

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Arquitetura Pós-graduação em Sustentabilidade em Cidades,
Edificações e Produtos

Grazieli Fernanda Gonçalves

RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO DA REDE DE
ILUMINAÇÃO PÚBLICA: Análise de recorte urbano da Av.
Afonso Pena, Belo Horizonte

Belo Horizonte
2025

Grazieli Fernanda Gonçalves

RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO DA REDE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA: análise de recorte urbano da Av. Afonso Pena, Belo Horizonte

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Tecnologias Construtivas Sustentáveis da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos.

Orientadora: Profa. Dra. Karla Cristina de Freitas Jorge Abrahão

Belo Horizonte

2025

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DA ALUNA *GRAZIELI FERNANDA GONÇALVES* COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONFORTO AMBIENTAL, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS SUSTENTÁVEIS.

Às 16:30hs. do dia 12 de junho de 2025, reuniu-se na Sala 200 da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, a Comissão Examinadora composta pela *Profa. Dra. Karla Cristina de Freitas Jorge Abrahão* - Orientadora-Presidente, membro titular, pela Profa. Me. Grace Cristina Roel Gutierrez, membro titular, e pela Profa. Me. Sandra Machado Fiuza, membro externo, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Tecnologias Construtivas Sustentáveis, para avaliação da monografia intitulada *“Iluminação pública da Avenida Afonso Pena em Belo Horizonte”* de autoria da aluna **Grazieli Fernanda Gonçalves** como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Tecnologias Construtivas Sustentáveis. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso, atribuindo ao trabalho o conceito A/97. A Comissão recomenda que seja encaminhado 01 (um) exemplar digital ao Repositório da UFMG, após as correções sugeridas.

Belo Horizonte, 12 de junho de 2025.

Documento assinado digitalmente



KARLA CRISTINA DE FREITAS JORGE ABRAHAO
Data: 16/06/2025 18:36:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Karla Cristina de Freitas Jorge Abrahão
Orientadora-Presidente

Documento assinado digitalmente



GRACE CRISTINA ROEL GUTIERREZ
Data: 20/06/2025 17:13:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Me. Grace Cristina Roel Gutierrez
Membro Titular

Documento assinado digitalmente



SANDRA MACHADO FIUZA
Data: 18/06/2025 11:43:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Me. Sandra Machado Fiuza
Membro Externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, pelo amor, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida. Em especial, à minha mãe e às minhas irmãs, que sempre estiveram ao meu lado com palavras de força, paciência e carinho, mesmo nos dias mais difíceis.

Ao meu namorado, Guilherme Júnior, pela parceria, compreensão, incentivo e amor durante toda essa jornada. Sua presença foi fundamental para que eu pudesse seguir em frente com equilíbrio e determinação.

À minha orientadora, Karla Abrahão, por sua generosidade, atenção e orientação cuidadosa, que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Obrigada por acreditar no meu potencial e me guiar com tanto profissionalismo e empatia.

Aos amigos e amigas que fiz ao longo do curso, que tornaram a caminhada mais leve e cheia de aprendizados compartilhados. Cada conversa, troca e risada que contribuíram para que essa etapa fosse vivida de forma mais significativa.

À coordenação e aos professores do curso, pelo conhecimento transmitido, pela dedicação e pelo compromisso com uma formação de qualidade, que levarei para toda a minha vida profissional.

E, por fim, à Universidade, pelo espaço de crescimento, descoberta e transformação que me proporcionou ao longo desta especialização.

Muito obrigada a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho realizou uma análise técnica e crítica da qualidade da iluminação pública em um trecho da Avenida Afonso Pena, em Belo Horizonte, considerando critérios de desempenho luminotécnico, segurança urbana e sustentabilidade. A pesquisa está fundamentada nos parâmetros da norma ABNT NBR 5101:2024 e realizou medições em campo com uso de luxímetro digital, e simulações computacionais por meio do software DIALux 5.1. A metodologia adotada envolveu a classificação normativa das vias e calçadas, avaliação da iluminância média horizontal e do fator de uniformidade da luz, além da verificação do índice de reprodução de cor (IRC) e da temperatura de cor correlata (TCC). O estudo delimita-se ao segmento urbano entre as ruas Curitiba/Caetés e a confluência com a Rua Guajajaras, abrangendo áreas com valor simbólico, paisagístico e histórico para a cidade. Os resultados obtidos revelaram importantes contrastes entre os parâmetros normativos e a realidade da iluminação pública instalada. Embora se observe certa modernização do sistema, com uso de luminárias LED e níveis de iluminância compatíveis com a norma em muitos trechos. Foram identificados pontos de superiluminação nas calçadas e baixa uniformidade ao longo das vias, sobretudo em áreas de transição e nos cruzamentos. Essas inconsistências impactam negativamente no desempenho do sistema, na segurança, no conforto visual e na ambiência urbana. Os resultados indicam que o sistema instalado carece de maior refinamento técnico no dimensionamento e na distribuição da luz. As análises não desqualificam os investimentos realizados para o retrofit do sistema de iluminação pública, no entanto oferecem subsídios técnicos para aperfeiçoamentos futuros desses sistemas para ampliar a conformidade normativa, o respeito ao valor histórico e funcional da Avenida Afonso Pena enquanto espaço simbólico e de intenso uso coletivo.

Palavras-chave: Iluminação pública; desempenho luminotécnico; NBR 5101:2024; Segurança urbana;

ABSTRACT

This study conducted a technical and critical analysis of the quality of public lighting along a section of Afonso Pena Avenue in Belo Horizonte, considering lighting performance, urban safety, and sustainability criteria. The research is based on the parameters of ABNT NBR 5101:2024 standard and included field measurements using a digital lux meter and computer simulations using DIALux 5.1 software. The methodology adopted involved the normative classification of roads and sidewalks, assessment of average horizontal illuminance and light uniformity, as well as verification of the color rendering index (CRI) and correlated color temperature (CCT). The study focused on the urban segment between Curitiba/Caetés Streets and the intersection with Guajajaras Street, encompassing areas of symbolic, scenic, and historical value to the city. The results revealed significant contrasts between the normative parameters and the actual public lighting installations. Although some modernization of the system is observed, with the use of LED lighting fixtures and illuminance levels compatible with the regulations in many sections, overlighting points were identified on sidewalks and poor uniformity along the streets, especially in transition areas and intersections. These inconsistencies negatively impact system performance, safety, visual comfort, and the urban ambiance. The results indicate that the installed system requires greater technical refinement in terms of sizing and light distribution. The analyses do not disqualify the investments made to retrofit the public lighting system; however, they offer technical support for future improvements to these systems to increase regulatory compliance and respect the historical and functional value of Avenida Afonso Pena as a symbolic space of intense public use.

Keywords: Public lighting; lighting performance; NBR 5101:2024; Urban safety;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espectro visível de cores	26
Figura 2 – Luxímetro digital lux meter MLM-1011	29
Figura 3 – Mapa de inserção das análises	32
Figura 4 – Planta chave e legendas	33
Figura 5 – Quarteirão A.....	34
Figura 6 – Quarteirão B.....	34
Figura 7 – Quarteirão C.....	35
Figura 8 – Quarteirão D.....	35
Figura 9 – Quarteirão E.....	36
Figura 10 – Quarteirão F	36
Figura 11 – Corte; cenário predominante do trecho	37
Figura 12 – Luminárias 1º Nível	38
Figura 13 – Poste metálico H=9,5m	38
Figura 14 – Luminária 1º Nível obstruída	38
Figura 15 – Luminárias Praça Sete	38
Figura 16 – Poste concreto H=18m.....	38
Figura 17 – Canteiro Central	38
Figura 18 – Luminárias 3º Nível	38
Figura 19 – Candelabro obelisco.....	38
Figura 20 – Relação da vegetação com luminária	38
Figura 21: Ponto de medição	40
Figura 22: Ponto de medição	40
Figura 23: Ponto de medição	40
Figura 24: Ponto de medição	40

Figura 25: Ponto de medição	40
Figura 26: Ponto de medição	40
Figuras 27, 28 29 e 30- Modelagem 3D produzida a partir do software DIALux	41
Figura 31:Luminária BRP230 LED30-2S NW 18W DMLN P7 0-10.....	46
Figura 32: Ficha de dados BRP230 LED30-2S NW 18W DMLN P7 0-10	46
Figura 33 e 34 - Luminária BRP483 LED202-2S NW 113W DML P7 0-10	47
Figura 35: Ficha de dados BRP483 LED202-2S NW 113W DML P7 0-10.....	47
Figura 36 e 37: Luminária BRP484 LED307 NW 179W DML P7 0 -10	48
Figura 38: Ficha de dados BRP484 LED307 NW 179W DML P7 0-10	48
Figura 39: Lista de luminárias	48
Figura 40: Via quarteirão A - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	49
Figura 41: Passeio 1 no quarteirão A - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas .	50
Figura 42: Passeio 2 no quarteirão A - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas .	51
Figura 43: Via no cruzamento entre os quarteirões A e B - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	52
Figura 44: Passeio 1 no cruzamento entre os quarteirões A e B - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	53
Figura 45: Via no quarteirão B - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	54
Figura 46: Passeio 1 no quarteirão B - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas .	55
Figura 47: Passeio 2 no quarteirão B - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas .	56
Figura 48: Via no cruzamento entre os quarteirões B e C - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	57
Figura 49: Via no quarteirão C - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	58
Figura 50: Passeio 1 no quarteirão C - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas .	59
Figura 51: Passeio 2 no quarteirão C - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas .	60
Figura 52: Via no cruzamento entre os quarteirões C e D - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	61

Figura 53: Passeio 1 no cruzamento entre os quarteirões C e D - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	62
Figura 54: Passeio 2 no cruzamento entre os quarteirões C e D- Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	63
Figura 55: Via no quarteirão D- Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	64
Figura 56: Passeio 1 no quarteirão D- Gráfico de linhas isográficas e cores falsas..	65
Figura 57: Passeio 2 no quarteirão D- Gráfico de linhas isográficas e cores falsas..	66
Figura 58: Via no cruzamento entre os quarteirões D e E - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	67
Figura 59: Passeio 1 no cruzamento entre os quarteirões D e E - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	68
Figura 60: Via no quarteirão E - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas	69
Figura 61: Passeio 1 no quarteirão E - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas .	70
Figura 62: Passeio 2 no quarteirão E - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas .	71
Figura 63: Via no quarteirão F - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas.....	72
Figura 64: Passeio 1 no quarteirão F - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas .	73
Figura 65: Passeio 2 no quarteirão F - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas .	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da classificação do trecho analisado conforme NBR 5101:2024	22
Tabela 2 – Requisitos de iluminação para a classe de iluminação C (área de conflito)	24
Tabela 3: Levantamento: Iluminância média para cada ambiente	39
Tabela 4: Iluminância média para cada ambiente	41
Tabela 5: Atendimento conforme a norma 5101:2024	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D - Três dimensões

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BHIP - Belo Horizonte Iluminação Pública

CDPCM-BH - Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural do Município de Belo Horizonte

CIE - Comissão Internacional de Iluminação

CRI - *Color Rendering Index* (Inglês)

DIALux - Software de simulação luminotécnica

Em - Iluminância média

Ev - Iluminância mínima vertical

H - Altura

IP - Iluminação Pública

IRC - Índice de Reprodução de Cor

K - Kelvin

LED - *Light Emitting Diode* (Inglês)

Lm - Lúmen – unidade de fluxo luminoso

Lx - Lux

MG - Minas Gerais

MI-PROJ-01 - Manual de Instruções de Projetos de Iluminação Pública

MI-RTI-05 - Manual de Utilização Central de Serviços Projetos de Iluminação Pública

NBR - Normas Brasileiras

PBH - Prefeitura de Belo Horizonte

TCC - Temperatura de Cor Correlata

TI% - Controle de ofuscamento

U - Fator de Uniformidade da Iluminância

UL - Uniformidade longitudinal

Vp - Valor de Ponderação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo.....	13
1.2 Objetivos específicos	14
1.3 Justificativas.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Modernização da Iluminação Pública	16
2.2 Diretrizes Normativas: A NBR 5101:2024.....	16
2.3 Aspectos Técnicos no Projeto de Iluminação Pública	17
2.4 Procedimentos e Ferramentas para Projetos de Iluminação Pública	17
2.5 Preservação do Patrimônio Urbano e Cultural.....	17
3. METODOLOGIA	20
3.1 Parâmetros de desempenho para sistemas de iluminação pública	20
3.2 Iluminância Média: conceito, cálculo e aplicação segundo a ABNT NBR 5101:2024.....	21
3.3 Fator de Uniformidade da Iluminância	23
3.4 Temperatura de Cor Correlata (TCC)	25
3.5 Índice de Reprodução de Cor (IRC)	26
3.6 Limitações e parâmetros não considerados na análise	27
3.7 Ferramentas e instrumentos utilizados	29
3.8 Localização e delimitação do trecho analisado.....	30
4. RESULTADOS.....	39
4.1 Estudo Luminotécnico.....	41
4.2 Níveis de iluminância média	41
4.3 Análise da qualidade de iluminação pública avaliada	42
4.4 Luminárias utilizadas.....	45
4.5 Simulação	49
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	75
5.1 Diretrizes para adequação à norma e melhoria do sistema.....	76

6. CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS.....	79

1. INTRODUÇÃO

A iluminação pública (IP) desempenha papel fundamental na organização e funcionalidade dos espaços urbanos, contribuindo não apenas para a segurança e mobilidade durante o período noturno, mas também para a valorização do ambiente construído, especialmente em áreas de relevância histórica e cultural. Seu impacto vai além dos aspectos técnicos: ela influencia diretamente a percepção de conforto, pertencimento e identidade nas cidades.

A Avenida Afonso Pena, localizada na cidade de Belo Horizonte – MG, é um dos principais eixos estruturadores do plano diretor original da capital mineira, reunindo uma diversidade de usos, fluxos e expressões arquitetônicas e urbanísticas. Sua importância histórica e simbólica, somada à presença de bens culturais e edifícios representativos, a torna um espaço estratégico para análise da qualidade da iluminação pública em contextos urbanos complexos e multifuncionais.

Este trabalho propõe uma análise técnica e crítica da iluminação pública em um trecho selecionado da Avenida Afonso Pena, com foco em critérios de desempenho luminotécnico e valorização do potencial de segurança urbana. Serão avaliadas as condições atuais do sistema de iluminação instalado, os impactos sobre a ambiência urbana e a adequação em relação às normativas técnicas, como a ABNT NBR 5101:2024 (ABNT,2024).

A pesquisa busca também identificar como a iluminação pode atuar no sistema urbano como ferramenta de qualificação do espaço urbano, reforçando a segurança, promovendo o uso noturno e evidenciando os valores culturais presentes na área estudada. A partir dessa abordagem integrada, espera-se contribuir com subsídios técnicos e conceituais para futuras intervenções públicas, políticas de valorização do patrimônio e iniciativas de regeneração urbana.

1.1 Objetivo

Analisar a qualidade da iluminação pública em um trecho da Avenida Afonso Pena, em Belo Horizonte, com foco em aspectos de desempenho luminotécnico, segurança urbana, sustentabilidade e valorização do patrimônio histórico-cultural, visando propor diretrizes que contribuam para a regeneração e qualificação do espaço urbano.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar e caracterizar as condições atuais da rede de iluminação pública no recorte analisado da Avenida Afonso Pena;
- Avaliar a conformidade da iluminação com os parâmetros estabelecidos por normas técnicas, como a ABNT NBR 5101:2024;
- Analisar o papel da iluminação na conservação dos elementos arquitetônicos e culturais presentes na avenida, além da segurança urbana;
- Investigar o uso de tecnologias sustentáveis e eficientes na rede de iluminação existente;
- Apontar diretrizes e recomendações para a melhoria da iluminação pública, integrando critérios de desempenho energético, conforto visual, segurança e valorização arquitetônica.

1.3 Justificativas

O desempenho e a qualidade da iluminação pública são temas de crescente interesse técnico e acadêmico, especialmente no contexto das cidades que buscam conciliar segurança, valorização do espaço urbano, economia de recursos públicos e sustentabilidade ambiental. Nesse cenário, torna-se fundamental compreender como a iluminação pública pode contribuir para o desempenho urbano, respeitando critérios normativos e dialogando com o contexto cultural e histórico local.

A Avenida Afonso Pena, importante eixo viário e simbólico de Belo Horizonte, reúne atributos que a tornam um objeto de estudo relevante: localização central, intensa circulação de pessoas e veículos, diversidade de usos dos imóveis e presença de edifícios e monumentos de valor histórico. Tais características exigem uma abordagem qualificada da infraestrutura urbana — e, entre elas, da iluminação pública — com foco não apenas na funcionalidade, mas também na estética, na percepção de segurança e na valorização patrimonial.

Neste sentido, a norma ABNT NBR 5101:2024 (ABNT, 2024) fornece diretrizes fundamentais para o projeto e a avaliação de sistemas de iluminação pública, estabelecendo critérios técnicos para garantir conforto visual, uniformidade luminosa, desempenho e segurança. Avaliar a aplicação desses parâmetros em um recorte urbano consolidado e de grande visibilidade como a Avenida Afonso Pena permite refletir sobre como os princípios normativos se aplicam a espaços urbanos de alto

valor simbólico.

Além disso, o estudo propõe integrar os aspectos luminotécnicos a diretrizes de sustentabilidade e racionalização de custos, fundamentais para a gestão pública eficiente. Ao investigar a qualidade da iluminação pública nesse contexto específico, esta pesquisa contribui para a compreensão dos desafios e potencialidades da aplicação de boas práticas em áreas urbanas complexas, oferecendo subsídios para intervenções mais qualificadas, sustentáveis e coerentes com o valor do espaço analisado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Modernização da Iluminação Pública

O desempenho energético constitui um dos pilares da modernização dos sistemas de iluminação pública, visando a redução do consumo de energia e a minimização dos impactos ambientais. A substituição de luminárias convencionais por sistemas mais eficientes, como os baseados na tecnologia LED, tem se mostrado uma solução viável e altamente eficaz para alcançar tais objetivos de desempenho energético (Bovolenta e Bertolini, 2020).

Além da economia energética, a modernização proporciona uma melhoria significativa na qualidade da iluminação, elevando os níveis de segurança pública, favorecendo a mobilidade urbana e ampliando a valorização estética dos espaços urbanos. O uso de sistemas inteligentes, com sensores e controles automatizados, permite ajustar a intensidade luminosa conforme as necessidades específicas, reduzindo desperdícios e ampliando a vida útil dos equipamentos promovendo uma gestão mais inteligente dos recursos públicos e ambientais (Bovolenta e Bertolini, 2020).

2.2 Diretrizes Normativas: A NBR 5101:2024

A NBR 5101:2024 — Iluminação Pública estabelece os critérios técnicos e os parâmetros mínimos de desempenho luminotécnico para sistemas de iluminação pública no Brasil. Esta norma determina os níveis adequados de iluminância, uniformidade, controle do ofuscamento e desempenho energético, buscando assegurar segurança e conforto visual para os usuários das vias públicas (ABNT, 2024).

A norma orienta o dimensionamento das luminárias e a escolha dos tipos de lâmpadas, enfatizando a importância do desempenho luminoso e da durabilidade dos componentes. Além disso, define critérios para diferentes categorias de vias, desde rodovias de alto tráfego até vias locais e praças, promovendo a adequação da iluminação às características específicas de cada espaço urbano.

Conforme essa norma, os parâmetros como luminância média, uniformidade longitudinal, controle de ofuscamento e reprodução de cores são fundamentais para assegurar a segurança viária, a redução de acidentes e o conforto visual dos pedestres e motoristas (ABNT, 2024).

2.3 Aspectos Técnicos no Projeto de Iluminação Pública

Os aspectos técnicos fundamentais para a elaboração de um projeto de iluminação pública incluem o layout das luminárias nas vias, o cálculo da iluminância e a gestão do ofuscamento. O planejamento deve garantir uma sensação visual de segurança, visibilidade clara dos objetos e conforto para os usuários (Electrical4U, 2024).

A disposição dos postes pode ser unilateral, bilateral ou em ziguezague, dependendo da largura da via e do volume de tráfego. O cálculo da iluminância e da luminância deve assegurar uniformidade adequada e evitar zonas de penumbra ou excesso de brilho, seguindo as recomendações da Comissão Internacional de Iluminação (CIE) e da NBR 5101 (Electrical4U, 2024; ABNT, 2024).

Outro aspecto relevante é a seleção das fontes luminosas, priorizando tecnologias eficientes como LEDs, que oferecem maior durabilidade, desempenho energético e menor impacto ambiental em comparação às lâmpadas de sódio e iodetos metálicos tradicionalmente utilizadas (Electrical4U, 2024).

2.4 Procedimentos e Ferramentas para Projetos de Iluminação Pública

Esses documentos asseguram a padronização dos processos e integram aspectos técnicos, administrativos e ambientais, contribuindo para a excelência na gestão da iluminação pública municipal. No contexto da cidade de Belo Horizonte, o Manual de Instruções de Projetos de Iluminação Pública estabelece critérios técnicos detalhados para a elaboração dos projetos, incluindo premissas para o cálculo luminotécnico, escolha de materiais, instalação de postes e braços, bem como o uso de softwares especializados como o Dialux para a simulação luminotécnica (BH, 2024).

A gestão e tramitação dos projetos ocorrem por meio da Central de Serviços, descrita no Manual de Utilização. Esta plataforma automatiza o fluxo de atividades, desde a solicitação de incorporação do projeto até sua aprovação final, promovendo transparência e integração entre as partes envolvidas, incluindo a Prefeitura Municipal e a Concessionária BHIP (BH, 2023).

2.5 Preservação do Patrimônio Urbano e Cultural

A implementação de projetos de iluminação pública em áreas de interesse histórico e cultural demanda um planejamento cuidadoso para preservar a integridade do

patrimônio edificado. O Conjunto Urbano da Avenida Afonso Pena, em Belo Horizonte, é um exemplo emblemático, cujo tombamento visa proteger o valor histórico, arquitetônico e paisagístico da região (BH, 2020).

As diretrizes de preservação incluem o disciplinamento das intervenções urbanísticas, a proteção de áreas verdes, o controle de publicidade e a manutenção das características morfológicas originais, evitando descaracterizações. A iluminação pública nessas áreas deve ser projetada de modo a respeitar e valorizar o contexto histórico, promovendo uma ambiência noturna compatível com o valor cultural do espaço, evitando soluções que comprometam a ambiência e a percepção do patrimônio (BH, 2020).

2.6 A Convergência entre desempenho, Técnica e Preservação

A integração entre desempenho energético, atendimento às normas técnicas e preservação patrimonial representa o desafio central nos projetos contemporâneos de iluminação pública. O uso de sistemas informatizados, como a Central de Serviços, associado a manuais técnicos padronizados e ao respeito às normativas como a NBR 5101:2024, assegura que as intervenções sejam conduzidas de forma planejada, eficiente e sustentável (BH, 2023; BH, 2024).

Dessa forma, a iluminação pública se transforma em um vetor de qualificação urbana, promovendo segurança, bem-estar social, respeito ambiental e conservação do patrimônio cultural (BH, 2023; BH, 2024).

Em um cenário de renovação e requalificação do centro urbano de Belo Horizonte, foi publicada, em março de 2025, a Lei nº 11.828/2025 (BH, 2025), que autoriza a instalação de painéis de LED de até 40 metros de altura nas fachadas dos edifícios situados ao redor da Praça Sete de Setembro — ponto central do trecho analisado neste trabalho. Conhecida informalmente como “Lei Times Square”, a norma altera o Código de Posturas do Município ao acrescentar os artigos 186-A, 186-B e 186-C à Lei nº 8.616/2003, permitindo que até 30% da superfície de fachadas dos prédios seja utilizada para a instalação desses dispositivos eletrônicos. A proposta, voltada para o fomento à inovação e à dinamização da área central da cidade, representa um marco na transformação visual e funcional do espaço público, mas também levanta importantes debates sobre os impactos urbanos, luminosos, ambientais e patrimoniais dessa intervenção.

Tendo em vista que a Praça Sete está inserida diretamente no trecho da Avenida Afonso Pena analisado neste estudo, a implementação desses painéis insere-se no escopo da discussão sobre a qualidade da iluminação pública, interferência luminosa no ambiente urbano e o equilíbrio entre modernização e preservação da paisagem histórica. Tal mudança amplia ainda mais as discussões do presente trabalho, abrindo caminhos para análises futuras sobre os efeitos da comunicação midiática iluminada no espaço público central da capital mineira (BH, 2025).

3. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia adotada para a realização da pesquisa, descrevendo os procedimentos utilizados na etapa de inspeção, os critérios técnicos de avaliação aplicados e a definição da amostra representativa do recorte urbano selecionado.

3.1 Parâmetros de desempenho para sistemas de iluminação pública

Considera-se que um sistema de iluminação pública apresenta desempenho satisfatório quando atende a uma série de critérios técnicos e funcionais. Entre os principais parâmetros estão:

- A distribuição adequada do fluxo luminoso nos locais onde ele é necessário;
- A compatibilidade do projeto com a classificação das vias e espaços públicos (como ruas, calçadas, praças e áreas de convivência);
- A promoção do conforto visual e da sensação de segurança para os usuários noturnos dos espaços urbanos;
- A valorização estética de áreas públicas, edifícios de relevância cultural e elementos do patrimônio arquitetônico;
- O controle de impactos ambientais, como a poluição luminosa e o desperdício energético;
- O uso racional da energia elétrica, evitando consumos excessivos ou ineficientes;
- A adequação dos custos de implantação e manutenção à realidade orçamentária do município;
- A adoção de tecnologias modernas e eficientes do ponto de vista energético e operacional.

A ABNT NBR 5101:2024 (ABNT, 2024) estabelece os requisitos técnicos mínimos para que os sistemas de iluminação pública promovam condições adequadas de visibilidade, contribuindo para a segurança no deslocamento de pedestres e veículos. A segurança em espaços urbanos, quando analisada sob a ótica da iluminação pública, compreende tanto a relação entre condutores e pedestres quanto a prevenção de riscos ligados à violência urbana. A iluminação adequada garante que o motorista identifique, com antecedência e precisão, a presença e os movimentos de

pedestres, permitindo reações seguras e evitando acidentes, enquanto assegura ao pedestre a clara visualização dos veículos em circulação, favorecendo tomadas de decisão rápidas ao atravessar ou circular pela via. Para isso, é fundamental que os níveis de iluminância atendam aos parâmetros normativos, assegurando uniformidade luminosa, ausência de ofuscamento e bom índice de reprodução de cor, condições que viabilizam o reconhecimento facial e a leitura de sinais visuais. Além do aspecto de trânsito, a luz desempenha papel estratégico na segurança pública, pois ambientes bem iluminados ampliam o campo de visão, desencorajam comportamentos criminosos e facilitam a vigilância, tanto formal quanto informal, reduzindo pontos de sombra e potenciais locais de ocultação. Assim, a iluminação pública eficiente e bem projetada atua como elemento integrador entre mobilidade segura e proteção contra a violência urbana, sendo componente essencial na qualificação do espaço público e na promoção da sensação de segurança coletiva.

3.2 Iluminância Média: conceito, cálculo e aplicação segundo a ABNT NBR 5101:2024

A iluminância média é um dos parâmetros luminotécnicos fundamentais para avaliar a qualidade de sistemas de iluminação pública. De acordo com a ABNT NBR 5101:2024 (ABNT, 2024), esse conceito se refere à quantidade de luz incidente sobre uma superfície, sendo expressa em lux (lx). A iluminância adequada proporciona visibilidade, conforto visual e segurança aos usuários dos espaços urbanos durante a noite.

A norma diferencia dois tipos principais de iluminância:

- Iluminância média horizontal: corresponde à luz incidente em uma superfície plana no nível do piso (solo ou pavimento). É o parâmetro mais comumente utilizado na avaliação de vias e passeios públicos. Sua medição é feita por meio da média das leituras de iluminância em uma malha de pontos distribuídos na área avaliada.
- Iluminância mínima vertical: refere-se à quantidade mínima de luz incidente em um plano vertical, a 1,5 metros do solo, voltado para o observador. Este parâmetro é relevante especialmente em locais com exigência de reconhecimento facial ou segurança reforçada.

No presente trabalho, foi adotada exclusivamente a iluminância média horizontal para

a análise da iluminação pública no trecho de vias e calçadas da Avenida Afonso Pena, em Belo Horizonte.

- Cálculo da iluminância média horizontal

A iluminância média é calculada pela média aritmética simples dos valores de iluminância obtidos em pontos de medição uniformemente distribuídos na superfície analisada:

$$E_{méd} = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{n}$$

Onde:

- $E_{méd}$ = iluminância média (em lux);
- E_1 = valor de iluminância em cada ponto medido;
- n = número total de pontos.

A norma orienta que as medições podem ser feitas em campo com luxímetro ou por simulação com software especializado. Neste trabalho, as medições foram realizadas no local, e foram feitas simulações por meio do software Dialux, seguindo os critérios definidos na NBR 5101:2024.

- Classificação da via e da área de pedestres

Para verificar o atendimento aos critérios normativos, classificou-se a via e os espaços adjacentes (como calçadas ou faixas de pedestres) conforme as categorias estabelecidas pela norma. A classificação considera parâmetros como velocidade, volume de tráfego, composição do tráfego, luminância ambiente e presença de obstáculos.

Abaixo, apresentam-se os resultados da classificação adotada para o trecho analisado, conforme tabela 1:

Tabela 1 - Resultado da classificação do trecho analisado conforme NBR 5101:2024

Parâmetro	Característica da Área de Pedestres	Valor de Ponderação (Vp)
Velocidade	Baixa (< 30 km/h)	1
Volume de tráfego	Alto (> 120 pedestres/hora)	1
Composição do tráfego	Pedestres, ciclistas e tráfego motorizado	2
Veículos estacionados	Presentes	0,5
Luminância ambiente	Alta	1

Total de Vp (Vps)	—	5,5
Classe resultante	Arredondada para classe imediatamente inferior (P1)	P1
Parâmetro	Característica da Via	Valor de Ponderação (Vp)
Velocidade	Alta	2
Volume de tráfego	Muito alto	1
Composição do tráfego	Misto	1
Separação das faixas de direção	Sim	0
Luminância ambiente	Alta	1
Sinalização e controle de tráfego	Moderados ou bons	0
Total de Vp (Vps)	—	5
Classe resultante da via	—	C1

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de (ABNT, 2024)

Segundo a NBR 5101:2024, valores não inteiros devem ser arredondados para o número inferior inteiro mais próximo, resultando nas classes de referência C1 para a via e P1 para a área de pedestres. Com isso, os seguintes valores mínimos normativos de iluminância média horizontal devem ser atendidos:

- Classe C1 (área de conflito veicular): $E_{méd} \geq 30$ lux
- Classe P1 (área de pedestres): $E_{méd} \geq 20$ lux

Estes valores foram adotados como referência comparativa para a análise técnica realizada neste trabalho. Os resultados obtidos por simulação luminotécnica foram avaliados com base nesses critérios, considerando os requisitos mínimos estabelecidos pela norma.

3.3 Fator de Uniformidade da Iluminância

O fator de uniformidade da iluminância horizontal é um dos principais indicadores da qualidade da distribuição luminosa sobre vias e áreas públicas. De acordo com a ABNT NBR 5101:2024 (ABNT, 2024), trata-se da razão entre a menor e a média das iluminâncias medidas numa determinada área de avaliação, permitindo verificar se a luz está distribuída de forma homogênea, sem zonas de penumbra ou excesso de brilho concentrado.

A fórmula usada para o cálculo é:

$$U = \frac{E_{min}}{E_{méd}}$$

Onde:

- U = fator de uniformidade da iluminância (adimensional);
- E_{min} = menor valor de iluminância registrado na malha (em lux);
- $E_{méd}$ = valor médio de iluminância registrado (em lux).

O valor de U varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior é a uniformidade luminosa, ou seja, mais constante é a quantidade de luz ao longo da via ou do passeio.

- Aplicações normativas conforme a NBR 5101:2024

Para áreas de conflito veicular (classe C), a norma apresenta em tabela os valores mínimos exigidos para uniformidade. No caso da classe C1, adotada neste trabalho para o leito da via na Avenida Afonso Pena, o valor mínimo normativo é $U \geq 0,38$, conforme a apresentado no Tabela 2 da norma a seguir:

Tabela 2 – Requisitos de iluminação para a classe de iluminação C (área de conflito)

Classes de iluminação	Iluminância $E_{méd} \geq (lx)$ (mínimo mantido)	$U0(E) \geq$
C0	50	0,38
C1	30	0,38
C2	20	0,28
C3	15	0,18
C4	10	0,18
C5	7,5	0,18

Fonte: (ABNT, 2024) Adaptado pelo autor

No caso das áreas de pedestres (classe P), como calçadas, a norma não estabelece o valor de uniformidade mínima em tabela, mas apresenta as seguintes diretrizes no texto normativo (ABNT NBR 5101, 2024 p.11):

“Nos casos em que os valores de iluminância média horizontal (mantidos) forem maiores do que o valor da classe multiplicado por 1,5, a uniformidade deve ser $\geq 0,20$. Nas vias de uso exclusivo de pedestres, como calçadas, a uniformidade deve ser $\geq 0,30$ [...]”.

Assim, para calçadas e faixas de circulação exclusivamente de pedestres, o valor recomendado pela norma é de $U \geq 0,30$, mesmo que a iluminância média esteja dentro da faixa exigida para a classe.

Critério adotado neste trabalho:

Com base nessa orientação normativa, para as análises dos resultados desse estudo

foram adotados os seguintes valores de referência para uniformidade:

- Uniformidade mínima adotada para as calçadas da Avenida Afonso Pena (classe P1): $U \geq 0,30$
- Uniformidade mínima adotada para as vias da Avenida Afonso Pena (classe C1): $U \geq 0,38$

Esses limites foram utilizados como base comparativa para os resultados simulados no software DIALux, a fim de verificar a adequação luminotécnica do trecho analisado às exigências e recomendações da ABNT NBR 5101:2024. A análise da uniformidade, junto à iluminância média, permitiu avaliar a qualidade da iluminação pública quanto à segurança, conforto visual e desempenho na distribuição da luz ao longo dos percursos avaliados.

3.4 Temperatura de Cor Correlata (TCC)

A temperatura de cor correlata (TCC) é um parâmetro fotométrico que descreve a aparência da tonalidade da luz emitida por uma fonte luminosa, associando-a visualmente à cor da luz emitida por um corpo negro aquecido a determinada temperatura, medida em Kelvin (K).

Na prática, a TCC é usada para classificar a luz como quente, neutra ou fria, com base na sua tonalidade perceptiva:

- Luz quente: abaixo de 3.000 K (amarelada, confortável, comum em áreas residenciais e espaços de descanso);
- Luz neutra: entre 3.000 K e 4.000 K (tom branco suave, equilibrado);
- Luz fria: acima de 4.000 K (branco-azulado, usado para realce visual e sensação de segurança).

No contexto da iluminação pública, a TCC influencia diretamente a percepção visual noturna, o reconhecimento de objetos e rostos, e até mesmo o comportamento das pessoas em espaços urbanos. Temperaturas de cor mais altas tendem a gerar maior contraste visual e sensação de vigilância, sendo frequentemente utilizadas em áreas de maior circulação ou com maior necessidade de segurança. Já temperaturas mais baixas são preferidas em contextos históricos ou residenciais, onde se deseja preservar o conforto visual e a ambiência.

A ABNT NBR 5101:2024 (ABNT, 2024) não estabelece um valor fixo de TCC obrigatório, mas recomenda que a temperatura de cor escolhida esteja de acordo com

as características do local, seu uso, sensibilidade urbana, impacto ambiental e contexto histórico-cultural. Deve-se também evitar variações abruptas de TCC em trechos contínuos de vias e priorizar a uniformidade visual ao longo do percurso iluminado. Neste trabalho, a TCC das luminárias existentes e simuladas foi observada como um elemento complementar na avaliação da qualidade da iluminação pública, especialmente nos aspectos relacionados à ambiência, conforto visual e integração com a paisagem urbana no trecho analisado da Avenida Afonso Pena.

A figura 1 apresenta essa percepção das cores:

Figura 1 – Espectro visível de cores



Fonte: (LuterLed, 2025)

3.5 Índice de Reprodução de Cor (IRC)

O Índice de Reprodução de Cor (IRC), também conhecido pela sigla CRI (do inglês *Color Rendering Index*), é um parâmetro que mede a fidelidade com que uma fonte de luz reproduz as cores dos objetos iluminados, em comparação com uma fonte de referência ideal (como a luz solar).

Esse índice varia de 0 a 100, sendo que valores mais altos indicam maior capacidade de reprodução natural das cores. Um IRC de 100 representa a reprodução de cor mais fiel possível, como sob a luz do dia. Lâmpadas com IRC acima de 70 já são consideradas adequadas para uso em áreas públicas, enquanto valores acima de 80 são recomendados para locais onde o reconhecimento de pessoas, objetos ou sinalizações é fundamental.

Na iluminação pública, o IRC é particularmente importante em:

- Áreas de circulação de pedestres, onde o reconhecimento facial contribui para a segurança;
- Ambientes com elementos paisagísticos ou patrimoniais, onde a fidelidade cromática valoriza a estética;

- Vias com sinalização vertical e horizontal, cuja legibilidade depende da boa distinção de cores.

De acordo com as diretrizes da ABNT NBR 5101:2024 (ABNT,2024), o IRC não é um critério exclusivo de conformidade luminotécnica, mas deve ser considerado como um parâmetro complementar para garantir conforto visual, segurança e qualidade na ambiência noturna. A norma reforça que o índice deve ser coerente com o uso e contexto urbano do espaço iluminado.

Critério adotado neste trabalho;

Todas as luminárias analisadas neste trabalho são do tipo LED, tecnologia que apresenta IRC naturalmente elevado (geralmente ≥ 80) e, portanto, atende aos requisitos recomendados para vias públicas e passeios urbanos. Além disso, os sistemas LED oferecem vantagens adicionais, como maior desempenho energético, longa vida útil e controle preciso da distribuição luminosa.

Assim, no contexto deste estudo, o IRC foi considerado um requisito atendido integralmente em todos os pontos analisados, não sendo necessária a comparação individual de desempenho entre modelos, já que todos respeitam o padrão mínimo exigido para aplicação em espaços urbanos com circulação de pessoas.

3.6 Limitações e parâmetros não considerados na análise

Este trabalho foi desenvolvido com base nos principais critérios técnicos definidos pela ABNT NBR 5101:2024, incluindo análises por meio do software DIALux e medições em campo com luxímetro digital. No entanto, algumas variáveis técnicas e contextuais relevantes não foram contempladas no escopo da pesquisa, seja por restrições metodológicas, seja pela delimitação do foco do estudo.

A seguir, apresentam-se os principais parâmetros e fatores não considerados na análise:

a) Iluminância mínima vertical (Ev):

Indicador importante para o reconhecimento facial e percepção de segurança em áreas com circulação de pedestres. Apesar de recomendado pela norma para certas aplicações, este parâmetro não foi incluído nas medições ou simulações.

b) Controle de ofuscamento (TI%):

Relaciona-se ao desconforto visual causado por luminárias excessivamente brilhantes. A análise deste índice requer dados fotométricos específicos, como o ângulo de visão dos observadores, que não foram levantados neste trabalho.

c) Uniformidade longitudinal (UL):

Avalia a continuidade luminosa ao longo do eixo da via, sendo especialmente relevante em vias motorizadas. Este parâmetro não foi abordado, tendo-se optado pela análise da uniformidade média horizontal.

d) Reprodução de cores (IRC) por refletância dos elementos urbanos:

Embora o IRC das luminárias utilizadas (LED) atenda ao mínimo normativo, não foram analisadas as influências das cores dos objetos e superfícies do ambiente urbano, como calçadas, fachadas, vegetação e pavimento, na percepção geral da iluminação.

e) Geometria do terreno e variações altimétricas sutis:

Embora a Avenida Afonso Pena apresente perfil viário relativamente plano, pequenas variações altimétricas e geometrias transversais da via (como declives laterais, canteiros centrais ou mudanças no nível da calçada) não foram consideradas na modelagem luminotécnica. As simulações assumem geometria plana contínua, o que pode interferir levemente na dispersão real da luz.

f) Iluminação complementar de fachadas, vitrines e letreiros:

Fontes de luz externas ao sistema público de iluminação, como fachadas iluminadas, letreiros comerciais, vitrines e iluminação arquitetônica de prédios, não foram incluídas nas simulações. Tais elementos podem interferir na percepção subjetiva de iluminância em calçadas e áreas de pedestres, mas não fazem parte do escopo técnico normativo da NBR 5101.

Apesar dessas limitações, os parâmetros avaliados — iluminância média horizontal e uniformidade da iluminação — são considerados os mais relevantes para garantir os

requisitos básicos de segurança, conforto visual e desempenho na iluminação pública. A ampliação dessa análise para incluir os fatores mencionados pode contribuir para estudos futuros mais aprofundados, especialmente em contextos urbanos complexos ou projetos de requalificação em áreas patrimoniais.

3.7 Ferramentas e instrumentos utilizados

A análise da qualidade da iluminação pública neste trabalho foi realizada com base em dois recursos principais: um aparelho de medição luminotécnica utilizado em campo e um software de simulação técnica, conforme descrito a seguir.

a) Luxímetro digital MLM-1011

As medições de iluminância foram realizadas por meio do luxímetro digital Lux Meter modelo MLM-1011, instrumento portátil e de leitura direta, com visor digital. O equipamento é projetado para medir a intensidade da luz incidente (iluminância) sobre uma superfície em lux (lx), permitindo a coleta de dados reais em pontos estratégicos da área analisada. Esse modelo possui sensibilidade adequada para medições em ambientes urbanos, resposta rápida e leitura estável, sendo amplamente utilizado em levantamentos de campo na área de engenharia, arquitetura e urbanismo. As medições foram realizadas à noite, em pontos com iluminação funcional, e os valores registrados serviram como referência para validar ou complementar os resultados obtidos por simulação.

A figura 2 a seguir, refere-se ao modelo do equipamento utilizado:

Figura 2 – Luxímetro digital lux meter MLM-1011



Fonte: (Minipa, 2025)

b) Software DIALux – versão 5.1

As simulações luminotécnicas foram elaboradas com o uso do DIALux versão 5.1, software amplamente reconhecido e utilizado internacionalmente para projetos de iluminação técnica e arquitetural. O programa permite a modelagem tridimensional do ambiente urbano, simulação da distribuição de luz, posicionamento de luminárias, e cálculo automático de parâmetros como iluminância média, uniformidade e distribuição da luz sobre superfícies horizontais e verticais.

Nesta pesquisa, o DIALux foi utilizado para simular os trechos da Avenida Afonso Pena, com base em dados reais de geometria, posicionamento de postes e modelos de luminárias, conforme levantamento in loco e material base de referência fornecido pela concessionária BHIP responsável por manutenção e funcionamento da iluminação pública no trecho.

3.8 Localização e delimitação do trecho analisado

Para a realização das análises luminotécnicas deste trabalho, foi delimitado um trecho específico da Avenida Afonso Pena, um dos principais eixos estruturadores da cidade de Belo Horizonte, com reconhecido valor simbólico, histórico e urbanístico.

O trecho analisado compreende o segmento entre o cruzamento da Avenida Afonso Pena com a Rua Curitiba e Rua dos Caetés, estendendo-se até a altura do Parque Municipal Américo Renné Giannetti, na confluência com a Rua Guajajaras e a Avenida Carandaí.

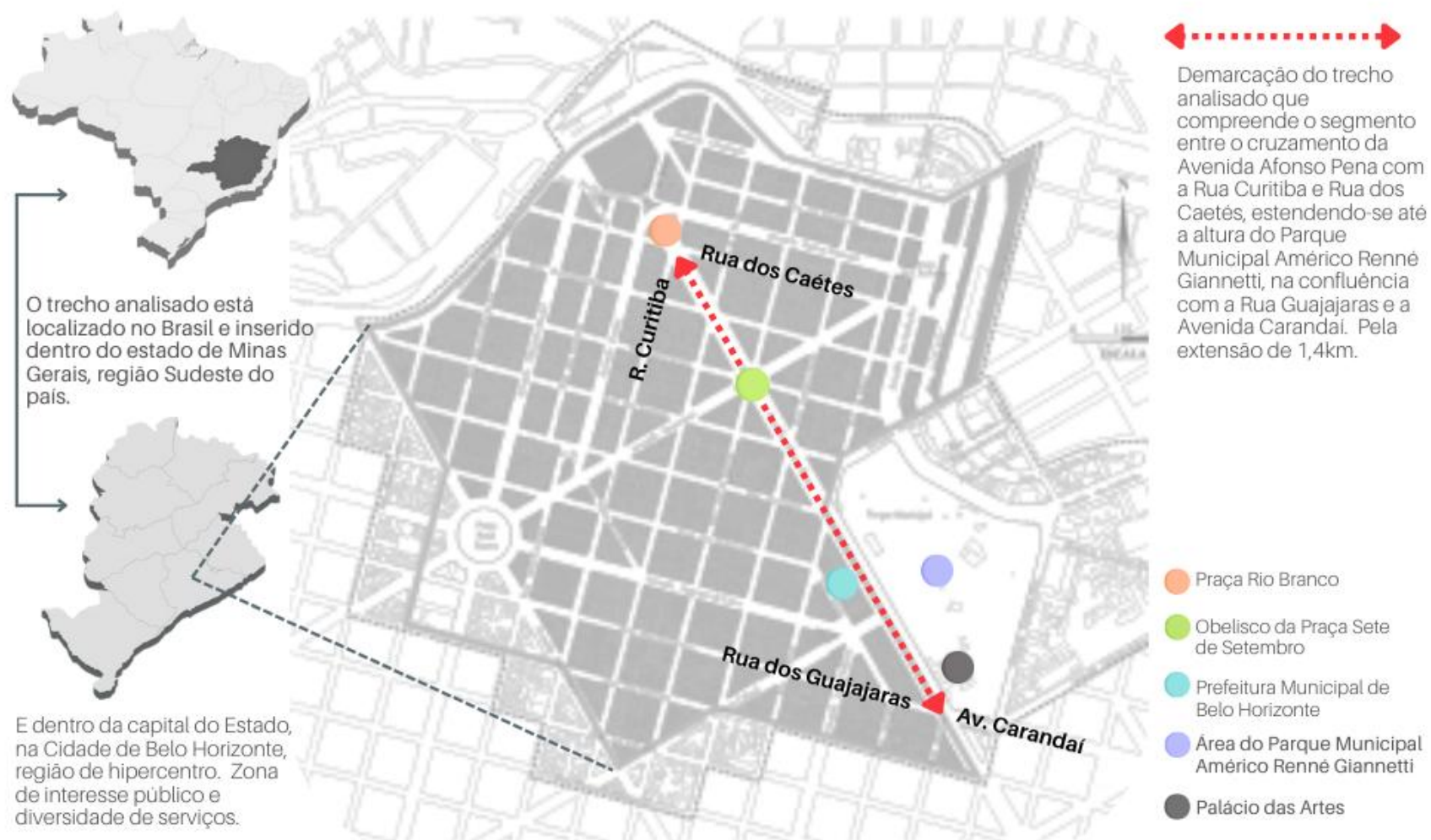
A escolha desse recorte urbano se justifica por sua importância estratégica no tecido da cidade, caracterizado por intenso fluxo de veículos e pedestres nos dois sentidos, presença de edificações com valor arquitetônico, áreas verdes, canteiros centrais e calçadas com múltiplos usos, relevância simbólica e representatividade da avenida para o cotidiano e a memória urbana de Belo Horizonte.

Durante a análise, foram considerados:

- Ambos os sentidos da via, incluindo pistas de rolamento;
- O canteiro central que divide os sentidos da avenida;
- As calçadas em toda a extensão do trecho, em ambos os lados da via.

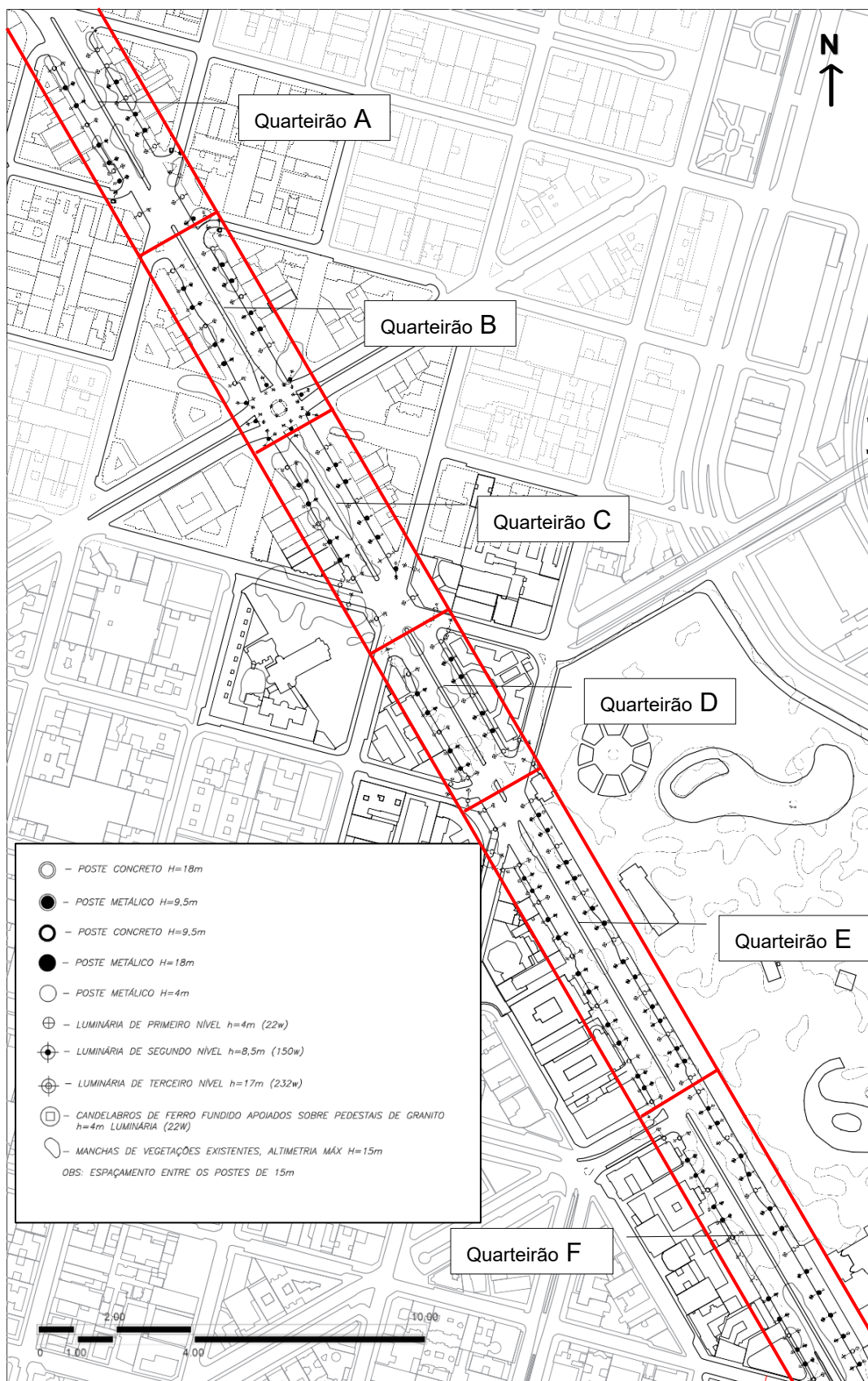
Para apoiar a compreensão da área estudada, apresentam-se a seguir mapa de localização (Figura 3), planta chave (Figura 4), plantas dos quarteirões A, B, C, D, E e F (Figuras de 5 a 10). Figura 11 apresenta o corte do cenário predominante do trecho, fotos do local (Figuras de 12 a 20) e imagens da modelagem realizada no software DIALux, nas quais serviram como base para as simulações luminotécnicas e para a representação dos pontos de medição em campo (figuras 27 a 30).

Figura 3 – Mapa de inserção das análises



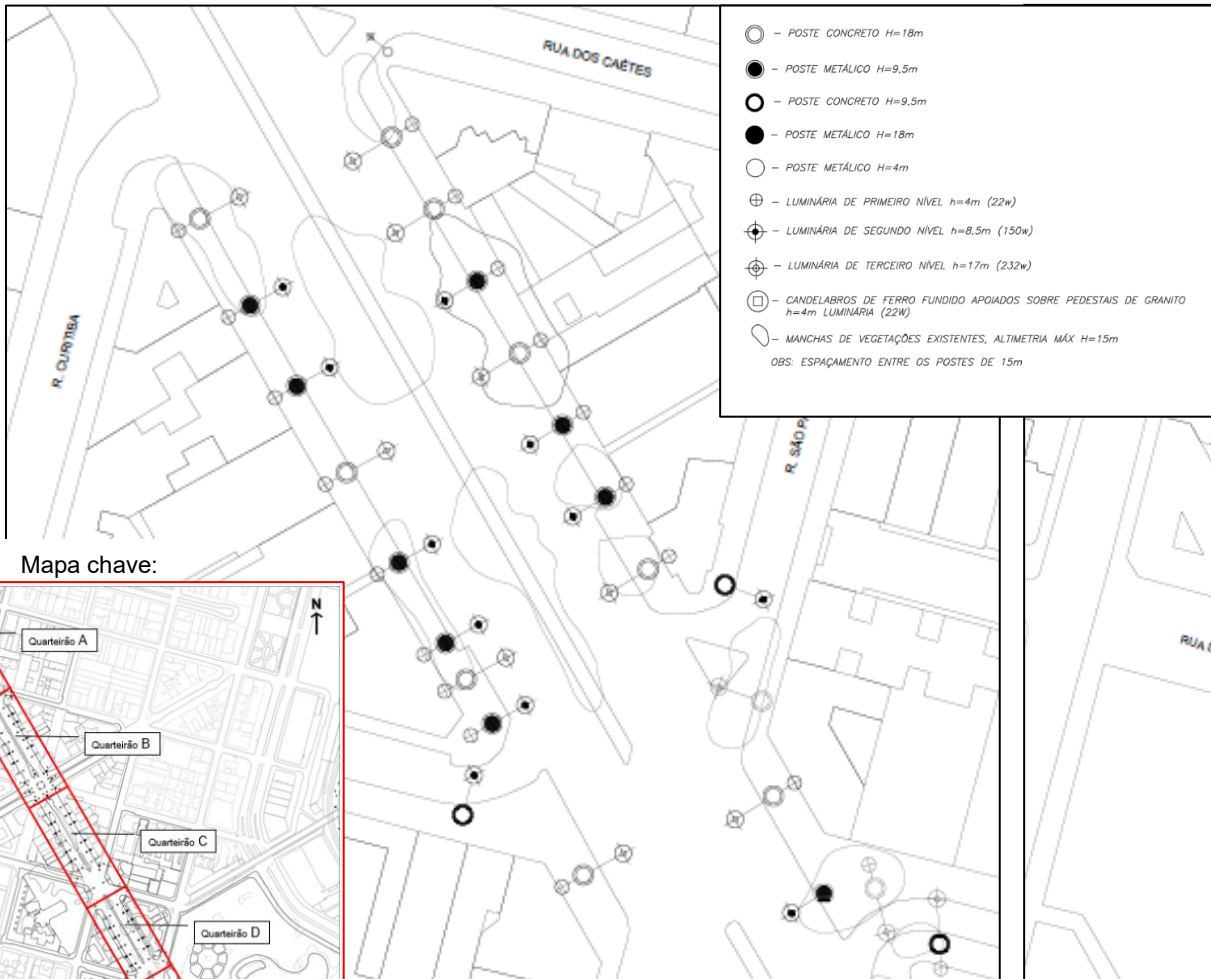
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de (PBH, 2007)

Figura 4 – Planta chave e legendas



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de (PBH, 2016 e BHIP, 2025)

Figura 5 – Quarteirão A

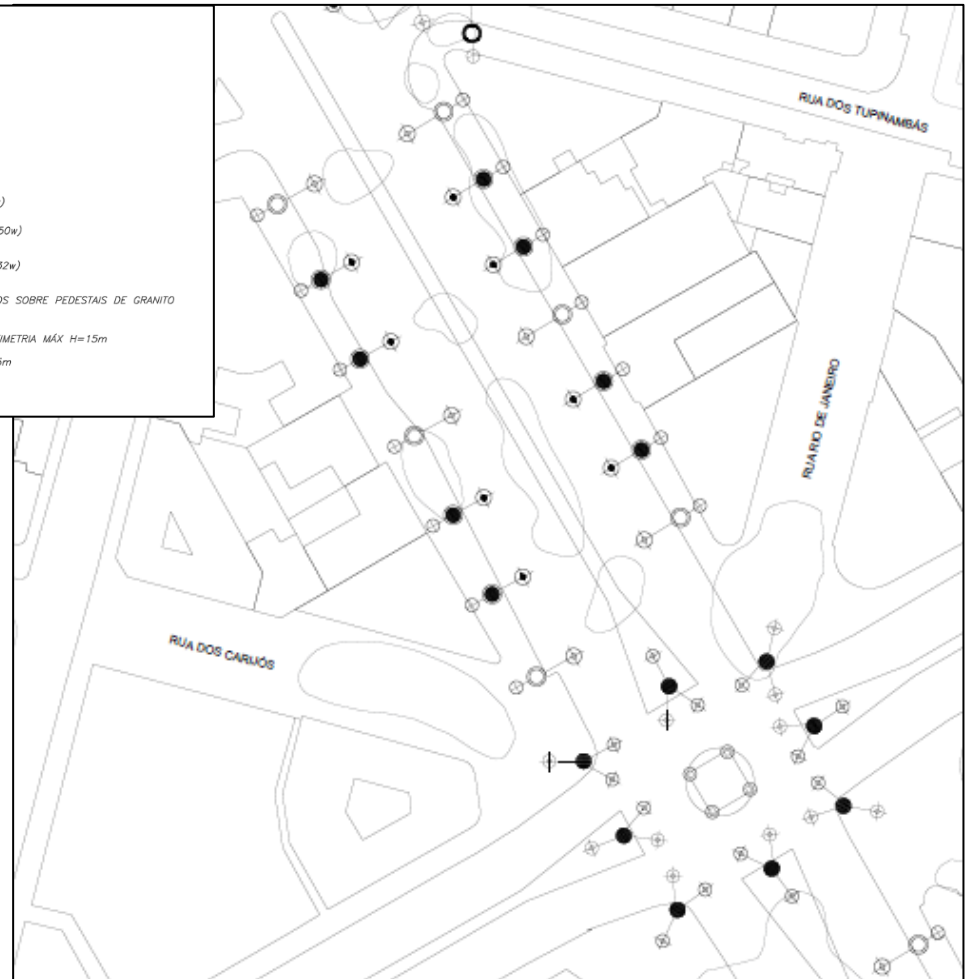


Mapa chave:



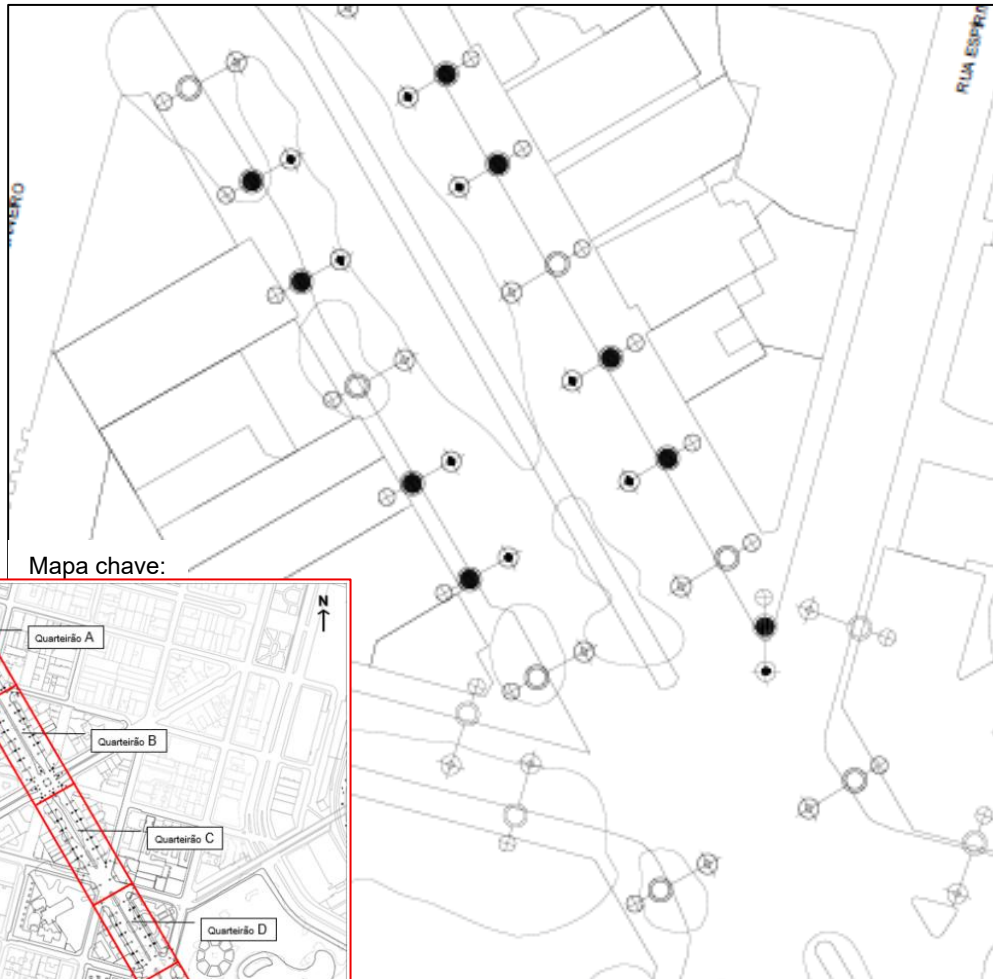
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de (PBH, 2016 e BHIP, 2025)

Figura 6 – Quarteirão B



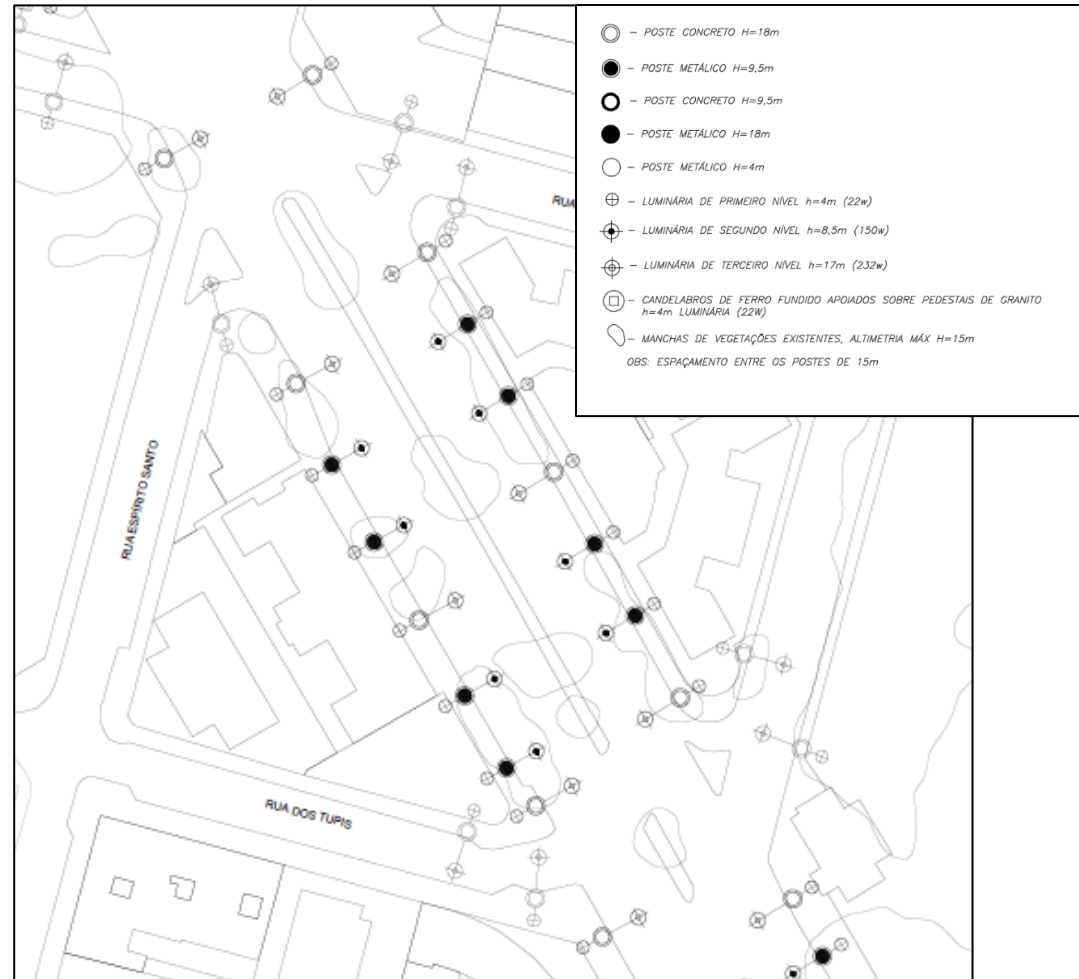
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de (PBH, 2016 e BHIP, 2025)

Figura 7 – Quarteirão C



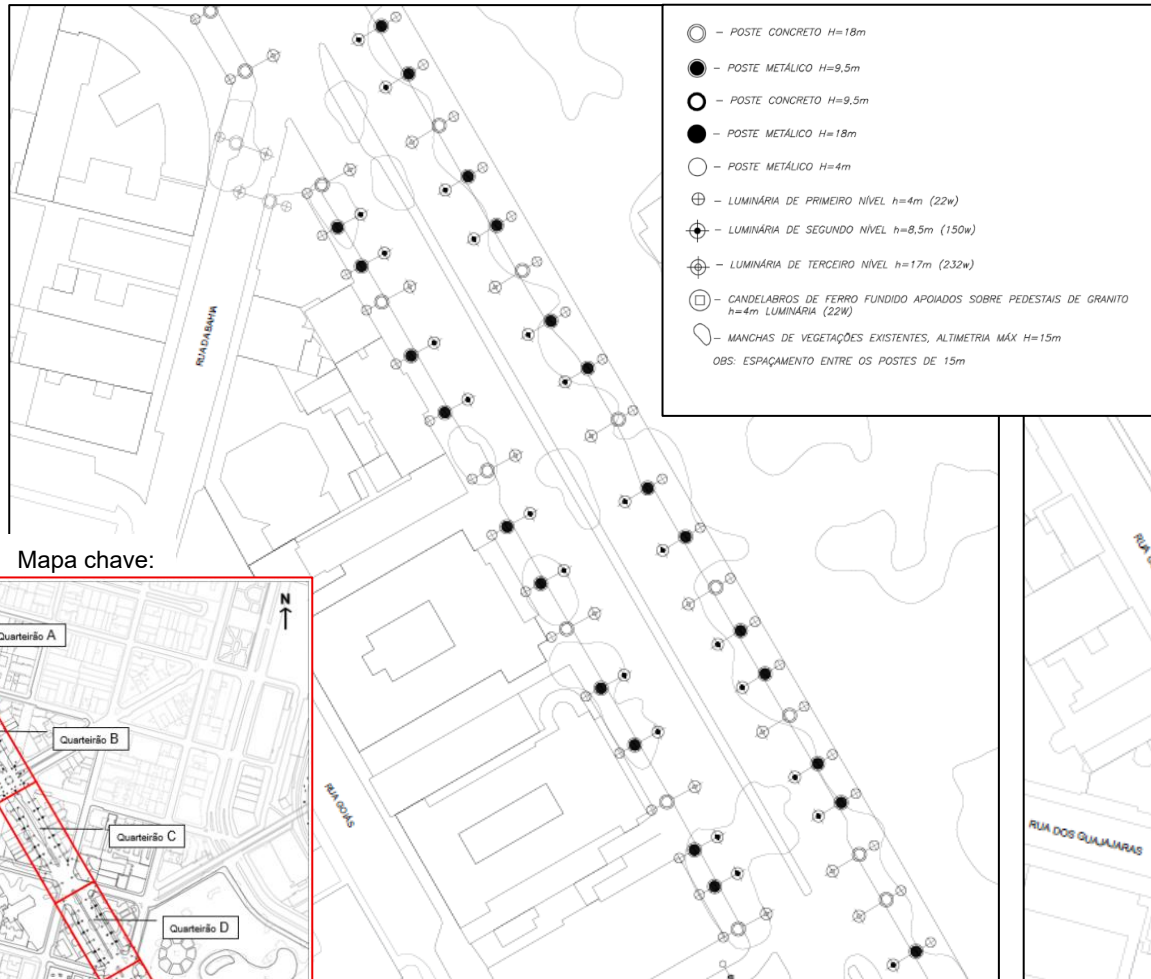
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de (PBH, 2016 e BHIP, 2025)

Figura 8 – Quarteirão D



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de (PBH, 2016 e BHIP, 2025)

Figura 9 – Quarteirão E



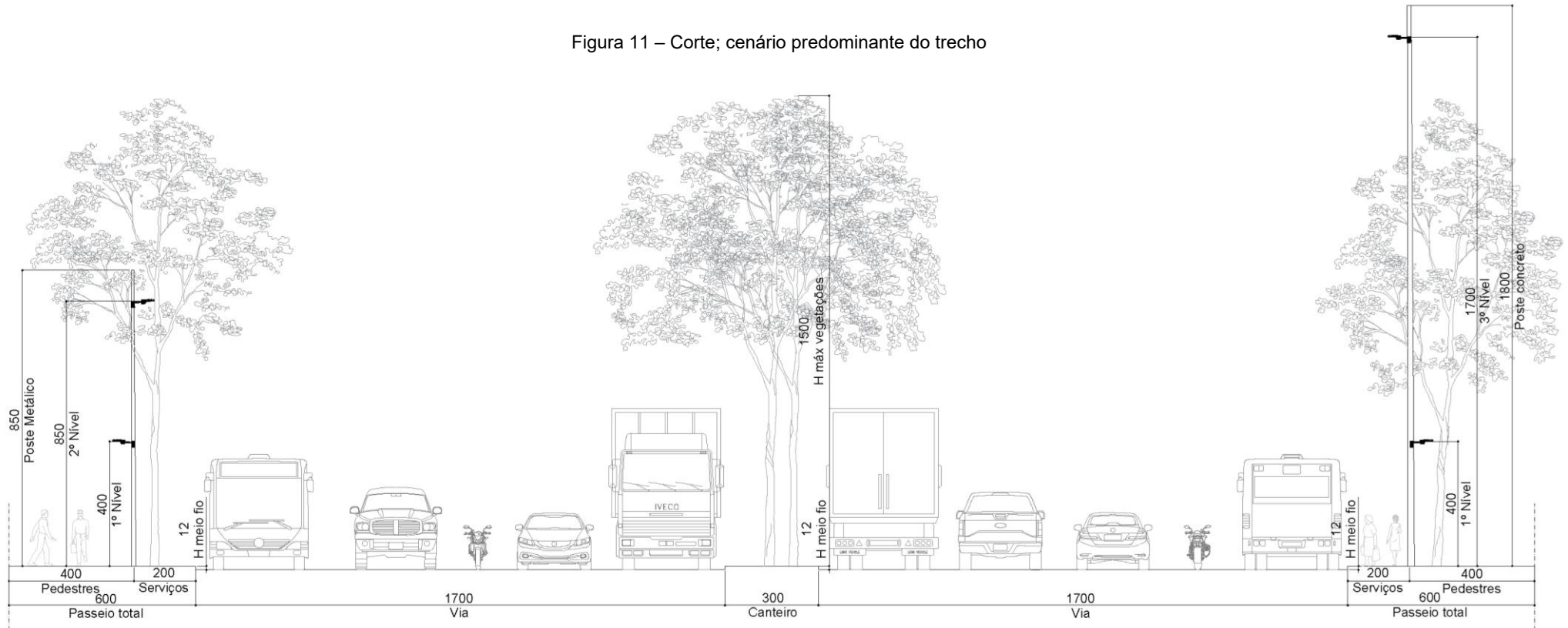
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de (PBH, 2016 e BHIP, 2025)

Figura 10 – Quarteirão F



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de (PBH, 2016 e BHIP, 2025)

Figura 11 – Corte; cenário predominante do trecho



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de (BHIP,2025)

Figura 12 – Luminárias 1º Nível



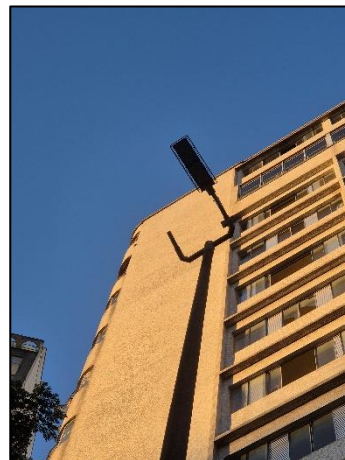
Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 15 – Luminárias Praça Sete



Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 18 – Luminárias 3º Nível



Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 13 – Poste metálico
H=9,5m



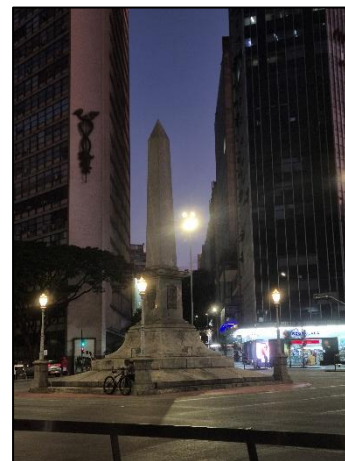
Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 16 – Poste concreto
H=18m



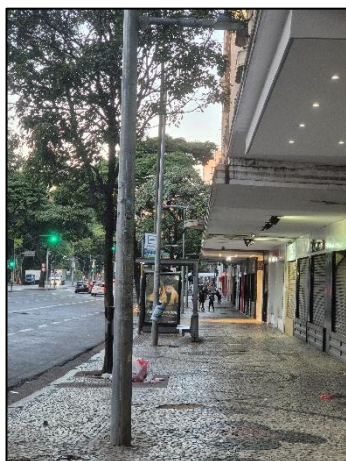
Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 19 – Candelabro
obelisco



Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 14 – Luminária 1º Nível
obstruída



Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 17 – Canteiro Central



Fonte: Acervo pessoal (2025)

Figura 20 – Relação da
vegetação com luminária



Fonte: Acervo pessoal (2025)

4. RESULTADOS

O levantamento de dados na Avenida Afonso Pena foi realizado em duas visitas a campo. A primeira ocorreu em 19 de janeiro de 2025 (domingo), das 16h58 às 19h12, abrangendo os bairros A, B e C. Nessa etapa, foram registradas a quantidade e os tipos de postes presentes em cada bairro, a localização das luminárias e as medições de iluminação, em lux, obtidas com o auxílio de um luxímetro em pontos estratégicos ao longo do trecho.

A segunda visita ocorreu em 25 de maio de 2025 (domingo), das 16h52 às 19h54, contemplando os bairros D, E e F. Foram repetidos os mesmos procedimentos adotados na primeira etapa: contagem e classificação dos postes, registro da posição das luminárias e medições de iluminação. Os pontos de medição foram definidos considerando o dimensionamento dos passeios, a presença de sombras e o distanciamento médio entre elementos de iluminação.

O objetivo do levantamento foi fornecer parâmetros técnicos para embasar e validar os resultados da simulação luminotécnica. Durante as inspeções, também foram identificadas luminárias ausentes, a localização precisa dos postes e a densidade da vegetação existente. Informações complementares para a elaboração das simulações foram obtidas a partir de ferramentas digitais, como Google Maps, Google Earth e BH Map, além de materiais disponibilizados pela concessionária responsável pela manutenção e operação da iluminação pública no trecho.

A tabela 3 e as figuras 21 a 26 apresentam os resultados obtidos em levantamento.

Tabela 3: Levantamento: Iluminação média para cada ambiente

Ambiente	Ponto 1 Em (lux)	Ponto 2 Em (lux)	Ponto 3 Em (lux)
Passeio 1 no bairro A	34	38	26
Passeio 2 no bairro A	33	27	28
Passeio 1 no cruzamento entre os bairros A e B	42	36	-
Passeio 2 no cruzamento entre os bairros A e B	43	25	30
Passeio 1 no bairro B	35	36	31
Passeio 2 no bairro B	34	29	42
Passeio 1 no bairro C	84	42	51

Ambiente	Ponto 1 Em (lux)	Ponto 2 Em (lux)	Ponto 3 Em (lux)
Passeio 2 no quarteirão C	36	39	32
Passeio 1 no cruzamento entre os quarteirões C e D	38	29	-
Passeio 2 no cruzamento entre os quarteirões C e D	45	32	37
Passeio 1 no quarteirão D	43	31	39
Passeio 2 no quarteirão D	35	38	29
Passeio no cruzamento entre os quarteirões D e E	28	-	-
Passeio 1 no quarteirão E	39	31	26
Passeio 2 no quarteirão E	23	35	32
Passeio 1 no quarteirão F	26	12	21
Passeio 2 no quarteirão F	16	23	19

Figura 21: Ponto de medição



Figura 22: Ponto de medição



Figura 23: Ponto de medição



Figura 24: Ponto de medição



Figura 25: Ponto de medição



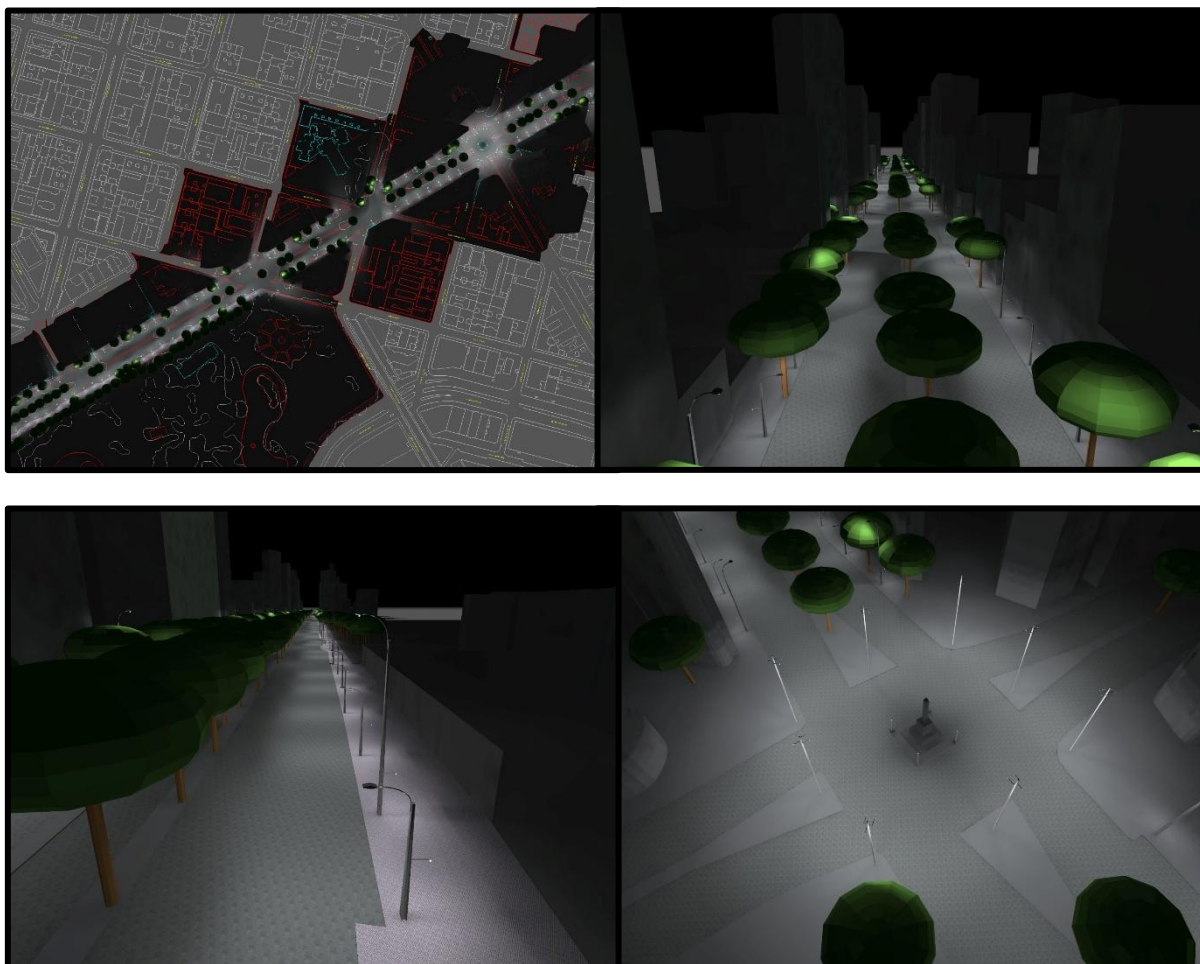
Figura 26: Ponto de medição



4.1 Estudo Luminotécnico

O ambiente utilizado como referência para avaliação da iluminação nesse estudo, e correspondente ao trecho analisado é apresentada nas Figuras 27 a 30.

Figuras 27, 28 29 e 30- Modelagem 3D produzida a partir do software DIALux



4.2 Níveis de iluminância média

A Tabela 4 apresenta os níveis mínimos de iluminância média em lux para cada área analisada, de acordo com a ABNT NBR 5101:2024 (ABNT, 2024)

Tabela 4: Iluminância média para cada ambiente

Ambiente	Classificação	Em (lux)
Via no quarteirão A	C1	30
Passeio 1 no quarteirão A	P1	20
Passeio 2 no quarteirão A	P1	20
Via no cruzamento entre os quarteirões A e B	C1	30

Ambiente	Classificação	Em (lux)
Passeio 1 no cruzamento entre os quarteirões A e B	P1	20
Passeio 2 no cruzamento entre os quarteirões A e B	P1	20
Via no quarteirão B	C1	30
Passeio 1 no quarteirão B	P1	20
Passeio 2 no quarteirão B	P1	20
Via no cruzamento entre os quarteirões A e C	C1	30
Via no quarteirão C	C1	30
Passeio 1 no quarteirão C	P1	20
Passeio 2 no quarteirão C	P1	20
Via no cruzamento entre os quarteirões C e D	C1	30
Passeio 1 no cruzamento entre os quarteirões C e D	P1	20
Passeio 2 no cruzamento entre os quarteirões C e D	P1	20
Via no quarteirão D	C1	30
Passeio 1 no quarteirão D	P1	20
Passeio 2 no quarteirão D	P1	20
Via no cruzamento entre os quarteirões D e E	C1	30
Passeio no cruzamento entre os quarteirões D e E	P1	20
Via no quarteirão E	C1	30
Passeio 1 no quarteirão E	P1	20
Passeio 2 no quarteirão E	P1	20
Via no quarteirão F	C1	30
Passeio 1 no quarteirão F	P1	20
Passeio 2 no quarteirão F	P1	20

4.3 Análise da qualidade de iluminação pública avaliada

A seguir serão apresentados os resultados obtidos com a simulação computacional. A Tabela 5 apresenta o resumo de resultados levantados, referentes à iluminância média e uniformidade obtidos por meio da simulação, bem como a indicação de atendimento ou não atendimento aos índices da norma.

Tabela 5: Atendimento conforme a norma 5101:2024

Superfícies de Cálculo	Em Padrão (lux)	Em Simulação	Atendimento 5101	U Padrão	U Simulação	Atendimento 5101
Via no quarteirão A	30	35,1	✓	0,38	0,17	✗
Passeio 1 no quarteirão A	20	45,9*	✓	0,30	0,10	✗
Passeio 2 no quarteirão A	20	34*	✓	0,30	0,25	✗
Via no cruzamento entre os quarteirões A e B	30	31,9	✓	0,38	0,12	✗
Passeio 1 no cruzamento entre os quarteirões A e B	20	30,5	✓	0,30	0,13	✗
Passeio 2 no cruzamento entre os quarteirões A e B	20	36,8*	✓	0,30	0,45	✗
Via no quarteirão B	30	53,4	✓	0,38	0,35	✗
Passeio 1 no quarteirão B	20	48,1*	✓	0,30	0,16	✗
Passeio 2 no quarteirão B	20	51,5*	✓	0,30	0,28	✗
Via no cruzamento entre os quarteirões B e C	30	88,9	✓	0,38	0,24	✗
Via no quarteirão C	30	48,5	✓	0,38	0,21	✗
Passeio 1 no quarteirão C	20	42,6*	✓	0,30	0,23	✗
Passeio 2 no quarteirão C	20	50,8*	✓	0,30	0,27	✗
Via no cruzamento entre os quarteirões C e D	30	31,9	✓	0,38	0,20	✗
Passeio 1 no cruzamento entre os quarteirões C e D	20	20,4	✓	0,30	0,28	✗
Passeio 2 no cruzamento entre os quarteirões C e D	20	35*	✓	0,30	0,30	✗
Via no quarteirão D	30	38,1	✓	0,38	0,26	✗
Passeio 1 no quarteirão D	20	43,1*	✓	0,30	0,25	✗
Passeio 2 no quarteirão D	20	46,6*	✓	0,30	0,18	✗
Via no cruzamento entre os quarteirões D e E	30	38,5	✓	0,38	0,28	✗
Passeio no cruzamento entre os quarteirões D e E	20	43,7*	✓	0,30	0,32	✓
Via no quarteirão E	30	48,7	✓	0,38	0,34	✗

Superfícies de Cálculo	Em Padrão (lux)	Em Simulação	Atendimento 5101	U Padrão	U Simulação	Atendimento 5101
Passeio 1 no quarteirão E	20	54,8*	✓	0,30	0,26	✗
Passeio 2 no quarteirão E	20	42,6*	✓	0,30	0,18	✗
Via no quarteirão F	30	38	✓	0,38	0,042	✗
Passeio 1 no quarteirão F	20	37,8*	✓	0,30	0,16	✗
Passeio 2 no quarteirão F	20	34,3*	✓	0,30	0,13	✗

(*) A NBR 5101:2024 estabelece que a iluminância simulada pode ser, no máximo, 1,5 vez o valor mínimo exigido. Para passeios do tipo P1, o limite é 30 lux. No entanto, trechos simulados ultrapassam esse valor, indicando superiluminação, o que compromete o desempenho energético, o conforto visual e a conformidade com o projeto.

✗ = Não atendem à NBR 5101 - ✓ = Atendem à NBR 5101

A avaliação dos resultados apresentados na tabela revela um panorama detalhado sobre o desempenho luminotécnico do trecho analisado, considerando tanto a iluminância média (Em) quanto a uniformidade (U), em comparação aos parâmetros estabelecidos pela NBR 5101:2024. Observa-se que, em termos de iluminância, a maior parte dos pontos analisados atendeu ao valor mínimo exigido pela norma, o que significa que, de forma geral, a quantidade de luz projetada sobre as superfícies avaliadas foi suficiente para garantir a visibilidade. Entretanto, há situações em que a iluminância simulada excedeu o limite máximo permitido, definido como 1,5 vez o valor mínimo. Esse comportamento foi particularmente notado em passeios do tipo P1, cujo limite normativo é de 30 lux. Trechos como o “Passeio 1 no quarteirão A” e “Passeio 1 no cruzamento entre os quarteirões E e F” apresentaram valores bem acima do estipulado, caracterizando superiluminação. Esse excesso, embora possa parecer benéfico do ponto de vista de claridade, na prática compromete o desempenho energético, aumenta os custos de operação e pode causar desconforto visual aos usuários, prejudicando a experiência no espaço público.

No que se refere à uniformidade (U), que é essencial para evitar áreas de sombra e garantir uma distribuição homogênea da luz, os resultados foram significativamente menos satisfatórios. A norma estabelece valores mínimos de uniformidade para assegurar que não haja contrastes excessivos entre zonas iluminadas e menos iluminadas. Na simulação, diversos pontos, mesmo com iluminância adequada, não

atingiram os índices mínimos de uniformidade, apresentando quedas acentuadas nos valores. Isso implica que, apesar de alguns locais estarem dentro ou até acima do valor médio de iluminância, a distribuição não é equilibrada, resultando em áreas com iluminação insuficiente ou excessiva. Além disso, a análise aponta a importância de considerar não apenas o nível médio de luz, mas também a qualidade da sua distribuição no espaço, uma vez que ambos os fatores influenciam diretamente a segurança viária, a visibilidade de pedestres e a sensação de segurança no período noturno. Em síntese, os dados indicam que, embora o projeto apresente pontos de conformidade, há necessidade de ajustes para corrigir problemas de uniformidade e superiluminação, de forma a atender integralmente às exigências normativas e otimizar o desempenho visual e energético do sistema.

4.4 Luminárias utilizadas

Essa seção apresenta as luminárias instaladas no trecho analisado atualmente. Os modelos de luminárias considerados nesse estudo foram selecionados com base na lista de fornecedores e produtos homologados disponível no site oficial da Concessionária BHIP, responsável pela operação e modernização do sistema de iluminação pública da cidade de Belo Horizonte. A BHIP disponibiliza periodicamente um catálogo técnico com os equipamentos autorizados para uso na cidade, contendo informações e dados técnicos relevantes. Com base nessa listagem, foram levantados os principais modelos de luminárias LED utilizados no trecho estudado, considerando também observações in loco e correspondência com os equipamentos visíveis ao longo da avenida. As informações obtidas orientaram as simulações realizadas no software DIALux, garantindo maior fidelidade entre os dados projetados e a situação real.

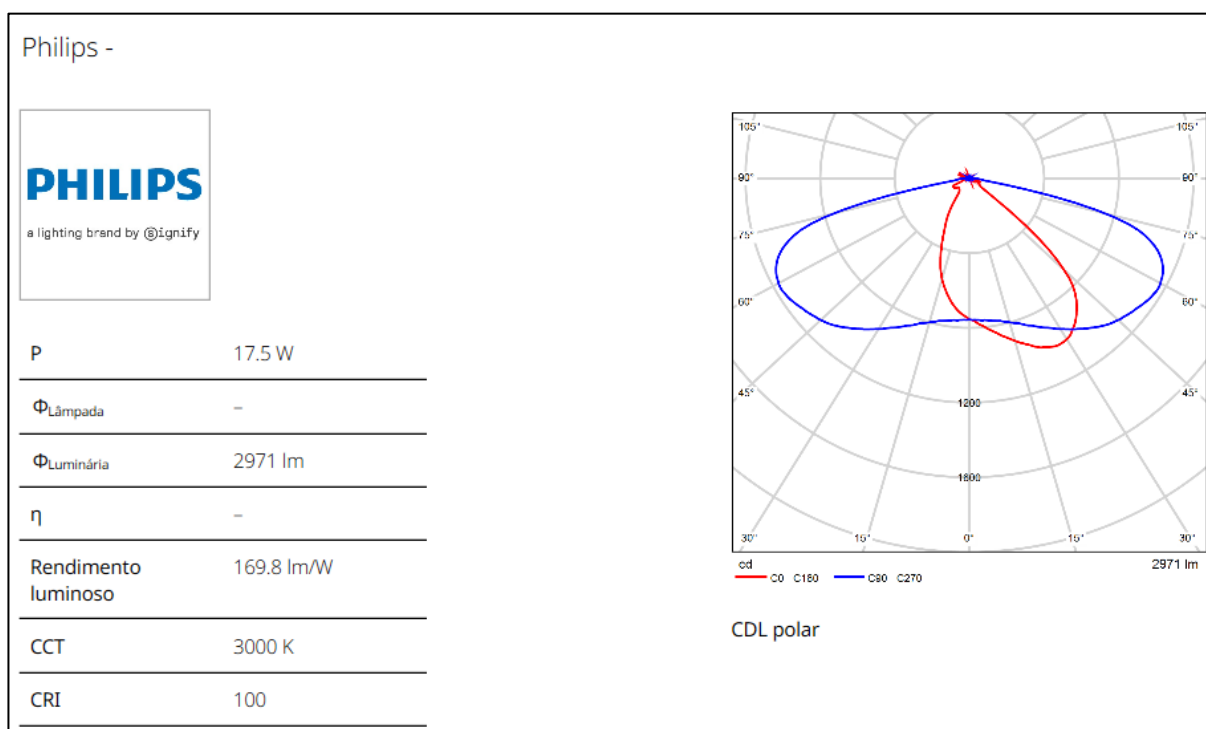
BRP230 LED30-2S NW 18W DMLN P7 0-10 – Fabricante Philips (Figura 25 e 26), Luminária LED para aplicação viária, com potência de 18 W e fluxo luminoso de 3.000 lm. Corpo em alumínio fundido sob pressão com acabamento na cor cinza. Grau de proteção IP66 e resistência a impacto IK08. Temperatura de cor de 4000 K e índice de reprodução de cor (IRC) 70. Vida útil de 102.000 horas (L70B50). Possui driver integrado, dimerização analógica 0–10 V e proteção contra surtos de até 10 kV. Dimensões de 130 x 107 x 300 mm e peso de 1,6 kg.

Figura 31:Luminária BRP230 LED30-2S NW 18W DMLN P7 0-10



Fonte: Philips (2025)

Figura 32: Ficha de dados BRP230 LED30-2S NW 18W DMLN P7 0-10

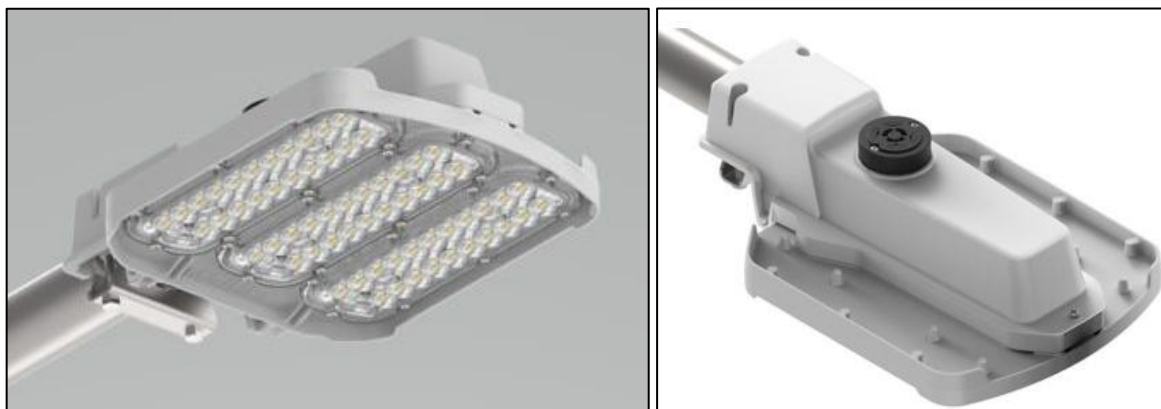


Fonte: DIALux (2025)

BRP483 LED202-2S NW 113W DML P7 0-10 – Fabricante Philips (Figuras 27 a 29), Luminária LED para aplicação viária, com potência de 18 W e fluxo luminoso de 3.000 lm. Corpo em alumínio fundido sob pressão com acabamento na cor cinza. Grau de proteção IP66 e resistência a impacto IK08. Temperatura de cor de 4000 K e índice de reprodução de cor (IRC) 70. Vida útil de 102.000 horas (L70B50). Possui driver integrado, dimerização analógica 0–10 V e proteção contra surtos de até 10 kV.

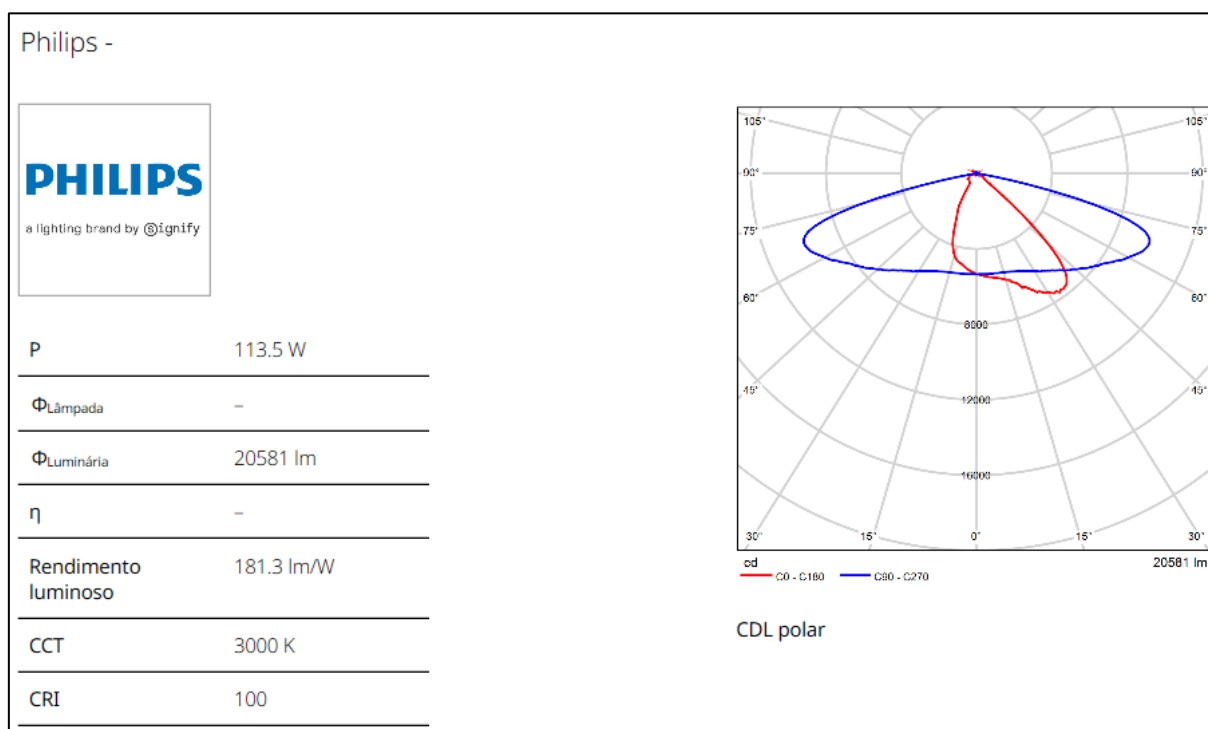
Dimensões de 130 x 107 x 300 mm e peso de 1,6 kg.

Figura 33 e 34 - Luminária BRP483 LED202-2S NW 113W DML P7 0-10



Fonte: Philips (2025)

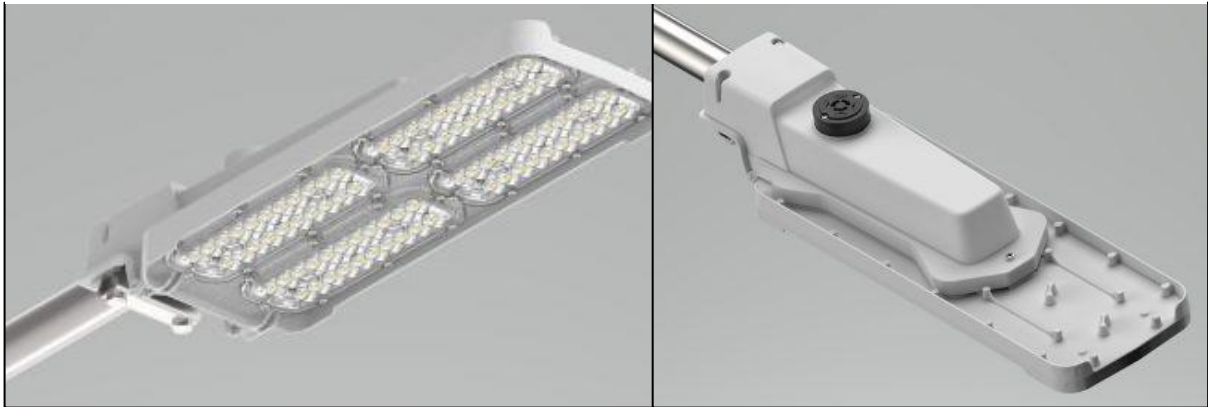
Figura 35: Ficha de dados BRP483 LED202-2S NW 113W DML P7 0-10



BRP484 LED307 NW 179W DML P7 0-10 – Fabricante Philips (Figuras 30 a 33), Luminária LED para aplicação viária, com potência de 179 W e fluxo luminoso de 30.700 lm. Corpo em alumínio fundido sob pressão com acabamento na cor cinza. Grau de proteção IP66 e resistência a impacto IK08. Temperatura de cor de 4000 K, índice de reprodução de cor (IRC) 70 e eficiência luminosa de 172 lm/W. Vida útil de 102.000 horas (L70B50). Possui driver integrado, regulável por interface analógica 0–

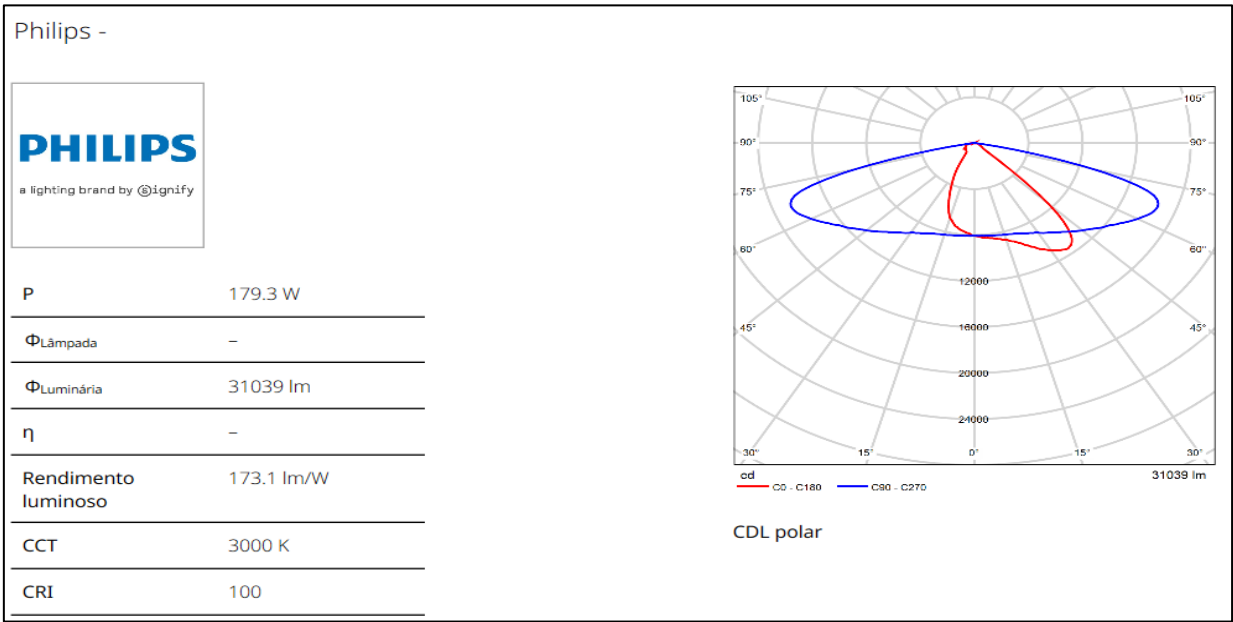
10 V, e proteção contra surtos de até 10 kV. Montagem por suporte ajustável. Peso de 4,78 kg.

Figura 36 e 37: Luminária BRP484 LED307 NW 179W DML P7 0 -10



Fonte: Philips (2025)

Figura 38: Ficha de dados BRP484 LED307 NW 179W DML P7 0-10



Fonte: DIALux (2025)

Figura 39: Lista de luminárias

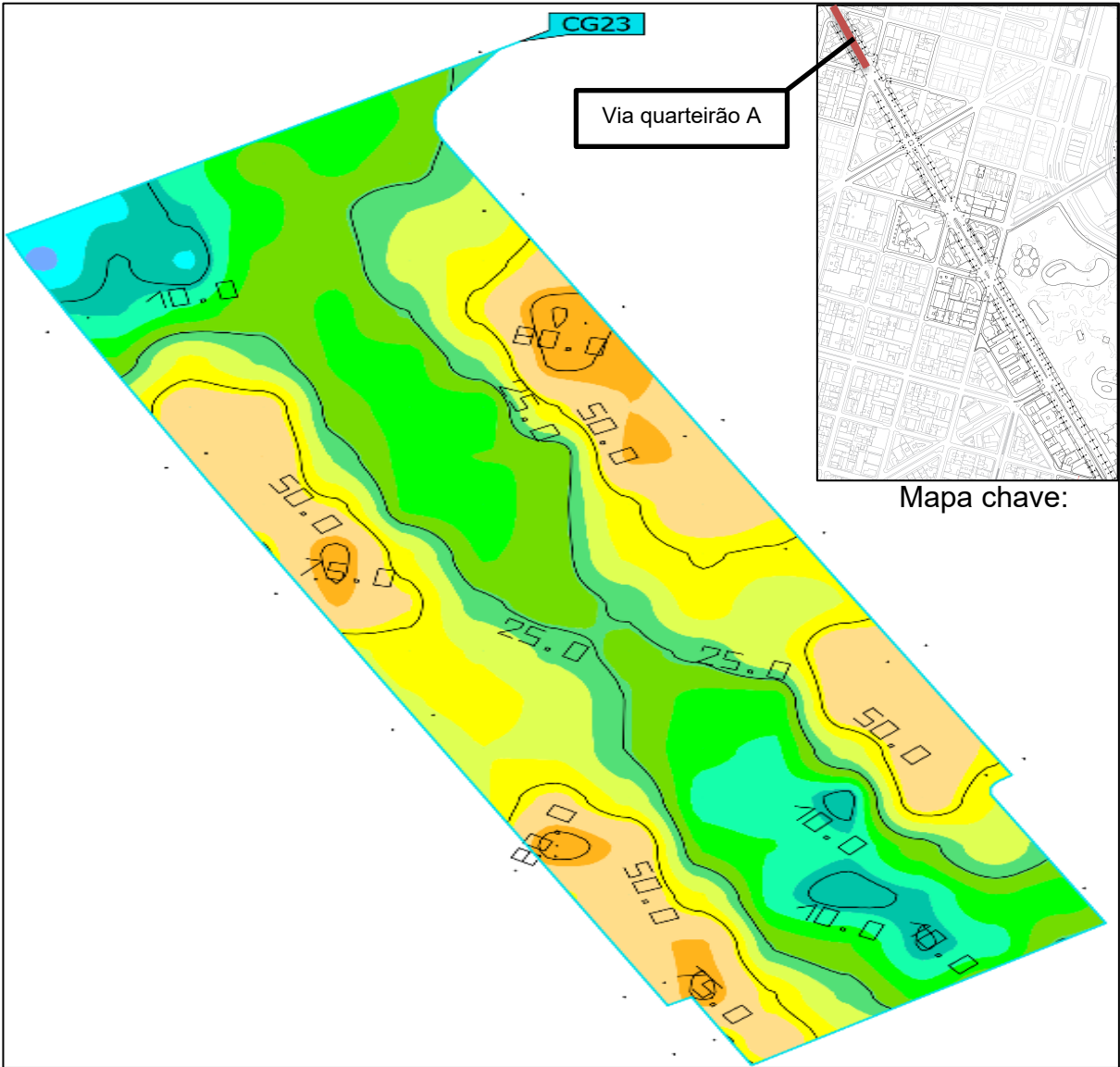
Lista de luminárias						
Φ _{total} 5042380 lm		P _{total} 28751.8 W		Rendimento luminoso 175.4 lm/W		
Un.	Fabricante	Nº do artigo	Nome do artigo	P	Φ	Rendimento luminoso
147	Philips			17.5 W	2971 lm	169.8 lm/W
96	Philips			179.3 W	31039 lm	173.1 lm/W
79	Philips			113.5 W	20581 lm	181.3 lm/W

Fonte: DIALux (2025)

4.5 Simulação

Os resultados da simulação computacional são apresentados a seguir através de cores de isoluminância e linhas isográficas para cada trecho e superfície analisada (Figuras 40 a 65);

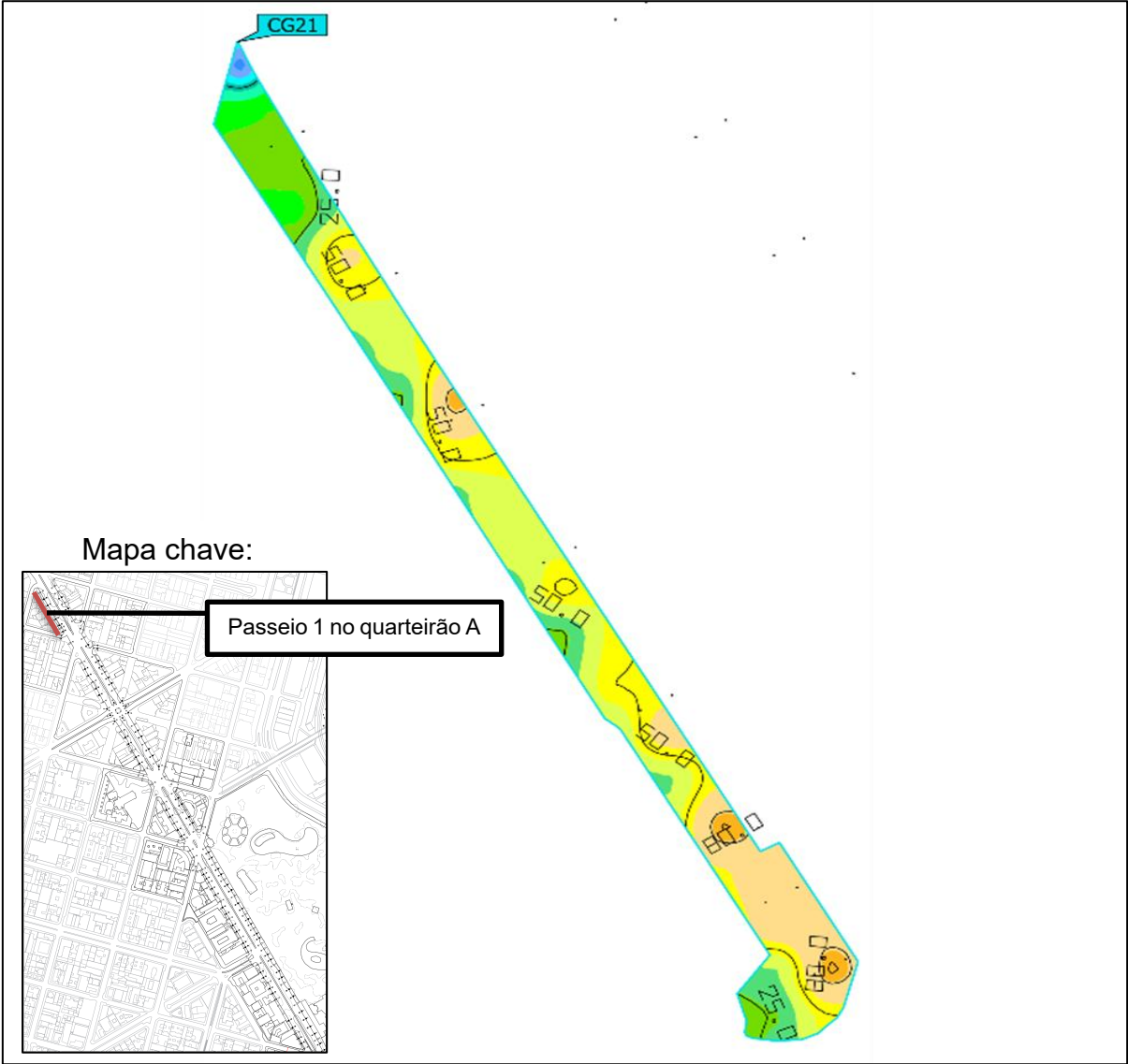
Figura 40: Via quarteirão A - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

	4.93	6.43	8.39	11	14	19	24	32	41	54	70	92 [lx]
Propriedades												
Via no quarteirão A	35.1 lx	E _{min}		E _{máx}		U _o (g ₁)		g ₂		Índice		
Potência luminosa horizontal												
Altura: -0.000 m										CG23		

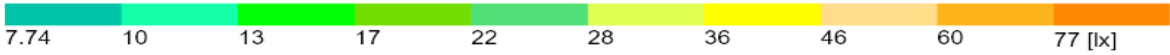
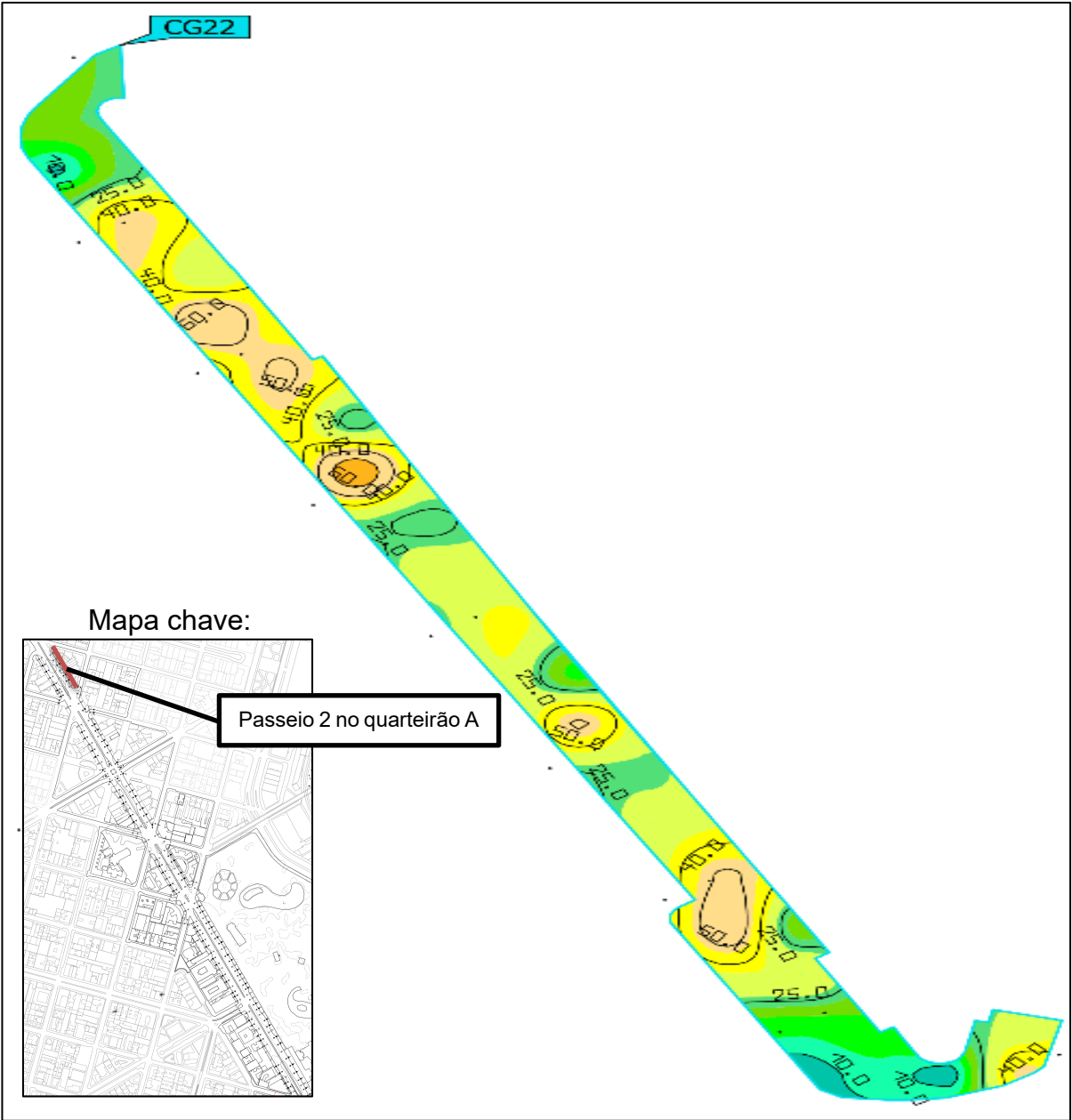
Figura 41: Passeio 1 no quarteirão A - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	E_{min}	$E_{máx}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 1 do quarteirão A Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m	45.9 lx	4.62 lx	80.8 lx	0.10	0.057	CG21

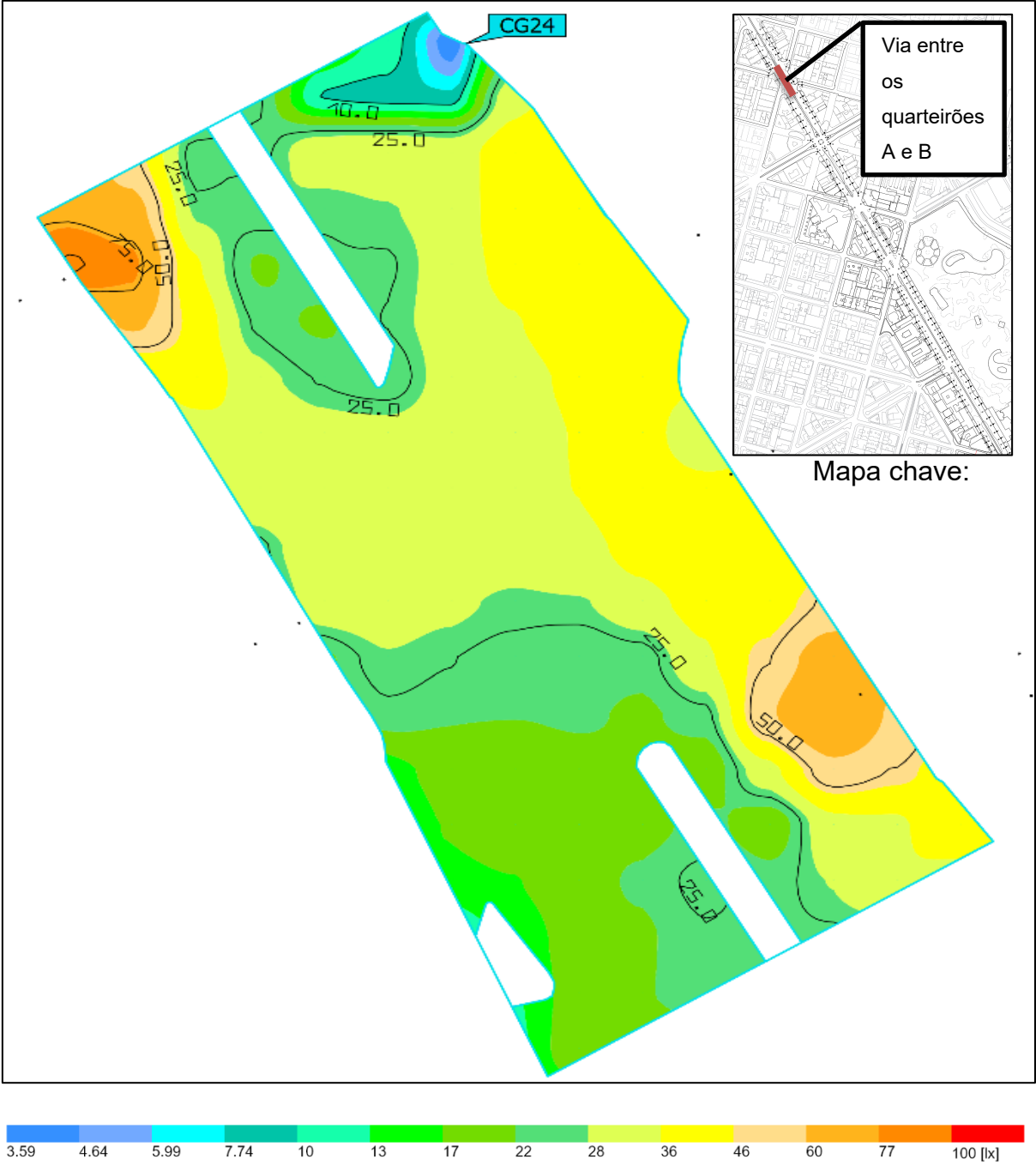
Figura 42: Passeio 2 no quarteirão A - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 2 do quarteirão A Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m	34.0 lx	8.55 lx	67.9 lx	0.25	0.13	CG22

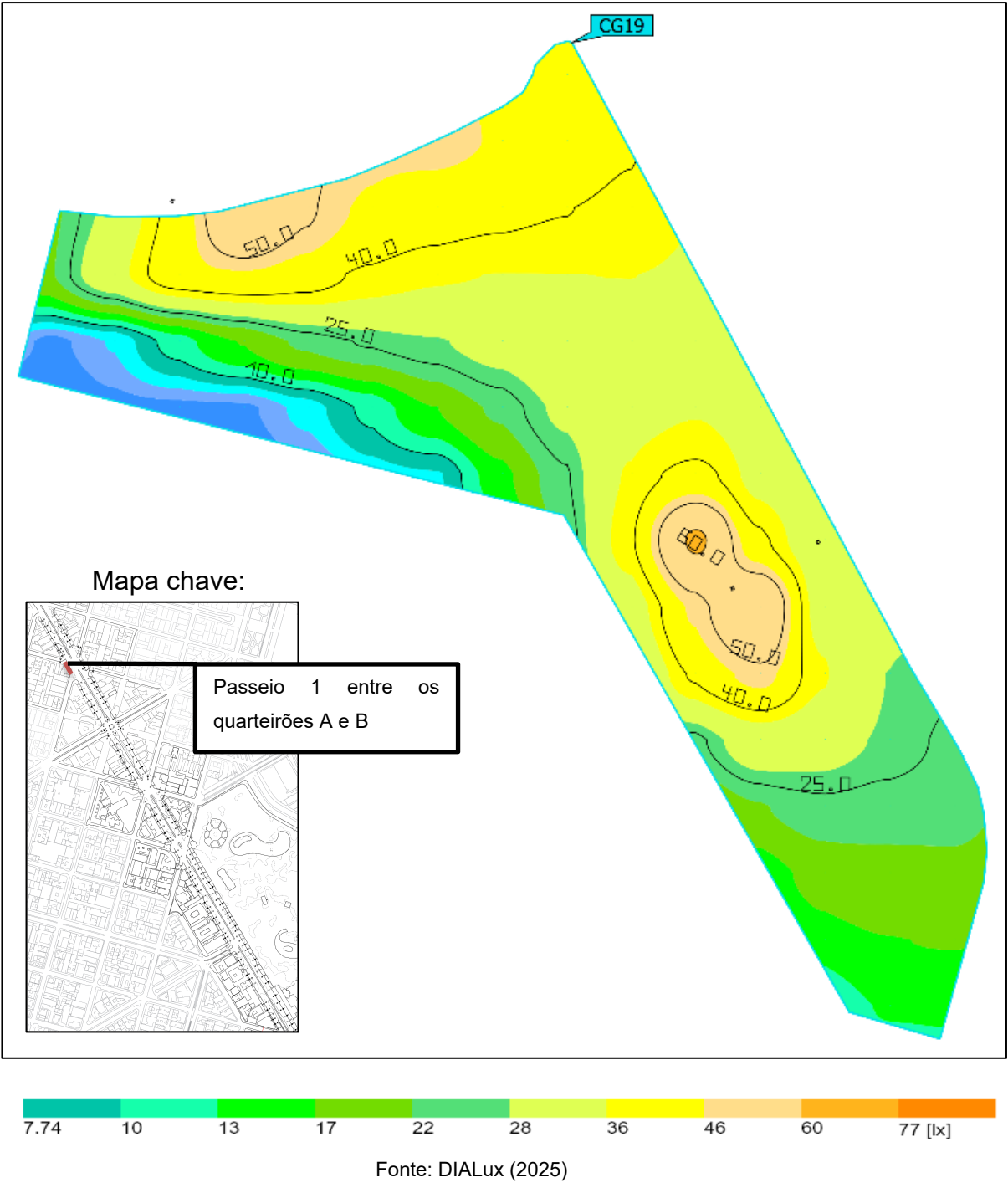
Figura 43: Via no cruzamento entre os bairros A e B - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

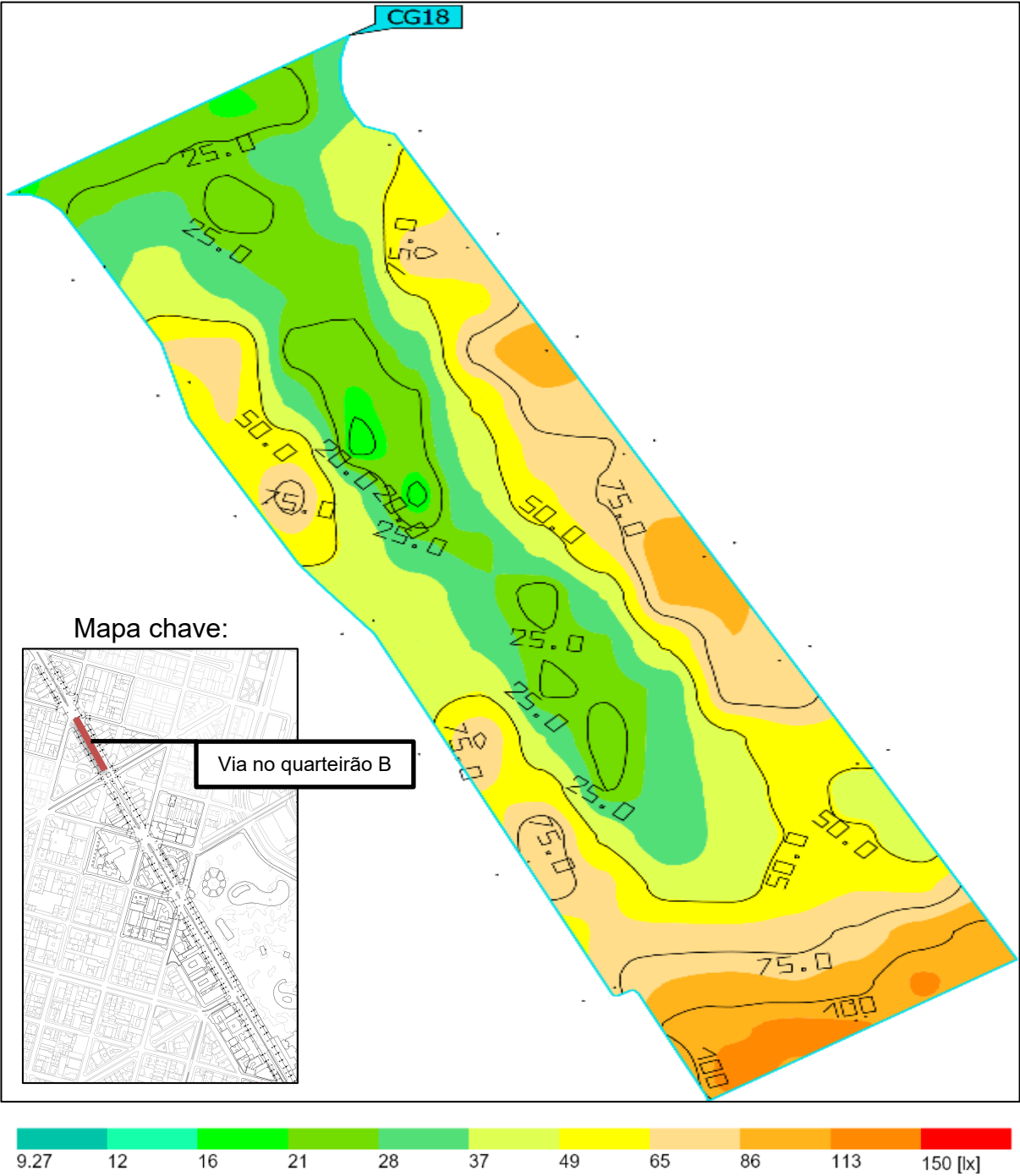
Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Via no cruzamento entre A e B Potência luminosa perpendicular Altura: -0.120 m	31.9 lx	3.72 lx	91.8 lx	0.12	0.041	CG24

Figura 44: Passeio 1 no cruzamento entre os bairros A e B - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Propriedades	$\bar{E}$	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 1 cruzamento A e B	30.5 lx	4.08 lx	61.3 lx	0.13	0.067	CG19
Potência luminosa perpendicular						
Altura: 0.000 m						

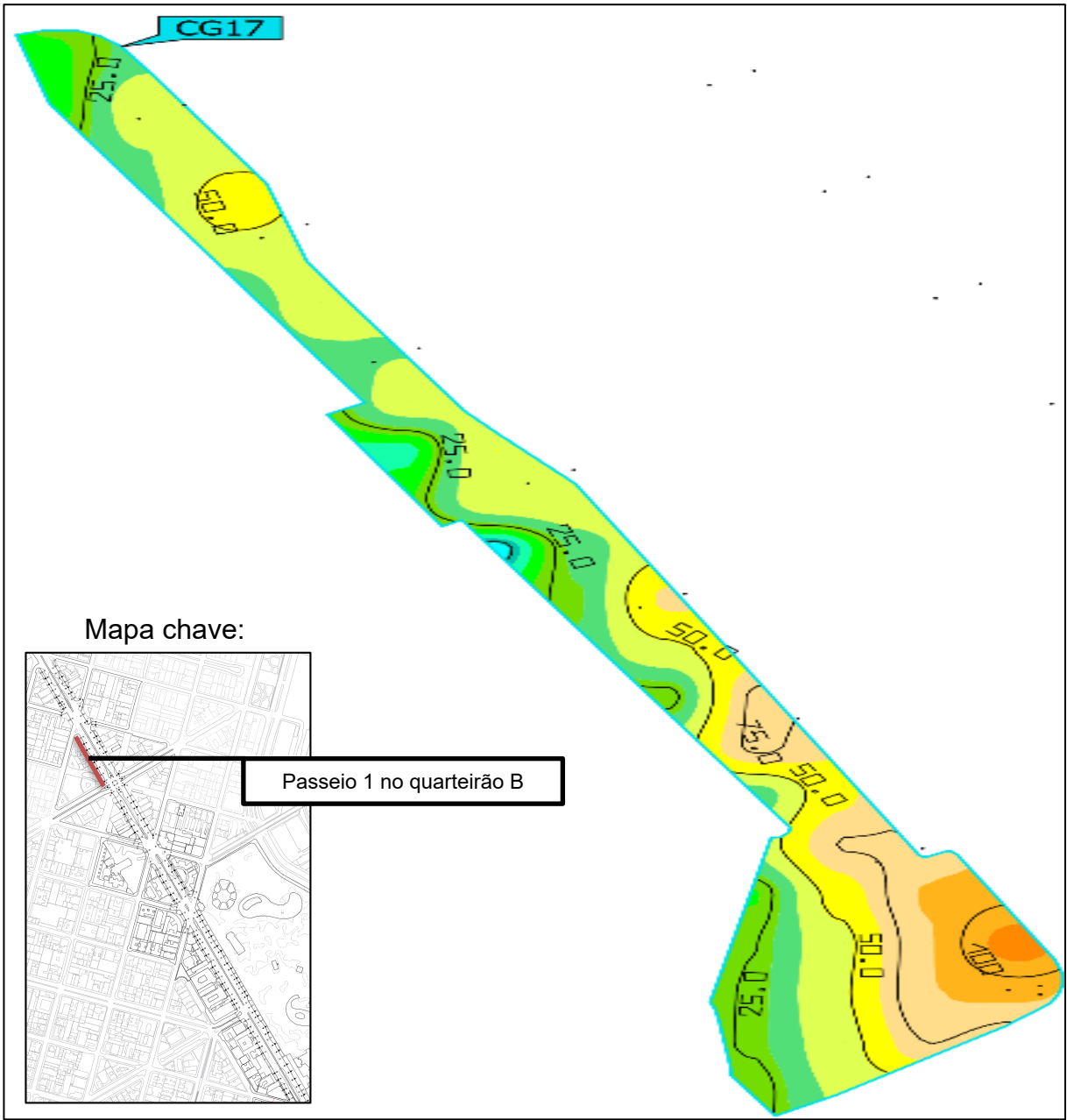
Figura 45: Via no quarteirão B - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Via no quarteirão B Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m	53.4 lx	18.7 lx	121 lx	0.35	0.15	CG18

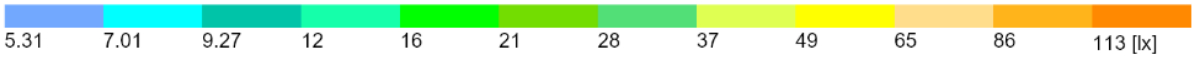
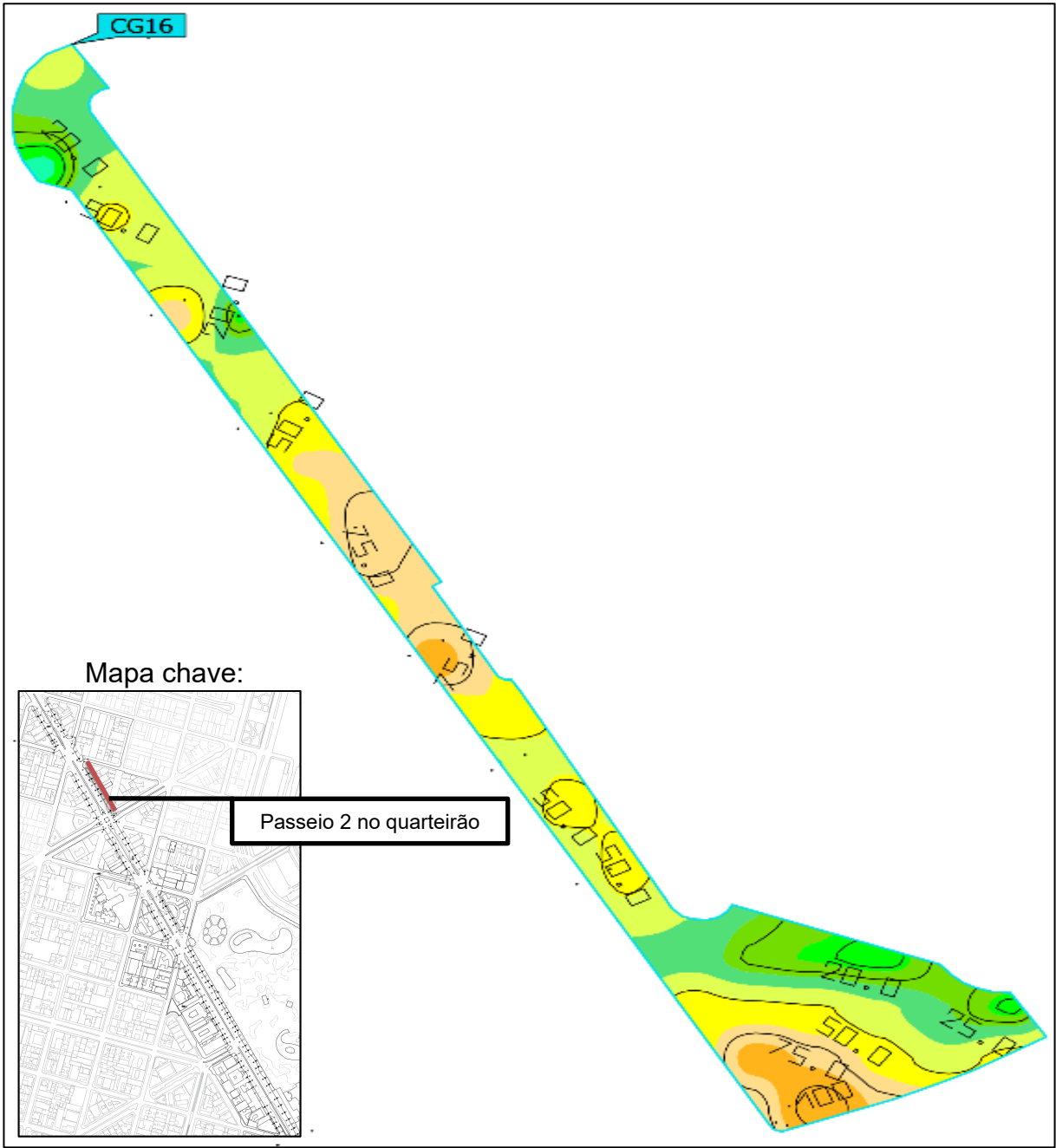
Figura 46: Passeio 1 no quarteirão B - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 1 do quarteirao B Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m	48.1 lx	7.66 lx	121 lx	0.16	0.063	CG17

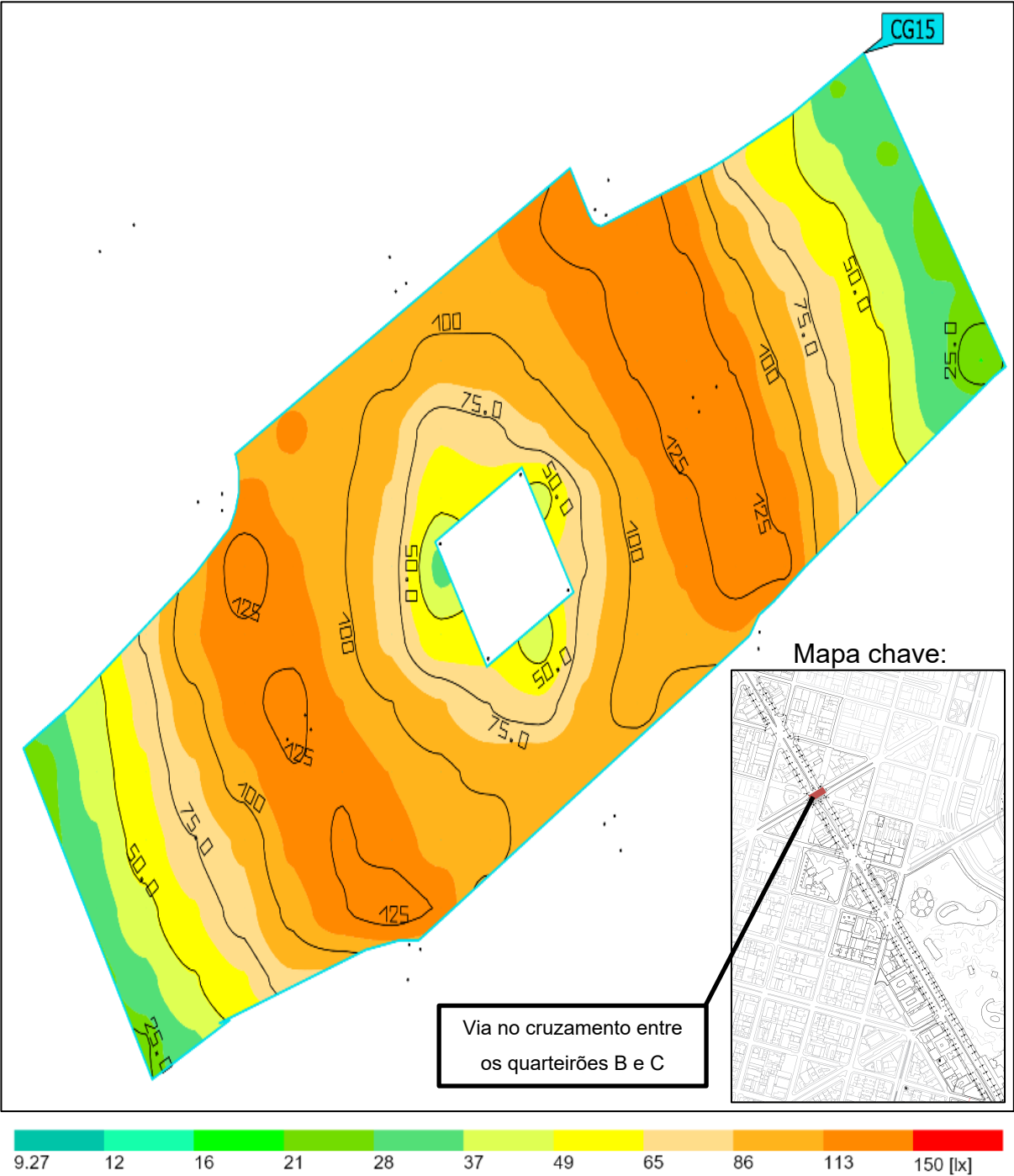
Figura 47: Passeio 2 no quarteirão B - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 2 do quarteirão B Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m	51.5 lx	14.2 lx	112 lx	0.28	0.13	CG16

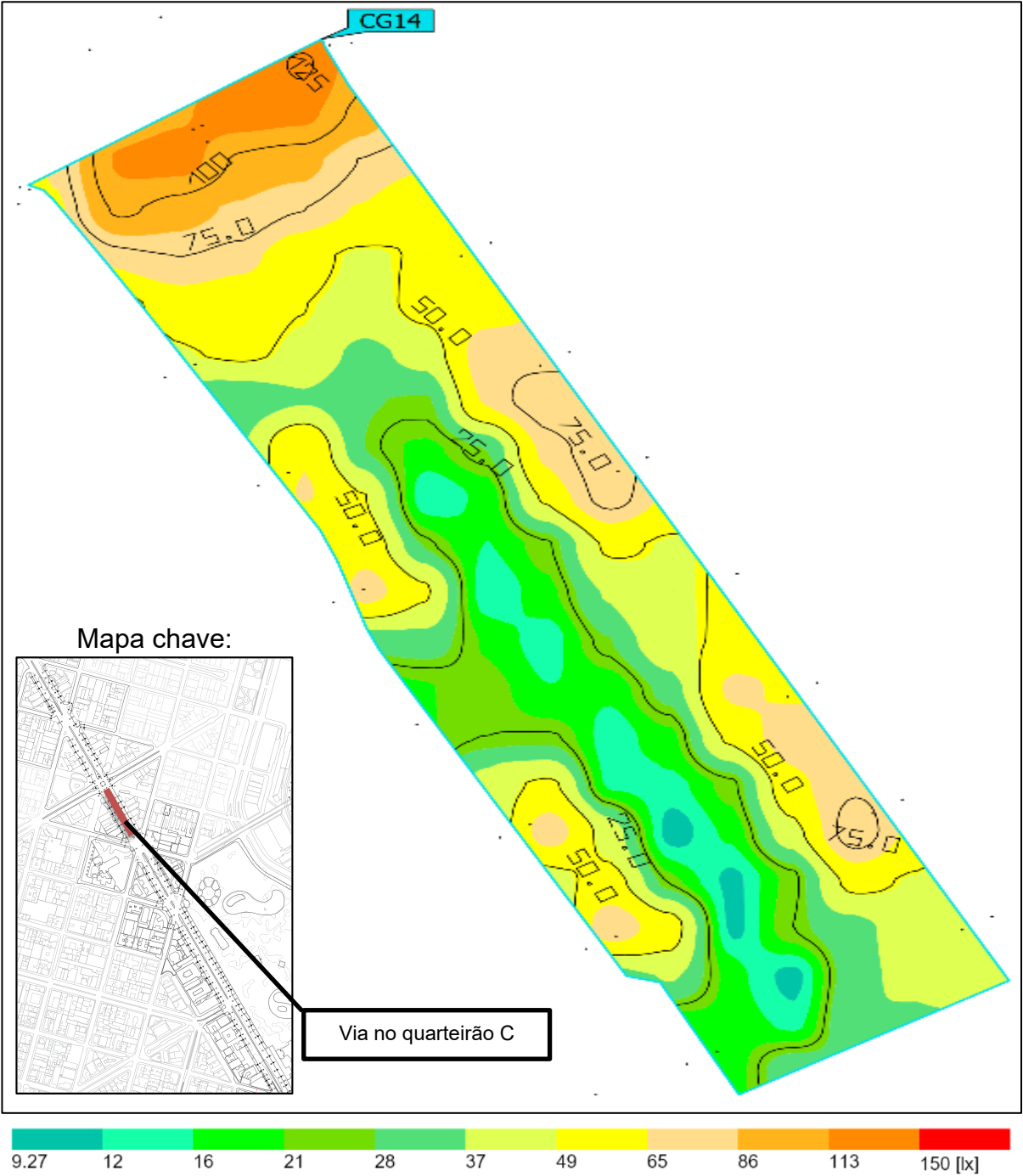
Figura 48: Via no cruzamento entre os bairros B e C - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	E_{min}	$E_{m\acute{a}x}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Via na praça Sete Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m	88.9 lx	21.2 lx	136 lx	0.24	0.16	CG15

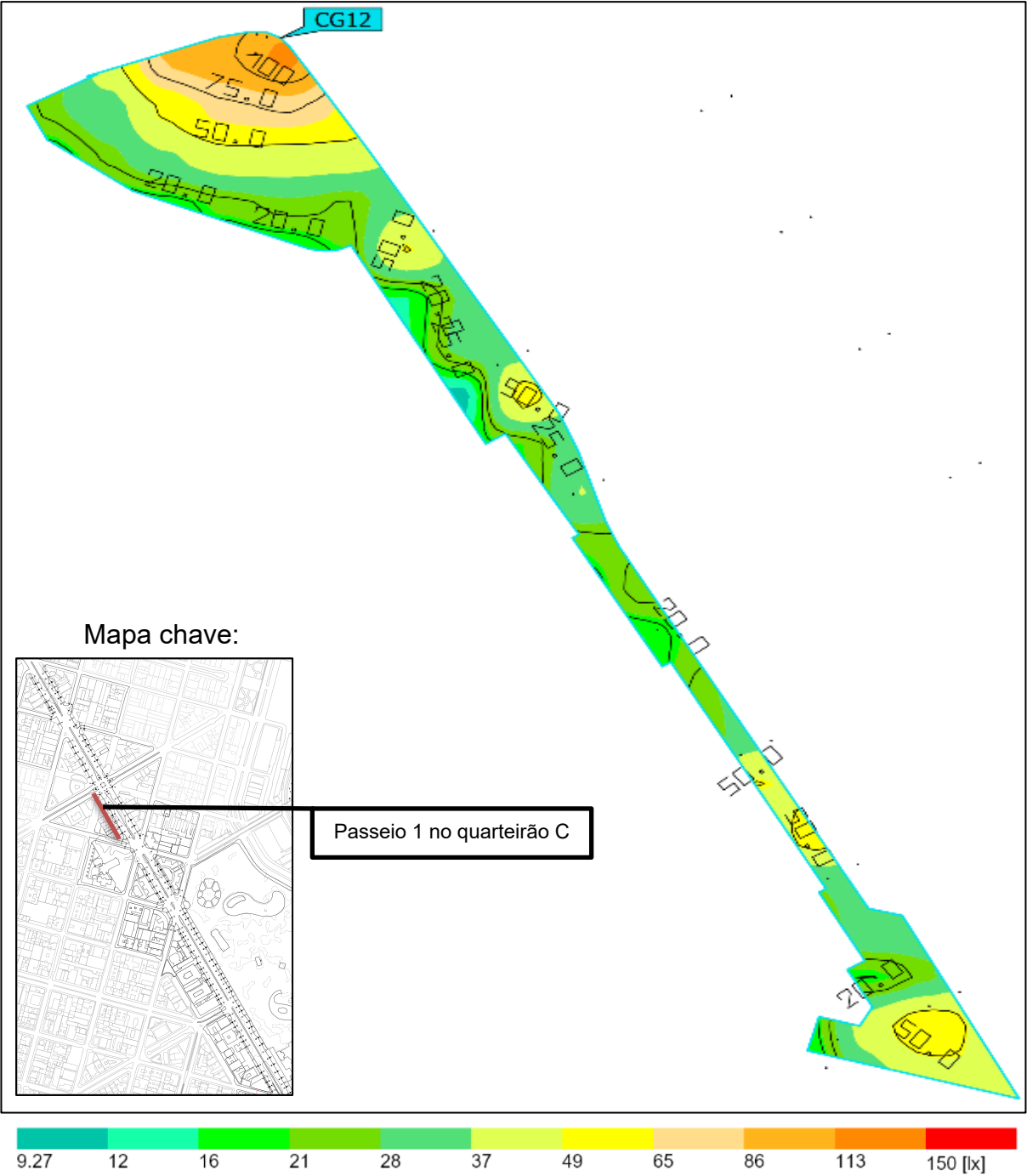
Figura 49: Via no quarteirão C - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Via no quarteirão C	48.5 lx	10.1 lx	126 lx	0.21	0.080	CG14
Potência luminosa perpendicular						
Altura: 0.000 m						

Figura 50: Passeio 1 no quarteirão C - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 1 do quarteirão C	42.6 lx	10.0 lx	119 lx	0.23	0.084	CG12
Potência luminosa perpendicular						
Altura: 0.000 m						

Figura 51: Passeio 2 no quarteirão C - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas

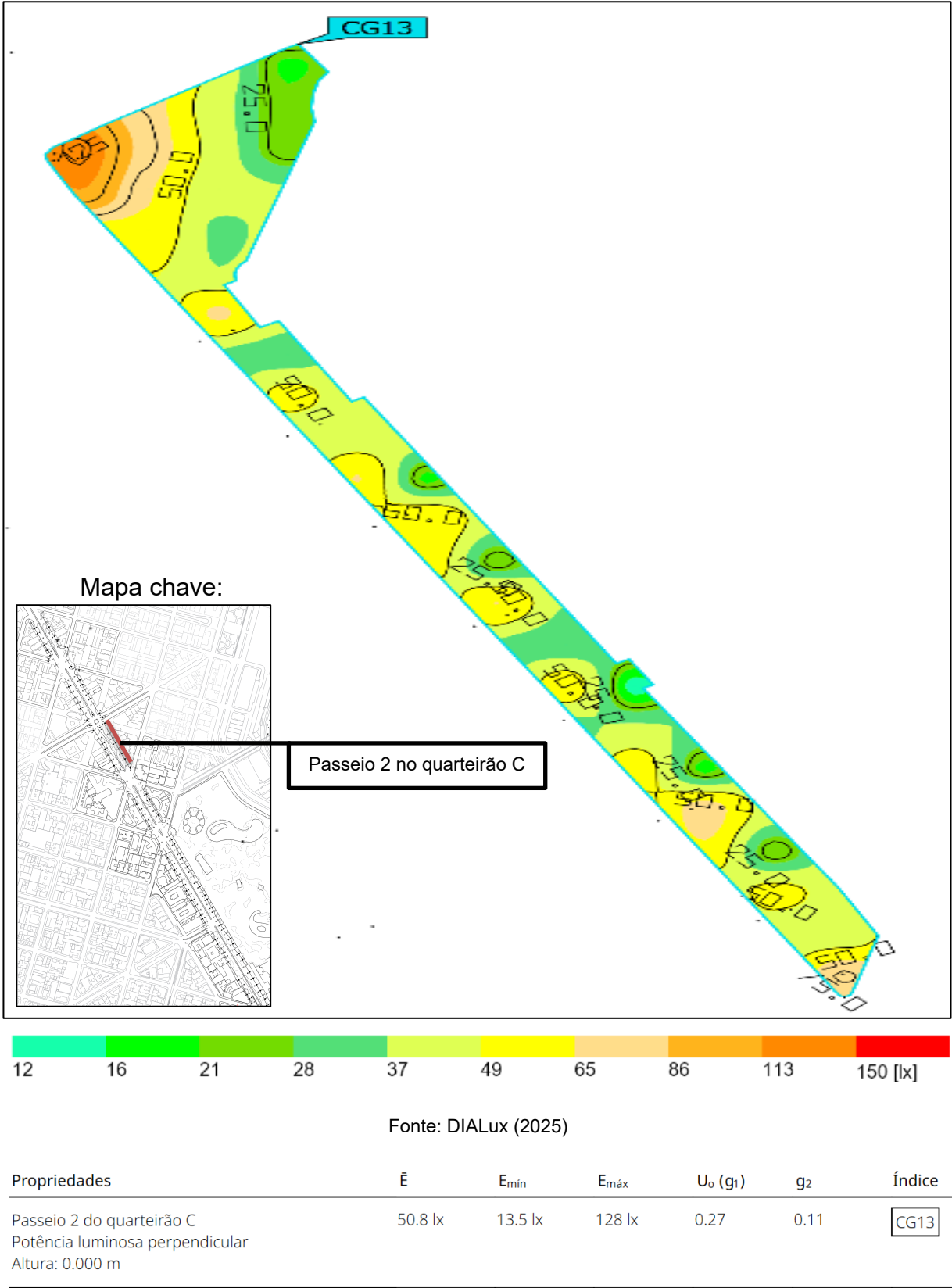
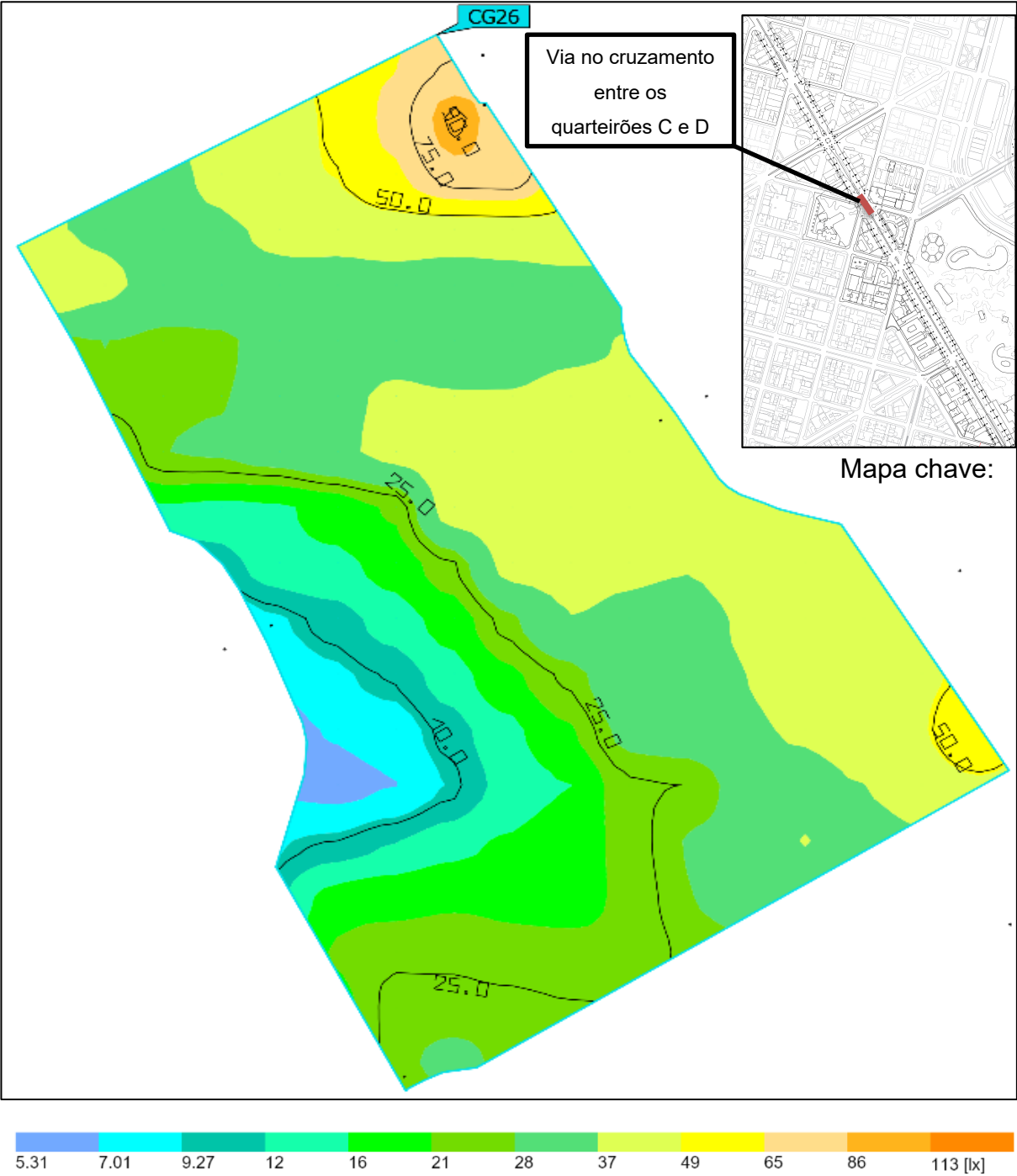


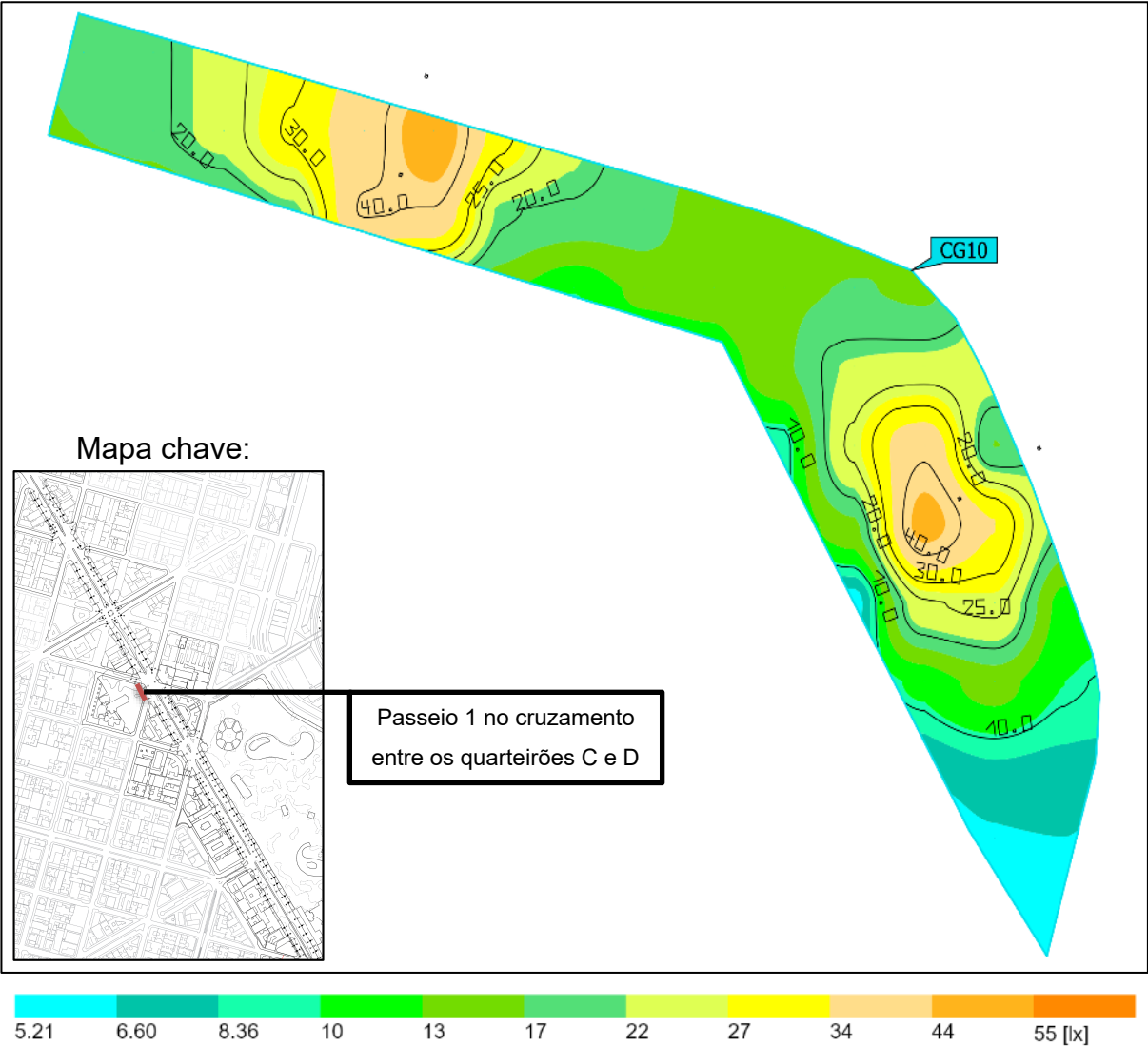
Figura 52: Via no cruzamento entre os bairros C e D - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\text{mín}}$	$E_{\text{máx}}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Via no cruzamento entre C e D	31.9 lx	6.33 lx	91.9 lx	0.20	0.069	CG26
Potência luminosa perpendicular						
Altura: 0.000 m						

Figura 53: Passeio 1 no cruzamento entre os bairros C e D - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 1 cruzamento C e D Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m	20.4 lx	5.76 lx	47.7 lx	0.28	0.12	CG10

Figura 54: Passeio 2 no cruzamento entre os bairros C e D- Gráfico de linhas isográficas e cores falsas

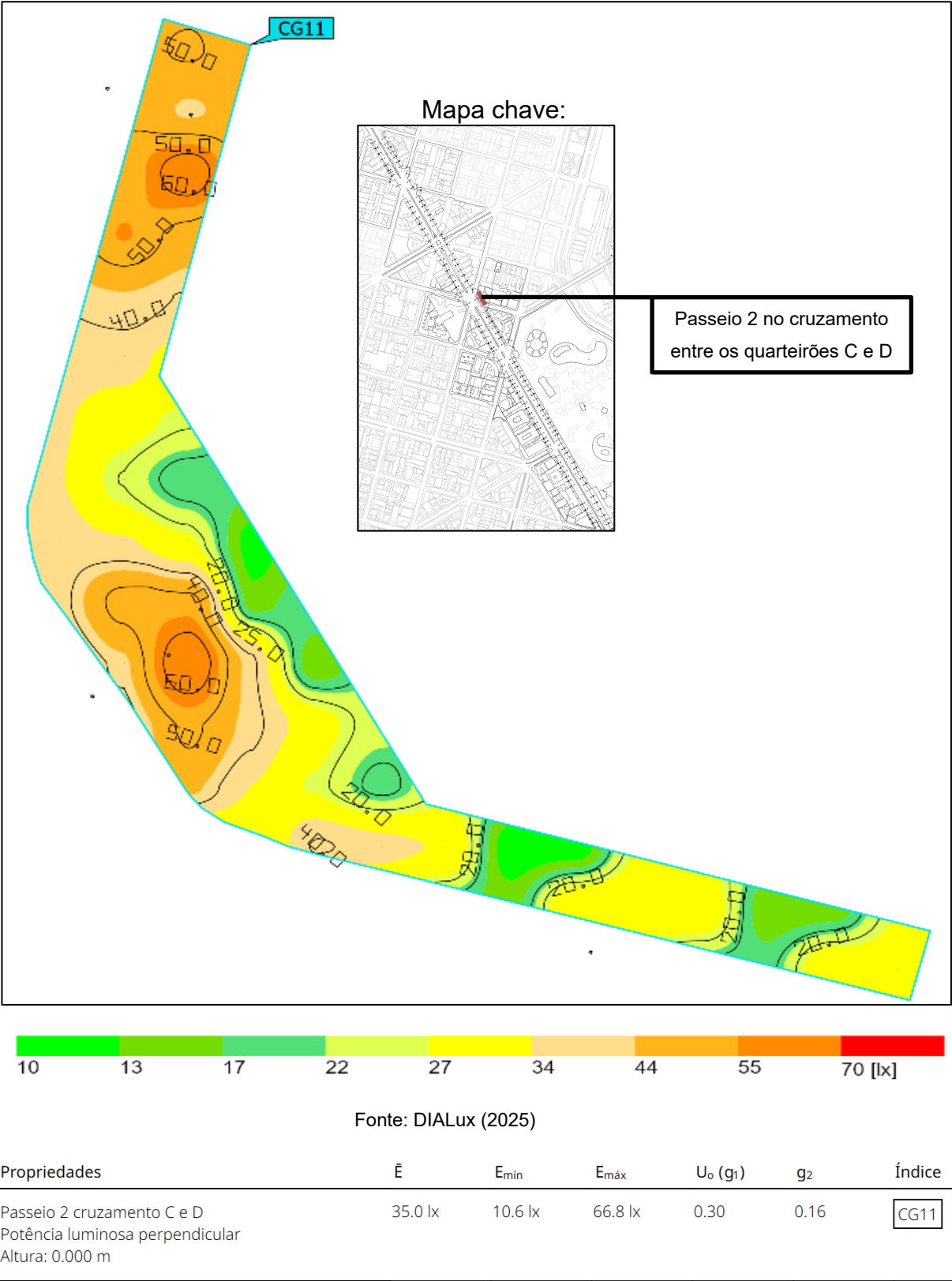
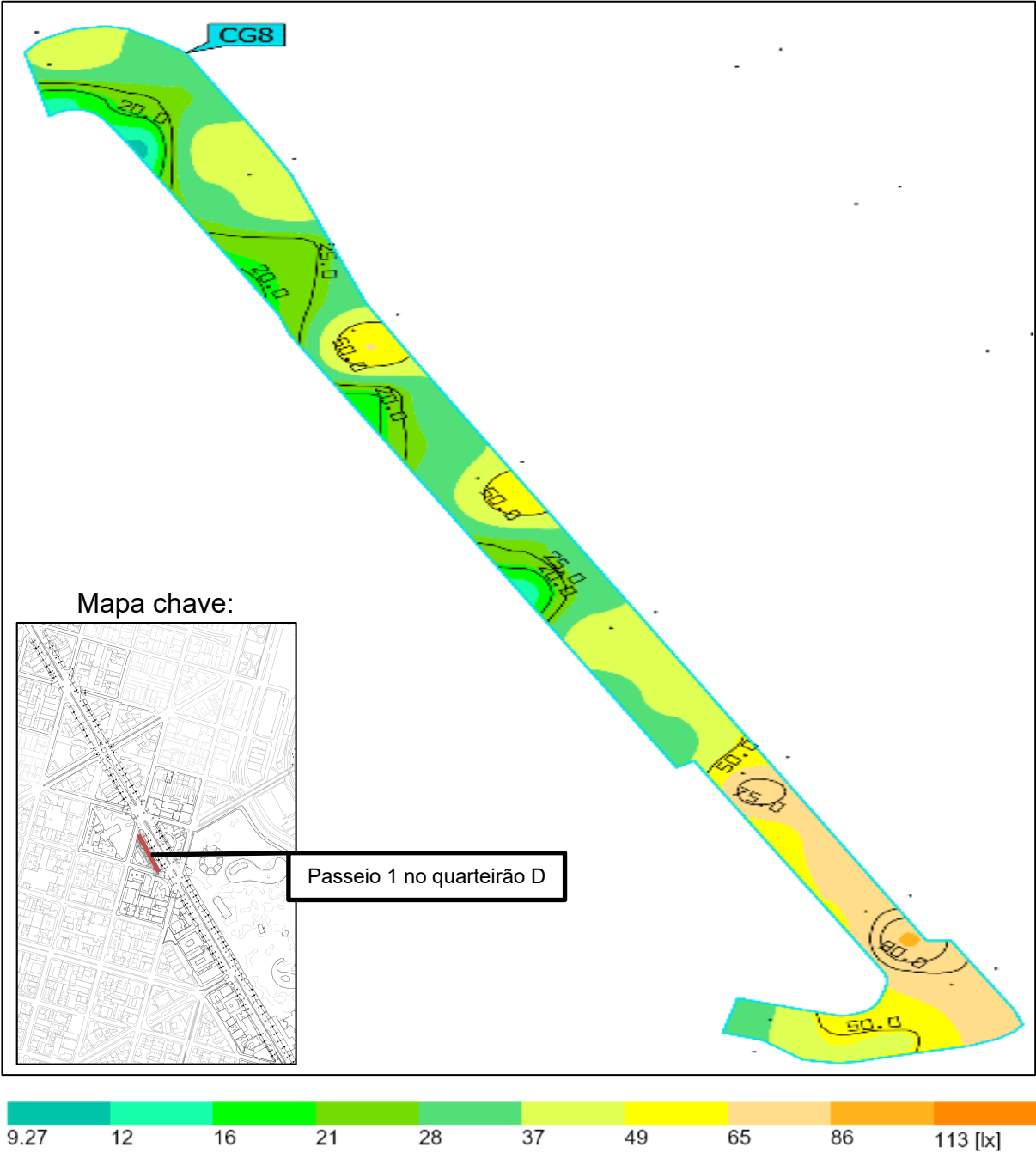


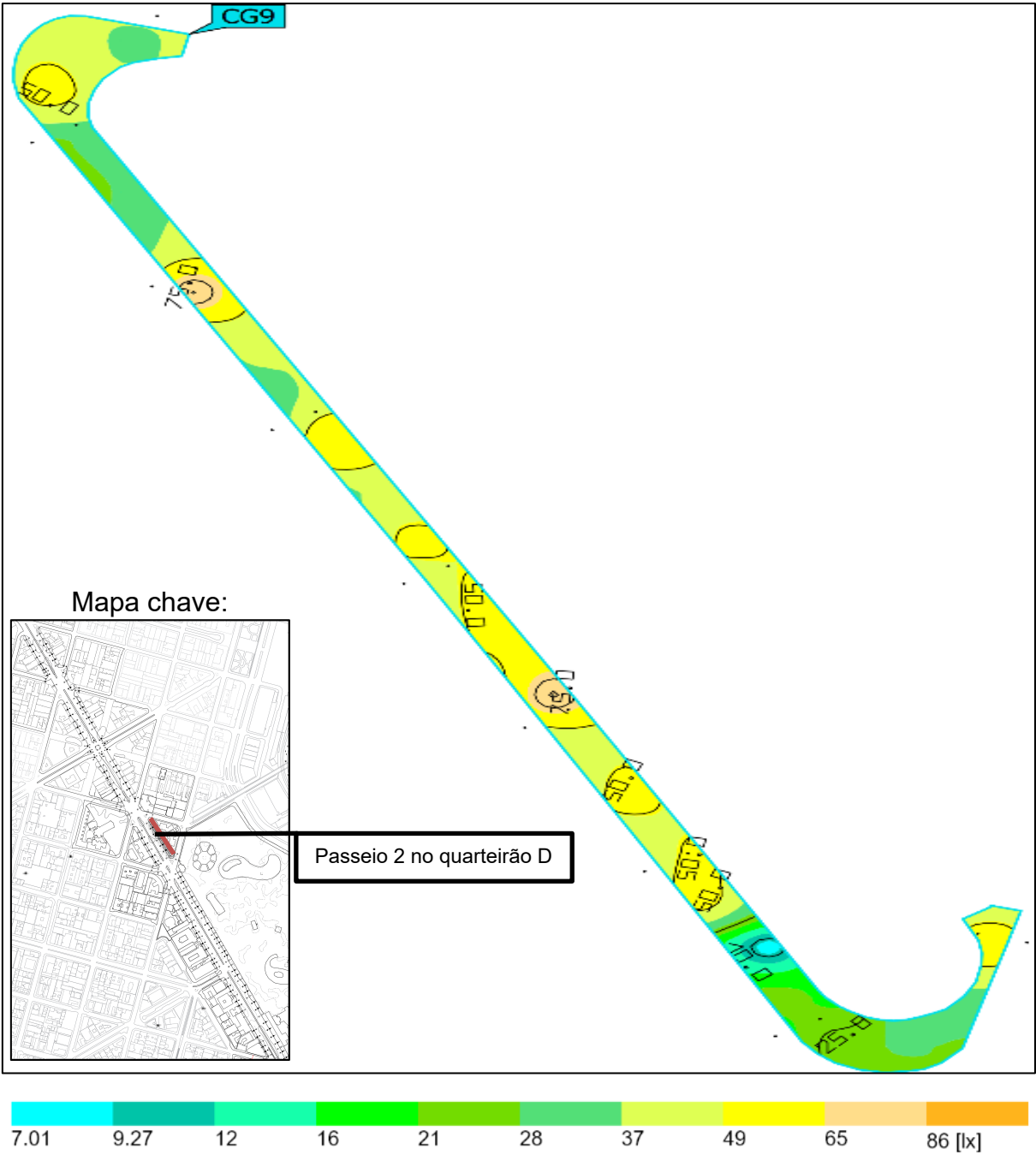
Figura 56: Passeio 1 no quarteirão D- Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 1 do quarteirão D Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m	43.1 lx	10.8 lx	86.9 lx	0.25	0.12	CG8

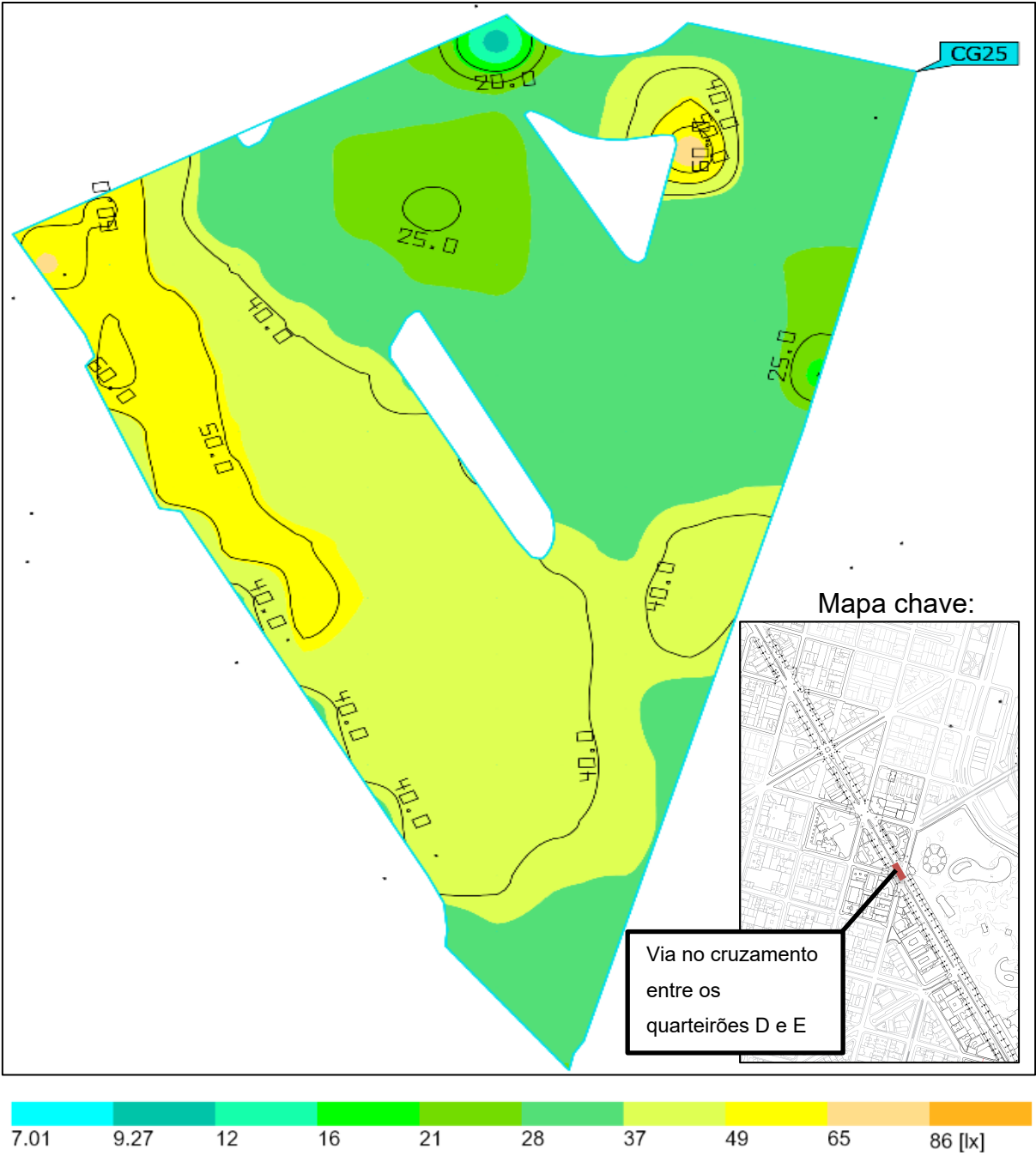
Figura 57: Passeio 2 no quarteirão D- Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 2 do quarteirão D	46.6 lx	8.31 lx	75.6 lx	0.18	0.11	CG9
Potência luminosa perpendicular						
Altura: 0.000 m						

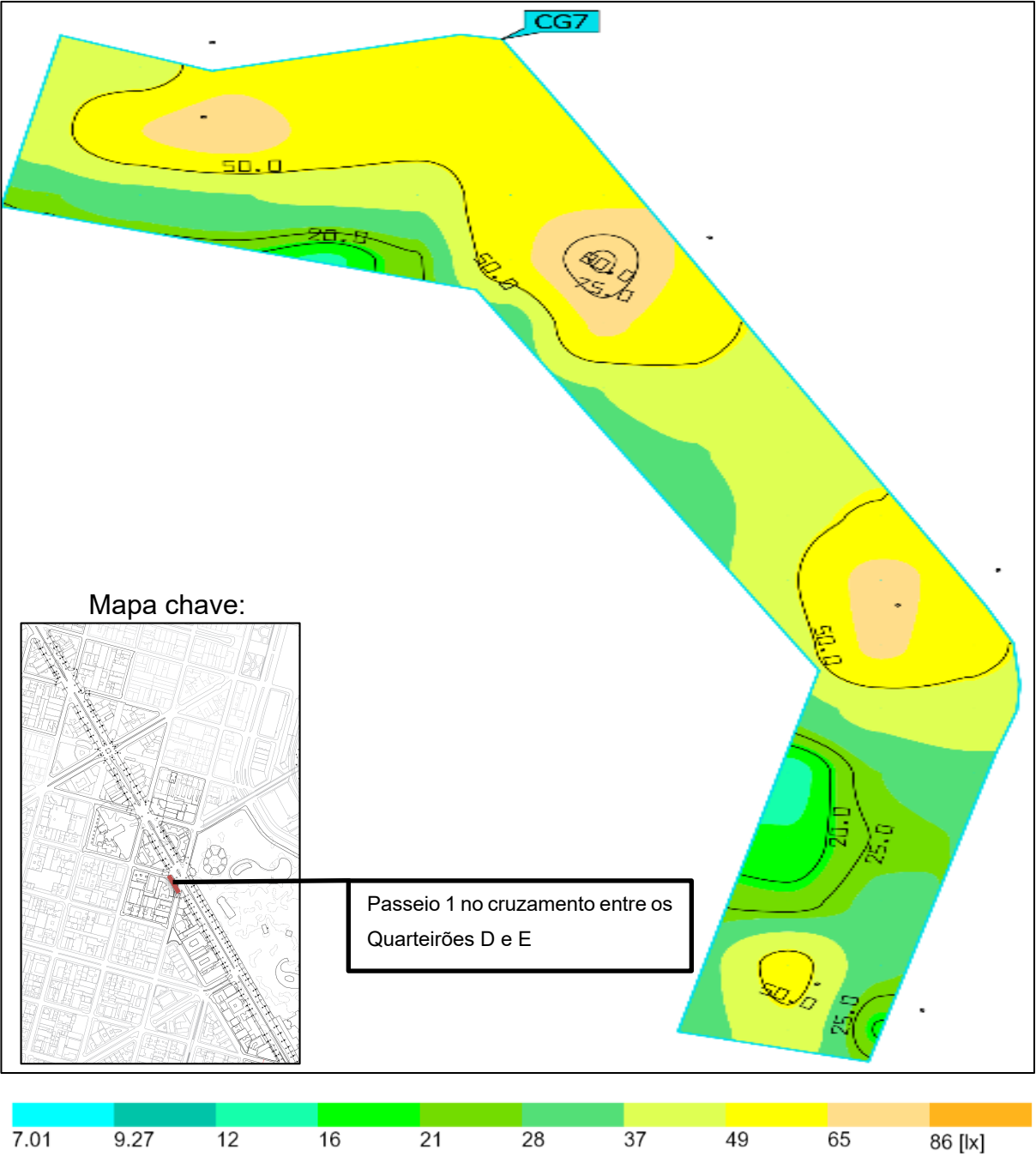
Figura 58: Via no cruzamento entre os bairros D e E - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	E	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Via no cruzamento entre D e E	38.5 lx	10.4 lx	70.0 lx	0.27	0.15	CG25
Potência luminosa perpendicular						
Altura: -0.120 m						

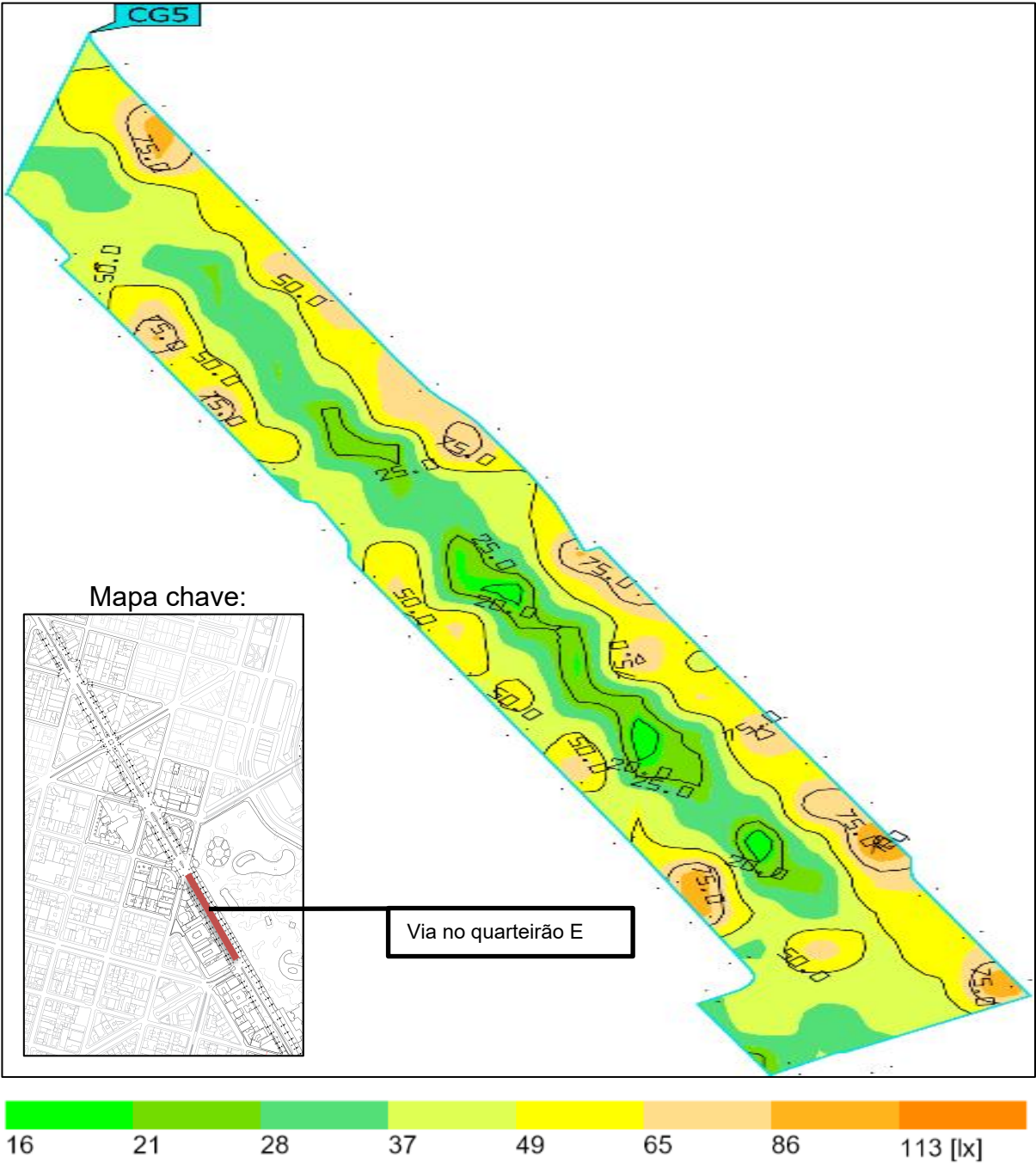
Figura 59: Passeio 1 no cruzamento entre os bairros D e E - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio do cruzamento D e E	43.7 lx	13.9 lx	80.9 lx	0.32	0.17	CG7
Potência luminosa perpendicular						
Altura: 0.000 m						

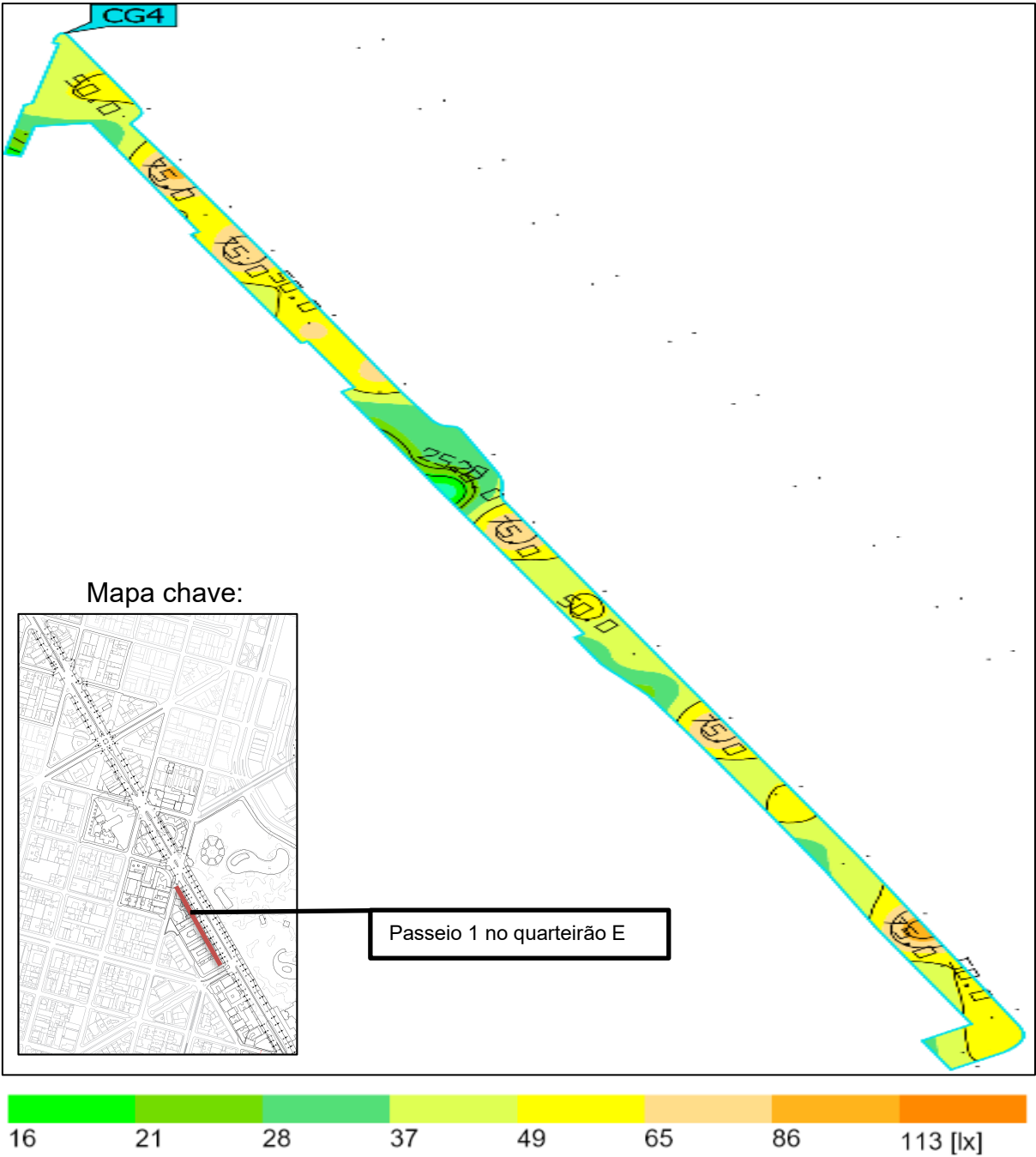
Figura 60: Via no quarteirão E - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Via no quarteirão E Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m	48.7 lx	16.5 lx	103 lx	0.34	0.16	CG5

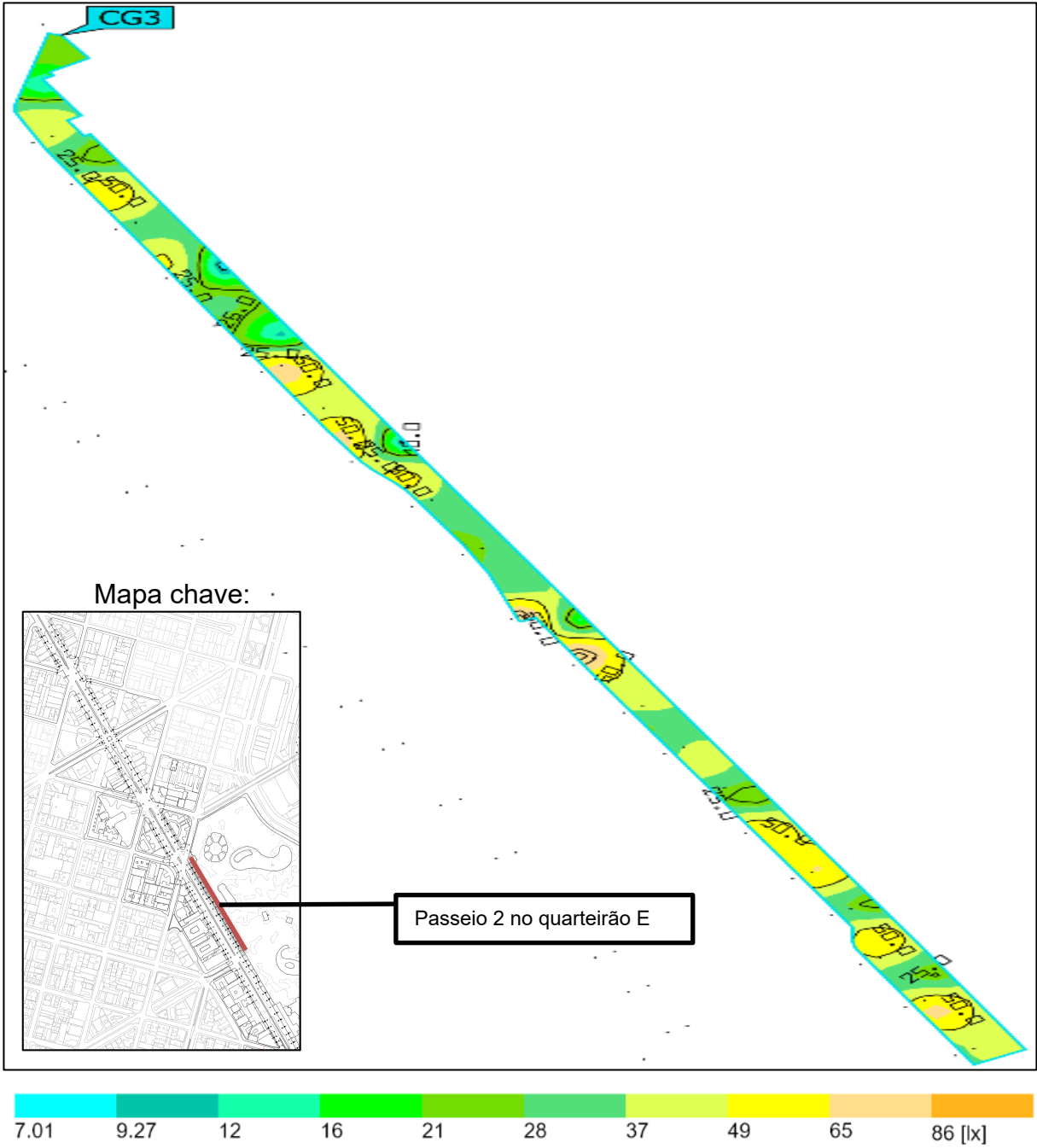
Figura 61: Passeio 1 no quarteirão E - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 1 do quarteirão E	54.8 lx	14.1 lx	96.2 lx	0.26	0.15	CG4
Potência luminosa perpendicular						
Altura: -0.000 m						

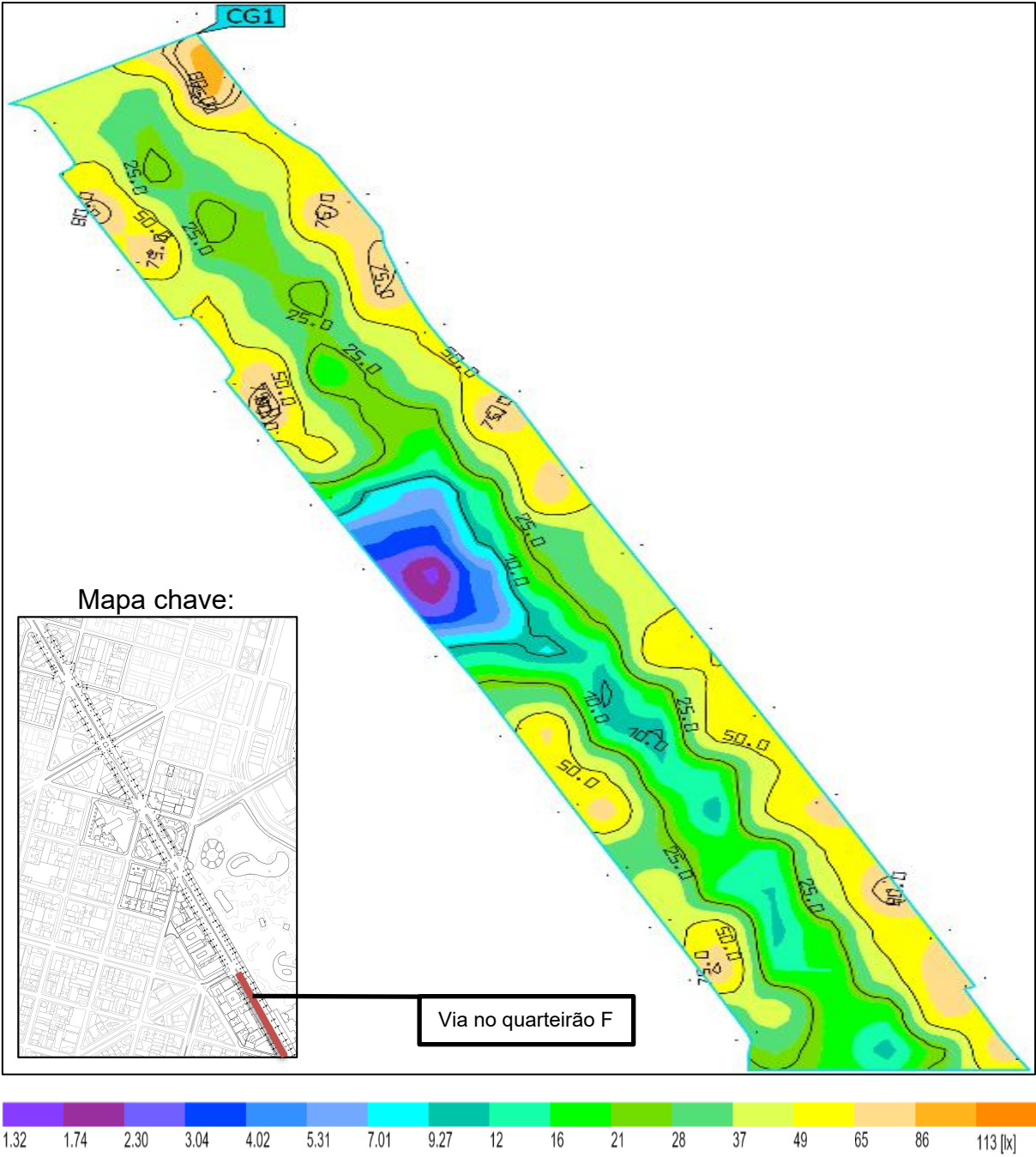
Figura 62: Passeio 2 no quarteirão E - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	E_{min}	$E_{máx}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 2 do quarteirão E	42.6 lx	7.63 lx	85.0 lx	0.18	0.090	CG3
Potência luminosa perpendicular						
Altura: -0.000 m						

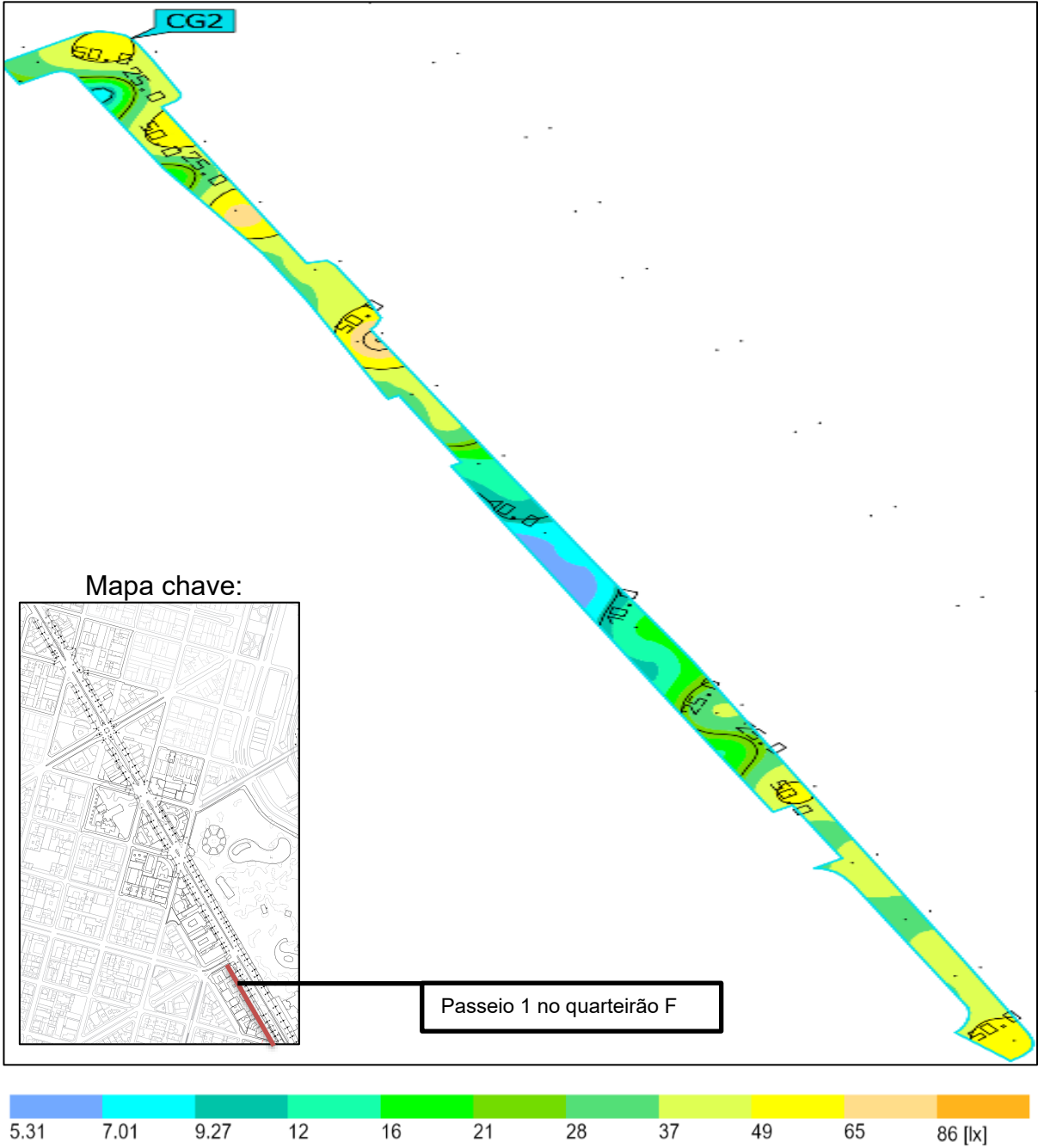
Figura 63: Via no quarteirão F - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Via no quarteirão F	38.0 lx	1.60 lx	89.0 lx	0.042	0.018	CG1
Potência luminosa perpendicular						
Altura: 0.000 m						

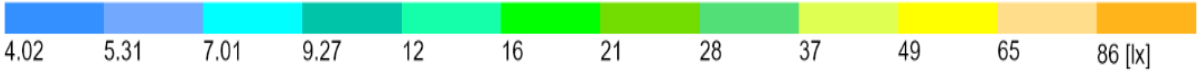
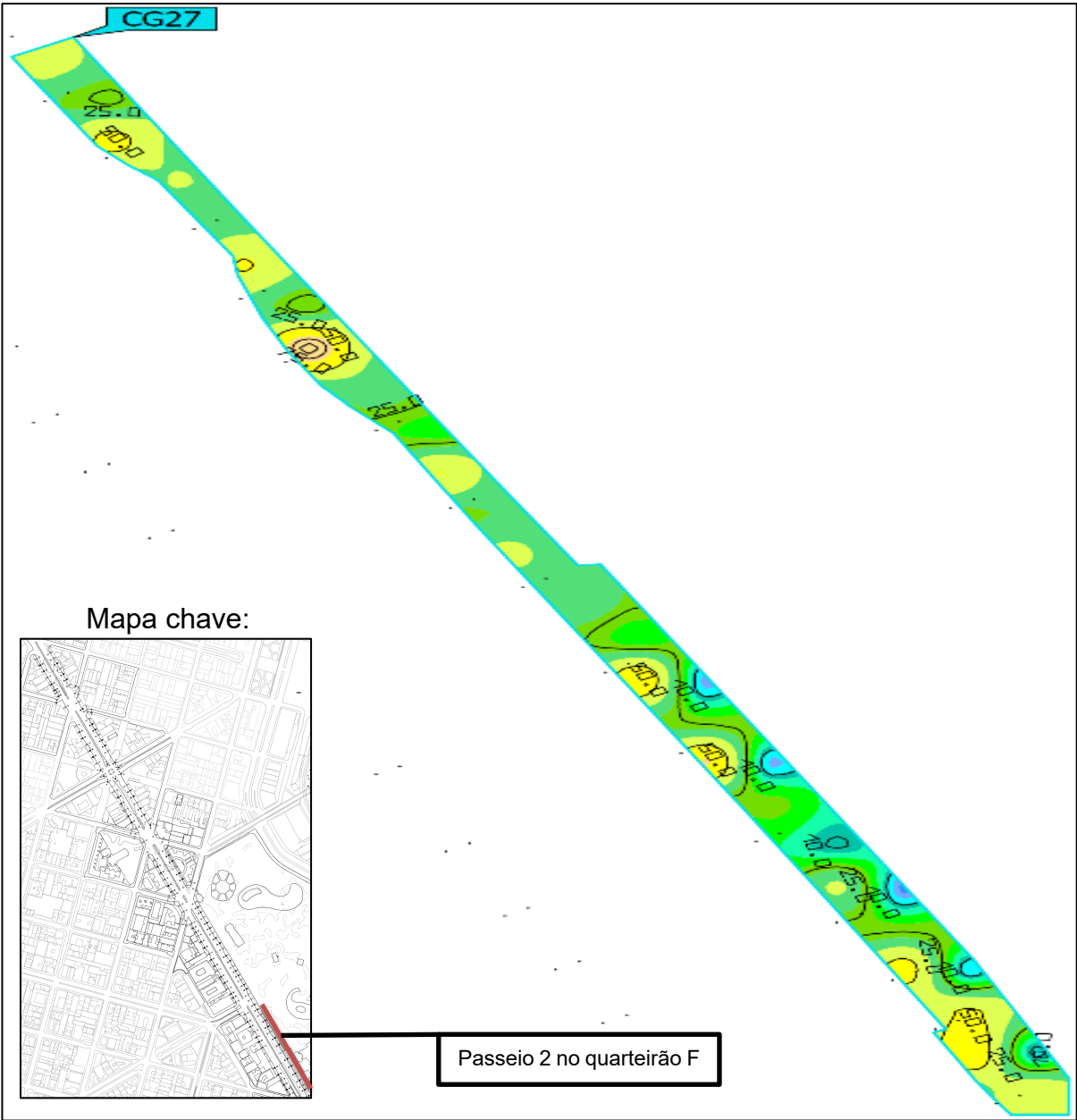
Figura 64: Passeio 1 no quarteirão F - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 1 do quarteirão F Potência luminosa perpendicular Altura: -0.000 m	37.8 lx	6.01 lx	80.6 lx	0.16	0.075	CG2

Figura 65: Passeio 2 no quarteirão F - Gráfico de linhas isográficas e cores falsas



Fonte: DIALux (2025)

Propriedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	g_2	Índice
Passeio 2 no quarteirão F Potência luminosa perpendicular Altura: 0.000 m	34.3 lx	4.34 lx	77.2 lx	0.13	0.056	CG27

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A simulação luminotécnica realizada para o trecho compreendido entre os quarteirões A e F da Avenida Afonso Pena considerou as classificações de superfície de cálculo definidas pela NBR 5101:2024, sendo as vias classificadas como C1 e os passeios como P1, conforme estabelecido nas tabelas anteriores com base na norma.

Os resultados indicam que a iluminância média simulada nos passeios (P1) excede, em diversos trechos, o limite superior estabelecido pela norma, que admite até 1,5 vez o valor mínimo recomendado, ou seja, 30 lux. Foram observados níveis superiores a esse valor, chegando a 54,8 lux em certos pontos. Como a simulação não considerou a iluminação proveniente de fachadas ou outras fontes complementares, conclui-se que os altos valores são consequência direta da configuração do sistema público de iluminação adotado no modelo — especialmente a combinação de potência das luminárias, curvas fotométricas e posicionamento dos postes em relação aos passeios.

Quanto à uniformidade da iluminação, a maioria dos trechos também apresentou valores inferiores aos mínimos exigidos pela norma: 0,38 para vias C1 e 0,30 para passeios P1. As médias simuladas foram de 0,22 para vias e 0,23 para passeios, indicando baixa homogeneidade na distribuição luminosa.

Um caso particularmente crítico é o trecho da via no quarteirão F, cuja uniformidade simulada foi de apenas 0,042, muito inferior não apenas ao valor exigido pela norma, mas também bastante discrepante em relação aos demais trechos, que já apresentavam índices abaixo do ideal. A análise local desse trecho revelou que os postes de iluminação no denominado quarteirão F, estão equipados apenas com luminárias direcionadas aos passeios, sem projetores voltados para a faixa de rolamento da via. Como consequência, formam-se zonas com níveis muito baixos de iluminância ao longo da pista, comprometendo severamente a uniformidade e a segurança do local.

É importante destacar que, embora a vegetação urbana tenha sido considerada na modelagem, isso foi feito de forma não precisa quanto à densidade e à geometria real das copas. Ainda assim, sua presença parcial no modelo já exerce influência sobre os resultados de uniformidade, podendo acentuar sombreamentos localizados e contribuir para a redução da uniformidade geral. É fundamental salientar também que o canteiro central da Avenida Afonso Pena é tombado pelos órgãos patrimoniais, onde

não se é permitido localizar postes de iluminações ou alterar as vegetações existentes, o que pode limitar a distribuição de luminosidade tanto nas vias quanto nas calçadas. Outro aspecto relevante a ser considerado é que a substituição das luminárias, no processo de retrofit, foi realizada utilizando-se a infraestrutura de postes já existente. Essa decisão, embora vantajosa do ponto de vista econômico e logístico, revelou-se um fator limitante para o desempenho luminotécnico, especialmente no que se refere à uniformidade da distribuição de luz. A altura, espaçamento e posicionamento original dos postes, projetados para tecnologias anteriores, não foram otimizados para as características fotométricas das novas luminárias em LED, o que contribuiu para os índices reduzidos de uniformidade observados em diversos trechos do percurso analisado.

5.1 Diretrizes para adequação à norma e melhoria do sistema

Com base nos resultados, propõem-se as seguintes ações corretivas e preventivas:

- Redimensionamento das potências das luminárias em calçadas, substituindo por modelos com menor fluxo luminoso nos trechos onde há superiluminação, para garantir conformidade com a norma e economia de energia;
- Ajuste do espaçamento entre luminárias e ângulo de instalação para melhorar a uniformidade luminosa, especialmente nas áreas de transição entre cruzamentos e quarteirões;
- Padronização da temperatura de cor (TCC) ao longo do trecho, evitando variações abruptas e valorizando a ambiência noturna em áreas com interesse cultural.
- Revisão dos níveis de iluminância excedentes como estratégia de racionalização do consumo de energia, reduzindo a demanda elétrica e os custos operacionais;
- Implantação de sistemas de dimerização e controle automatizado, permitindo variações na intensidade luminosa conforme o horário e o fluxo de pessoas;
- Utilização de sensores de presença ou ajuste por programação noturna em áreas com menor tráfego, como trechos próximos ao Parque Municipal após o fechamento.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade da iluminação pública no trecho da Avenida Afonso Pena, em Belo Horizonte, compreendido entre o cruzamento com as ruas Curitiba e dos Caetés até a altura da Rua Guajajaras com a Avenida Carandaí, a partir de medições em campo com luxímetro digital e simulações luminotécnicas realizadas no software DIALux 5.1. Foram avaliados os parâmetros de iluminância média horizontal e uniformidade, com base nos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5101:2024. Os resultados indicaram que, embora a iluminância média nas vias atenda aos limites mínimos exigidos, as calçadas apresentaram níveis excessivos de iluminância, ultrapassando o limite superior recomendado. Além disso, a uniformidade luminosa revelou-se insuficiente em diversos trechos, o que compromete a qualidade da distribuição de luz e a percepção de segurança urbana. Neste contexto, a recente aprovação pela Prefeitura de Belo Horizonte para a instalação de painéis de LED na Praça Sete de Setembro (local inserido no trecho estudado) traz novos elementos para a discussão sobre a modernização e transformação do espaço urbano. A proposta, embora alinhada à tendência de cidades inteligentes e digitalização do espaço público, levanta questionamentos quanto aos impactos visuais, à valorização do patrimônio cultural e simbólico da área e ao potencial aumento da poluição luminosa. A introdução desses elementos deve ser conduzida com cautela, respeitando diretrizes de preservação e buscando compatibilizar inovação com identidade urbana. Portanto, além de seu objetivo técnico, este trabalho contribui para o debate sobre a relação entre iluminação pública, sustentabilidade, segurança e patrimônio urbano. Abre-se também espaço para futuras investigações que integrem outros parâmetros normativos, como iluminância vertical, ofuscamento e controle de temperatura de cor, bem como estudos sobre a percepção dos usuários e os efeitos sociais e simbólicos das intervenções tecnológicas em áreas históricas. Com a instalação prevista dos painéis digitais e outras mudanças previstas para o centro de Belo Horizonte, este trabalho pode ser ampliado, revisitado e aprofundado, acompanhando a evolução do espaço urbano e seus novos desafios. Como contribuição prática, este trabalho pode servir como referência técnica e conceitual para subsidiar discussões e formulações relacionadas à aplicação da chamada “Lei Times Square” no contexto urbano de Belo Horizonte, especialmente no caso dos painéis de LED previstos para a Praça Sete. A análise realizada sobre a iluminação

pública e seus efeitos na segurança viária e na segurança do pedestre fornece parâmetros claros sobre iluminância, uniformidade e controle de ofuscamento, que podem ser adaptados para avaliar e regulamentar a instalação de dispositivos luminosos de grande porte em áreas de intenso fluxo de pessoas e veículos. Assim, o estudo oferece subsídios para a elaboração de diretrizes que conciliem o potencial estético e comercial da mídia digital com a preservação da visibilidade, da mobilidade segura e da qualidade do espaço público. Para trabalhos futuros, propõe-se a realização de estudos específicos voltados à análise de painéis de LED segundo os critérios estabelecidos e limitados pela “Lei Times Square”, com foco na avaliação dos impactos do ofuscamento e dos níveis de iluminância tanto na via quanto nas calçadas adjacentes. Essas pesquisas poderiam envolver medições técnicas em campo, simulações computacionais e levantamentos de percepção de usuários, de modo a identificar possíveis riscos ou desconfortos visuais e propor ajustes normativos e de projeto. Essa abordagem ampliaria a compreensão sobre a interação entre a iluminação gerada por elementos publicitários e a infraestrutura luminotécnica pública, fortalecendo a base técnica para uma regulamentação equilibrada e eficaz.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5101:2024 – Iluminação pública: procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

BH - BELO HORIZONTE (Município). **Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural do Município de Belo Horizonte – CDPCM-BH**. Deliberação nº 33/00: Tombamento do Conjunto Urbano Avenida Afonso Pena e Adjacências. *Diário Oficial do Município*, Belo Horizonte, 14 dez. 2000. Disponível em: <http://portal6.pbh.gov.br/dom>. Acesso em: 2 jun. 2025.

BH - BELO HORIZONTE. Belo Horizonte Iluminação Pública – BHIP. **MI-PROJ-01: Manual de Instruções de Projetos de Iluminação Pública**. v.05. Belo Horizonte: BHIP, 2024. 68 p.

BH - BELO HORIZONTE. Lei Nº 11,828/2025. Acrescenta os artigos 186-A, 186-B e 186-C à Lei nº 8.616/03, que “Contém o Código de Posturas do Município de Belo Horizonte”, Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=474766#:~:text=Acrescenta%20os%20artigos%20186%2DA,Art>. Acessado em: 02/06/2025. 2025.

BH - BELO HORIZONTE. Belo Horizonte Iluminação Pública – BHIP. **MI-RTI-05: Manual de Utilização do Sistema Central de Serviços – Projetos de Iluminação Pública**. v.00. Belo Horizonte: BHIP, 2023. 24 p.

BOVOLENTA, J.; BERTOLINI, L. **Eficiência energética e modernização da iluminação pública**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.

ELECTRICAL4U. **Projeto de iluminação pública: layout e cálculos**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.electrical4u.com/road-lighting-design>. Acesso em: 2 jun. 2025.

LUTERLED. **Espectro visível da luz e temperatura de cor**. Disponível em: <https://www.luterled.com.br/>. Acesso em: 2 jun. 2025.

MINIPA. **Luxímetro digital – modelo MLM-1011**. Disponível em: <https://www.minipa.com.br/>. Acesso em: 2 jun. 2025.

PHILIPS. **Iluminação pública – Luminárias LED e catálogos técnicos**. Disponível em: <https://www.philips.com.br/>. Acesso em: 2 jun. 2025.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **BHGeo – Galeria de Mapas**. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/bhgeo/galeria-de-mapas>. Acesso em: 2 jun. 2025