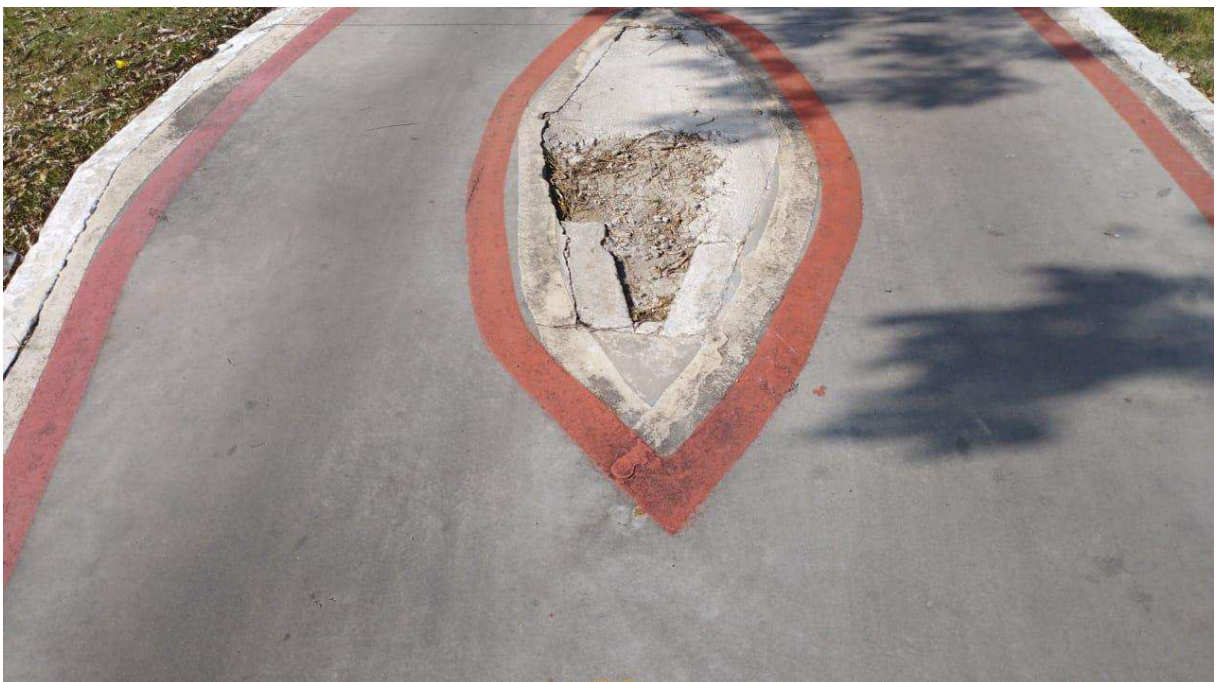
(Autor, 2025).

Figura 46 – Meio fio quebrado.



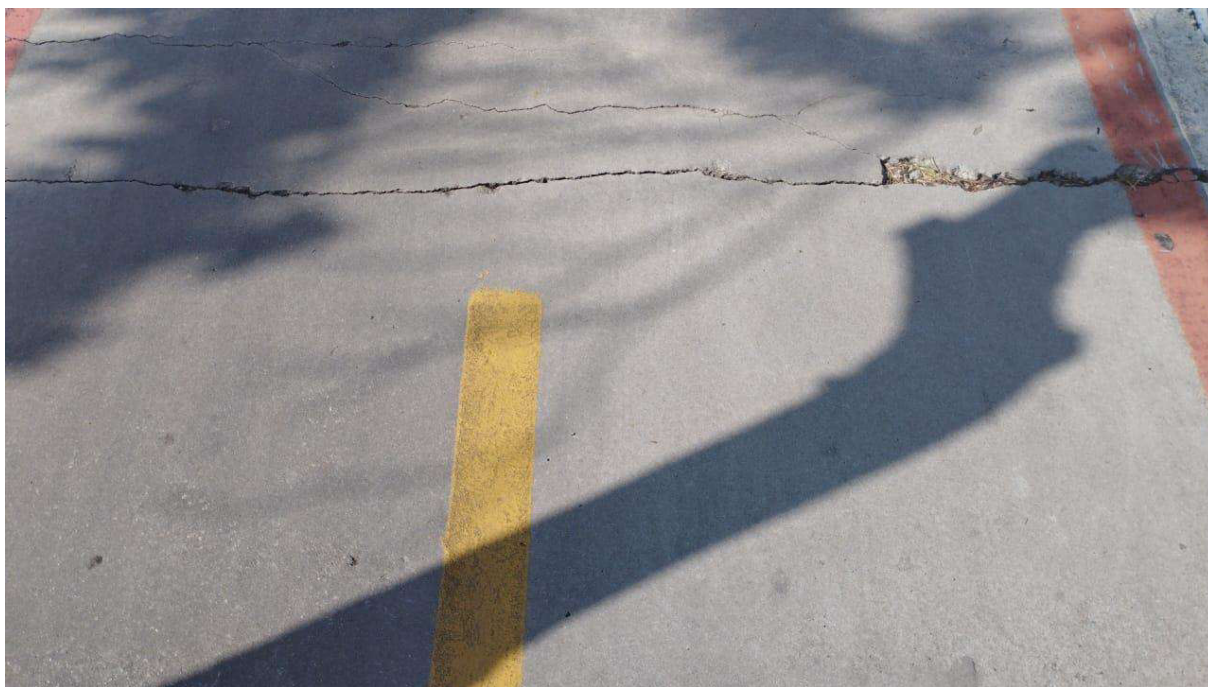
(Autor, 2025).

Figura 47 – Meio quebrado e resto do concreto despejado em ambiente irregular.



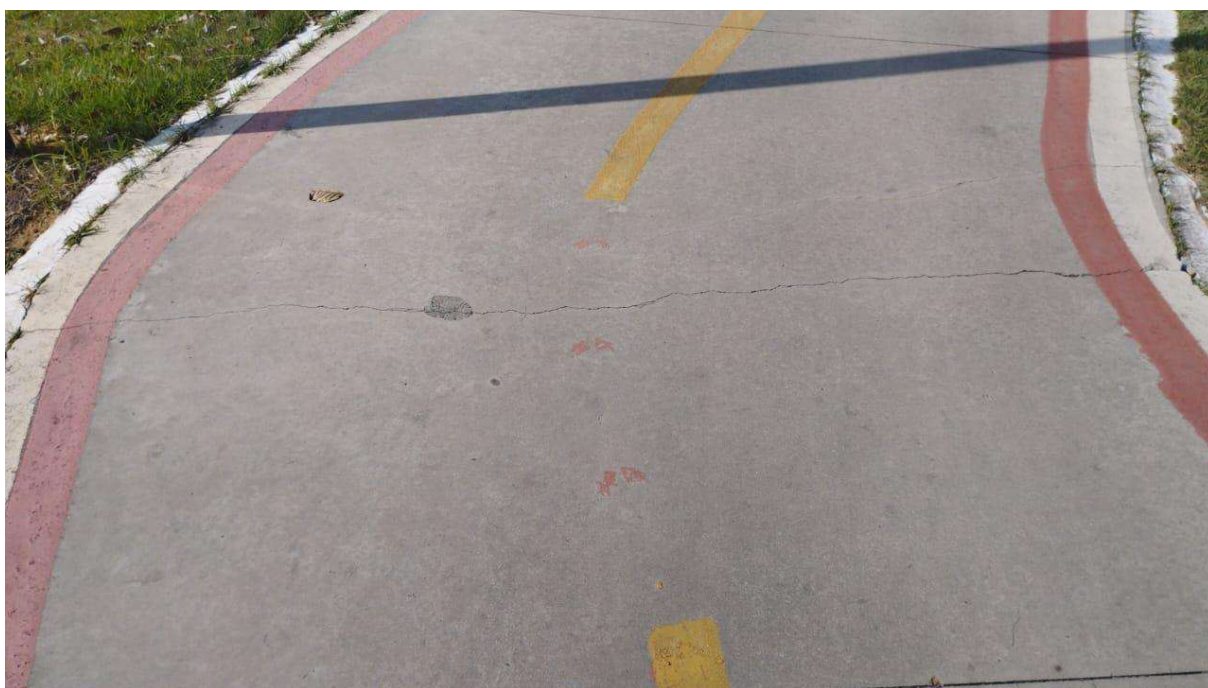
(Autor, 2025).

Figura 48 – Conjunto de fissuras transversais.



(Autor, 2025).

Figura 49 – Fissura transversal em curva.



(Autor, 2025).

Figura 50 – Desgaste superficial de via.



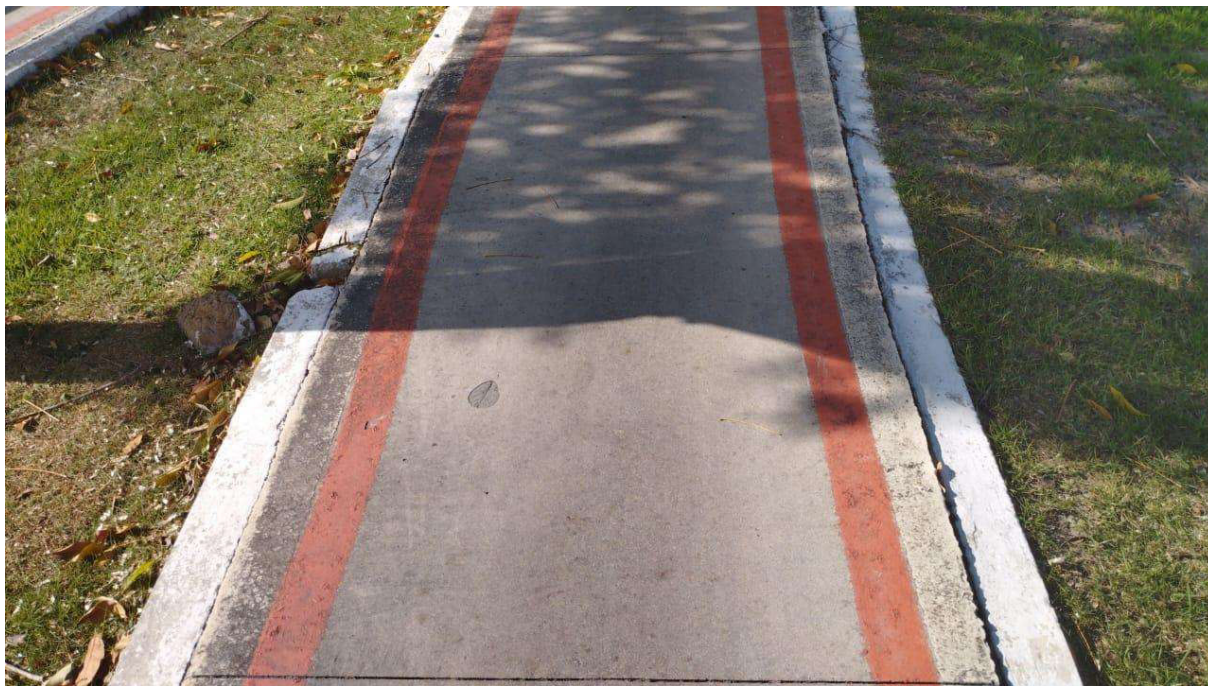
(Autor, 2025).

Figura 51 – Desgaste de via.



(Autor, 2025).

Figura 52 – Conjunto de placas irregulares em relação ao solo, possível movimentação de raízes de árvores.



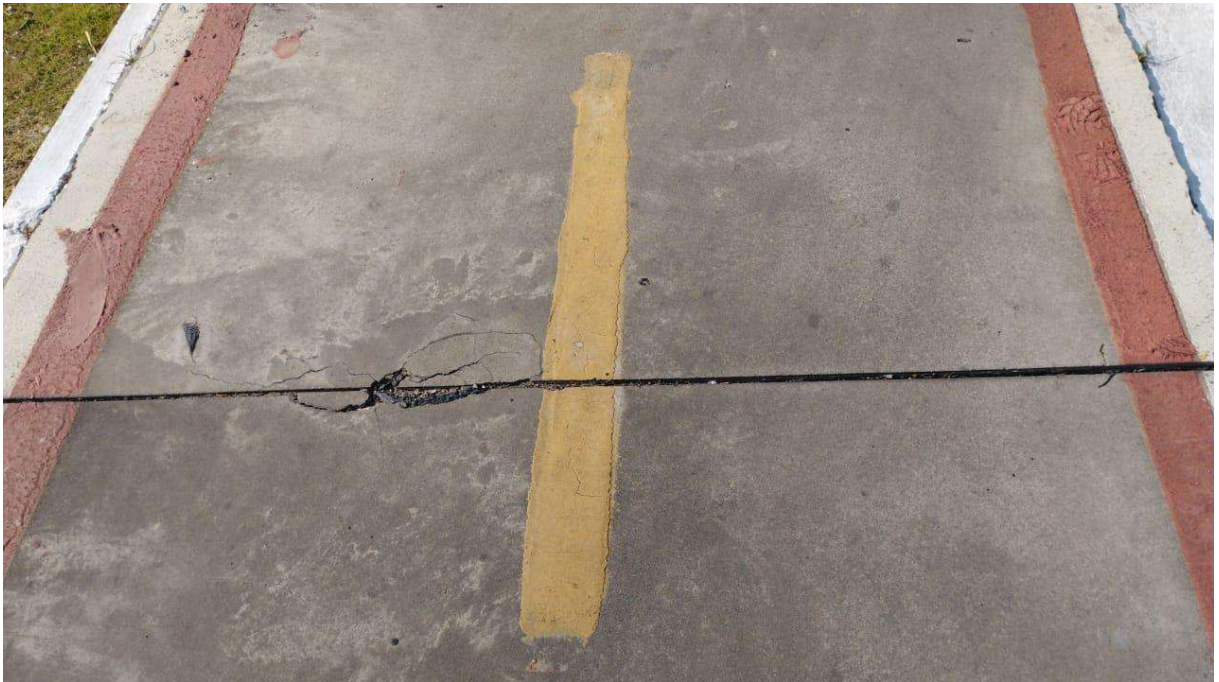
(Autor, 2025).

Figura 53 – Fissura diagonal e placa quebrada.



(Autor, 2025).

Figura 54 – Buraco e fissura em junta de dilatação.



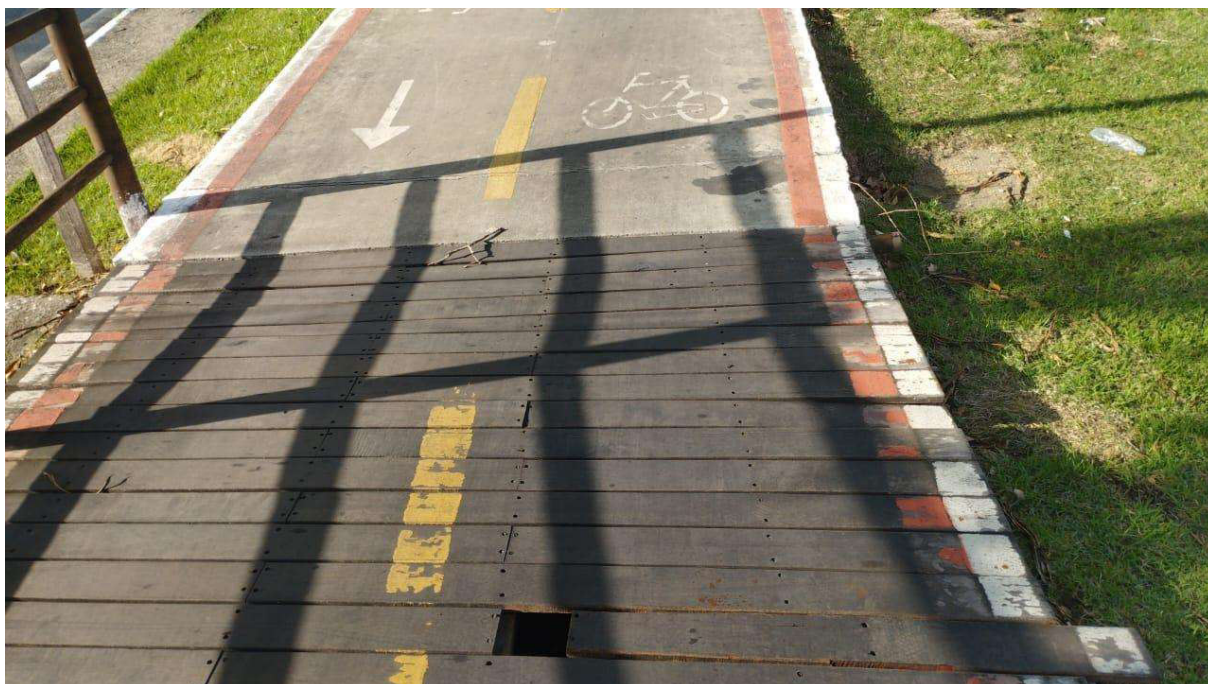
(Autor, 2025).

Figura 55 – Proteção da ciclovia quebrada.



(Autor, 2025).

Figura 56 – Buraco em um conjunto de placas de madeira, trecho próximo ao exército



(Autor, 2025).

Figura 57 – Fissuras em estruturas de madeira.



(Autor, 2025).

Figura 58 – perdas de parafusos e fissuras em estruturas de madeira.



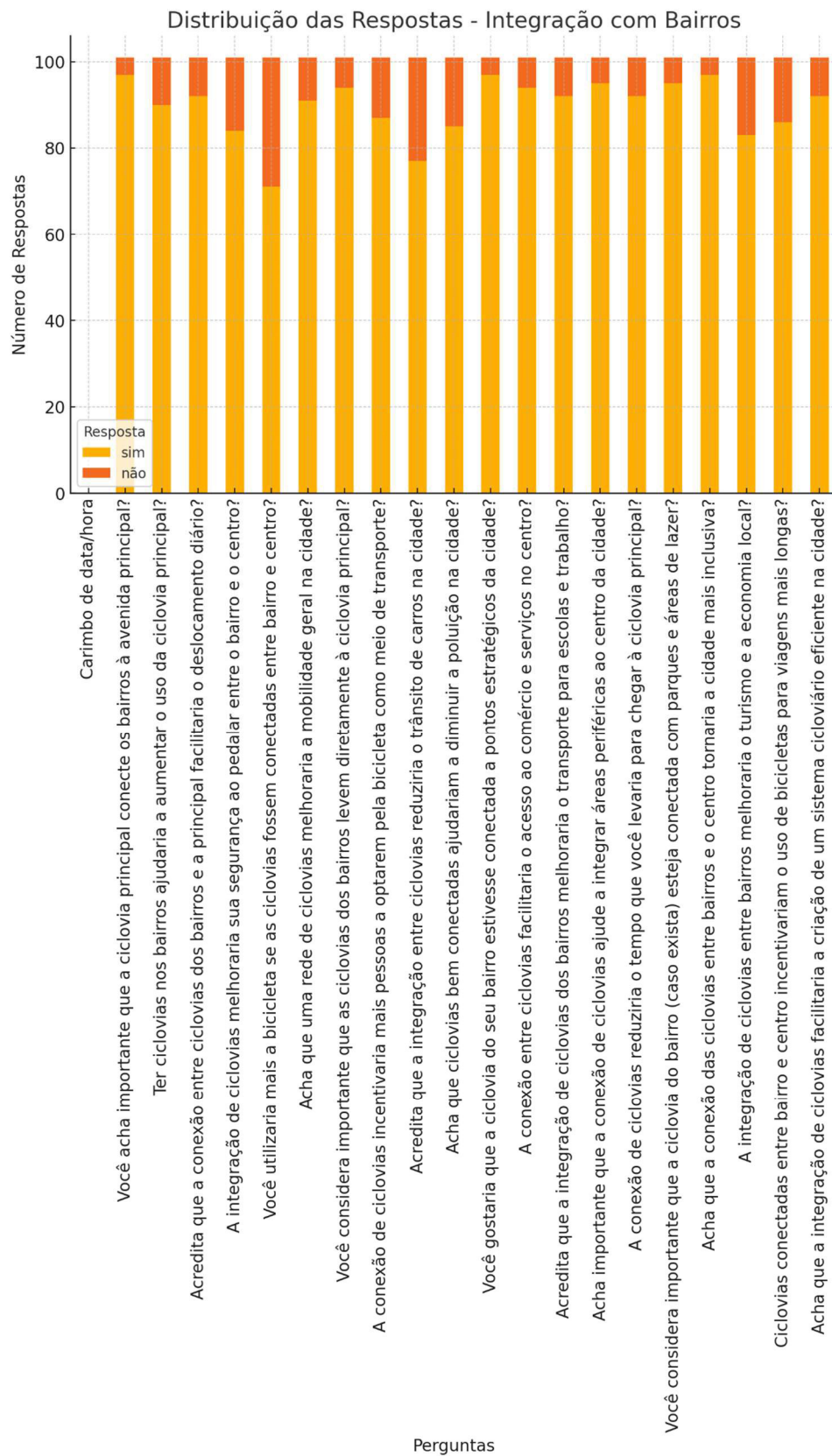
(Autor, 2025).

7.2 A IMPORTÂNCIA DA INTEGRAÇÃO DA CICLOVIA NA AV. FERNANDES LIMA COM OS BAIRROS ADJACENTES.

Os dados coletados através do primeiro formulário revelam uma forte percepção social quanto à importância da conexão da ciclovia da Avenida Fernandes Lima com os bairros ao seu entorno. Ao todo, foi coletado 128 respostas de forma online, de pessoas que utilizam a ciclovia de forma recorrente, a maioria dos respondentes (acima de 90% em diversas questões) manifestou concordância com a ideia de que uma rede de ciclovias interligadas contribuiria significativamente para a segurança no deslocamento diário, o acesso ao comércio e aos serviços urbanos, bem como para a inclusão social de regiões periféricas.

Também foi apontado que a integração ciclovária incentiva o uso da bicicleta como meio de transporte regular, promoveria a redução no número de veículos automotores nas vias, e resultaria em uma mobilidade urbana mais eficiente e sustentável. Esses dados reforçam a noção de que a população reconhece a bicicleta não apenas como um modal de lazer, mas como alternativa viável para deslocamentos cotidianos, desde que a infraestrutura ofereça conectividade, segurança e continuidade. Tais resultados podem ser vistos na figura 59.

Figura 59 – Resultados do formulário de integração da ciclovias dos bairros.



Outro ponto que deve ser avaliado é com relação às integrações com duas ciclofaixas, a primeira localizada na Av. Empresário Valentim Santos Diniz, sendo esta apresentada com falhas na sinalização devido à pintura da sinalização apagada. A outra ciclovia é apresentada na rua Ariosvaldo Pereira Cintra, cuja cor não está conforme a regulamentação de trânsito permitida, podendo ocasionar sinistros.

Figura 60 – Exposição da malha da armação.



(Autor, 2025).

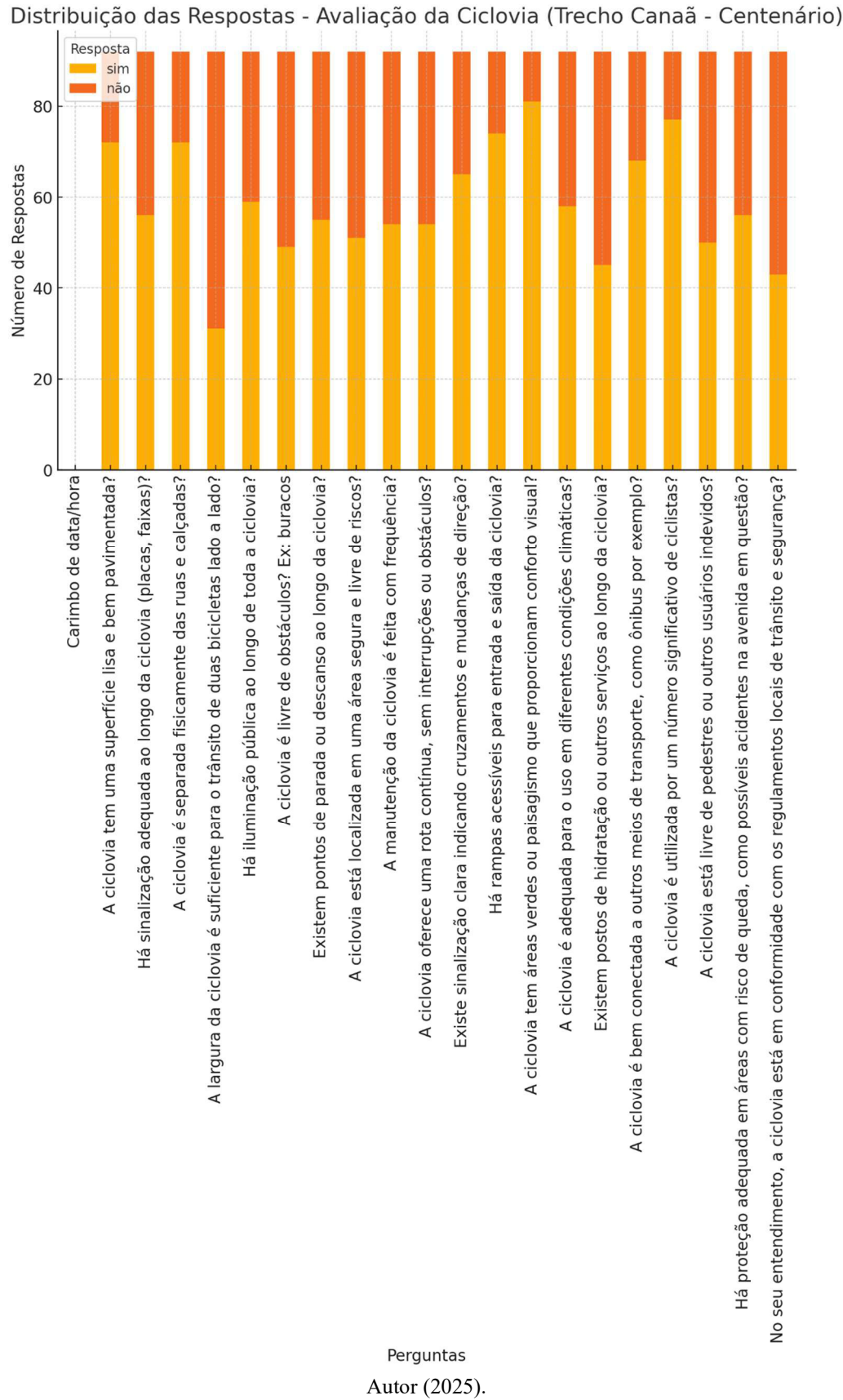
7.3 AVALIAÇÃO DA CICLOVIA - TRECHO CANAÃ/CENTENÁRIO

O segundo formulário, também realizado online, cuja participação foi de 117 respostas, teve como foco a análise do trecho da ciclovia localizado entre os bairros Canaã e Centenário, com o objetivo de identificar pontos fortes e limitações da infraestrutura existente. De modo geral, os participantes reconheceram aspectos positivos, como a presença de iluminação pública, sinalização horizontal e vertical, além de elementos de separação física da ciclovia em relação à via de tráfego de veículos.

Entretanto, os resultados indicaram algumas fragilidades importantes. Foram recorrentes as críticas à insuficiência da largura da ciclovia para acomodar adequadamente o tráfego de duas bicicletas lado a lado, à presença de obstáculos na pista (como buracos ou interferências), à ausência de pontos de parada ou descanso e à percepção de insegurança em determinados trechos. Adicionalmente, identificou-se a carência de manutenção periódica e a falta de infraestrutura complementar, como rampas de acesso, áreas de paisagismo e sinalização em cruzamentos. Esses dados são apresentados na figura 61.

Essas limitações comprometem a experiência do usuário e revelam a necessidade de intervenções técnicas que assegurem o cumprimento dos critérios estabelecidos pelas diretrizes nacionais de mobilidade urbana e segurança viária. A comparação entre a percepção conceitual da importância da ciclovia (formulário 1) e sua realidade operacional (formulário 2) evidencia a distância entre o potencial da mobilidade ativa e sua efetiva implementação no território urbano analisado.

Figura 61– Resultados - Avaliação ciclovias canaã / centenário.



Na primeira pesquisa, referente à importância da integração entre a ciclovia principal e os bairros, observou-se que 96% dos participantes acreditam que a conexão entre ciclovias facilitaria o deslocamento diário, enquanto 93% afirmam que a integração contribuiria para a segurança ao pedalar entre os bairros e o centro da cidade. Além disso, 92% consideram que a existência de ciclovias nos bairros incentiva o uso da ciclovia principal, e 90% concordam que essa rede interligada contribuiria para a redução do trânsito de automóveis, fortalecendo o entendimento da bicicleta como modal ativo e sustentável. Esses resultados demonstram o amplo reconhecimento, por parte dos usuários, do papel estratégico da integração ciclovária na melhoria da mobilidade urbana.

Já na segunda pesquisa, que analisou a avaliação da ciclovia Fernandes Lima, os resultados apontam para algumas fragilidades na infraestrutura existente. Apenas 62% dos respondentes consideram que há sinalização adequada ao longo da ciclovia, enquanto 58% avaliaram positivamente a separação física entre a ciclovia e as demais vias ou calçadas. Por outro lado, 41% relataram que a largura da ciclovia não é suficiente para permitir a circulação confortável de duas bicicletas lado a lado, e 47% indicaram a presença de obstáculos, como buracos ou interferências na pista. A manutenção da ciclovia também foi considerada insatisfatória por uma parcela expressiva dos usuários, cerca de 75% da população, apontando para a necessidade de intervenções frequentes para assegurar a qualidade e a segurança da via.

Esses percentuais evidenciam que, embora haja consenso sobre a importância da conectividade ciclovária, a realidade operacional da infraestrutura atual apresenta limitações que podem comprometer a experiência dos ciclistas. Dessa forma, os resultados reforçam a necessidade de ações direcionadas tanto para a expansão da rede ciclovária, quanto para a qualificação e manutenção da ciclovia existente, garantindo a efetividade do sistema como meio de transporte seguro, confortável e acessível à população.

8 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciam fragilidades relevantes relacionadas à qualidade construtiva e à gestão da ciclovia analisada. Embora se trate de uma infraestrutura relativamente recente, constatou-se a ocorrência significativa de patologias, como fissuras, desagregações e outras manifestações de deterioração precoce. Esses indicadores apontam para possíveis falhas nas etapas de projeto, execução e, sobretudo, na ausência de um plano eficaz de manutenção preventiva e corretiva. Tal cenário compromete não apenas a durabilidade da infraestrutura, mas também a segurança dos usuários e a confiabilidade do investimento público realizado.

Do ponto de vista técnico, observa-se que a presença de patologias em uma estrutura de implantação recente reforça a necessidade de adoção de mecanismos mais rigorosos de fiscalização, controle tecnológico e planejamento da manutenção ao longo do ciclo de vida da obra. A engenharia deve ser compreendida como um campo responsável não apenas pela entrega de soluções físicas, mas também pela gestão eficiente dos ativos urbanos, com foco na sustentabilidade operacional e no bem-estar coletivo.

Além das patologias identificadas, a pesquisa evidenciou a insatisfatória integração entre os trechos de ciclovias, o que limita o aproveitamento pleno da malha cicloviária e desestimula o uso contínuo da bicicleta como meio de transporte. Embora tenha sido observado um crescimento da extensão da malha cicloviária em Maceió, esse aumento deve ser relativizado, uma vez que a cidade partia de uma base reduzida. Dessa forma, o avanço numérico não reflete necessariamente melhorias funcionais, sobretudo diante da desarticulação entre os segmentos existentes.

Adicionalmente, verificou-se, por meio da consulta aos usuários, o interesse coletivo na ampliação da malha cicloviária, o que demonstra uma demanda social latente por esse tipo de infraestrutura. Contudo, ficou evidente que a expansão física, isoladamente, não é suficiente. É fundamental que sejam estabelecidas diretrizes adequadas de gestão e manutenção, de modo a assegurar não apenas a ampliação da rede, mas também a conservação da qualidade dos trechos já implantados. Nesse sentido, recomenda-se que futuras intervenções incluam, em suas fases de concepção, diretrizes integradas ao Plano Municipal de Mobilidade Urbana de Maceió, contemplando a criação de um plano contínuo de manutenção e a melhoria da conectividade entre os trechos existentes.

Com base nos dados coletados e na análise realizada, conclui-se que os objetivos estabelecidos pela pesquisa foram plenamente alcançados. O estudo permitiu identificar, com base empírica, os principais desafios enfrentados pela malha cicloviária analisada, oferecendo subsídios técnicos para a proposição de melhorias na infraestrutura e na sua gestão.

Como propostas para pesquisas futuras, destaca-se o desenvolvimento de um plano de manutenção específico para ciclovias, considerando as características particulares desse tipo de pavimento urbano. Além disso, sugere-se a realização de um estudo de implantação de um novo trecho no bairro Feitosa, com conexão até o bairro do Farol, visando avaliar as condições existentes, a viabilidade técnica e o potencial de integração com a malha cicloviária atual da cidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 6118:2023. *Projeto de estruturas de concreto — Procedimento*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2023.
- ABNT NBR 15575-3:2021. *Edificações habitacionais — Desempenho — Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2021.
- ALIANÇA BIKE. Ciclovias e ciclofaixas nas capitais. São Paulo: Aliança Bike, [s.d.]. Disponível em: <https://aliancabike.org.br/dados-do-setor/ciclovias-e-ciclofaixas/>. Acesso em: 12 maio 2025.
- BANISTER, David. The sustainable mobility paradigm. *Transport policy*, v. 15, n. 2, p. 73-80, 2008.
- BARBETTA, Pedro A. *Estatística aplicada às ciências sociais*. 7. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003.
- BAUER, L. A. F. *Materiais de construção*. v. 2. 6. ed. Rio de Janeiro. 2019.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. O.; SOARES, J. B. *Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros*. Rio de Janeiro: PATROBRAS: ABEDA, 2006.
- BRAGA, Natalia Maria Teixeira et al. *Patologias nas construções: trincas e fissuras em edifícios*. 2010.
- BEZERRA, José Paulo Maia et al. *Infraestrutura cicloviária em Manaus (AM): análise da pavimentação da ciclofaixa na avenida Nathan Xavier de Albuquerque*. 2023.
- CERVERO, Robert; DUNCAN, Michael. Walking, bicycling, and urban landscapes: evidence from the San Francisco Bay Area. *American journal of public health*, v. 93, n. 9, p. 1478-1483, 2003.
- DE BARROS, Ailton César Teles et al. *AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM RESERVATÓRIOS DE ÁGUA TRATADA EM CONCRETO ARMADO NO MUNICÍPIO DE GUARATINGUETÁ/SP*.
- DILL, Jennifer; CARR, Theresa. Bicycle commuting and facilities in major US cities: if you build them, commuters will use them. *Transportation research record*, v. 1828, n. 1, p. 116-123, 2003.
- DNIT 273 – PRO. *Determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo “falling weight deflectometer - FWD” - Procedimento*.
- HALL, Peter. *Cidades do Amanhã: uma história intelectual do planejamento e do projeto urbano*

no século XX. São Paulo: Perspectiva, 2002.

HELENE, P. R. L. Introdução: corrosão das armaduras. In: RIBEIRO, Daniel Vêras et al.(org.). Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: teoria, controle e métodos de análise. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. Cap. 1. p. 31-50.

HELENE, P. 2007. Rehabilitación y Mantenimiento das Estructuras de Concreto. São Paulo, Paulo Helene & Fernanda Pereira, 775 p.

LITMAN, Todd. Reinventing transportation. **Victoria Transportation Policy Institute**, 2003.

MAMELI, Francesca e Gerardo MARLETTO. “A Selection of Indicators for Monitoring Sustainable Urban Mobility Policies”. In Trasporti, Ambiente e Territorio. Franco Angeli, Milano, pp.167-174, 2009.

MEDEIROS, J. V. F. Levantamento das manifestações patológicas nas escolas municipais de Cajazeiras – PB: estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologias da Paraíba, Campus Cajazeiras, 2019.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

NEVILLE, Adam M. Tecnologia do concreto. Bookman Editora, 2013.

NEWMAN, Peter; KENWORTHY, Jeff. Costs of automobile dependence: global survey of cities. Transportation Research Record, v. 1670, n. 1, p. 17-26, 1999.

PUCHER, John et al. Walking and cycling to health: a comparative analysis of city, state, and international data. American journal of public health, v. 100, n. 10, p. 1986-1992, 2010.

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

TAVARES, da SILVA, CAMPOS (et al.). Drenagem, pavimentação e urbanização de vias. Brasília: CONFEA; CREA-DF; ABEPV, 2014. Disponível em: Acesso em: 17 mar. 2022.

TRIOLA, Mario F. *Introdução à estatística*. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

WANG, Shilei et al. State-of-the-art review of ground penetrating radar (GPR) applications for railway ballast inspection. Sensors, v. 22, n. 7, p. 2450, 2022.

ANEXOS

A importância da integração da ciclovia na Av. Fernandes Lima com os bairros adjacentes

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Você acha importante que a ciclovia principal conecte os bairros à avenida principal? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

2. Ter ciclovias nos bairros ajudaria a aumentar o uso da ciclovia principal? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

3. Acredita que a conexão entre ciclovias dos bairros e a principal facilitaria o deslocamento diário? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

4. A integração de ciclovias melhoraria sua segurança ao pedalar entre o bairro e o centro? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

5. Você utilizaria mais a bicicleta se as ciclovias fossem conectadas entre bairro e centro? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

6. Acha que uma rede de ciclovias melhoraria a mobilidade geral na cidade? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

7. Você considera importante que as ciclovias dos bairros levem diretamente à ciclovias principais? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

8. A conexão de ciclovias incentivaria mais pessoas a optarem pela bicicleta como meio de transporte? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

9. Acredita que a integração entre ciclovias reduziria o trânsito de carros na cidade? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

10. Acha que ciclovias bem conectadas ajudariam a diminuir a poluição na cidade? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

11. Você gostaria que a ciclovia do seu bairro estivesse conectada a pontos estratégicos da cidade? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

12. A conexão entre ciclovias facilitaria o acesso ao comércio e serviços no centro? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

13. Acredita que a integração de ciclovias dos bairros melhoraria o transporte para escolas e trabalho? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

14. Acha importante que a conexão de ciclovias ajude a integrar áreas periféricas ao centro da cidade? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

15. A conexão de ciclovias reduziria o tempo que você levaria para chegar à ciclovias principais? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

16. Você considera importante que a ciclovia do bairro (caso exista) esteja conectada com parques e áreas de lazer? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

17. Acha que a conexão das ciclovias entre bairros e o centro tornaria a cidade mais inclusiva? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

18. A integração de ciclovias entre bairros melhoraria o turismo e a economia local? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

19. Ciclovias conectadas entre bairro e centro incentivariam o uso de bicicletas para viagens mais longas? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

20. Acha que a integração de ciclovias facilitaria a criação de um sistema ciclovitário eficiente na cidade?

*

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Avaliação da ciclovia na Av. Fernandes Lima, trecho Canaã / Centenário

* Indica uma pergunta obrigatória

1. A ciclovia tem uma superfície lisa e bem pavimentada? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

2. Há sinalização adequada ao longo da ciclovia (placas, faixas)? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

3. A ciclovia é separada fisicamente das ruas e calçadas? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

4. A largura da ciclovia é suficiente para o trânsito de duas bicicletas lado a lado? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

5. Há iluminação pública ao longo de toda a ciclovia? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

6. A ciclovia é livre de obstáculos? Ex: buracos *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

7. Existem pontos de parada ou descanso ao longo da ciclovia? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

8. A ciclovia está localizada em uma área segura e livre de riscos? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

9. A manutenção da ciclovia é feita com frequência? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

10. A ciclovia oferece uma rota contínua, sem interrupções ou obstáculos? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

11. Existe sinalização clara indicando cruzamentos e mudanças de direção? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

12. Há rampas acessíveis para entrada e saída da ciclovia? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

13. A ciclovia tem áreas verdes ou paisagismo que proporcionam conforto visual? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

14. A ciclovia é adequada para o uso em diferentes condições climáticas? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

15. Existem postos de hidratação ou outros serviços ao longo da ciclovia? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

16. A ciclovia é bem conectada a outros meios de transporte, como ônibus por exemplo? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

17. A ciclovia é utilizada por um número significativo de ciclistas? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

18. A ciclovia está livre de pedestres ou outros usuários indevidos? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

19. Há proteção adequada em áreas com risco de queda, como possíveis acidentes na avenida em questão? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não

20. No seu entendimento, a ciclovia está em conformidade com os regulamentos locais de trânsito e segurança? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

