

INFORME TÉCNICO

ANÁLISE DO SEGMENTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA COMO VETOR DE TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS CIDADES

OUTUBRO DE 2026



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



MINISTÉRIO DAS
CIDADES



■ Colaboradores EPE

Presidente

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Ivanoski Teixeira

■ Coordenação-Geral

Superintendente

Carla da Costa Lopes Achão

Superintendente Adjunto

Arnaldo dos Santos Junior

■ Coordenação Executiva

Consultora Técnica II

Camila de Araújo Ferraz

Coordenação Técnica

Natália Gonçalves de Moraes

Equipe Técnica

Bruna Souza Lopes Graça

Giovanna C. R. Pedreira

Marina Torelli R. M. Pereira

Equipe Colaboradora

Allex Yujhi Gomes Yukizaki

Ana Cristina Braga Maia

Gustavo Daou Palladini

Yuri Vandresen Pinto

■ Parceria Institucional

Ministério das Cidades

Ministro de Estado

Antonio Vladimir Moura Lima

Secretária-Executiva

Mirna Quinderé Belmino Chaves

Secretário Nacional de Desenvolvimento

Urbano e Metropolitano

Carlos Roberto Queiroz Tomé Junior

Diretor do Departamento de Adaptação das Cidades à Transição Climática e Transformação

Digital

Yuri Rafael Della Giustina

Coordenador-Geral de Modernização Urbana

Vagner de Carvalho Costa

Equipe técnica

Laura Fonseca Martiniwski

Luiz Paulo de Oliveira Silva

Marina Braga Ramalho

■ Parceiros Executores

CEPIL

UNICAMP

■ Parceiros Colaboradores

ABCIP

ABNT

ANEEL

CASA CIVIL

ENBpar

INMETRO



VALOR PÚBLICO

NESTE ESTUDO, A EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, A EPE, EM PARCERIA COM O MINISTÉRIO DAS CIDADES, ANALISA **A ILUMINAÇÃO PÚBLICA COMO UMA OPORTUNIDADE ESTRATÉGICA** PARA QUE OS MUNICÍPIOS AMPLIEM A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, MODERNIZEM A INFRAESTRUTURA URBANA E IMPULSIONEM A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DAS CIDADES. O ESTUDO REÚNE UMA VISÃO INTEGRADA SOBRE A EVOLUÇÃO REGULATÓRIA DO SETOR, OS AVANÇOS TECNOLÓGICOS, OS MODELOS DE GESTÃO E OS INSTRUMENTOS DE FINANCIAMENTO DISPONÍVEIS, **OFERECENDO AOS GESTORES PÚBLICOS SUBSÍDIOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS PARA ESTRUTURAR PROJETOS** CAPAZES DE REDUZIR CUSTOS OPERACIONAIS, ELEVAR A QUALIDADE DOS SERVIÇOS PRESTADOS À POPULAÇÃO E FORTALECER A SUSTENTABILIDADE DAS ADMINISTRAÇÕES MUNICIPAIS.

ESTA NOTA É FRUTO DE **UMA AMPLA ARTICULAÇÃO INSTITUCIONAL E DO TRABALHO COLABORATIVO ENTRE ORGANIZAÇÕES COM COMPETÊNCIAS COMPLEMENTARES**. O **MINISTÉRIO DAS CIDADES**, CONSIDERANDO SUA ATUAÇÃO E COMPETÊNCIA SETORIAL, EM ÂMBITO FEDERAL, NAS ÁREAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA E TRANSFORMAÇÃO DIGITAL URBANA, APROXIMA A PERSPECTIVA DO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO DOS DESAFIOS E DAS POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO URBANO E DE MODERNIZAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS MUNICIPAIS. A PARTICIPAÇÃO DO **CEPIL** E DA **UNICAMP** COMO PARCEIROS EXECUTORES, SOMADA ÀS CONTRIBUIÇÕES DE **ABCIP, ANEEL, ABNT, CASA CIVIL, ENBPAR E INMETRO**, AGREGA DIFERENTES EXPERIÊNCIAS E PERSPECTIVAS À ANÁLISE.

COMO CONSEQUÊNCIA DESTA CONSTRUÇÃO CONJUNTA, O ESTUDO CONTRIBUI PARA O **FORTALECIMENTO DA CAPACIDADE INSTITUCIONAL DOS MUNICÍPIOS AO CONSOLIDAR INFORMAÇÕES**, REFERÊNCIAS TÉCNICAS, INDICADORES E METODOLOGIAS QUE APOIAM O PLANEJAMENTO, A GESTÃO E A AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA. AO REUNIR, DE FORMA INTEGRADA, ASPECTOS RELACIONADOS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, À TRANSFORMAÇÃO DIGITAL, À GOVERNANÇA, AO FINANCIAMENTO E ÀS MELHORES PRÁTICAS, O ESTUDO REDUZ A ASSIMETRIA DE INFORMAÇÕES, **AMPLIA A BASE TÉCNICA PARA A TOMADA DE DECISÃO** E SUBSIDIA A FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS À MODERNIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA URBANA, À MELHORIA DA QUALIDADE DOS SERVIÇOS PÚBLICOS E AO CUMPRIMENTO DOS **OBJETIVOS NACIONAIS DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E AÇÃO CLIMÁTICA**.





Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário-Executivo

Gustavo Cerqueira Ataíde

Secretária de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Mariana de Assis Espécie



Ministro de Estado

Antonio Vladimir Moura Lima

Secretária-Executiva

Mirna Quinderé Belmino Chaves

Secretário Nacional de Desenvolvimento Urbano e Metropolitano

Carlos Roberto Queiroz Tomé Junior



Presidente

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Ivanoski Teixeira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Reinaldo Da Cruz Garcia

Diretor de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis Interino

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Gestão Corporativa

Carlos Eduardo Cabral Carvalho

<http://www.epe.gov.br>

■ Sumário

Introdução	1
1. Energia, Cidades e Mudanças Climáticas	2
1.1. O Plano Clima Energia e Cidades	2
1.2. Eficiência Energética no Planejamento Energético Brasileiro	5
1.2.1. Contribuições da iluminação pública	5
1.2.2. O olhar estratégico para o futuro	7
1.2.3. Perspectivas para a iluminação pública na próxima década	8
2. Iluminação pública no contexto municipal	9
2.1. A relevância do tema no âmbito municipal	9
2.2. Regulação municipal dos serviços de iluminação pública	10
2.2.1. A integração dos serviços de iluminação pública na estrutura normativa municipal	10
2.2.2. A COSIP e o financiamento dos serviços de iluminação pública	11
2.3. Evolução das atribuições institucionais	13
3. Iluminação Pública como vetor da expansão das tecnologias digitais nas cidades inteligentes	17
3.1. A Tecnologia LED como base da modernização da iluminação pública	18
3.2. Sistema inteligentes, além do LED	19
3.3. Cadeia de Valor da Iluminação Pública	21
3.3.1. Cadeia produtiva e agregação de valor na iluminação pública	21
3.4. Normas Técnicas e Indicadores de Desempenho da Iluminação Pública	23
4. Financiamento da Iluminação Pública nas Cidades	29
4.1. Sustentabilidade financeira da iluminação pública	29
4.1.1. COSIP como principal fonte de receita do setor	29
4.2. Modelos de gestão e operacionalização	31
4.2.1. Gestão direta municipal	32
4.2.2. Empresas de Serviços de Energia (ESCOs)	33
4.2.3. Consórcios intermunicipais	33
4.2.4. Parcerias Público-Privadas (concessões administrativas)	34
4.3. Instrumentos de financiamento da modernização da iluminação pública	35
4.3.1. Financiamento público e crédito subsidiado	36
4.3.2. Programas de eficiência energética	38
4.3.3. Transferências voluntárias e apoio federal	39
4.3.4. Estruturação de projetos e apoio institucional	39
4.3.5. Mercado de capitais e financiamento verde	40
4.4. Governança, interoperabilidade e cidades inteligentes	40
4.5. Orientações dos Tribunais de Contas para a estruturação de projetos	42
4.6. Observações finais	42
5. Casos de sucesso	43
5.1. PORTO ALEGRE/RS	43
5.2. ARACAJU/SE	45
5.3. UNICAMP	48
6. Metodologias para cálculo dos potenciais de eficiência energética na iluminação pública ..	50
7. Conclusão e Recomendações	55
7.1. Principais contribuições e construção institucional do Informe	55
7.2. Recomendações para políticas públicas	57
7.3. Lacunas e desafios para o avanço do setor	57
7.4. Agenda para estudos e ações futuras	58
7.5. Síntese estratégica e mensagem final	59
Apêndices	61

A.	Contribuições para o aprimoramento das políticas públicas de iluminação pública	61
B.	Indicadores de eficiência energética e multimodais para iluminação pública.....	61
B.1	Indicadores energéticos.....	61
B.2	Indicadores luminotécnicos e de conformidade	62
B.3	Indicadores operacionais.....	62
B.4	Indicadores econômico-financeiros	63
B.5	Indicadores ambientais.....	63
C.	Guia de capacitação para gestores e equipes técnicas municipais	64
D.	Avaliação de Desempenho e Custeio da COSIP	64
	Referências bibliográficas.....	64

■ Lista de Tabelas

Tabela 1.	Desagregação das metas setoriais para 2030 e 2035 nas principais categorias para escopo ampliado do Plano Setorial de Energia, incluindo categoriais compartilhadas	3
Tabela 2.	Configuração das Margens de Valor da Cadeia Produtiva da iluminação pública.....	22
Tabela 3.	Modelos de gestão e operacionalização da iluminação pública no Brasil.....	32

■ Lista de Figuras

Figura 1. Trajetória de Mitigação e Metas da Atual NDC Brasileira	2
Figura 2. Trajetória de meta setorial para o setor de cidades até 2035.....	3
Figura 3. Relação potencial entre os ODS (ONU) e o serviço de iluminação pública.	4
Figura 4. Consumo de energia elétrica por setor no Brasil em 2025.	5
Figura 5. Consumo final energético por segmento no setor de serviços.	6
Figura 6. Evolução do consumo de energia elétrica da iluminação pública por região do Brasil.	6
Figura 7. Distribuição do consumo final por segmento em 2035 (%): Setores comercial e público	8
Figura 8. Iluminação Pública no Brasil: quatro números que justificam a agenda.....	10
Figura 9. Regulamentação da COSIP e transformação digital das cidades.....	11
Figura 10. Atribuições institucionais a partir da evolução regulatória de IP.	15
Figura 11. Principais transformações institucionais da iluminação pública no Brasil.	16
Figura 12. Da iluminação convencional ao poste multifuncional inteligente: gerações da infraestrutura pública.....	17
Figura 13. Princípio de funcionamento do LED – Eletroluminescência.....	18
Figura 14. Feixe Luminoso LED X Refletores.	18
Figura 15. Ecossistema do Poste Inteligente.	20
Figura 16. Síntese dos principais requisitos da ABNT NBR 5101:2024.	25
Figura 17. Arrecadação da COSIP pelos municípios e distribuição regional da receita da COSIP.	Erro!
Indicador não definido.	
Figura 18. Ciclo de sustentabilidade financeira: a economia gerada pelo LED reinvestida na expansão digital urbana.	31
Figura 19. Exemplos de sistemas financiados pela COSIP.	31
Figura 20. PPPs em iluminação pública: quantidade de contratos, pontos de iluminação e valores contratados (dados consolidados até 2025).....	34
Figura 21. Síntese de instrumentos de financiamento da modernização da iluminação pública	36
Figura 22. Financiamentos do BNDES em projetos que contemplam iluminação pública. *Valores não exclusivamente aportados em IP.....	37
Figura 23. Projetos do PEE em iluminação pública: investimentos, número de projetos e economia de energia.	39
Figura 24. Ciclo Virtuoso: Capacitação, Governança e Qualidade de Vida em IP.....	41
Figura 25. Imagem de satélite demonstrando os pontos de IP modernizados (a) e Painel do Centro de Controle com os pontos de IP mapeados da cidade de Porto Alegre/RS (b)	44
Figura 26. Vista aérea noturna da Orla do Guaíba atualmente.....	45
Figura 27. - Redução no consumo de energia em Aracaju.	46
Figura 28. Orla de Aracaju.....	47
Figura 29. Vista aérea do campus da UNICAMP onde foi implementado o projeto	49
Figura 30. Metodologias para Estimativa do Potencial de Eficiência Energética na Iluminação Pública...	51
Figura 31. Insumos necessários para modelagem da eficiência energética por ator	54

Introdução

A transição energética e o enfrentamento das mudanças climáticas figuram entre os principais desafios das políticas públicas contemporâneas. Nesse contexto, a eficiência energética ocupa posição estratégica por representar uma das alternativas mais custo-efetivas para reduzir o consumo de energia, mitigar emissões de gases de efeito estufa e aumentar a produtividade dos sistemas urbanos (IEA, 2024; IPCC, 2023). Em um país cada vez mais urbanizado, as cidades assumem papel central nessa agenda, concentrando parcela significativa da demanda energética e das oportunidades de modernização da infraestrutura (UN-HABITAT, 2024).

Entre as diversas iniciativas de eficiência energética disponíveis aos municípios brasileiros, a iluminação pública destaca-se pelo elevado potencial de geração de benefícios energéticos, econômicos e ambientais. A modernização dos parques de iluminação por meio da adoção de tecnologia LED tem proporcionado reduções expressivas no consumo de energia elétrica e nos custos de operação e manutenção, contribuindo para a melhoria da qualidade dos serviços públicos e para o alcance dos objetivos nacionais relacionados à sustentabilidade e à ação climática (EPE, 2026a).

Ao mesmo tempo, a evolução tecnológica vem ampliando o papel da iluminação pública para além de sua função tradicional. A incorporação de sistemas de telegestão, sensores, conectividade e plataformas digitais transforma a rede de iluminação em uma infraestrutura estratégica para a gestão urbana, capaz de apoiar aplicações relacionadas à mobilidade, segurança, monitoramento ambiental e prestação de serviços digitais. Nesse sentido, a iluminação pública consolida-se como uma das principais portas de entrada para a transformação digital das cidades brasileiras (EPE, 2026a).

Nos últimos anos, o setor tem sido impulsionado por avanços regulatórios, expansão dos mecanismos de financiamento e crescente participação de modelos de concessão e parcerias público-privadas. Esse movimento tem acelerado a modernização dos parques de iluminação e ampliado o reconhecimento da infraestrutura de iluminação pública como instrumento relevante para a eficiência energética, a resiliência urbana e o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2025d).

Apesar desses avanços, ainda persistem desafios relacionados à disponibilidade, padronização e integração das informações sobre o setor. Dados referentes ao nível de modernização dos parques, à adoção de sistemas inteligentes, aos ganhos energéticos obtidos e aos impactos associados à redução de emissões permanecem dispersos entre diferentes agentes públicos e privados, dificultando a construção de diagnósticos nacionais consistentes e a avaliação dos resultados alcançados.

Nesse contexto, torna-se cada vez mais relevante o fortalecimento de mecanismos de monitoramento e produção de conhecimento capazes de subsidiar o planejamento energético e urbano. A consolidação de bases de dados, indicadores e metodologias de acompanhamento permitirá quantificar de forma mais precisa os benefícios energéticos, econômicos, ambientais e sociais decorrentes da modernização da iluminação pública, contribuindo para o aprimoramento das políticas públicas e para a integração dessa infraestrutura às estratégias nacionais de transição energética e ação climática (EPE, 2025a).

Diante desse cenário, a presente Nota Técnica apresenta uma visão abrangente sobre a iluminação pública no Brasil, abordando sua evolução regulatória, os avanços tecnológicos associados à eficiência energética e às cidades inteligentes, os principais mecanismos de financiamento disponíveis e os desafios relacionados à governança e à produção de dados. O documento busca contribuir para o fortalecimento do debate técnico e para a construção de uma visão estratégica sobre o papel da iluminação pública na transformação energética e digital dos municípios brasileiros.

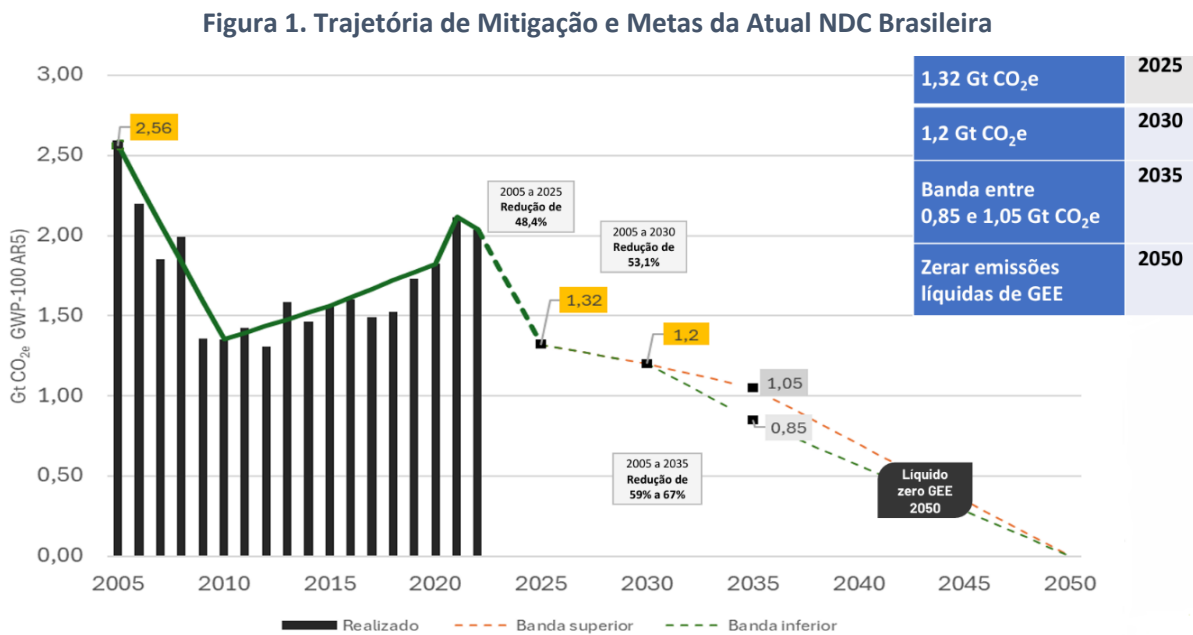
1. Energia, Cidades e Mudanças Climáticas

1.1. O Plano Clima Energia e Cidades

A relação entre energia e cidades é marcada por profunda interdependência. As cidades dependem da energia para sustentar suas atividades econômicas, os serviços públicos, a mobilidade e a infraestrutura urbana. Ao mesmo tempo, é no território urbano que se concentra a maior parcela da demanda energética nacional e onde se materializam grande parte dos desafios relacionados à transição energética e à descarbonização da economia (UN-HABITAT, 2024).

No contexto da crise climática, o Brasil estruturou sua estratégia nacional de mitigação por meio do Plano Clima, organizada em diferentes planos setoriais, entre os quais se destacam os setores Energia e Cidades. Esses instrumentos estabelecem diretrizes para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE), a ampliação da eficiência energética, a expansão das fontes renováveis e a promoção de cidades resilientes e sustentáveis (BRASIL, 2025a; BRASIL, 2025b).

O compromisso brasileiro no âmbito da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) prevê o alcance da neutralidade climática até 2050. **Para 2035, a meta nacional estabelece a redução das emissões líquidas para uma faixa entre 0,85 GtCO₂e e 1,05 GtCO₂e**, representando uma redução entre 59% e 67% em relação aos níveis de 2005 (BRASIL, 2025a).



Fonte: BRASIL (2025a).

Nesse contexto, o setor de energia assume caráter transversal e estratégico, uma vez que suas políticas influenciam diretamente a trajetória de emissões dos demais setores econômicos. Em 2024, as emissões líquidas relacionadas à produção e ao uso final de energia alcançaram aproximadamente 424 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂e), correspondendo a cerca de **20% das emissões nacionais**. Historicamente, cerca de 80% das emissões do setor energético decorrem do uso final da energia, com destaque para o transporte e a mobilidade urbana. Em 2022, somente o setor de transportes respondeu por aproximadamente 216 MtCO₂e, equivalentes a 60% das emissões do setor de energia e a cerca de 10% das emissões totais do país. Já as emissões associadas à produção de energia — incluindo geração elétrica, refino e emissões fugitivas — corresponderam aos 20% restantes (SEEG, 2024; BRASIL, 2025a).

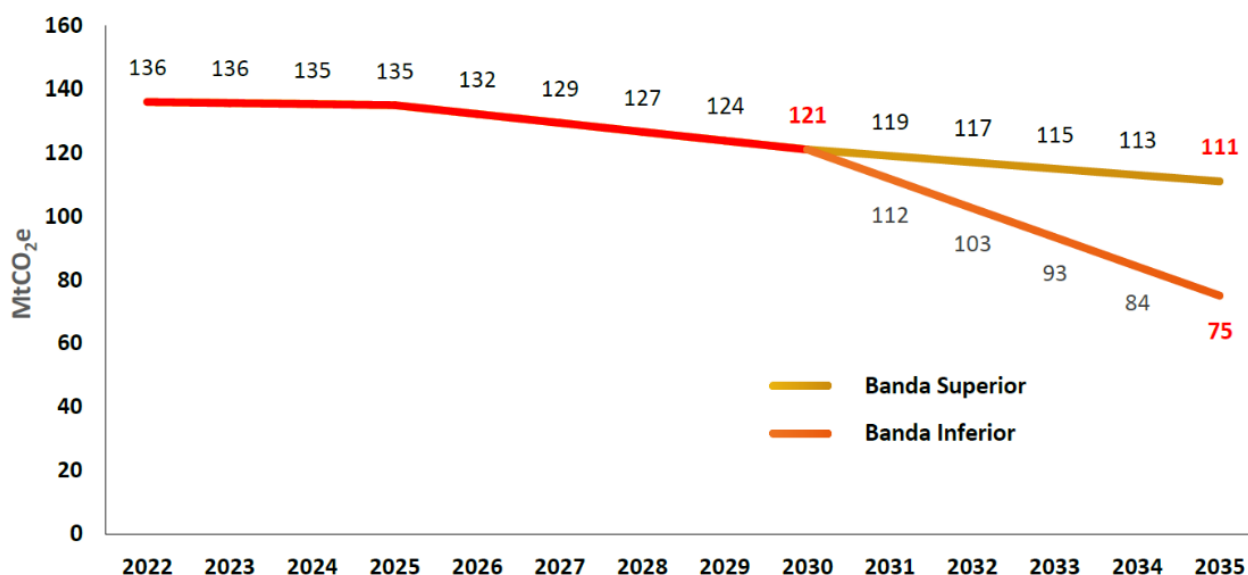
Tabela 1. Desagregação das metas setoriais para 2030 e 2035 nas principais categorias para escopo ampliado do Plano Setorial de Energia, incluindo categoriais compartilhadas

Energia	Total em 2022 (MtCO ₂ e)	Meta 2030 (MtCO ₂ e)	Variação 2030/2022 (%)	Meta 2035 (MtCO ₂ e)		Variação 2035/2022 (%)	
				Inferior	Superior	Inferior	Superior
Energia - Produção de Energia	80	106	33%	81	115	1%	44%
Transportes	116	126	9%	107	134	- 8%	16%
Cidades - Mobilidade Urbana	100	99	- 1%	58	94	- 42%	- 6%
Cidades - Edificações	30	19	- 37%	18	18	- 42%	- 41%
Indústria - Queima de combustíveis	71	73	3%	73	93	3%	31%
Agricultura e Pecuária – Queima de combustíveis	21	21	0%	17	19	- 19%	- 10%
Total	418	444	6%	354	473	- 15%	13%

Fonte: BRASIL (2025a).

As cidades ocupam posição central nesse processo. Atualmente, 87,4% da população brasileira reside em áreas urbanas, onde se concentram emissões associadas ao transporte, edificações, resíduos sólidos e infraestrutura urbana. Em 2022, **as emissões atribuídas ao setor de cidades totalizaram 136 MtCO₂e**. O Plano Clima Cidades estabelece a meta de reduzir esse volume para **121 MtCO₂e até 2030 e para uma faixa entre 75 MtCO₂e e 111 MtCO₂e até 2035**, consolidando o papel das prefeituras e do planejamento urbano na efetivação da ação climática nacional (BRASIL, 2026d).

Figura 2. Trajetória de meta setorial para o setor de cidades até 2035.



Fonte: BRASIL (2026d).

A convergência entre os Planos Clima Energia e Cidades evidencia a importância do chamado **federalismo climático**, no qual a União define diretrizes nacionais, enquanto estados e municípios assumem papel decisivo na implementação local das políticas de mobilidade, eficiência energética, planejamento urbano e infraestrutura sustentável.

Entre as metas estratégicas associadas à integração entre energia e cidades, destacam-se:

- redução de 15 MtCO₂e nas emissões do setor de cidades até 2030;
- ampliação da participação de veículos movidos a energias renováveis na frota de transporte público coletivo para, no mínimo, 35% até 2035;
- construção de três milhões de unidades habitacionais com soluções de baixo carbono e eficiência energética no âmbito do programa Minha Casa, Minha Vida;
- aumento dos ganhos de eficiência energética em edificações entre 5% e 6,3% até 2035;
- expansão da geração distribuída e das edificações Net Zero Energy;
- ampliação do uso de biometano e outros vetores energéticos sustentáveis.

Assim, a integração entre planejamento energético, política climática e gestão urbana configura elemento essencial para a trajetória brasileira rumo à neutralidade climática. Cabe ressaltar, ainda, que a agenda climática deve ser implementada em consonância com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Entre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) estabelece, por meio da meta 7.3, o compromisso de dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética até 2030, tomando como referência a intensidade energética da economia. Além do ODS 7, outros objetivos apresentam relação direta ou indireta com a iluminação pública, conforme ilustrado na Figura 3 (UNITED NATIONS, 2015).

Figura 3. Relação potencial entre os ODS (ONU) e o serviço de iluminação pública.



Fonte: Elaboração própria a partir de UNITED NATIONS (2015).

No Brasil, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) contribui para o monitoramento do ODS 7 por meio da elaboração do Balanço Energético Nacional (BEN), utilizado como uma das principais bases para a construção do indicador nacional de eficiência energética em articulação com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Paralelamente, a Empresa desenvolve estudos voltados ao aperfeiçoamento de indicadores capazes de representar, de forma mais abrangente, os avanços da eficiência energética nos diferentes setores da economia brasileira, fortalecendo a produção de evidências para o planejamento energético e para a formulação de políticas públicas (EPE, 2025c; BRASIL, 2026b).

1.2. Eficiência Energética no Planejamento Energético Brasileiro

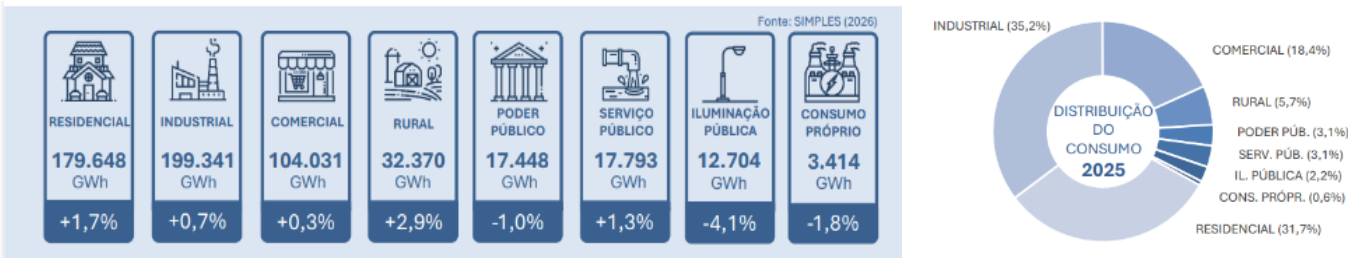
1.2.1. Contribuições da iluminação pública

A eficiência energética consolidou-se como um dos principais instrumentos do planejamento energético brasileiro, contribuindo simultaneamente para a redução do consumo de energia, o fortalecimento da segurança energética, o aumento da competitividade da economia e o cumprimento dos compromissos climáticos assumidos pelo país. Assim, compreender sua evolução histórica e suas perspectivas futuras é fundamental para avaliar o papel estratégico de setores como a iluminação pública.

A evolução recente do consumo de energia elétrica da iluminação pública pode ser observada por meio do **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) desde 2005, que consolida informações oficiais sobre o mercado brasileiro de eletricidade. Segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2026, o consumo nacional de energia elétrica atingiu 566,7 TWh em 2025, representando crescimento de aproximadamente 0,9% em relação ao ano anterior. No mesmo período, **a classe de iluminação pública consumiu 12.704 GWh, correspondentes a cerca de 2,2% do consumo nacional de eletricidade**. Apesar do aumento do número de unidades consumidoras, observou-se redução de 4,1% no consumo desse segmento em comparação com 2024 (EPE, 2026a).

A redução do consumo de energia elétrica e da participação relativa da iluminação pública no consumo nacional evidencia os resultados positivos do processo de modernização dos parques de iluminação, especialmente pela substituição de tecnologias convencionais por luminárias LED, caracterizadas por maior eficiência energética, maior vida útil e menores custos de operação e manutenção (EPE, 2026a).

Figura 4. Consumo de energia elétrica por setor no Brasil em 2025.

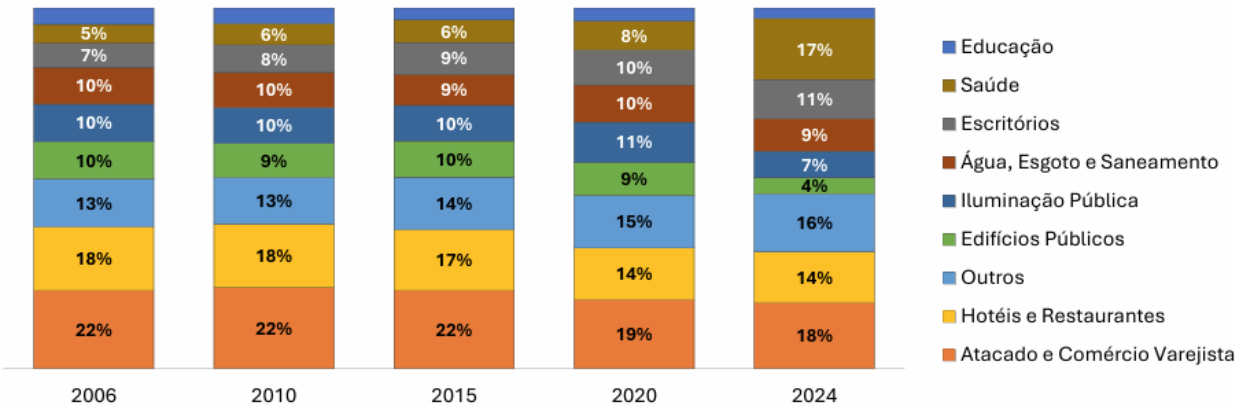


Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2026a).

Uma visão complementar desse processo pode ser obtida por meio do **Atlas Brasileiro de Eficiência Energética**, desenvolvido pela EPE para acompanhar a evolução da eficiência energética nos diversos segmentos da economia nacional. O Atlas reúne indicadores históricos de consumo energético e permite avaliar a contribuição relativa de diferentes usos finais da energia, incluindo a iluminação pública inserida no setor de serviços (EPE, 2025a).

Os dados do Atlas demonstram que a participação da iluminação pública no consumo final de energia do setor de serviços reduziu-se de aproximadamente **10% para 7%** entre 2006 e 2024 (Figura 5), evidenciando os avanços obtidos ao longo das últimas duas décadas em decorrência da modernização tecnológica dos sistemas municipais de iluminação (EPE, 2025a).

Figura 5. Consumo final energético por segmento no setor de serviços.



Fonte: EPE (2025a).

A redução observada ao longo do período revela não apenas os resultados alcançados até o momento, mas também a existência de um potencial adicional de economia de energia. Isso porque parte significativa dos municípios brasileiros ainda não concluiu seus processos de modernização, indicando a possibilidade de novos ganhos de eficiência à medida que tecnologias mais avançadas continuam sendo incorporadas aos parques de iluminação pública.

Sob a perspectiva territorial, os dados do **Anuário Estatístico de Energia Elétrica** demonstram que o consumo destinado à iluminação pública apresenta forte concentração nas regiões Sudeste e Nordeste, que, em conjunto, respondem por aproximadamente **65%** do consumo nacional desse segmento. Entre os estados brasileiros, São Paulo registra o maior consumo absoluto de energia elétrica destinado à iluminação pública (EPE, 2026a).

Figura 6. Evolução do consumo de energia elétrica da iluminação pública por região do Brasil.



Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2026a).

Os avanços observados ao longo dos últimos anos demonstram porque a eficiência energética ocupa posição estratégica no planejamento energético nacional e na modernização dos serviços públicos municipais. A capacidade de reduzir o consumo de energia sem comprometer a qualidade dos serviços prestados e, na grande maioria dos casos, inclusive, contribuindo para aprimorá-los, fortalece a segurança energética, reduz custos operacionais, contribui para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa

e reforça o papel da iluminação pública como componente relevante da transição energética brasileira (EPE, 2026a; IEA, 2024).

Em conjunto, os resultados apresentados pelo Anuário Estatístico de Energia Elétrica e pelo Atlas Brasileiro de Eficiência Energética demonstram que a iluminação pública constitui um dos segmentos mais promissores para a ampliação da eficiência energética no âmbito municipal. Além da redução do consumo de eletricidade, a modernização dos parques luminotécnicos cria condições para a incorporação de sistemas de telegestão, conectividade e sensoriamento urbano, ampliando o papel da infraestrutura de iluminação como plataforma para a digitalização das cidades. Dessa forma, os investimentos em iluminação pública transcendem os ganhos energéticos, contribuindo também para a melhoria da gestão urbana, da qualidade dos serviços públicos e da construção de cidades mais inteligentes, resilientes e sustentáveis.

1.2.2. O olhar estratégico para o futuro

A eficiência energética ocupa posição estratégica no planejamento energético brasileiro de médio e longo prazo, sendo reconhecida como um dos principais instrumentos para promover a segurança energética, aumentar a competitividade da economia e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Essa diretriz está refletida no **Plano Plurianual (PPA) 2024–2027**, principal instrumento de planejamento governamental de médio prazo, responsável por estabelecer as prioridades, objetivos e metas da administração pública federal para o período (BRASIL, 2024c).

O PPA estrutura-se em três eixos estratégicos: (i) desenvolvimento social e garantia de direitos; (ii) desenvolvimento econômico e sustentabilidade socioambiental e climática; e (iii) defesa da democracia, reconstrução do Estado e soberania. A eficiência energética integra o segundo eixo, que contempla ações voltadas ao fortalecimento da segurança energética nacional, à ampliação da participação das fontes renováveis e à promoção do uso racional da energia como elemento fundamental para o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2024c).

No horizonte de longo prazo, a eficiência energética consolida-se como um dos pilares da transição energética brasileira. Nesse contexto, destaca-se a elaboração do **Plano Nacional de Transição Energética (PLANTE)**, instrumento concebido para orientar a implementação da **Política Nacional de Transição Energética** e fortalecer a coordenação entre as políticas públicas voltadas à descarbonização da economia, à segurança energética e ao aumento da competitividade do país (BRASIL, 2025c). Elaborado com base nos cenários e diretrizes do **Plano Decenal de Expansão de Energia 2035 (PDE 2035)** e pelo **Plano Nacional de Energia 2055 (PNE 2055)**, o PLANTE assegura a integração entre o planejamento de médio e longo prazo e reforça a articulação entre planejamento energético, desenvolvimento industrial, inovação tecnológica e políticas urbanas (BRASIL, 2024a; EPE, 2026b; EPE, 2026c).

Nesse contexto, a eficiência energética é reconhecida como uma das soluções de menor custo e maior potencial para apoiar a descarbonização da economia brasileira, ao lado de vetores tecnológicos e outras fontes energéticas como os biocombustíveis, o hidrogênio de baixa emissão de carbono e os sistemas de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS). Sua principal contribuição consiste em reduzir o consumo de energia e as emissões associadas sem comprometer a qualidade dos serviços prestados à população, ampliando simultaneamente a competitividade da economia nacional (BRASIL, 2025a; IEA, 2024).

Sob essa perspectiva, a iluminação pública representa uma oportunidade concreta para materializar, no âmbito municipal, os princípios da eficiência energética estabelecidos pelo planejamento energético brasileiro, combinando redução do consumo de eletricidade, modernização da infraestrutura

urbana, melhoria da qualidade da iluminação pública, e criação de uma plataforma para a digitalização dos serviços prestados à população.

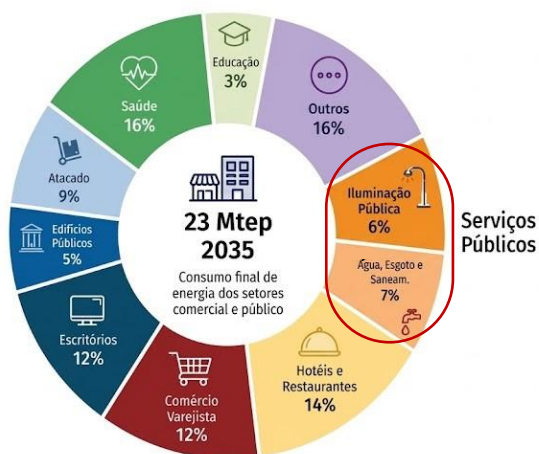
1.2.3. Perspectivas para a iluminação pública na próxima década

As perspectivas para a próxima década reforçam o papel estratégico da eficiência energética no planejamento do setor elétrico brasileiro. Segundo o **Plano Decenal de Expansão de Energia 2035 (PDE 2035)**, os **ganhos acumulados de eficiência elétrica** deverão atingir aproximadamente **53 TWh** no horizonte decenal. Desse total, cerca de **27%** estão associados ao setor de serviços — segmento que engloba os serviços públicos, incluindo a iluminação pública — evidenciando sua elevada contribuição para o potencial nacional de conservação de energia (EPE, 2026b).

As projeções do PDE 2035 indicam ainda que, **em 2035, o consumo final de energia dos setores comercial e público** deverá alcançar aproximadamente **23 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep)**. Nesse cenário, **a participação da iluminação pública deverá reduzir-se para cerca de 6%** do consumo energético desses setores, em comparação aos 7% registrados em 2024, refletindo a continuidade do processo de modernização tecnológica dos parques municipais de iluminação e a crescente adoção de equipamentos mais eficientes (EPE, 2026b).

Essa tendência decorre da combinação de diferentes fatores estruturantes, entre os quais se destacam a substituição progressiva das tecnologias convencionais por luminárias LED de maior desempenho, a expansão dos sistemas de telegestão, a adoção de soluções de controle inteligente e a implementação dos requisitos mínimos de eficiência energética estabelecidos pela regulamentação nacional. Em conjunto, esses fatores deverão ampliar os ganhos energéticos, reduzir custos operacionais, elevar a confiabilidade dos sistemas de iluminação pública e contribuir para uma gestão mais eficiente da infraestrutura urbana (EPE, 2026b; INMETRO, 2022; ABNT, 2024a).

Figura 7. Distribuição do consumo final por segmento em 2035 (%): Setores comercial e público



Em 2024

A participação da Iluminação Pública correspondeu a

7%

Em 2035

O indicativo do PDE é de reduzir esta participação para

6%

Fonte: EPE (2026b).

Embora a economia de energia constitua um dos principais resultados esperados da modernização dos parques de iluminação pública, seus benefícios extrapolam a oferta de luz e a dimensão energética. Diante da capilaridade desse serviço, a incorporação de tecnologias digitais transforma essa infraestrutura em uma plataforma capaz de apoiar aplicações relacionadas à gestão urbana, à segurança pública, à mobilidade, ao monitoramento ambiental e à oferta de serviços inteligentes à população. Dessa forma, a iluminação pública passa a desempenhar papel estratégico não apenas na eficiência energética, mas também na transformação digital e no fortalecimento da resiliência das cidades brasileiras. Esses aspectos serão discutidos na seção seguinte.

2. Iluminação pública no contexto municipal

2.1. A relevância do tema no âmbito municipal

A modernização da iluminação pública vem adquirindo crescente relevância no contexto da transição energética, da sustentabilidade urbana e da transformação digital dos municípios brasileiros. A iluminação pública reúne características singulares por combinar elevado potencial de eficiência energética, ampla capilaridade territorial, forte impacto fiscal sobre as administrações municipais e crescente relevância como infraestrutura estratégica para a digitalização, a resiliência urbana e a prestação de serviços públicos inteligentes (BRASIL, 2021; UN-HABITAT, 2024).

Como destacado no Capítulo 1, a iluminação pública tem apresentado ganhos expressivos de eficiência energética em âmbito nacional, registrando **redução de 4,1% no consumo de energia elétrica** em 2025, mesmo diante do aumento do número de unidades consumidoras (EPE, 2026a). Esse comportamento evidencia um processo de desacoplamento entre a expansão do serviço e o consumo de energia, resultado da modernização dos parques de iluminação e da incorporação de tecnologias mais eficientes. Além disso, a tendência de redução observada nos últimos anos reforça o expressivo potencial de eficiência energética ainda existente no universo dos municípios brasileiros, muitos dos quais permanecem com parques de iluminação parcialmente obsoletos ou tecnologicamente defasados (EPE, 2025b; EPE, 2026a).

A relevância da iluminação pública também decorre de sua elevada capilaridade territorial. Segundo dados da Associação Brasileira das Concessionárias de Iluminação Pública (ABCIP), **a iluminação pública está presente em aproximadamente 94% das localidades habitadas do país**, constituindo uma das infraestruturas urbanas mais disseminadas no território nacional (ABCIP, 2025). Essa ampla presença faz da rede de iluminação uma plataforma privilegiada para implementação de políticas públicas urbanas, alcançando desde grandes centros metropolitanos até municípios de pequeno porte e regiões periféricas.

Essa capilaridade amplia significativamente o potencial da iluminação pública como vetor de transformação digital das cidades. A infraestrutura instalada pode servir de suporte para sensores, sistemas de telegestão, monitoramento remoto, telecomunicações, conectividade, Internet das Coisas (IoT) e outras soluções associadas às chamadas cidades inteligentes. Essa abordagem está alinhada aos princípios da **Carta Brasileira para Cidades Inteligentes**, que reconhece a necessidade de integração entre infraestrutura urbana, transformação digital, sustentabilidade e melhoria da qualidade dos serviços públicos (BRASIL, 2021). Dessa forma, os postes e redes de iluminação deixam de exercer apenas a função de iluminação urbana e passam a integrar uma infraestrutura multifuncional capaz de apoiar serviços digitais e aprimorar a gestão urbana.

Ao mesmo tempo, a iluminação pública possui forte impacto fiscal sobre os municípios brasileiros. Estudos do Banco Interamericano de Desenvolvimento indicam que os gastos com iluminação pública comprometem entre **3% e 5% dos orçamentos municipais**, representando uma das principais despesas de custeio das administrações locais (Echevarría et al, 2023). Sob essa perspectiva, os investimentos em modernização da iluminação pública produzem benefícios que extrapolam a redução do consumo de energia, contribuindo para o **equilíbrio fiscal dos municípios, a qualificação dos serviços urbanos e o fortalecimento da capacidade de investimento** das administrações públicas.

Além dos benefícios econômicos e energéticos, a iluminação pública vem sendo progressivamente reconhecida como uma infraestrutura urbana crítica, capaz de apoiar políticas públicas relacionadas à segurança cidadã, mobilidade urbana, monitoramento ambiental, conectividade e adaptação às mudanças climáticas. Essa visão integrada é compatível com recomendações internacionais voltadas ao desenvolvimento urbano sustentável, que destacam a importância de infraestruturas resilientes,

inteligentes e interoperáveis para o enfrentamento dos desafios das cidades contemporâneas (UN-HABITAT, 2024; OECD, 2020).

Figura 8. Iluminação Pública no Brasil: números que justificam a agenda.



Fonte: EPE/ANEEL (2026a); ABCIP (2025); Echevarría et al (2023).

2.2. Regulação municipal dos serviços de iluminação pública

2.2.1. A integração dos serviços de iluminação pública na estrutura normativa municipal

Os serviços de iluminação pública (IP) constituem um setor estratégico para o planejamento energético, o desenvolvimento urbano e a gestão municipal no contexto brasileiro. As Resoluções Normativas nº 414/2010 e nº 1.000/2021 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) consolidaram o entendimento de que a gestão dos ativos de iluminação pública é de responsabilidade dos municípios, em consonância com o disposto no art. 30 da Constituição da República Federativa do Brasil, que atribui aos entes municipais a competência para legislar sobre assuntos de interesse local e organizar a prestação dos serviços públicos de sua responsabilidade (BRASIL, 1988; ANEEL, 2010; ANEEL, 2021).

A busca pela modernização e pela eficiência dos serviços de iluminação pública revela a existência de um ecossistema legislativo e normativo amplo e complexo, que exige coordenação institucional, integração entre políticas públicas e aprimoramento permanente da governança para assegurar a prestação de um serviço público eficiente, seguro e alinhado às estratégias de desenvolvimento urbano sustentável.

Esse arcabouço regulatório extrapola a esfera do setor elétrico e passa a dialogar diretamente com os instrumentos de planejamento urbano, desenvolvimento territorial, política climática, transformação digital e gestão fiscal dos municípios, refletindo o caráter transversal assumido pela iluminação pública nas cidades contemporâneas (BRASIL, 2001; BRASIL, 2021).

Inicialmente, essa coordenação deve apoiar-se na Lei Orgânica do Município (LOM), no Código Tributário Municipal e na legislação aplicável às contratações públicas, abrangendo a Lei nº 14.133/2021 (Nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos) e, quando aplicável, a Lei nº 11.079/2004 (Lei das Parcerias Público-Privadas), além das normas que disciplinam concessões e demais instrumentos de delegação de serviços públicos (BRASIL, 2004; BRASIL, 2021). Também integram esse conjunto normativo as disposições relativas à organização administrativa municipal e à definição das competências dos órgãos responsáveis pela gestão da iluminação pública.

A estrutura de governança, financiamento e conformidade jurídica que sustenta a gestão da iluminação pública deve dialogar diretamente com os instrumentos de planejamento urbano, especialmente os Planos Diretores Municipais, as legislações de parcelamento, uso e ocupação do solo e os instrumentos previstos no Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), responsável por estabelecer as diretrizes gerais da política urbana brasileira (BRASIL, 2001).

Nesse contexto, observa-se também a crescente elaboração dos **Planos Diretores de Iluminação Pública (PDIP)**, instrumentos que vêm sendo utilizados por diversos municípios para orientar investimentos, definir padrões técnicos, estabelecer critérios de eficiência energética e integrar a iluminação pública às políticas de mobilidade urbana, segurança pública, acessibilidade, sustentabilidade ambiental e transformação digital.

O arcabouço normativo da iluminação pública deve considerar igualmente sua relação com a ação climática local, a proteção da sociobiodiversidade e a promoção do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, aspectos refletidos em políticas e planos municipais de meio ambiente, adaptação às mudanças climáticas e proteção e defesa civil.

Essa integração encontra respaldo tanto na Carta Brasileira para Cidades Inteligentes quanto na Portaria MCID nº 1.012/2025, que orientam os municípios a estruturarem estratégias de transformação digital urbana articuladas ao planejamento territorial, à sustentabilidade, à resiliência climática e à melhoria da prestação dos serviços públicos (BRASIL, 2021; BRASIL, 2025d).

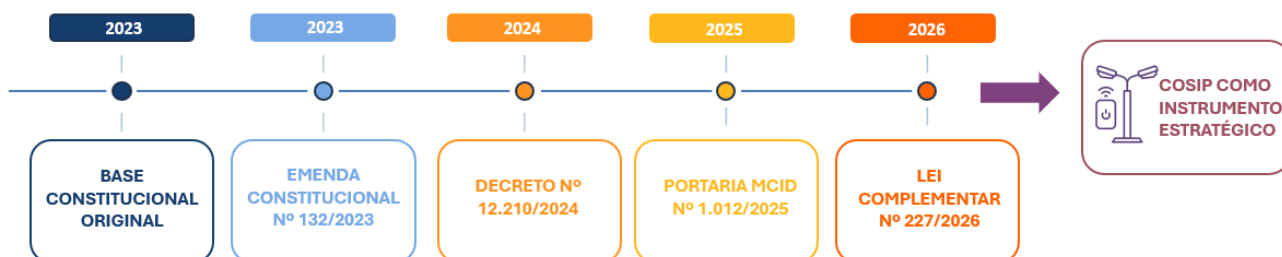
2.2.2. A COSIP e o financiamento dos serviços de iluminação pública

No Brasil, o financiamento da iluminação pública é realizado por meio da **Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP)**, prevista no artigo 149-A da Constituição Federal e instituída por legislação municipal (BRASIL, 1988). Trata-se de uma contribuição de natureza especial, usualmente arrecadada nas faturas de energia elétrica, cuja destinação, originalmente, restringia-se ao custeio e à manutenção dos sistemas de iluminação pública.

Com o avanço dos projetos de modernização da iluminação pública e a ampliação da utilização de tecnologias associadas à eficiência energética, à conectividade e às cidades inteligentes, surgiu a necessidade de revisão do escopo jurídico da COSIP, de forma a compatibilizar sua utilização com as novas funções exercidas pela infraestrutura luminotécnica urbana.

O conjunto normativo, cuja evolução pode ser observada na Figura 9, evidencia a consolidação da iluminação pública como infraestrutura estratégica para políticas de eficiência energética, segurança urbana, conectividade e transformação digital das cidades brasileiras.

Figura 9. Regulamentação da COSIP e transformação digital das cidades.



Fonte: Elaboração própria.

Nesse contexto, a Emenda Constitucional nº 132/2023 promoveu alteração estrutural no artigo 149-A da Constituição Federal, ampliando as possibilidades de utilização dos recursos arrecadados pela COSIP (BRASIL, 2023). A nova redação passou a autorizar expressamente a aplicação da contribuição não apenas no custeio, mas também na expansão e melhoria do serviço de iluminação pública e de sistemas de monitoramento voltados à segurança e à preservação de logradouros públicos, incorporando soluções como conectividade, centros de controle e telegestão.

A alteração constitucional consolidou juridicamente o entendimento de que a infraestrutura de iluminação pública pode atuar como plataforma de suporte à transformação digital urbana, permitindo a integração de soluções tecnológicas associadas à conectividade, ao monitoramento e à gestão inteligente das cidades.

Posteriormente, a regulamentação infraconstitucional do novo modelo foi promovida pela Lei Complementar nº 227, de 13 de janeiro de 2026, que inseriu o artigo 82-A na Lei nº 5.172/1966 (Código Tributário Nacional), conferindo maior segurança jurídica à aplicação ampliada da COSIP (BRASIL, 2026a).

A vinculação constitucional da receita e sua regulamentação infraconstitucional fortaleceram a COSIP como instrumento de financiamento estável e previsível para projetos de modernização urbana, especialmente aqueles estruturados por meio de contratos de longo prazo e parcerias com a iniciativa privada.

Para que a COSIP produza plenamente seus efeitos, **é indispensável que o município a institua por meio de legislação específica**, definindo com clareza suas hipóteses de incidência, critérios de cobrança, destinação dos recursos e mecanismos de controle, observando os limites estabelecidos pela Constituição Federal, pelo Código Tributário Nacional e pela legislação infraconstitucional vigente (BRASIL, 1966; BRASIL, 1988).

Além disso, é importante que os municípios mantenham atualizados os contratos celebrados com as distribuidoras de energia elétrica responsáveis pela arrecadação da COSIP nas faturas de consumo, conforme previsto na Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021 (ANEEL, 2021), assegurando maior segurança jurídica, transparência e regularidade na arrecadação dos recursos.

Paralelamente à evolução tributária e financeira da COSIP, o Governo Federal passou a estruturar um marco regulatório voltado à transformação digital das cidades brasileiras. Nesse sentido, o Decreto nº 12.210, de 3 de outubro de 2024 incluiu os projetos de cidades inteligentes no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos (PPI) da Presidência da República, evidenciando o reconhecimento da **transformação digital urbana como agenda estratégica para o desenvolvimento nacional** (BRASIL, 2024b).

Na sequência, o Ministério das Cidades publicou a Portaria MCID nº 1.012, de 4 de setembro de 2025, fruto de um trabalho colaborativo que contou com a participação de outros 10 Ministérios e 9 entidades, entre as quais representantes dos municípios e bancos de desenvolvimento, estabelecendo diretrizes para a elaboração de estratégias municipais de transformação digital urbana. A Portaria constitui um dos principais instrumentos normativos federais voltados ao **planejamento da transformação digital das cidades**, orientando os municípios na formulação de estratégias integradas de inovação, sustentabilidade, resiliência, eficiência e melhoria da prestação dos serviços públicos (BRASIL, 2025d).

Entre as soluções previstas pela Portaria destacam-se sistemas inteligentes aplicados à mobilidade urbana, monitoramento ambiental e climático, reconhecimento facial e veicular, conectividade urbana, gestão de dados, geolocalização de equipamentos públicos e modernização da iluminação pública. Essas diretrizes reforçam o reconhecimento da iluminação pública como **infraestrutura habilitadora da**

transformação digital das cidades e fortalecem sua integração com as políticas de planejamento urbano, desenvolvimento territorial e sustentabilidade (BRASIL, 2025d).

2.3. Evolução das atribuições institucionais

Como consequência da evolução regulatória apresentada no tópico anterior, as atribuições institucionais dos principais atores envolvidos na prestação dos serviços de iluminação pública passaram por profundas transformações. A configuração atualmente observada no setor é resultado da evolução do marco legal e regulatório brasileiro, que redefiniu competências, fontes de financiamento, responsabilidades operacionais e mecanismos de governança ao longo das últimas duas décadas.

Nesse processo, destacam-se dois marcos estruturantes: a Emenda Constitucional nº 39/2002, que introduziu o artigo 149-A na Constituição Federal e instituiu a Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP), e a Resolução Normativa ANEEL nº 414/2010, posteriormente substituída pela Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021, que consolidou a transferência dos ativos e da responsabilidade pela gestão dos sistemas de iluminação pública para os municípios (BRASIL, 2002; ANEEL, 2010; ANEEL, 2021). A seguir são apresentados os principais marcos dessa evolução institucional.

Até 2010: Estrutura anterior à transferência dos ativos

Até a publicação da Resolução Normativa ANEEL nº 414/2010, as distribuidoras de energia elétrica detinham a propriedade dos ativos de iluminação pública, incluindo postes de iluminação, braços, luminárias e lâmpadas, sendo também responsáveis pela operação e manutenção do parque instalado. Os municípios atuavam predominantemente como usuários do serviço, limitando-se, em grande parte, ao pagamento das despesas relativas ao consumo de energia elétrica da iluminação pública.

Do ponto de vista do financiamento, o custeio do serviço era realizado de forma heterogênea, frequentemente por meio de recursos do orçamento municipal, situação que começou a ser modificada com a instituição da COSIP pela Emenda Constitucional nº 39/2002 (BRASIL, 2002).

2010–2023: Consolidação da gestão municipal da iluminação pública

Com a entrada em vigor da Resolução Normativa ANEEL nº 414/2010, posteriormente consolidada pela Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021, os municípios passaram a assumir integralmente a titularidade do serviço e a propriedade dos ativos de iluminação pública, tornando-se responsáveis pelo planejamento, expansão, modernização, operação e manutenção da infraestrutura (ANEEL, 2010; ANEEL, 2021).

Nesse período, a COSIP consolidou-se como a principal fonte de financiamento do setor, sendo arrecadada, em grande parte dos municípios, por intermédio das faturas de energia elétrica e destinada constitucionalmente ao custeio, manutenção e expansão da iluminação pública (BRASIL, 1988; BRASIL, 2002).

As distribuidoras de energia elétrica passaram a concentrar sua atuação no fornecimento de energia, no compartilhamento da infraestrutura de postes e na arrecadação da COSIP, quando prevista em convênio com os municípios, realizando o posterior repasse dos recursos arrecadados às administrações municipais, conforme disciplinado pela Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021 (ANEEL, 2021).

Paralelamente, ampliou-se a participação da iniciativa privada na prestação dos serviços por meio de concessões comuns e, principalmente, de Parcerias Público-Privadas (PPPs), estruturadas com fundamento na Lei nº 11.079/2004. Esses modelos passaram a viabilizar investimentos em modernização dos parques de iluminação, substituição por tecnologia LED, implantação de sistemas de telegestão e melhoria dos níveis de serviço (BRASIL, 2004).

Nesse mesmo período, também se fortaleceu o papel das agências reguladoras. À ANEEL permaneceu a competência regulatória sobre os serviços de distribuição de energia elétrica, incluindo aspectos relacionados ao fornecimento de energia, compartilhamento da infraestrutura de postes e disciplina das relações entre distribuidoras e municípios. Paralelamente, agências reguladoras estaduais, intermunicipais e municipais passaram a exercer funções de fiscalização dos contratos de concessão e PPPs celebrados pelas administrações municipais, contribuindo para o acompanhamento dos indicadores de desempenho e da qualidade dos serviços prestados.

A partir de 2023: Ampliação das funções da infraestrutura de iluminação pública

Com a promulgação da Emenda Constitucional nº 132/2023 e sua posterior regulamentação pela Lei Complementar nº 227/2026, a COSIP passou a financiar, além do custeio, manutenção e expansão da rede de iluminação pública, sistemas de monitoramento destinados à segurança e à preservação de logradouros públicos, ampliando significativamente as possibilidades de utilização dessa infraestrutura (BRASIL, 2023; BRASIL, 2026).

Em 2023, com a recriação do Ministério das Cidades, a Pasta passou a exercer papel central na esfera federal em temas de iluminação pública e transformação digital urbana, atuando como agente indutor e articulador de políticas, estratégias e melhores práticas para apoiar os municípios na modernização dos ambientes urbanos.

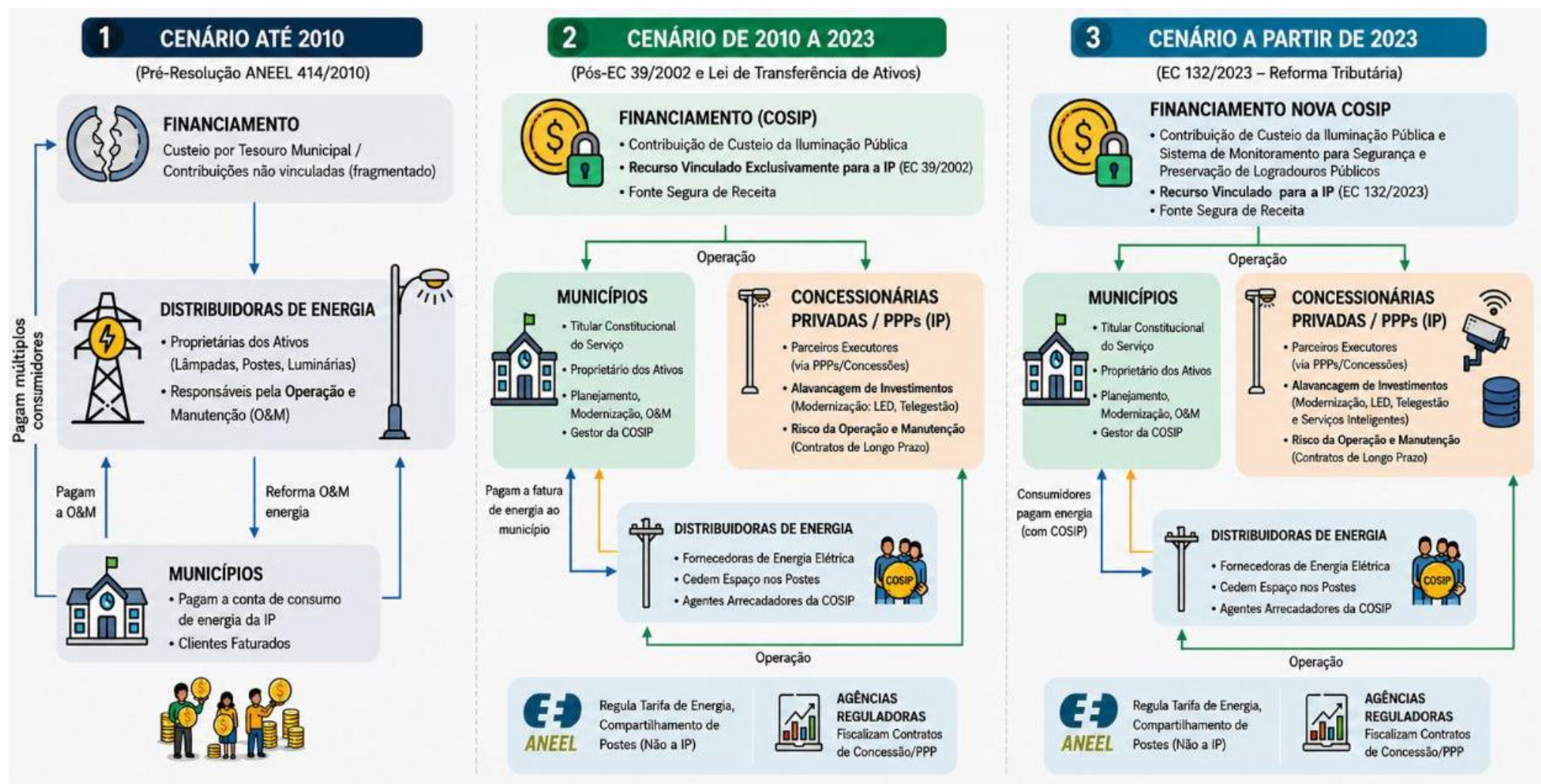
Os municípios permanecem como titulares do serviço e responsáveis pelo planejamento, modernização, operação e manutenção da infraestrutura de iluminação pública. Entretanto, o novo marco jurídico amplia o potencial estratégico dessa infraestrutura, permitindo sua integração a soluções de conectividade, monitoramento urbano, sensoriamento, centros de controle operacional e demais aplicações voltadas às cidades inteligentes.

As distribuidoras de energia elétrica mantêm suas atribuições relacionadas ao fornecimento de energia, ao compartilhamento da infraestrutura de postes e, quando previsto contratualmente, à arrecadação da COSIP.

Por sua vez, as concessionárias privadas e parceiros da iniciativa privada passam a atuar em projetos com escopo mais abrangente, incorporando, além da modernização luminotécnica, serviços associados à transformação digital urbana, eficiência operacional e gestão inteligente dos ativos públicos, em consonância com o Decreto nº 12.210/2024 e com a Portaria MCID nº 1.012/2025 (BRASIL, 2024; BRASIL, 2025d).

Na Figura 10, observa-se a evolução das atribuições institucionais dos principais atores do ecossistema de iluminação pública, evidenciando como a evolução do marco legal e regulatório redefiniu competências e fortaleceu a iluminação pública como infraestrutura estratégica para a eficiência energética, a transformação digital e o desenvolvimento urbano sustentável.

Figura 10. Atribuições institucionais a partir da evolução regulatória de IP.



Fonte: elaborado pelo Ministério das Cidades.

A Figura 11 complementa a Figura 10 resumindo a principal transformação institucional por ator.

Figura 11. Principais transformações institucionais da iluminação pública no Brasil.

Ator	Principal transformação institucional
 Municípios	De consumidores do serviço para gestores da infraestrutura de iluminação pública , assumindo a titularidade dos ativos, o planejamento, a modernização, a operação, a manutenção e a coordenação de novos serviços urbanos.
 Distribuidoras de energia elétrica	De responsáveis pela operação da iluminação pública para provedoras de energia e gestoras da interface com a rede elétrica , mantendo o fornecimento de energia, o compartilhamento dos postes e, quando aplicável, a arrecadação da COSIP.
 Concessionárias privadas / PPPs	De prestadoras de serviços de manutenção para integradoras de soluções urbanas inteligentes , incorporando investimentos em eficiência energética, telegestão, conectividade, sensoriamento e infraestrutura digital.
 ANEEL	De reguladora da distribuição de energia para articuladora do ambiente regulatório da iluminação pública , disciplinando aspectos relacionados ao fornecimento de energia, ao compartilhamento de infraestrutura e à relação entre distribuidoras e municípios.
 Agências Reguladoras	De atuação limitada para agentes de governança contratual , fortalecendo a fiscalização, o acompanhamento dos indicadores de desempenho, a qualidade dos serviços e o equilíbrio dos contratos de concessão e PPP.
 Infraestrutura de iluminação pública	De sistema destinado exclusivamente à iluminação viária para infraestrutura urbana multifuncional , capaz de suportar serviços de segurança pública, conectividade, Internet das Coisas (IoT), monitoramento ambiental, mobilidade inteligente e transformação digital das cidades.

Fonte: Elaboração própria, com base na Constituição Federal, Emenda Constitucional nº 39/2002, Emenda Constitucional nº 132/2023, Resoluções Normativas ANEEL nº 414/2010 e nº 1.000/2021, Decreto nº 12.210/2024 e Portaria MCID nº 1.012/2025.

A evolução normativa e institucional apresentada ao longo deste capítulo representa mais do que uma redistribuição de competências entre os diferentes atores do setor. Ao consolidar os municípios como titulares dos serviços, estruturar mecanismos permanentes de financiamento, ampliar a participação da iniciativa privada e aperfeiçoar os instrumentos de governança, o marco regulatório criou as condições necessárias para um novo ciclo de investimentos em iluminação pública.

Esse novo ciclo é potencializado pela incorporação de tecnologias mais eficientes e inteligentes, capazes de integrar iluminação, conectividade, monitoramento, sensoriamento e gestão urbana em uma única plataforma. No próximo capítulo exploraremos o papel das tecnologias, em especial da iluminação LED e dos sistemas de telegestão, como vetores da transformação digital e da construção de cidades mais inteligentes, resilientes e sustentáveis.

3. Iluminação Pública como vetor da expansão das tecnologias digitais

A infraestrutura de iluminação pública ocupa, atualmente, uma posição que transcende amplamente sua função histórica de prover iluminação para vias e espaços públicos. Concebida originalmente para ampliar a segurança viária e a circulação noturna, essa infraestrutura passou a desempenhar papel estratégico na modernização urbana, consolidando-se como um dos principais ativos físicos disponíveis para apoiar a digitalização das cidades.

Segundo o **Censo da Iluminação Pública no Brasil – Base 2023**, elaborado pela Associação Brasileira das Concessionárias de Iluminação Pública (ABCIP), o país possui aproximadamente **22 milhões de pontos de iluminação pública** distribuídos por praticamente todos os municípios brasileiros. Embora esse quantitativo seja permanentemente atualizado em função da expansão dos parques municipais, ele evidencia a dimensão dessa infraestrutura e sua elevada capilaridade territorial (ABCIP, 2024).

A ressignificação do serviço de iluminação pública está alinhada com uma compreensão mais ampla e contemporânea de cidade inteligente: não como sinônimo de acúmulo de tecnologia, mas como um modelo de gestão urbana em que a tecnologia é instrumento a serviço do interesse público, da equidade social e da sustentabilidade. **Cidades inteligentes são, antes de tudo, cidades comprometidas com o bem-estar de seus habitantes, e a tecnologia deve ser o meio para alcançar esse fim, não um fim em si mesmo.** Essa orientação é princípio fundamental para o desenvolvimento urbano sustentável, que define que o interesse público deve prevalecer sobre quaisquer outros interesses na adoção de soluções tecnológicas para a gestão das cidades.

O processo de transformação digital na iluminação pública opera em camadas progressivas. A primeira e mais essencial é a modernização do parque luminotécnico, que além de promover a melhoria da iluminação, promove a eficiência do consumo de energia elétrica, com a substituição de tecnologias convencionais por luminárias LED, o que viabiliza, em seguida, a integração de sistemas remotos de controle e, progressivamente, a instalação de sensores e dispositivos de coleta de dados.

Cada etapa cria condições para a seguinte, num processo em que os próprios ganhos financeiros da eficiência energética financiam a expansão das capacidades digitais. Essa lógica, em que a economia gerada pela modernização custeia a transformação digital, foi pensada e implementada no Brasil como o modelo de sustentabilidade financeira que poderá apoiar a viabilidade do projeto para os municípios brasileiros, mesmo aqueles com restrições orçamentárias severas.

Figura 12. Da iluminação convencional ao poste multifuncional inteligente: gerações da infraestrutura pública.



Fonte: Ministério das Cidades.

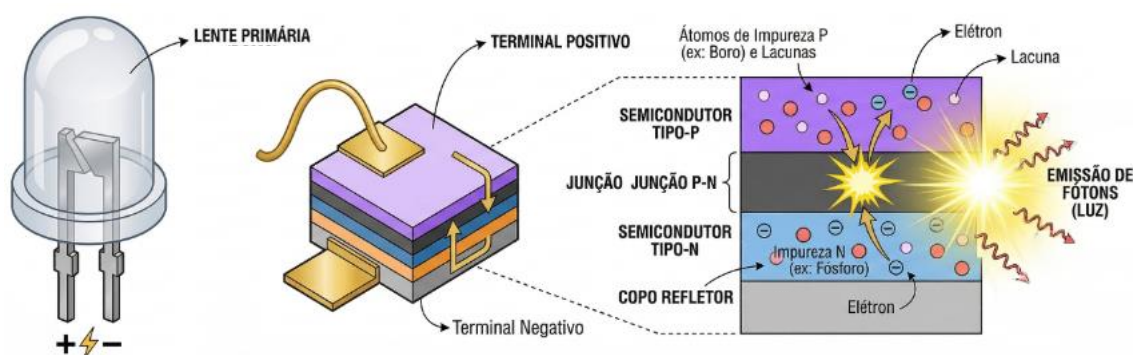
Nesse contexto, as próximas seções abordarão em detalhes o cenário e as estratégias para uso da infraestrutura dos parques luminotécnicos como um vetor da transformação digital urbana no País.

3.1. A Tecnologia LED como base da modernização da iluminação pública

O primeiro e mais determinante passo da modernização da iluminação pública foi a substituição das lâmpadas convencionais ou de descarga, como as de vapor de sódio, vapor metálico e vapor de mercúrio, que dominaram o espaço público brasileiro por décadas, pela tecnologia LED (*Light Emitting Diode*, ou Diodo Emissor de Luz).

O LED é um dispositivo semicondutor que converte energia elétrica em luz por meio de um fenômeno físico chamado eletroluminescência: ao contrário das lâmpadas de descarga em gases, que produzem luz a partir da ativação de partículas gasosas em um processo eletroquímico que gera calor como subproduto, o LED direciona a maior parte da energia consumida diretamente para a emissão luminosa. Essa diferença fundamental explica seu desempenho energético muito superior.

Figura 13. Princípio de funcionamento do LED – Eletroluminescência.



Fonte: Elaboração própria.

O LED oferece uma qualidade luminosa superior às tecnologias que substitui. A reprodução de cores, indicador técnico que mede a fidelidade com que uma fonte de luz representa as cores dos objetos iluminados, é significativamente melhor no LED, o que contribui para que motoristas e pedestres identifiquem com maior facilidade pessoas, objetos e situações de risco no ambiente noturno.

O controle preciso da distribuição do fluxo luminoso, ou seja, a capacidade de direcionar a luz exatamente para onde ela é necessária, sem desperdício para o céu ou áreas adjacentes, reduz a poluição luminosa, fenômeno que afeta ecossistemas, a saúde humana e a observação astronômica, e que é minimizado com luminárias bem projetadas em tecnologia LED.

Figura 14. Feixe Luminoso LED X Refletores.



Fonte: Elaboração própria.

Do ponto de vista do consumo elétrico, a substituição para LED proporciona reduções que variam entre 50% e 65% em comparação com as tecnologias tradicionais equivalentes. A longo prazo, a durabilidade dos equipamentos LED, que pode ultrapassar 100.000 horas de operação — equivalente a

mais de onze anos funcionando ininterruptamente —, também promovem redução drástica na frequência de substituições e, por conseguinte, nas despesas com equipes de manutenção em campo.

O uso de LED traz ainda benefícios na dimensão ambiental, no contexto das metas climáticas municipais. A redução no consumo de energia elétrica se traduz diretamente em menor emissão de gases de efeito estufa (GEE) associados à geração de eletricidade. Municípios que adotam LED em larga escala contribuem concretamente para suas metas de descarbonização e para o cumprimento dos compromissos climáticos assumidos pelo Brasil em âmbito internacional. O cálculo das emissões evitadas se dá pela multiplicação da energia economizada, em kWh, pelo fator médio de emissões; este valor é atualmente publicado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (BRASIL, 2026e). Ao mesmo tempo, a eliminação gradual de lâmpadas que contêm gases metálicos, substâncias tóxicas e de descarte ambientalmente crítico, representa ganho ambiental adicional direto.

Ademais, o LED tem outro atributo técnico estratégico para a gestão pública moderna: a sua natureza eletrônica. O LED permite acionamento instantâneo e a dimerização¹, características que são incompatíveis com a tecnologia de lâmpadas de descarga, que precisam de alguns minutos para atingir plena potência após serem ligadas e que não podem ser dimerizadas sem equipamentos complementares complexos.

Por sua natureza eletrônica, o LED cria as condições técnicas, permitindo a integração nativa com sistemas de monitoramento, comunicação e automação, viabilizando a implementação de soluções de iluminação pública inteligente em níveis econômicos que não poderiam ser alcançados pelas tecnologias anteriores. Destarte, sob todos esses aspectos, resta claro que a modernização LED se mostra como uma fundação indispensável para a construção da transformação digital urbana.

3.2. Sistema inteligentes, além do LED

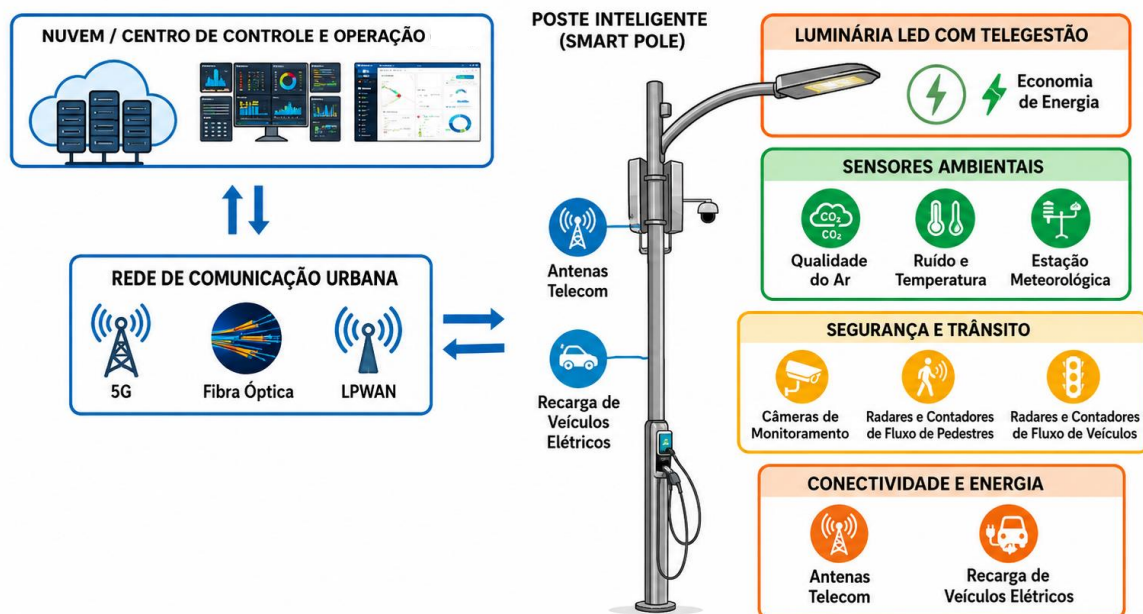
A modernização da iluminação pública transcende a adoção de eletrônica embarcada e a simples substituição de lâmpadas de descarga por tecnologia LED. Embora o LED seja um alicerce fundamental e indispensável para tal processo, a infraestrutura atinge seu pleno potencial como plataforma ativa de gestão urbana apenas por meio da adição progressiva de sistemas de telegestão. O gerenciamento remoto bidirecional viabiliza a implementação de iluminação adaptativa e a dimerização inteligente, ajustando o fluxo luminoso a variáveis locais, como horário e volume de tráfego. Essa otimização **eleva a economia energética de um patamar inicial de 65% para até 80%**, além de revolucionar a manutenção ao substituir morosos processos corretivos por intervenções preditivas precisas guiadas por telemetria contínua.

Para viabilizar tal eficiência sistêmica, o parque de iluminação exige redes de comunicação alicerçadas em **padrões abertos**, assegurando a interoperabilidade tecnológica e blindando a administração pública contra o aprisionamento a fornecedores únicos. Os fluxos massivos de dados gerados convergem para os Centros de Controle e Operação Urbana (CCOs), que se configuram como o autêntico núcleo analítico da cidade inteligente. A estruturação desses complexos governamentais é amparada por normas como a ABNT PR 1021:2024, que fornece um roteiro metodológico para reduzir a complexidade gerencial, integrar múltiplos serviços públicos e aumentar a resiliência operacional da cidade frente a desastres e eventos climáticos extremos (ABNT, 2024b).

¹ A dimerização é o controle preciso da intensidade luminosa.

Com a conectividade estabelecida, a luminária tradicional evolui para o conceito de poste inteligente (*Smart Pole*), transformando-se em um polo físico unificado que concentra uma vasta gama de infraestruturas tecnológicas sem a necessidade de duplicar trincheiras ou cabeamentos.

Figura 15. Ecossistema do Poste Inteligente.



Fonte: Elaboração própria.

A maturidade máxima deste ecossistema urbano consolida-se na interconexão das plataformas digitais. A evolução tecnológica evidencia a transição da iluminação para uma ferramenta de tomada de decisão baseada em metadados. Ao processar analiticamente os dados de sensores diretamente no equipamento de origem e transmitir apenas relatórios estruturados ao centro de comando, o sistema descarta a transferência sistêmica de imagens brutas. Essa decisão arquitetônica elide o risco de vigilância massiva indiscriminada e obedece estritamente às premissas da legislação brasileira de proteção de dados (LGPD), garantindo que a conectividade promova a eficiência coletiva e a segurança sem comprometer a privacidade individual do cidadão.

Contudo, a proteção da privacidade não se encerra na arquitetura tecnológica: ela exige uma estrutura de governança capaz de assegurar transparência, controle e uso responsável dos dados ao longo de todo o ciclo de vida da infraestrutura. À medida que a iluminação pública se integra a plataformas digitais e amplia sua capacidade de produzir informações sobre o território, torna-se fundamental definir responsabilidades, direitos de acesso e critérios para armazenamento, compartilhamento e disponibilização desses dados. Em modelos de PPPs e concessões, essa governança assume papel estratégico, garantindo que a inovação tecnológica permaneça alinhada ao interesse público, à proteção dos cidadãos e à capacidade do Poder Público de transformar dados em inteligência para a gestão urbana. O BOX 1 traz informações adicionais sobre este tema.

■ BOX 1: Governança de dados, privacidade e transparência na administração pública

A **Carta Brasileira para Cidades Inteligentes** estabelece, em seu Objetivo Estratégico 3, a necessidade de desenvolver sistemas de governança de dados e de tecnologias pautados pela transparência, segurança e privacidade.

Nas PPPs e concessões, a operação da infraestrutura e do Centro de Controle Operacional pode ser atribuída ao parceiro privado. Os dados produzidos pelo parque de iluminação pública e pelos sensores, entretanto, devem permanecer sob controle do Poder Concedente, com condições de acesso, uso, armazenamento e compartilhamento claramente definidas no contrato.

A governança desses dados deve observar a LGPD e as orientações da ANPD, especialmente quanto à proteção da privacidade. Os editais e contratos devem prever arquiteturas abertas e interoperáveis - como o protocolo TALQ, na camada de software -, preferencialmente alinhadas à ABNT PR 1021:2024. Essas medidas reduzem a dependência tecnológica e facilitam futuras integrações com outras políticas de cidades inteligentes.

Preservados os dados pessoais e sensíveis, as informações anonimizadas e estatísticas devem ser disponibilizadas de forma organizada, compreensível e, sempre que possível, georreferenciada. A utilização do Portal Brasileiro de Dados Abertos e da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) favorece o cruzamento padronizado com informações sobre vulnerabilidade social e infraestrutura urbana.

Referências: Carta Brasileira para Cidades Inteligentes (Brasil, 2021); Lei nº 12.527/2011 (Brasil, 2011); Lei nº 13.709/2018 (Brasil, 2018); ABNT PR 1021:2024 (ABNT, 2024b).

3.3. Cadeia de Valor da Iluminação Pública

3.3.1. Cadeia produtiva e agregação de valor na iluminação pública

A modernização da iluminação pública produz impactos que vão além da eficiência energética e da melhoria dos serviços urbanos. A crescente incorporação de componentes eletrônicos, sistemas digitais e tecnologias de comunicação transforma essa infraestrutura em um importante vetor de desenvolvimento industrial, inovação tecnológica e geração de valor ao longo de toda a cadeia produtiva.

Nas últimas décadas, a indústria de iluminação passou por uma profunda transformação tecnológica. Tradicionalmente concentrada na fabricação de luminárias baseadas em tecnologias de descarga, a cadeia produtiva incorporou progressivamente componentes eletrônicos de maior complexidade, como módulos LED, drivers eletrônicos, sistemas de comunicação, sensores, softwares de gerenciamento e plataformas de Internet das Coisas (IoT). Essa evolução alterou significativamente a distribuição do valor econômico entre as diferentes etapas da cadeia.

O *Estudo da Competitividade do Setor Industrial Brasileiro de Iluminação*, realizado pela Focus RI no âmbito do Programa Lux Brasil, uma iniciativa gerenciada pela Abilux e apoiada pela ApexBrasil, demonstra que as maiores margens de agregação de valor tendem a concentrar-se nas **atividades intensivas em conhecimento**, fenômeno conhecido internacionalmente como **servicização** (*servitization*) (FOCUS RI, 2018). Nessa configuração, pesquisa e desenvolvimento, engenharia, integração digital, operação, manutenção e gestão dos ativos passam a representar parcela crescente do valor gerado, enquanto a simples fabricação e montagem física dos equipamentos assume participação relativamente menor.

Tabela 2. Configuração das Margens de Valor da Cadeia Produtiva da iluminação pública

ETAPA DA CADEIA	ATIVIDADES PRINCIPAIS	AGREGAÇÃO DE VALOR	SITUAÇÃO DA CADEIA NACIONAL
UPSTREAM <i>Início</i>	Pesquisa e desenvolvimento (P&D), engenharia de drivers e projeto e design óptico.	ALTÍSSIMO	Capacidade ainda limitada; requer formação de pessoal e atração de laboratórios e competências em semicondutores.
MIDSTREAM <i>Intermediário</i>	Fabricação de chassis e difusores e montagem de placas de LED (MCPCB).	BAIXO A MÉDIO	Capacidade instalada ociosa e forte concorrência de componentes e produtos importados, sobretudo da China.
DOWNSTREAM <i>Fim</i>	Distribuição, integração de telegestão e IoT, serviços de pós-venda e logística reversa.	ALTÍSSIMO	Expansão condicionada a padrões abertos de interoperabilidade e ao fortalecimento dos marcos ambientais.

Fonte: FOCUS RI, 2018

Na “servicização” as maiores margens de valor migram da simples fabricação e montagem de equipamentos para atividades de engenharia, inovação, integração digital, operação, manutenção e gestão ao longo do ciclo de vida. Para a iluminação pública, essa tendência reforça que os projetos de modernização devem ser estruturados como soluções integradas de eficiência energética e serviços urbanos inteligentes, com atenção à interoperabilidade, à qualidade técnica, à governança de dados e à logística reversa.

Regulação tarifária e resiliência da cadeia de suprimentos

A crescente digitalização dos sistemas de iluminação pública amplia a dependência de componentes eletrônicos de elevada complexidade, como LEDs, semicondutores, circuitos integrados, módulos de comunicação e dispositivos de controle. Como parcela significativa desses componentes é produzida em cadeias globais de fornecimento, alterações nas políticas tarifárias, disponibilidade internacional de insumos e oscilações cambiais podem influenciar diretamente os custos de implantação e operação dos projetos.

Nesse contexto, a Resolução GECEX nº 852, de 4 de fevereiro de 2026 (BRASIL, 2026c), ao atualizar o tratamento tarifário aplicável a determinados componentes eletrônicos utilizados na indústria de iluminação, evidencia a importância de incorporar análises de risco da cadeia de suprimentos durante a estruturação dos contratos de modernização. Aspectos como disponibilidade de semicondutores, dependência tecnológica externa, conteúdo tecnológico nacional e estabilidade do fornecimento passam a influenciar não apenas os custos de aquisição das luminárias, mas também a reposição futura de equipamentos, a continuidade operacional dos sistemas e o equilíbrio econômico-financeiro das concessões.

Essa abordagem aproxima a gestão da iluminação pública às estratégias nacionais de fortalecimento das cadeias produtivas consideradas estratégicas para a transição energética e para a transformação digital, contribuindo para reduzir vulnerabilidades decorrentes da elevada concentração internacional da produção de componentes eletrônicos.

Economia circular e logística reversa

Outro aspecto estratégico decorrente da modernização acelerada dos parques luminotécnicos refere-se ao gerenciamento ambiental dos equipamentos substituídos. A troca de milhões de lâmpadas de vapor de mercúrio, vapor de sódio e outras tecnologias de descarga gera um volume expressivo de resíduos classificados como potencialmente perigosos, exigindo destinação ambientalmente adequada.

Nesse contexto, a logística reversa assume papel central na cadeia de valor da iluminação pública. Além de atender às exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), a adequada coleta, descontaminação, reciclagem e destinação final desses materiais reduz riscos ambientais, recupera matérias-primas e fortalece princípios de economia circular.

Sob a ótica da governança pública, a gestão adequada desses resíduos também vem recebendo crescente atenção dos órgãos de controle. Tribunais de Contas têm recomendado que contratos de concessão e de modernização da iluminação pública estabeleçam mecanismos claros de rastreabilidade e comprovação da destinação ambientalmente correta das lâmpadas substituídas, assegurando conformidade legal e mitigando passivos ambientais.

Assim, a cadeia produtiva da iluminação pública não deve ser analisada apenas sob a perspectiva da fabricação de equipamentos, mas como um ecossistema integrado que reúne desenvolvimento tecnológico, política industrial, comércio exterior, sustentabilidade ambiental e prestação contínua de serviços urbanos inteligentes.

A próxima seção abordará indicadores de desempenho do ponto de vista de normas técnicas, além de discorrer sobre as principais normas aplicáveis ao setor.

3.4. Normas Técnicas e Indicadores de Desempenho da Iluminação Pública

A modernização dos sistemas de iluminação pública exige a observância de um conjunto estruturado de normas técnicas e indicadores de desempenho capazes de assegurar não apenas a eficiência energética, mas também a segurança viária, o conforto visual dos usuários, a qualidade dos equipamentos, a sustentabilidade ambiental e a adequada gestão dos ativos públicos. Nesse contexto, a normalização técnica desempenha papel estratégico ao estabelecer critérios uniformes para o planejamento, especificação, implantação, operação e avaliação dos sistemas de iluminação pública, proporcionando maior segurança jurídica aos processos licitatórios, maior confiabilidade aos investimentos e melhor qualidade dos serviços prestados à população (ABNT, 2020; ABNT, 2022; ABNT, 2024a).

O sistema normativo brasileiro aplicável à iluminação pública estrutura-se de forma complementar. Enquanto algumas normas estabelecem requisitos para o desempenho luminotécnico dos sistemas, outras disciplinam aspectos construtivos das luminárias, requisitos de segurança e desempenho da tecnologia LED, bem como indicadores voltados à gestão inteligente das cidades. Em conjunto, essas normas constituem a base técnica que orienta os programas de modernização dos parques de iluminação pública, especialmente aqueles implementados por meio de concessões e parcerias público-privadas (PPPs).

Destacam-se, nesse conjunto normativo, a ABNT NBR 5101:2024 – Iluminação Viária – Procedimento, principal referência para o projeto luminotécnico das vias públicas (ABNT, 2024a); a ABNT NBR 15129:2022 – Luminárias para Iluminação Pública – Requisitos Particulares, que estabelece os requisitos construtivos e de segurança das luminárias (ABNT, 2022); a ABNT NBR 16205:2013, que define requisitos de segurança e desempenho da tecnologia LED (ABNT, 2013); e a Portaria Inmetro nº 62/2022, atualmente em processo de revisão, responsável pelos requisitos de avaliação da conformidade das

luminárias destinadas à iluminação pública viária (INMETRO, 2022). Complementando esse conjunto, a ABNT NBR ISO 37122:2020 – Cidades e Comunidades Sustentáveis – Indicadores para Cidades Inteligentes amplia a análise para indicadores relacionados à infraestrutura urbana inteligente e à gestão baseada em dados (ABNT, 2020).

A evolução desse arcabouço normativo acompanha a própria transformação tecnológica da iluminação pública. Se, em um primeiro momento, as normas concentravam-se na segurança elétrica e no desempenho dos equipamentos, atualmente elas incorporam conceitos relacionados à eficiência energética, sustentabilidade, interoperabilidade, digitalização e monitoramento de resultados, refletindo a crescente integração entre infraestrutura urbana e cidades inteligentes.

Além dos indicadores previstos nas normas técnicas, esta Nota apresenta, em Apêndice específico, um conjunto ampliado de indicadores destinados a apoiar gestores públicos na avaliação do desempenho dos sistemas de iluminação pública. Entre eles destacam-se os **indicadores multimodais**, que avaliam a qualidade da infraestrutura urbana sob a perspectiva dos diferentes usuários do espaço público, como pedestres, ciclistas e motoristas, incorporando dimensões relacionadas à segurança, acessibilidade, conforto visual e qualidade de vida.

ABNT NBR 5101:2024: Principal referência para o desempenho luminotécnico

A ABNT NBR 5101:2024 – Iluminação Viária – Procedimento constitui a principal referência normativa brasileira para o planejamento, projeto, implantação e avaliação dos sistemas de iluminação pública.

Seu objetivo é estabelecer critérios técnicos capazes de proporcionar níveis adequados de visibilidade durante o período noturno, contribuindo para a segurança viária, o conforto visual dos usuários e a adequada utilização dos espaços públicos. Para isso, a norma define requisitos relacionados à classificação das vias, níveis mínimos de iluminância e luminância, uniformidade luminosa, limitação do ofuscamento, controle da luz intrusiva e demais parâmetros luminotécnicos necessários ao desempenho dos sistemas de iluminação (ABNT, 2024a).

A edição da norma publicada em 2024 representa uma atualização significativa em relação às versões anteriores, aproximando a regulamentação brasileira das recomendações internacionais da *Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE) e da *Illuminating Engineering Society* (IES). Entre os principais avanços destacam-se a **revisão da classificação dos ambientes iluminados** — contemplando vias destinadas predominantemente ao tráfego motorizado (Classe M), áreas de conflito entre diferentes modos de deslocamento (Classe C) e espaços prioritariamente destinados aos pedestres (Classe P) —, bem como a incorporação de critérios voltados à **redução da poluição luminosa e ao controle da luz intrusiva**.

Essas atualizações refletem uma visão mais abrangente do papel da iluminação pública, que passa a considerar não apenas o atendimento aos níveis mínimos de iluminação, mas também aspectos relacionados à eficiência energética, proteção ambiental, conforto visual e sustentabilidade urbana.

No contexto dos programas de modernização por tecnologia LED, os requisitos estabelecidos pela NBR 5101 influenciam diretamente a elaboração dos projetos luminotécnicos, a especificação técnica dos equipamentos, a definição dos indicadores de desempenho e a estruturação dos editais e contratos de concessão e PPPs.

Figura 16. Síntese dos principais requisitos da ABNT NBR 5101:2024.



Fonte: Elaboração própria com base na ABNT NBR 5101:2024.

Embora a ABNT NBR 5101 seja a principal referência para o projeto luminotécnico das vias públicas, ela não atua isoladamente. A qualidade e o desempenho dos sistemas de iluminação pública dependem também de normas que estabelecem requisitos específicos para os equipamentos utilizados e para a tecnologia empregada.

ABNT NBR 15129: Luminárias para iluminação pública

A **ABNT NBR 15129:2022** estabelece os requisitos específicos aplicáveis às luminárias destinadas à iluminação pública, abrangendo vias urbanas, rodovias, praças, parques, passarelas, túneis e demais aplicações externas.

A norma disciplina aspectos relacionados à construção, segurança elétrica, resistência mecânica, proteção contra ingresso de água e partículas sólidas (grau de proteção IP), resistência ao impacto (IK), marcações, métodos de ensaio e condições de instalação. Seu objetivo é assegurar que as luminárias mantenham desempenho confiável durante sua vida útil, mesmo quando submetidas às condições ambientais típicas da infraestrutura urbana, como intempéries, vibrações, variações térmicas e exposição contínua à radiação solar (ABNT, 2022).

Sua aplicação contribui diretamente para aumentar a durabilidade dos equipamentos, reduzir custos de manutenção e ampliar a confiabilidade operacional dos sistemas de iluminação pública.

ABNT NBR 16205: Requisitos para a tecnologia LED

A **ABNT NBR 16205:2013** estabelece requisitos de segurança e desempenho aplicáveis às lâmpadas LED destinadas à iluminação geral. Embora não tenha sido elaborada especificamente para iluminação pública, seus conceitos são amplamente utilizados na especificação técnica das luminárias LED empregadas nos programas de modernização dos parques de iluminação.

A norma estabelece critérios relacionados à segurança elétrica, desempenho fotométrico, estabilidade do fluxo luminoso, durabilidade, confiabilidade e métodos de ensaio, contribuindo para elevar a qualidade técnica dos equipamentos utilizados (ABNT, 2013; ABNT, 2014).

Em conjunto com os requisitos de avaliação da conformidade estabelecidos pelo Inmetro, a aplicação dessas normas fortalece os processos de aquisição pública, assegurando padrões mínimos de qualidade e desempenho para as luminárias instaladas.

ABNT NBR ISO 37122: Indicadores para cidades inteligentes

Enquanto as normas anteriormente apresentadas concentram-se nos equipamentos e no desempenho dos sistemas de iluminação, a **ABNT NBR ISO 37122:2020 – Cidades e Comunidades Sustentáveis – Indicadores para Cidades Inteligentes** amplia a análise para o desempenho da cidade como um todo.

Integrante da família ISO 37100, essa norma estabelece indicadores padronizados destinados ao acompanhamento da evolução das cidades em direção a modelos urbanos mais inteligentes, sustentáveis, resilientes e orientados por dados. Complementando a ABNT NBR ISO 37120, voltada aos serviços urbanos e à qualidade de vida, a ISO 37122 incorpora indicadores relacionados à digitalização dos serviços públicos, inovação, governança, energia, mobilidade, telecomunicações e infraestrutura inteligente (ABNT, 2020).

No âmbito específico da iluminação pública, destacam-se indicadores como:

- percentual de pontos de iluminação pública gerenciados por sistemas de telegestão;
- percentual de pontos de iluminação pública modernizados ou recentemente instalados.
- percentual de ruas cobertas por informações de tráfego em tempo real;
- número de estações de monitoramento da qualidade do ar por quilômetro quadrado;
- outros indicadores relacionados à digitalização da infraestrutura urbana.

Dessa forma, a rede de iluminação pública passa a ser compreendida como uma infraestrutura multifuncional capaz de apoiar a **gestão baseada em dados** (*data-driven governance*), contribuindo para o planejamento, monitoramento e avaliação das políticas públicas.

Além de favorecer o acompanhamento sistemático dos resultados, a utilização desses indicadores fortalece a transparência da gestão pública, amplia a comparabilidade entre municípios, apoia a elaboração de projetos financiáveis e contribui para o alinhamento das políticas públicas locais às agendas nacionais e internacionais de cidades inteligentes, desenvolvimento sustentável e ação climática.

ISO/IEC JTC 4 e a normalização internacional das cidades inteligentes e sustentáveis

Além das normas diretamente aplicáveis aos sistemas de iluminação pública e dos indicadores voltados à avaliação de cidades inteligentes, merece destaque a criação e aprovação da estrutura internacional ISO/IEC JTC 4 — *Smart and sustainable cities and communities*. Trata-se de uma iniciativa conjunta da *International Organization for Standardization* (ISO) e da *International Electrotechnical Commission* (IEC), concebida para organizar, sob uma abordagem sistêmica, a normalização internacional relacionada às cidades e comunidades inteligentes e sustentáveis.

O escopo do ISO/IEC JTC 4 contempla o desenvolvimento de requisitos, estruturas, orientações, técnicas e ferramentas de apoio ao desenvolvimento sustentável. O caráter sistêmico e multissetorial desta estrutura abrange a resiliência e a redução do risco de desastres, a sustentabilidade, a mobilidade e o transporte sustentáveis, a infraestrutura comunitária, a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas, a digitalização, e as tecnologias da informação e comunicação (TIC), tanto em áreas urbanas quanto rurais. Também compreende aspectos de tecnologia e energia necessários à integração, à interoperabilidade e à eficácia dos sistemas urbanos, assumindo a responsabilidade pelos aspectos gerais de sistemas e infraestrutura e pela coordenação do programa de trabalho internacional da ISO/IEC nesse campo.

Para a iluminação pública (IP), essa iniciativa é especialmente relevante porque confirma a transição da IP, de um serviço associado apenas à provisão de luz, para uma infraestrutura urbana estratégica e

plataforma habilitadora da transformação digital. A rede de iluminação modernizada, baseada em tecnologias como LED, telegestão, sensores IoT e conectividade, pode atuar como plataforma para a coleta e o intercâmbio de dados e para a integração com sistemas de mobilidade, segurança, meio ambiente e gestão urbana. Nesse contexto, a normalização internacional contribui para estabelecer uma linguagem comum, orientar requisitos de desempenho, apoiar a interoperabilidade entre equipamentos e sistemas e reduzir riscos de dependência tecnológica ou de soluções isoladas.

A atuação do ISO/IEC JTC 4 também é importante para evitar a duplicação de esforços normativos e harmonizar trabalhos já desenvolvidos por diferentes Comitês Técnicos da ISO e da IEC. Para municípios, fabricantes, operadores e fornecedores, essa coordenação proporciona maior segurança técnica e previsibilidade na especificação, contratação, implantação e avaliação de soluções de iluminação pública inteligente. Para os indicadores apresentados neste item, o alinhamento com uma estrutura internacional reforça a possibilidade de comparar resultados, qualificar a governança de dados e acompanhar a contribuição da IP para a eficiência energética, a sustentabilidade e a transformação digital das cidades.

Assim, a criação do ISO/IEC JTC 4 amplia o enquadramento normativo da iluminação pública, de um componente isolado da infraestrutura urbana para um elemento integrado de sistemas e serviços de cidades inteligentes e sustentáveis. A participação e o acompanhamento dessa agenda de normalização são, portanto, estratégicos para que o desenvolvimento da IP no Brasil ocorra com coerência técnica, interoperabilidade, visão de longo prazo e aderência às necessidades das cidades e de suas comunidades.

Experiência do usuário e KPIs multimodais na gestão da iluminação pública

A qualificação dos modelos de gestão da iluminação pública requer que a avaliação do serviço vá além do controle da infraestrutura física instalada. Além de monitorar pontos de luz, consumo de energia, disponibilidade, falhas e tempo de atendimento, é necessário considerar como a iluminação é percebida e utilizada pelos diferentes usuários do espaço urbano.

Nesse sentido, a estruturação de indicadores de desempenho orientados à experiência do usuário, à segurança viária e à qualidade percebida do serviço pode contribuir para uma gestão mais integrada, capaz de considerar as necessidades de pedestres, ciclistas, condutores, usuários do transporte público e demais pessoas que circulam pelos espaços públicos no período noturno. Essa abordagem reforça que a iluminação pública não é apenas uma infraestrutura energética, mas também um serviço urbano essencial para segurança, mobilidade, acessibilidade, conforto visual e ocupação qualificada dos espaços públicos.

Para os **pedestres**, a iluminação adequada contribui para a identificação de obstáculos, a percepção de riscos, o reconhecimento do ambiente e a sensação de segurança nos deslocamentos noturnos. Calçadas, faixas de pedestres, ilhas de refúgio, pontos de ônibus, praças e áreas de maior circulação devem receber atenção específica, sobretudo em locais com maior vulnerabilidade urbana ou histórico de sinistros.

Para os **ciclistas**, a qualidade da iluminação influencia a capacidade de perceber obstáculos no pavimento, identificar a geometria da via, visualizar outros usuários e ser visto por motoristas e pedestres. Em ciclovias, ciclofaixas e rotas de deslocamento diário, a uniformidade da iluminação é particularmente importante, pois zonas de sombra ou trechos mal iluminados podem aumentar a insegurança e reduzir o uso noturno da infraestrutura cicloviária.

Para os **condutores**, a iluminação pública adequada contribui para a leitura da geometria da via, a identificação de curvas, obstáculos, cruzamentos, veículos convergentes e pedestres. A qualidade da iluminação também influencia a distância de percepção e reação durante a condução noturna. Para tal, o controle do ofuscamento é um aspecto crítico.

A adoção de KPIs multimodais permite que a iluminação pública seja avaliada não apenas pela economia de energia ou pela disponibilidade dos pontos de luz, mas também por sua contribuição para a segurança, a mobilidade ativa, a acessibilidade e a qualidade dos espaços urbanos. No Apêndice, é apresentada uma tabela de KPIs multimodais para a qualidade do serviço de iluminação.

As evidências apresentadas neste capítulo demonstram que a evolução tecnológica, aliada ao amadurecimento do arcabouço regulatório e normativo, criou condições favoráveis para que os municípios utilizem essa infraestrutura como plataforma para a construção de cidades mais inteligentes, resilientes e sustentáveis.

Entretanto, a materialização desse potencial depende da adoção de modelos de implementação capazes de conciliar viabilidade técnica, sustentabilidade econômico-financeira e boa governança. Mais do que incorporar novas tecnologias, torna-se necessário estruturar mecanismos de financiamento, modelos de contratação, indicadores de desempenho e instrumentos de gestão que assegurem a qualidade dos serviços ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos.

Nesse contexto, o capítulo seguinte apresentará os principais modelos de gestão, financiamento e monitoramento atualmente empregados na modernização da iluminação pública, discutindo seus desafios, oportunidades e contribuições para a ampliação da eficiência energética e da transformação digital nos municípios brasileiros.

4. Financiamento da Iluminação Pública nas Cidades

Apesar dos benefícios técnicos, econômicos e ambientais associados à modernização da iluminação pública, o elevado investimento inicial necessário para substituir milhares de pontos de luz constitui um dos principais desafios para a transformação do setor. Essa realidade é particularmente relevante em municípios de pequeno e médio porte, frequentemente limitados por restrições fiscais, reduzida capacidade de endividamento e menor disponibilidade de equipes técnicas especializadas.

Em resposta a esse cenário, consolidou-se no Brasil um ecossistema diversificado de mecanismos de financiamento e modelos de gestão, combinando recursos próprios dos municípios, crédito subsidiado, programas federais de eficiência energética, parcerias público-privadas e instrumentos do mercado de capitais. Paralelamente, o avanço da digitalização urbana ampliou o papel estratégico da iluminação pública, que passou a ser reconhecida não apenas como um serviço essencial, mas também como uma infraestrutura capaz de suportar aplicações associadas às cidades inteligentes.

4.1. Sustentabilidade financeira da iluminação pública

4.1.1. COSIP como principal fonte de receita do setor

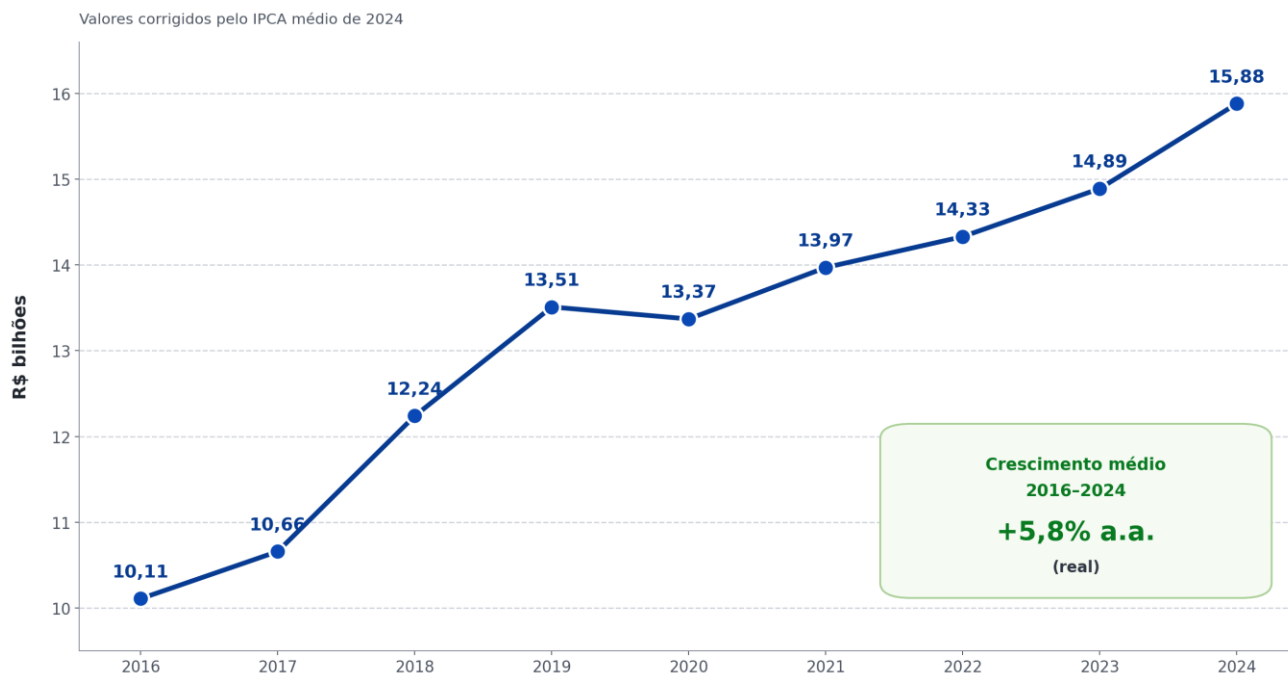
A Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP) constitui atualmente o principal instrumento de financiamento permanente da iluminação pública no Brasil. Sua vinculação constitucional e regulamentação específica conferem elevada previsibilidade financeira aos municípios, permitindo o planejamento de investimentos de longo prazo e a sustentabilidade operacional dos sistemas.

Os dados de arrecadação consolidados pela Frente Nacional de Prefeitas e Prefeitos (FNP) por meio do anuário Multi Cidades evidenciam o fortalecimento dessa fonte de receita ao longo dos últimos anos. Segundo informações da Secretaria do Tesouro Nacional, a arrecadação nacional da COSIP passou de R\$ 10,11 bilhões em 2016 para R\$ 15,88 bilhões em 2024, representando crescimento nominal de aproximadamente 57% no período (AEQUUS CONSULTORIA ECONÔMICA E SISTEMAS, 2026)

Paralelamente, observa-se uma forte concentração regional dos recursos, com destaque para a região Sudeste (R\$ 6,59 bilhões). Esse volume crescente de recursos reforça o papel da COSIP como instrumento estruturante para a expansão da eficiência energética, a modernização da infraestrutura urbana e a incorporação de tecnologias associadas à transformação digital das cidades.

Além de garantir o custeio da operação e manutenção dos sistemas de iluminação pública, a COSIP passou a desempenhar papel cada vez mais relevante como instrumento de viabilização de investimentos em infraestrutura urbana inteligente. Conforme abordado em mais detalhes na seção “2.2.2. A COSIP e o financiamento dos serviços de iluminação pública”, essa evolução decorre de três fatores principais: a **ampliação do escopo legal da contribuição**, que passou a contemplar explicitamente sistemas de monitoramento urbano; a **ampliação do conceito de melhoria do serviço** de iluminação pública; e os **ganhos de eficiência energética** associados à modernização dos parques luminotécnicos, e consequente redução de despesas.

Figura 17. Evolução da Arrecadação da COSIP – 2016-2024



Fonte: Elaboração própria com base em dados da FNP (2026).

Essa redução de despesas cria um ciclo virtuoso de financiamento, frequentemente denominado "**economizar para expandir**". Nesse modelo, os recursos anteriormente destinados ao pagamento das faturas de energia elétrica passam a ser reinvestidos na expansão da própria infraestrutura urbana, financiando novas soluções digitais e ampliando a capacidade de prestação de serviços públicos.

Nesse contexto, a rede de iluminação pública deixa de cumprir exclusivamente sua função luminotécnica e passa a atuar como plataforma física para a implantação de soluções de cidades inteligentes, incluindo videomonitoramento, sensores ambientais, iluminação adaptativa, conectividade urbana e outras aplicações digitais. A Figura 19 traz os exemplos de sistemas de cidade inteligente que podem ser financiados pela COSIP segundo a base legal atual.

Figura 18. Ciclo de sustentabilidade financeira: a economia gerada pelo LED reinvestida na expansão digital urbana.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 19. Exemplos de sistemas que podem ser financiados pela COSIP.

 Sistema de Cidade Inteligente	 Função / Exemplo Prático	 Base Legal (Reforma Tributária)
 Câmera de Videomonitoramento	• Monitoramento de vias públicas para prevenção de crimes.	 “Monitoramento para segurança”
 Sensores de Meio Ambiente	• Sensores de umidade, temperatura e qualidade do ar instalados no poste.	 “Preservação de logradouros”
 Dimerização Dinâmica	• Redução da luz em horários de baixo tráfego (sensor de movimento).	 “Melhoria do serviço de IP”

Fonte: Elaboração própria.

4.2. Modelos de gestão e operacionalização

A modernização da iluminação pública pode ser implementada por diferentes arranjos institucionais, que variam conforme a capacidade financeira, administrativa e técnica dos municípios. Em

termos gerais, os modelos existentes diferenciam-se pela distribuição das responsabilidades de investimento, operação, manutenção e gestão dos ativos entre o poder público e agentes privados.

A escolha do modelo mais adequado depende de fatores como o porte do município, a arrecadação da COSIP, o estado de conservação do parque de iluminação, a disponibilidade de equipes técnicas e a capacidade de estruturação de projetos. No contexto brasileiro, destacam-se quatro modalidades principais: gestão direta municipal, contratação de Empresas de Serviços de Energia (ESCOs), consórcios intermunicipais e parcerias público-privadas. As diferenças entre estes modelos podem ser observadas na

Erro! Fonte de referência não encontrada..

Tabela 3. Modelos de gestão e operacionalização da iluminação pública no Brasil

Modelo	Investimento Inicial Municipal	Complexidade de Gestão	Transferência de Riscos	Potencial de Escala
Gestão Direta	Alta	Baixa	Baixa	Baixo
ESCO	Média	Média	Média	Médio
Consórcio	Média	Média-Alta	Média	Alto
PPP	Baixa	Alta	Alta	Muito Alto

Fonte: Elaboração própria.

Nos próximos itens analisaremos cada uma destas alternativas, contemplando suas características, vantagens e desafios relacionados.

4.2.1. Gestão direta municipal

A gestão direta constitui o modelo tradicionalmente adotado pelos municípios brasileiros. Nesse arranjo, a prefeitura permanece responsável pela contratação das obras, aquisição de equipamentos, operação e manutenção do sistema de iluminação pública, utilizando recursos provenientes da COSIP, do orçamento municipal ou de programas de financiamento específicos.

A principal vantagem desse modelo reside na preservação do controle integral sobre os ativos, os investimentos e a operação do serviço. Além disso, a utilização direta dos recursos arrecadados pela COSIP permite que os ganhos de eficiência energética obtidos com a modernização permaneçam integralmente sob gestão municipal.

Por outro lado, a realização dos investimentos depende da disponibilidade imediata de recursos financeiros e da existência de capacidade técnica para planejar, contratar, fiscalizar e operar sistemas cada vez mais complexos e digitalizados. Essas limitações tendem a ser mais significativas em municípios de pequeno e médio porte, que frequentemente enfrentam restrições orçamentárias e carência de equipes especializadas. Como forma de mitigar tais limitações e riscos, uma alternativa viável para tais municípios consiste na **adesão a consórcios intermunicipais**, os quais permitem maior grau de autonomia para direcionar os projetos, ao mesmo tempo em que viabilizam o compartilhamento da governança, dos recursos e de determinadas responsabilidades entre todos os atores.

4.2.2. Empresas de Serviços de Energia (ESCOs)

As Empresas de Serviços de Energia (ESCOs) representam uma alternativa intermediária entre a gestão direta e os modelos de concessão. Nesse arranjo, a empresa privada realiza os investimentos necessários para a modernização da infraestrutura, sendo remunerada por meio de pagamentos fixos ou pelo compartilhamento da economia obtida na conta de energia elétrica.

As ESCOs assumem a responsabilidade pela captação dos recursos financeiros, aquisição e instalação dos equipamentos, bem como pela garantia técnica dos sistemas implantados. Em contrapartida, a operação e a manutenção da infraestrutura permanecem, em geral, sob responsabilidade do município.

A principal vantagem desse modelo consiste na possibilidade de realização dos investimentos sem a necessidade de desembolso imediato por parte da administração pública, reduzindo a pressão sobre o orçamento municipal. Por essa razão, o modelo pode ser particularmente atrativo para municípios que desejam modernizar seus sistemas sem recorrer a operações de crédito ou concessões de longo prazo.

Entretanto, sua viabilidade depende fortemente da capacidade financeira das próprias ESCOs e de seu acesso a fontes de financiamento. Além disso, fatores como o risco de crédito do município e a previsibilidade das receitas utilizadas para remuneração do contrato podem influenciar significativamente a atratividade dos projetos para o setor privado.

4.2.3. Consórcios intermunicipais

Os consórcios públicos constituem alternativa relevante para municípios de pequeno e médio porte que, individualmente, não possuem escala suficiente para estruturar projetos economicamente atrativos.

Nesse modelo, dois ou mais municípios associam-se formalmente para planejar, contratar e gerir conjuntamente os serviços de iluminação pública. O agrupamento dos ativos permite ampliar o volume de investimentos, diluir custos administrativos e aumentar a atratividade dos projetos para financiadores e operadores privados. Com a ampliação do escopo da COSIP e a inclusão de projetos de modernização que vão além da substituição do parque de IP, incorporando soluções como telegestão e conectividade, os consórcios tendem a se tornar mais atrativos. Isso se deve ao fato de que tais projetos apresentam maior complexidade técnica e demandam investimentos mais elevados, o que favorece a obtenção de economias de escala e aumenta a atratividade para a contratação de empresas que aceitem atender a municípios menores.

Uma vez constituído o consórcio, os procedimentos de contratação e gestão tendem a seguir lógica semelhante àquela adotada em projetos individuais. O ente consorciado passa a atuar como responsável pela coordenação do processo licitatório, pela fiscalização contratual e pela gestão integrada da infraestrutura.

A agregação de municípios também contribui para a **diluição de riscos políticos e creditícios**, ampliando o interesse de investidores e instituições financeiras. Contudo, a governança desses arranjos costuma apresentar maior complexidade, exigindo alinhamento institucional entre diferentes administrações municipais. Além disso, a heterogeneidade dos parques de iluminação e das condições financeiras dos municípios participantes pode aumentar os custos de estruturação e operação.

Importante destacar que, de acordo com a legislação brasileira, os consórcios públicos **não podem contratar operações de crédito diretamente**, o que normalmente exige a constituição de Sociedades de Propósito Específico (SPEs) para a obtenção dos financiamentos necessários.

Segundo dados do Observatório de Consórcios Públicos, que é alimentado e divulgado pela Confederação Nacional de Municípios (CNM), existem atualmente 127 consórcios atuando na área de iluminação pública no país, com predominância nas regiões Sudeste e Sul, englobando 2198 municípios (CNM, 2021).

4.2.4. Parcerias Público-Privadas (concessões administrativas)

As Parcerias Público-Privadas (PPPs) consolidaram-se, até o momento atual, como o principal modelo de modernização da iluminação pública em larga escala no Brasil.

Nesses contratos, **o parceiro privado assume a responsabilidade** pelos investimentos necessários à modernização do parque luminotécnico, implantação de sistemas de telegestão, operação e manutenção da infraestrutura durante toda a vigência contratual. Em contrapartida, sua remuneração ocorre ao longo do tempo, geralmente associada ao cumprimento de indicadores de desempenho previamente estabelecidos.

Esse arranjo permite distribuir os custos da modernização ao longo de períodos que normalmente variam entre 15 e 25 anos, reduzindo a necessidade de desembolsos imediatos por parte do poder público. Além disso, parcela significativa dos riscos tecnológicos, operacionais e financeiros é transferida ao concessionário privado.

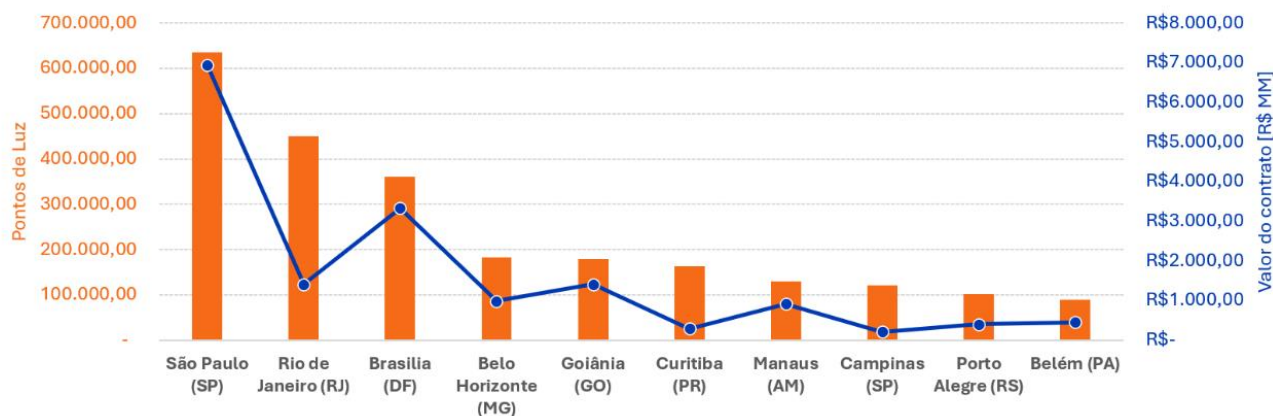
Os resultados observados nos contratos já implementados demonstram elevada capacidade de aceleração da transição tecnológica, com substituição integral dos parques de iluminação em períodos relativamente curtos e antecipação dos benefícios associados à eficiência energética.

Em 2025, encontravam-se vigentes 146 contratos de PPP abrangendo 173 municípios brasileiros, totalizando aproximadamente R\$ 32 bilhões em investimentos contratados e beneficiando cerca de 57 milhões de habitantes, segundo dados da ABCIP (2025), como pode ser observado na Figura 20 abaixo.

Figura 20. PPPs em iluminação pública: quantidade de contratos, pontos de iluminação e valores contratados (dados consolidados até 2025).



Maiores PPPs em iluminação pública



Nota: 146 contratos vigentes abrangendo 173 municípios, totalizando aproximadamente R\$ 32 bilhões em investimentos contratados e beneficiando cerca de 57 milhões de habitantes.

Fonte: ABCIP (2025).

Além dos ganhos operacionais, as PPPs ampliam as possibilidades de exploração econômica da infraestrutura urbana por meio da geração de receitas acessórias. A utilização dos postes para instalação de redes de telecomunicações, fibra óptica, dispositivos de conectividade, sensores urbanos e publicidade digital cria oportunidades de monetização dos ativos públicos e contribui para a sustentabilidade financeira dos contratos.

Por outro lado, uma das limitações da PPP reside no potencial de **perda de autonomia** por parte do município contratante, associado, em alguns casos, à **adoção de soluções padronizadas** que podem não contemplar todas as especificidades de cada cidade, de maneira heterogênea. Em função de sua atuação em maior escala, empresas contratadas tendem a adotar modelos replicáveis, o que pode resultar na implementação de projetos sem a devida adequação e atendimento às particularidades de cada cidade e aos pontos de gargalo específicos identificados na infraestrutura existente. Diante de tal cenário, torna-se ainda mais relevante o fortalecimento dos mecanismos de governança e de fiscalização por parte do poder público, incluindo a elaboração de editais bem estruturados e a definição de indicadores de desempenho claros, objetivos e de fácil medição.

Por outro lado, a crescente digitalização da infraestrutura urbana também impõe desafios de governança. A incorporação de sensores, plataformas digitais e sistemas de monitoramento exige mecanismos robustos de proteção institucional, incluindo padrões tecnológicos interoperáveis, neutralidade tecnológica, preservação da titularidade pública dos dados e garantia de flexibilidade tecnológica ao longo da vigência contratual.

■ **Box 2 – Indicadores de desempenho e verificação independente**

INDICADORES DE DESEMPENHO E VERIFICAÇÃO INDEPENDENTE

O mecanismo de remuneração das PPPs está diretamente associado ao desempenho efetivamente entregue pela concessionária. **Indicadores relacionados à disponibilidade da rede, ao tempo de atendimento de ocorrências, aos níveis de iluminância, à conformidade com a ABNT NBR 5101 e à operação dos sistemas de telegestão** são utilizados para aferir a qualidade dos serviços prestados.

Considerando que grande parte dos municípios não dispõe de equipes técnicas especializadas para auditar permanentemente os dados produzidos pelos Centros de Controle Operacional (CCOs), os contratos normalmente preveem a atuação de um **Verificador Independente (VI)**.

O Verificador Independente é uma entidade técnica contratada para acompanhar a execução contratual, validar os indicadores de desempenho e apoiar o poder concedente na fiscalização dos serviços. Com base nos relatórios emitidos pelo VI, o município pode aplicar bonificações ou descontos sobre os pagamentos devidos à concessionária, fortalecendo os mecanismos de controle e *accountability* do contrato.

4.3. Instrumentos de financiamento da modernização da iluminação pública

A viabilização financeira da modernização da iluminação pública depende da combinação entre uma fonte de receita estável — representada principalmente pela COSIP — e instrumentos capazes de antecipar os investimentos necessários para a substituição dos parques luminotécnicos, implantação de sistemas de telegestão e incorporação de tecnologias associadas às cidades inteligentes.

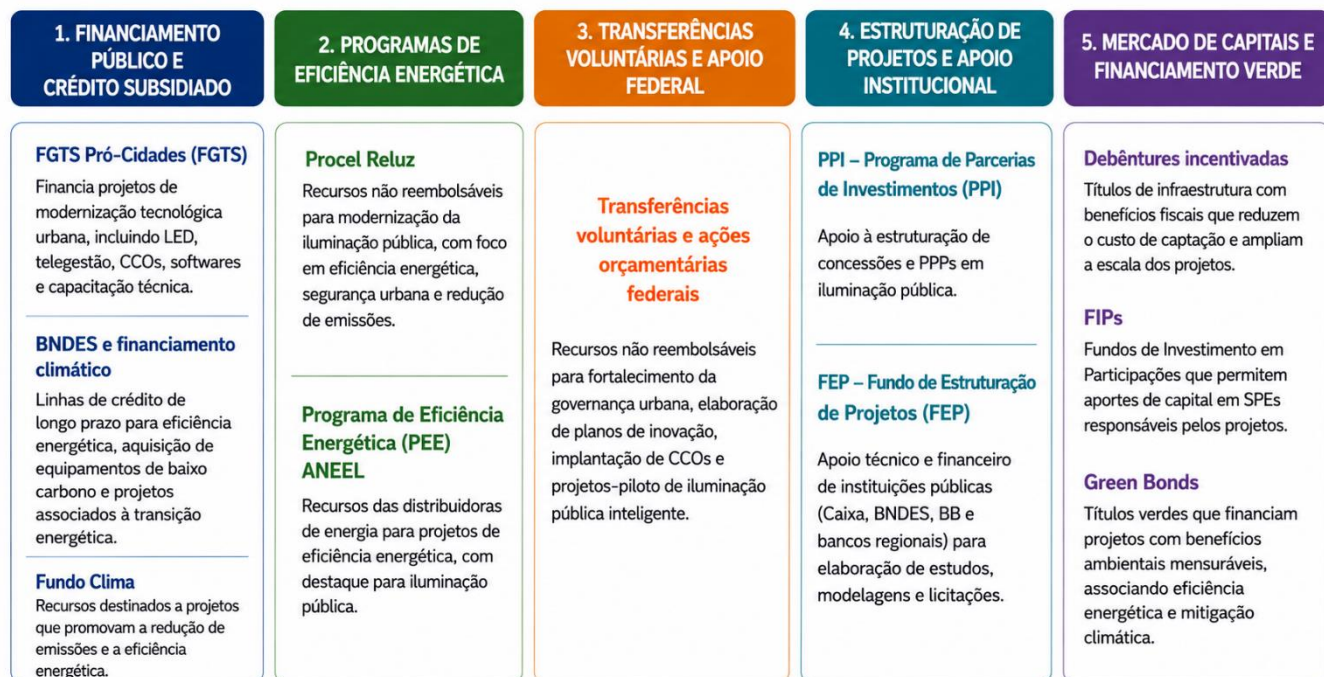
Nos últimos anos, o Brasil consolidou um conjunto abrangente de mecanismos de financiamento voltados à infraestrutura urbana sustentável. Esses instrumentos incluem linhas de crédito subsidiadas, programas federais de eficiência energética, transferências não reembolsáveis, apoio à estruturação de projetos e mecanismos de mercado de capitais. Em conjunto, tais iniciativas ampliam as possibilidades de modernização para municípios de diferentes portes e capacidades institucionais. Um resumo destes mecanismos pode ser observado na Figura 21.

Nos tópicos seguintes, analisaremos cada uma destas formas de financiamento, ressaltando suas características e aplicabilidades.

4.3.1. Financiamento público e crédito subsidiado

As **linhas de crédito de longo prazo** constituem um dos principais instrumentos para antecipação dos investimentos necessários à modernização da iluminação pública. Esses mecanismos permitem que os municípios realizem investimentos imediatos e distribuam seus custos ao longo do tempo, compatibilizando os desembolsos com a capacidade de pagamento proporcionada pela arrecadação da COSIP e pelas economias geradas pela eficiência energética.

Figura 21. Síntese de instrumentos de financiamento da modernização da iluminação pública



Fonte: Elaboração própria

Pró-Cidades (FGTS)

No âmbito federal, o **Programa de Desenvolvimento Urbano (Pró-Cidades)**, operado com recursos do **Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS)**, destaca-se como um dos principais instrumentos de crédito voltados à modernização urbana e transformação digital dos municípios brasileiros.

O programa apoia estados, municípios e o Distrito Federal na implantação de projetos relacionados à requalificação urbana, eficiência energética e cidades inteligentes, condicionando o financiamento à

compatibilidade com os instrumentos de planejamento urbano e aos princípios de desenvolvimento sustentável e inclusão social. A modalidade de Modernização Tecnológica Urbana contempla o financiamento integrado da substituição de luminárias por tecnologia LED, implantação de sistemas de telegestão, plataformas de monitoramento e estruturas de gestão de dados urbanos. O escopo financiável inclui ainda estudos de viabilidade, projetos executivos, softwares de gestão e capacitação técnica das equipes municipais responsáveis pela operação dos sistemas (CAIXA, s.d.).

Essa abrangência é particularmente relevante diante da limitada capacidade técnica observada em grande parte dos municípios brasileiros, permitindo não apenas a aquisição de equipamentos, mas também o fortalecimento institucional necessário à gestão de infraestruturas urbanas digitalizadas.

As condições financeiras subsidiadas, incluindo taxas de juros reduzidas, longos prazos de amortização e baixa exigência de contrapartida, tornam o programa especialmente atrativo para municípios que possuem certa capacidade de endividamento, mas não dispõem de escala suficiente para estruturar concessões ou acessar mecanismos mais sofisticados de financiamento.

BNDES e financiamento climático

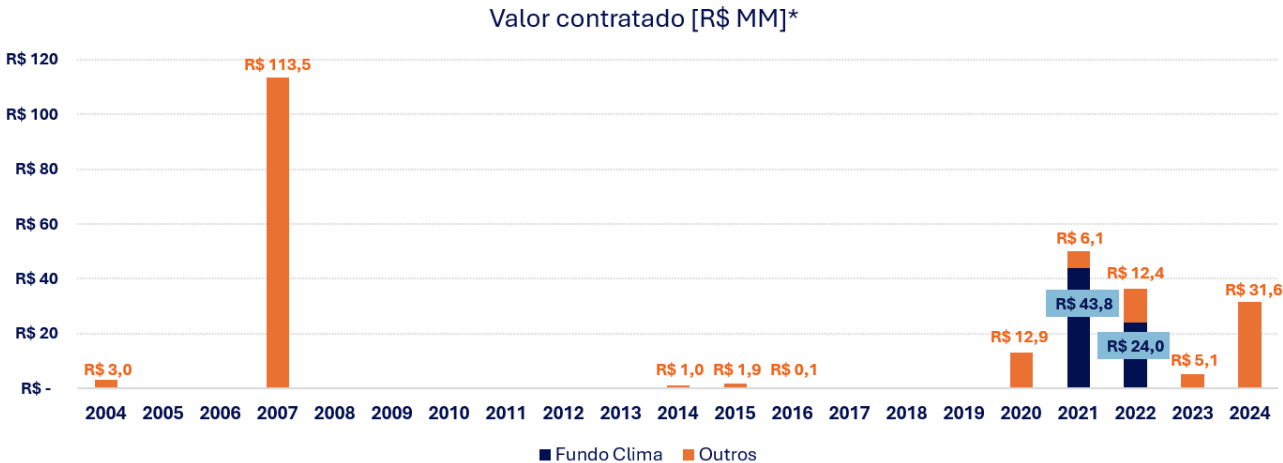
O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) desempenha papel estratégico na expansão da infraestrutura urbana sustentável no Brasil, atuando tanto no **financiamento quanto na estruturação de projetos de iluminação pública**.

Além das linhas tradicionais de crédito voltadas à eficiência energética, o banco disponibiliza instrumentos destinados à aquisição de equipamentos de baixo carbono, implantação de sistemas tecnológicos e apoio a projetos associados à transição energética e à adaptação climática.

Nos últimos anos, os **recursos vinculados ao Fundo Clima** passaram a assumir papel crescente nesse processo. O enquadramento da modernização da iluminação pública como iniciativa de mitigação das emissões de gases de efeito estufa fortalece sua inserção na agenda nacional de financiamento climático, ampliando o acesso a recursos de longo prazo e condições diferenciadas de financiamento (BNDES, [s.d.]b).

Essa convergência entre eficiência energética, descarbonização e desenvolvimento urbano sustentável tem contribuído para ampliar o interesse de instituições financeiras e organismos multilaterais em projetos relacionados à iluminação pública inteligente.

Figura 22. Financiamentos do BNDES em projetos que contemplam iluminação pública. *Valores não exclusivamente aportados em IP.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do BNDES (BNDES, [s.d.]a).

4.3.2. Programas de eficiência energética

Além das linhas de crédito tradicionais, o setor de iluminação pública é beneficiado por **programas específicos de eficiência energética** que disponibilizam recursos direcionados para projetos de modernização tecnológica e redução do consumo de energia.

Procel Reluz

Instituído no âmbito do **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)**, o Procel Reluz constitui uma das mais importantes iniciativas federais voltadas à eficiência energética na iluminação pública brasileira. Originalmente concebido para apoiar a expansão e modernização dos sistemas de iluminação, o programa passou a incorporar objetivos relacionados à redução das emissões de gases de efeito estufa, melhoria da segurança urbana e promoção da eficiência energética. Atualmente executado pela Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional (ENBPar), o programa possui recursos provenientes de parcela da Receita Operacional Líquida das distribuidoras de energia elétrica, conforme estabelecido pela Lei nº 13.280/2016 (Brasil, 2016a).

A primeira chamada pública ocorreu em 2017 e, desde então, observa-se crescimento contínuo dos recursos disponibilizados e do número de projetos apoiados. Segundo informações da ENBPar, o Procel Reluz possui atualmente 133 projetos em andamento, contemplando a instalação de mais de 154 mil pontos de iluminação pública. Recentemente, a Super Chamada Pública resultante da unificação de dois ciclos de investimentos disponibilizou aproximadamente R\$ 150 milhões para novos projetos (ENBPar, s.d.).

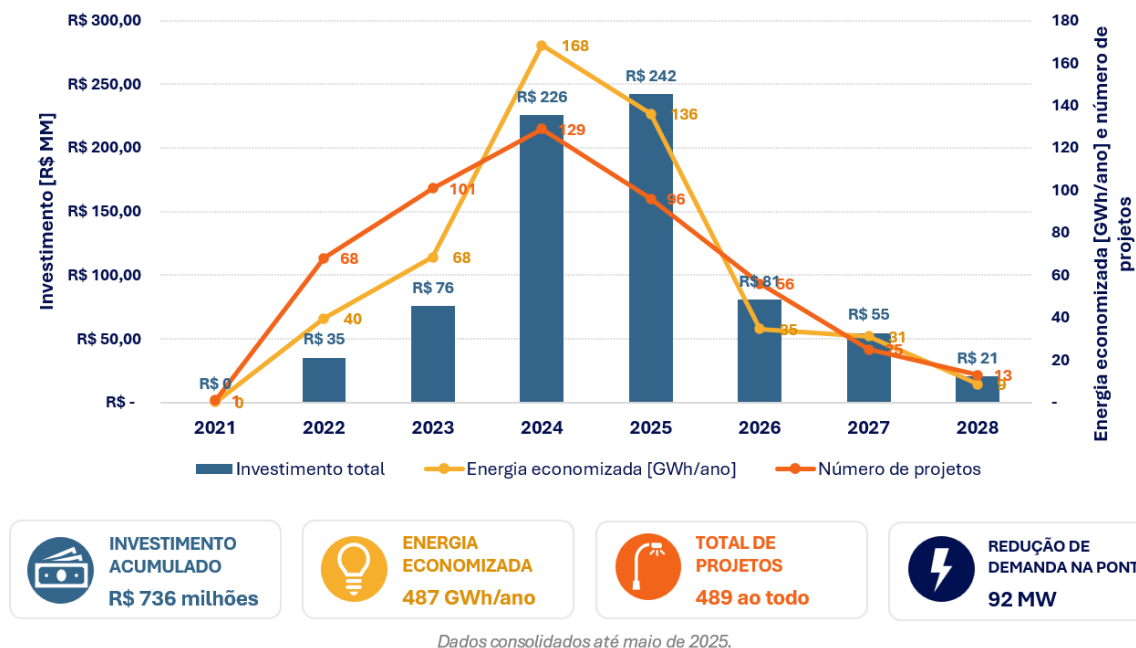
Programa de Eficiência Energética (PEE)

Outro instrumento relevante é o **Programa de Eficiência Energética (PEE)**, instituído pela Lei nº 9.991/2000 e regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). O programa obriga concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica a destinarem anualmente parcela de sua Receita Operacional Líquida ao financiamento de projetos de eficiência energética, abrangendo diferentes setores da economia (Brasil, 2000).

A iluminação pública figura entre os temas mais recorrentes apoiados pelo programa. Segundo o Atlas da Eficiência Energética, os projetos de iluminação pública responderam por **23,4% dos recursos alocados e por 34% do total de projetos executados** entre 2020 e 2024 (EPE, 2025a).

Dados da ANEEL indicam que, entre 2021 e 2025, foram executados 395 projetos de iluminação pública, enquanto outros 94 possuem conclusão prevista entre 2026 e 2028. O investimento acumulado associado a esses projetos alcança aproximadamente R\$ 736 milhões, com potencial de economia anual estimado em 487 GWh e redução de demanda na ponta de carga da ordem de 92 MW (ANEEL, s.d.).

Figura 23. Projetos do PEE em iluminação pública: investimentos, número de projetos e economia de energia.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Aneel.

Os resultados demonstram a relevância dos recursos orientados à eficiência energética como mecanismo de indução tecnológica e redução do consumo energético nos sistemas municipais de iluminação pública.

4.3.3. Transferências voluntárias e apoio federal

Para municípios com reduzida capacidade de endividamento ou limitações fiscais mais severas, as **transferências voluntárias da União** assumem papel estratégico como fonte de recursos não reembolsáveis.

As ações conduzidas pelo Ministério das Cidades priorizam iniciativas voltadas ao fortalecimento da governança urbana, elaboração de planos municipais de inovação, implantação de Centros de Controle e Operação Urbana (CCOs) e desenvolvimento de projetos-piloto de iluminação pública inteligente.

Embora normalmente apresentem menor escala financeira quando comparadas às operações de crédito e às concessões, essas transferências exercem importante função de indução institucional, contribuindo para a preparação técnica dos municípios e para a estruturação de projetos futuros de maior porte.

4.3.4. Estruturação de projetos e apoio institucional

A viabilidade de projetos complexos de iluminação pública depende não apenas da disponibilidade de recursos financeiros, mas também da capacidade de elaboração de estudos, modelagens econômico-financeiras, análises jurídicas e estruturação contratual.

Nesse contexto, destaca-se o **Programa de Parcerias de Investimentos (PPI)**, criado pela Lei nº 13.334/2016 com a finalidade de ampliar a participação privada em projetos de infraestrutura e fortalecer a cooperação entre os diferentes níveis de governo (BRASIL, 2016b).

No setor de iluminação pública, o PPI apoia a estruturação de concessões administrativas e PPPs, auxiliando municípios e consórcios intermunicipais na elaboração dos estudos necessários à contratação dos projetos.

Por meio do **Fundo de Estruturação de Projetos (FEP)**, governos subnacionais podem contar com apoio técnico especializado fornecido por instituições como Caixa Econômica Federal, BNDES, Banco do Brasil e bancos regionais de desenvolvimento.

4.3.5. Mercado de capitais e financiamento verde

À medida que os projetos de iluminação pública ganham escala e maturidade institucional, amplia-se também a possibilidade de acesso a instrumentos de financiamento estruturados no mercado de capitais.

As **debêntures incentivadas e de infraestrutura** destacam-se nesse contexto por oferecerem benefícios tributários aos investidores, reduzindo o custo de captação e ampliando a atratividade econômica dos projetos. O enquadramento da iluminação pública como infraestrutura prioritária permite expandir significativamente as alternativas de financiamento disponíveis para concessões e projetos de grande porte.

Os **Fundos de Investimento em Participações (FIPs)** representam mais uma alternativa relevante, permitindo a realização de aportes de capital em sociedades de propósito específico (SPEs) responsáveis pela implantação e operação dos projetos.

Por sua vez, os **green bonds** inserem a iluminação pública no mercado global de finanças sustentáveis. Esses títulos destinam recursos a projetos capazes de demonstrar benefícios ambientais mensuráveis, associando diretamente a eficiência energética urbana às agendas de descarbonização e transição energética.

Embora esses mecanismos exijam maior grau de sofisticação financeira e custos adicionais de estruturação e certificação, sua importância tende a crescer à medida que a iluminação pública se consolida como componente estratégico das políticas climáticas e da infraestrutura urbana sustentável.

4.4. Governança, interoperabilidade e cidades inteligentes

A modernização da iluminação pública vem ampliando o papel dessa infraestrutura na gestão urbana. Com a incorporação de sistemas de telegestão, sensores e redes de comunicação, os ativos de iluminação passam a suportar aplicações associadas à segurança pública, monitoramento ambiental, conectividade urbana e outras iniciativas de cidades inteligentes.

Nesse contexto, a rede de iluminação pública deixa de desempenhar exclusivamente uma função luminotécnica e passa a constituir uma plataforma multifuncional para a oferta de serviços digitais. Essa transformação amplia o potencial de geração de valor público, mas também introduz novos desafios relacionados à governança e à gestão dos dados urbanos.

Capacitação dos gestores municipais para melhor governança e aprimoramento contínuo da tecnologia

Gerir a IP na era das cidades inteligentes exige competências que vão muito além da eletrotécnica: contratos de PPP, interpretação de dados de telegestão, gestão da COSIP como instrumento de financiamento sustentável e articulação com programas federais de fomento demandam capacitação. A capacitação continuada deve ser vista como elemento estruturante da governança inteligente. Sem ela,

o arcabouço normativo descrito anteriormente e os ganhos de qualidade de vida permanecem inacessíveis para a maioria dos municípios.

As três dimensões desta nota, **governança, qualidade de vida e capacitação**, constituem um sistema de reforço mútuo: municípios que capacitam seus gestores estruturam melhor sua governança; boa governança produz modernização tecnológica de qualidade; e modernização bem governada gera ganhos mensuráveis de qualidade de vida, que retroalimentam a demanda social por mais e melhor governança.

O Brasil dispõe de um ecossistema federal de formação gratuito e robusto, à disposição dos gestores municipais: o **Programa Capacidades** (MCidades, com 64 mil inscrições desde 2023, e disponibilidade de 21 cursos), a **EVG/ENAP** (com uma agenda de mais de 200 cursos, incluindo 44 de transformação digital e 29 de inteligência artificial), a **Trilha de IA e Governança de TIC** (MGI/ENAP, 2025) e a **Rede de Aprendizagem em Eficiência Energética** (MME, 2025).

Figura 24. Ciclo Virtuoso: Capacitação, Governança e Qualidade de Vida em IP.



Fonte: Elaboração própria.

O Apêndice apresenta uma estrutura proposta listando os principais tópicos a serem estudados para fins de capacitação dos municípios, envolvendo aspectos técnicos, normativos e de gestão, com seus respectivos públicos-alvo recomendados.

Governança tecnológica

Um dos principais aspectos a serem observados é a **interoperabilidade dos sistemas implantados**. A **adoção de padrões tecnológicos abertos** reduz o risco de dependência de fornecedores específicos, facilita futuras expansões e favorece a integração entre equipamentos e plataformas de diferentes fabricantes. Nesse sentido, destacam-se iniciativas como as certificações do Consórcio TALQ, protocolo de padrões abertos na camada de software, voltadas à interoperabilidade de sistemas de iluminação inteligente, além das certificações do INMETRO e do Selo Procel, que contribuem para assegurar padrões de qualidade, segurança e eficiência energética.

Outro aspecto relevante refere-se à **governança dos dados** produzidos pela infraestrutura urbana digital. Informações geradas por sistemas de telegestão, sensores e dispositivos conectados possuem valor estratégico para o planejamento e a gestão municipal. Por essa razão, recomenda-se que os

municípios preservem a titularidade dos dados e estabeleçam, nos contratos e especificações técnicas, requisitos relacionados à transparência, portabilidade das informações e flexibilidade tecnológica.

Por fim, a crescente digitalização da iluminação pública reforça a importância de mecanismos de governança capazes de garantir a sustentabilidade dos investimentos ao longo do tempo. A adoção de padrões interoperáveis, o acompanhamento de indicadores de desempenho e a preservação da autonomia tecnológica dos municípios contribuem para maximizar os benefícios da modernização e ampliar o potencial da iluminação pública como infraestrutura estratégica para o desenvolvimento urbano sustentável.

4.5. Orientações dos Tribunais de Contas para a estruturação de projetos

A crescente adoção de concessões e parcerias público-privadas (PPPs) para a modernização da iluminação pública tem ampliado a atuação dos Tribunais de Contas na fiscalização desses projetos. As decisões e orientações emitidas por esses órgãos vêm contribuindo para consolidar boas práticas relacionadas à governança, ao planejamento e à correta aplicação dos recursos públicos, fortalecendo a segurança jurídica dos empreendimentos.

Entre os principais entendimentos consolidados destaca-se que os contratos de concessão devem contemplar uma abordagem integrada da infraestrutura de iluminação pública, abrangendo atividades como modernização, expansão, operação e manutenção dos sistemas, e não apenas a substituição pontual de equipamentos. Essa diretriz reforça a necessidade de estruturar projetos com foco no desempenho e na sustentabilidade dos serviços ao longo do ciclo de vida dos ativos.

Os Tribunais de Contas também têm enfatizado a importância da adequada gestão da Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP), recomendando que os municípios realizem planejamento financeiro compatível com as necessidades do sistema, assegurem a correta destinação dos recursos e mantenham transparência sobre sua utilização. Essas orientações reforçam o papel da COSIP como instrumento de financiamento da iluminação pública e contribuem para ampliar a previsibilidade, a responsabilidade fiscal e a confiança na gestão dos investimentos.

4.6. Observações finais

A análise dos instrumentos de financiamento, dos modelos de gestão e do arcabouço institucional evidenciam que o Brasil dispõe, atualmente, das condições necessárias para ampliar a modernização da iluminação pública em escala nacional.

A consolidação da COSIP, a diversificação das fontes de financiamento, o amadurecimento dos modelos de contratação e a evolução do marco regulatório reduziram significativamente as barreiras à implementação de projetos, deslocando o principal desafio para o fortalecimento da capacidade institucional dos municípios, da governança dos investimentos e da gestão ao longo do ciclo de vida dos ativos.

Nesse contexto, a eficiência energética deixa de representar apenas um mecanismo de redução do consumo de eletricidade e passa a constituir um **vetor para a transformação digital, a qualificação dos serviços urbanos e a melhoria da qualidade de vida da população**. A concretização desse potencial, contudo, depende da adoção de modelos compatíveis com a realidade de cada município, da utilização de indicadores de desempenho, da interoperabilidade entre sistemas e do fortalecimento da cooperação entre os diferentes atores envolvidos.

As experiências já desenvolvidas em diversas cidades brasileiras demonstram que esses elementos podem ser estruturados em diferentes arranjos institucionais e contratuais, produzindo resultados expressivos em termos de eficiência energética, modernização da infraestrutura e inovação na gestão pública. Nesse sentido, o capítulo seguinte apresentará estudos de caso representativos, com o objetivo de ilustrar como esses instrumentos vêm sendo aplicados na prática e quais lições podem contribuir para a expansão e o aprimoramento da iluminação pública como infraestrutura estratégica para o desenvolvimento urbano sustentável.

5. Casos de sucesso

Os três estudos de caso apresentados a seguir foram selecionados por evidenciarem diferentes dimensões estratégicas da modernização da iluminação pública no Brasil.

Porto Alegre demonstra o potencial das parcerias público-privadas para promover eficiência energética, inclusão urbana, telegestão e resiliência da infraestrutura diante de eventos climáticos extremos.

Aracaju se destaca pela modernização integral do parque luminotécnico, pela expressiva redução do consumo de energia e pela incorporação de critérios ambientais específicos em área costeira sensível à desova de tartarugas marinhas.

Já o **campus da Unicamp**, em Campinas/SP, ilustra como ambientes institucionais de grande porte, com dinâmica semelhante à de um pequeno município, podem funcionar como laboratórios de inovação para soluções de iluminação eficiente, gestão energética, telegestão e aplicações associadas a cidades inteligentes.

5.1. PORTO ALEGRE/RS

Contexto e modelo de implementação

O projeto de modernização da iluminação pública de Porto Alegre foi estruturado no âmbito de uma concessão. O projeto foi viabilizado por meio da emissão de debêntures, no montante de R\$ 80 milhões, com aprovação em 2021.

A iniciativa teve como objetivo beneficiar aproximadamente 1,5 milhão de habitantes, contemplando a manutenção, implantação, instalação, recuperação, modernização, melhoramento, eficientização e expansão da rede municipal de iluminação pública. Também integrou o escopo do projeto a implantação de um Centro de Controle Operacional, elemento fundamental para a gestão remota, o monitoramento da infraestrutura e a incorporação gradual de funcionalidades associadas à telegestão.

Estratégia territorial e inclusão urbana

Um aspecto relevante do caso de Porto Alegre foi a estratégia de priorização territorial adotada na execução da modernização. O projeto teve início nas regiões mais vulneráveis e em bairros com maior déficit de infraestrutura pública, direcionando os primeiros benefícios da iluminação LED para áreas historicamente menos atendidas. Em seguida, a modernização avançou para grandes corredores e vias principais.

Essa abordagem permitiu associar eficiência energética a impacto social positivo, contribuindo para a melhoria da segurança, da mobilidade noturna, do conforto urbano e da qualidade de vida. Além disso, promoveu maior homogeneização técnica do parque de iluminação pública no território municipal, reduzindo desigualdades entre bairros quanto ao padrão de atendimento luminotécnico. Na Figura 25

pode-se observar os pontos de IP modernizados e o painel do centro de controle com os pontos de IP mapeados de Porto Alegre.

Figura 25. Imagem de satélite demonstrando os pontos de IP modernizados (a) e Painel do Centro de Controle com os pontos de IP mapeados da cidade de Porto Alegre/RS (b)



Fonte: Elaboração própria.

Resultados alcançados

Os resultados observados indicam ganhos expressivos de eficiência e qualidade operacional. O número de luminárias com tecnologia LED passou de 5.265 para 113.058 pontos, dos quais 22.397 passaram a contar também com telegestão.

Entre os principais resultados, destacam-se:

- economia de energia elétrica equivalente a 60,19% da carga total instalada;
- redução mensal de 3.663.667 kWh no consumo de energia elétrica;
- redução de 50,7% no valor mensal da conta de energia paga pelo município;
- economia financeira mensal estimada em R\$ 1,2 milhão;
- obtenção de certificações ISO nas áreas de qualidade, meio ambiente, tecnologia da informação e segurança da informação;
- implantação de Centro de Controle e Monitoramento com mapeamento dos pontos de iluminação pública.

Além dos ganhos energéticos e financeiros, foram percebidos benefícios pela população, especialmente em relação à sensação de segurança, ao conforto urbano, à mobilidade noturna e à valorização dos espaços públicos.

Resiliência climática e infraestrutura inteligente

Um dos aspectos mais relevantes do caso de Porto Alegre foi a capacidade de resiliência do parque luminotécnico diante da enchente de 2024, considerada a maior catástrofe climática da história do Rio Grande do Sul. Apesar da magnitude do evento, o sistema modernizado não sofreu impactos relevantes, demonstrando a importância de infraestruturas urbanas mais robustas, monitoráveis e integradas.

Figura 26. Vista aérea noturna da Orla do Guaíba atualmente



A experiência também evidencia que a rede de iluminação pública modernizada pode servir como plataforma para novas aplicações, como o monitoramento de níveis de água, sensores climáticos e outros dispositivos urbanos. Nesse sentido, o caso reforça a iluminação pública como infraestrutura habilitadora para cidades inteligentes e para estratégias de adaptação climática.

Desafios e lições aprendidas

Os principais desafios enfrentados estiveram associados a atos de vandalismo, em especial ao furto de cabos elétricos. A mitigação desse problema exige ações combinadas, como o uso de materiais de menor valor agregado, a reorganização das redes, alternativas técnicas que dificultem intervenções indevidas e a produção de informações qualificadas sobre regiões críticas, recorrência de ocorrências e padrões de atuação.

Outro desafio relevante diz respeito à integração entre o cadastro municipal de iluminação pública e os sistemas das distribuidoras de energia elétrica. A **atualização cadastral em tempo real ou em ciclos mais curtos** é essencial para refletir a evolução do parque modernizado, garantir faturamento adequado, reduzir divergências operacionais e apoiar a gestão eficiente do contrato.

A experiência de Porto Alegre indica que futuros contratos de PPP de iluminação pública devem prever, de forma mais robusta, protocolos de emergência climática, estoques críticos, rotas alternativas, matriz de risco para eventos extremos, comunicação integrada com a Defesa Civil e mecanismos contratuais claros para recomposição extraordinária em situações excepcionais.

5.2. ARACAJU/SE

Contexto e modelo de implementação

A modernização do parque luminotécnico de Aracaju beneficiou aproximadamente 571 mil habitantes, também tendo sido estruturada no âmbito de uma concessão. O projeto contemplou a implantação, instalação, recuperação, modernização, melhoramento, eficientização e expansão da rede municipal, além da implantação de Centro de Controle Operacional e sistemas de telegestão.

O contrato organizou a estratégia de avanço da modernização em três frentes territoriais: Zona Norte, Zona Sul e Zona Central. Essa divisão contribuiu para o planejamento da execução, o acompanhamento dos resultados e a priorização das intervenções no território.

A concessionária teve seu projeto enquadrado como prioritário para o setor de iluminação pública em 2022, com previsão de emissão de debêntures no valor de R\$ 50 milhões. Aracaju foi uma das cidades pioneiras no acesso a essa política de incentivos fiscais para o setor, consolidando-se como referência nacional de estruturação bem-sucedida de projeto.

Resultados alcançados

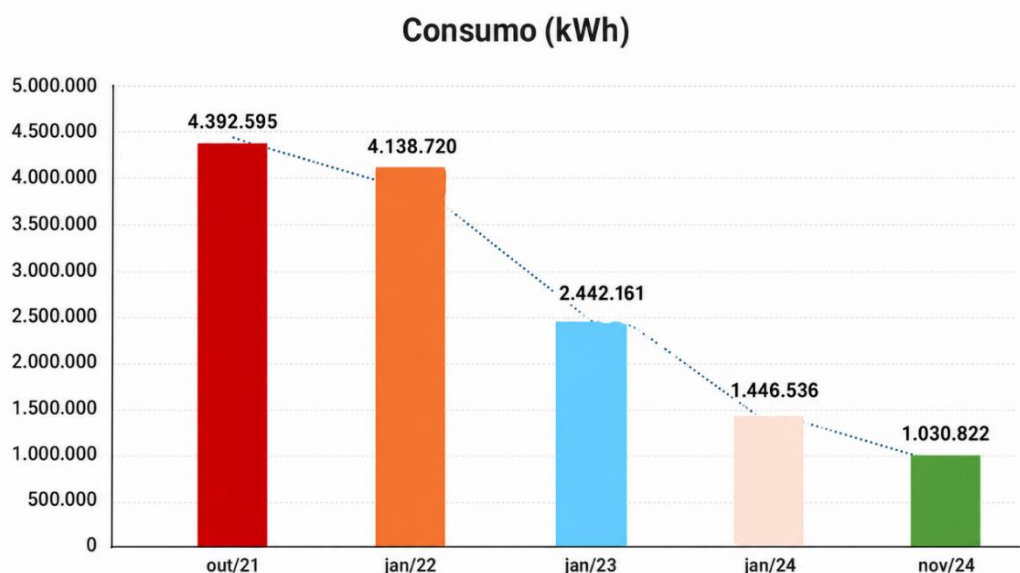
O caso de Aracaju se destaca pela modernização de 100% dos pontos de iluminação pública previstos. Ao todo, foram modernizados 60.083 pontos, com captação de R\$ 40 milhões — valor R\$ 10 milhões inferior ao limite máximo aprovado.

Entre os resultados mais relevantes, destacam-se:

- economia de energia elétrica equivalente a 71,43% da carga total instalada, superando em 10,27% a meta de economia prevista no contrato de concessão;
- redução mensal de 3.361.773 kWh no consumo de energia elétrica;
- redução de 74,1% no valor mensal da conta de energia paga pelo município;
- economia mensal aproximada de R\$ 1,18 milhão.

Além da economia de energia e de recursos públicos, foram observados efeitos positivos sobre a segurança e a ocupação dos espaços públicos em períodos noturnos, especialmente em áreas de maior circulação e em regiões historicamente vulneráveis. A modernização também contribuiu para a redução de riscos de choque elétrico, em função da padronização das instalações e da maior aderência às normas de segurança.

Figura 27. - Redução no consumo de energia em Aracaju.



Fonte: Elaboração própria.

Dimensão ambiental e proteção da biodiversidade

Um diferencial do caso de Aracaju é a incorporação de critérios ambientais específicos na modernização da iluminação da orla. A capital sergipana possui áreas relevantes de desova de tartarugas marinhas, o que torna a gestão da luz artificial um aspecto sensível para a preservação da fauna.

A mitigação dos impactos da fotopoluição foi conduzida por meio de articulação com órgãos de licenciamento ambiental e especialistas do Centro TAMAR/ICMBio, que ocorreram desde a fase de planejamento. A solução adotada envolveu o desenvolvimento de alternativas de engenharia customizadas para as zonas costeiras, incluindo luminárias com distribuição fotométrica restrita e anteparos direcionais, de forma a projetar o fluxo luminoso prioritariamente sobre vias e calçadas, evitando a dispersão de luz em direção à praia.

Essa experiência demonstra que a modernização da iluminação pública pode ser compatível com a proteção ambiental quando incorpora, desde a concepção do projeto, critérios técnicos de ecologia da luz, controle da poluição luminosa e adequação às características do território.

Figura 28. Orla de Aracaju.



Desafios e lições aprendidas

As principais lições aprendidas no caso de Aracaju estão relacionadas ao cadastro do parque luminotécnico, à comunicação institucional e à necessidade de maior padronização técnica e regulatória.

O levantamento inicial do cadastro e sua atualização constante mostraram-se fundamentais para o sucesso do projeto. Um cadastro robusto permite diagnosticar a situação real do parque, acompanhar a evolução da carga instalada e do consumo, verificar a aderência às normas, apoiar o faturamento e subsidiar a atuação do poder concedente, da concessionária e do verificador independente.

O caso também evidencia a ausência de padronização regulatória para integração entre o cadastro municipal de iluminação pública e os sistemas de faturamento das distribuidoras. Essa lacuna pode gerar divergências operacionais e dificultar a comprovação dos ganhos de eficiência obtidos com a modernização.

Outro ponto relevante refere-se à necessidade de padronizar critérios técnicos associados à aplicação da NBR 5101, às metodologias de medição, aos protocolos de telegestão, à dimerização dinâmica, à integração de tecnologias IoT e ao controle da poluição luminosa em áreas de sensibilidade ambiental. Nesse contexto, a atuação do Verificador Independente é essencial para garantir a aderência entre contrato, execução em campo, resultados medidos e qualidade do serviço prestado.

5.3. UNICAMP

Contexto e modelo de implementação

O projeto de modernização da iluminação pública do campus Cidade Universitária Zeferino Vaz, da Unicamp, foi desenvolvido e implantado no âmbito do Programa Campus Sustentável. A iniciativa contou com investimento de R\$ 5 milhões, com apoio financeiro do PROCEL, no âmbito do 3º Plano de Aplicação dos Recursos.

Embora não se trate de um município, o campus da Unicamp apresenta características semelhantes às de uma pequena cidade, com ruas, avenidas, praças, estacionamentos, áreas verdes, circulação intensa de pedestres e veículos, infraestrutura própria e necessidade permanente de operação e manutenção. Por isso, o caso é relevante para demonstrar como soluções de iluminação eficiente e gestão inteligente podem ser aplicadas em ambientes institucionais complexos.

Após a implementação, a universidade assumiu integralmente a gestão do parque de iluminação com recursos próprios, incluindo operação e manutenção. O sistema passou a ser gerido pela mesma equipe responsável pela operação do sistema elétrico do campus, favorecendo a integração entre gestão energética, manutenção e planejamento da infraestrutura.

Escopo técnico e critérios de modernização

A modernização contemplou vias internas, praças e estacionamentos, com priorização das áreas de maior circulação de pedestres e veículos e dos trechos com maior viabilidade de mapeamento e verificação em campo.

O projeto adotou a NBR 5101:2024 (ABNT, 2024a) como referência técnica para os parâmetros luminotécnicos. Todos os pontos modernizados receberam sistema de telegestão integrado, com funcionalidades de coleta de dados, acionamento remoto, desligamento e dimerização.

Essa escolha fortaleceu a capacidade de controle operacional do sistema e ampliou o potencial de geração de dados para a gestão energética do campus.

Resultados alcançados

Apesar dos desafios de implementação, o projeto foi concluído com a substituição de aproximadamente 2.500 luminárias. Os principais resultados observados foram:

- redução de cerca de 66% do consumo de energia associado à iluminação, de acordo com medições realizadas no período de 01/01/2026 a 31/05/2026;
- economia estimada de até R\$ 1 milhão por ano para a universidade;
- melhoria da qualidade luminotécnica das vias do campus;
- maior aderência aos parâmetros da NBR 5101:2024;
- integração dos pontos modernizados a sistema de telegestão;
- ampliação do potencial de uso da infraestrutura para sensores e aplicações de cidades inteligentes.

A melhoria da qualidade da iluminação foi um dos principais benefícios percebidos, especialmente em razão da seleção técnica rigorosa das luminárias e do envolvimento de profissionais especializados no processo de especificação, contratação e acompanhamento do projeto.

Figura 29. Vista aérea do campus da UNICAMP onde foi implementado o projeto



Sustentabilidade ambiental e aplicações inteligentes

Do ponto de vista ambiental, a substituição de lâmpadas de vapor de sódio, vapor metálico e vapor de mercúrio reduziu o uso de materiais químicos potencialmente nocivos. Além disso, a adoção de luminárias com temperatura de cor de 3.000 K em áreas verdes e parques representa uma boa prática para mitigação dos impactos da iluminação artificial sobre fauna e flora, em linha com diretrizes de ecologia da luz.

O projeto também permitiu a instalação de sensores diversos, ampliando o uso da rede de iluminação como plataforma de aplicações inteligentes. Foram incorporados sensores de ruído, com potencial de uso de inteligência artificial para identificação de riscos à segurança, sensores de particulados para avaliação da qualidade do ar e câmera de segurança com possibilidade de contagem de veículos em áreas delimitadas do campus.

Desafios e lições aprendidas

O projeto foi desenvolvido ao longo de cinco anos, sendo que a fase burocrática representou parcela expressiva do tempo total de execução. Essa experiência evidencia a importância do planejamento antecipado dos instrumentos jurídicos, da definição clara do escopo e da inclusão de cláusulas de flexibilidade contratual desde a concepção do projeto.

Entre os principais desafios observados, destacam-se a morosidade do modelo contratual adotado, dificuldades associadas à disponibilidade de materiais e limitações decorrentes da seleção da empresa contratada exclusivamente pelo critério de menor preço. Como lição aprendida, recomenda-se a adoção de modelos do tipo *turn-key* em projetos semelhantes, bem como a priorização de critérios de capacidade técnica, experiência comprovada e qualidade das soluções ofertadas nos processos licitatórios.

O caso da Unicamp reforça que a qualidade da contratação e da especificação técnica é determinante para o sucesso da modernização. Também demonstra que instituições públicas com infraestrutura própria podem atuar como ambientes de experimentação e validação de soluções replicáveis para municípios, especialmente em temas como telegestão, sensores, eficiência energética, qualidade luminotécnica e integração com sistemas de gestão.

6. Metodologias para cálculo dos potenciais de eficiência energética na iluminação pública

As metodologias de cálculo do potencial de eficiência energética na iluminação pública evoluíram nas últimas décadas, acompanhando os avanços tecnológicos, a disponibilidade de dados e a crescente complexidade dos sistemas de iluminação urbana. Em termos gerais, essas metodologias buscam estimar os ganhos energéticos associados à modernização dos parques de iluminação pública, podendo ser aplicadas tanto em análises agregadas de municípios quanto na otimização de projetos específicos.

As abordagens mais tradicionais consistem em **análises comparativas** entre o sistema existente e o sistema proposto após modernização. Considera-se o **cálculo do consumo energético anual** antes e depois da substituição tecnológica e após a obtenção dos consumos energéticos dos cenários comparados, calcula-se o potencial de economia percentual por meio da **diferença entre os consumos**.

Outra abordagem amplamente utilizada consiste na avaliação do fluxo luminoso necessário para atendimento aos parâmetros definidos pela ABNT NBR 5101 (ABNT, 2024). Nesse caso, os cálculos luminotécnicos são empregados para **dimensionar soluções mais eficientes, mantendo os níveis mínimos exigidos de segurança, conforto visual e desempenho operacional**. Essas metodologias também costumam considerar aspectos relacionados à manutenção, perdas elétricas e condições ambientais.

A evolução tecnológica permitiu o desenvolvimento de modelos computacionais avançados aplicados à iluminação pública. Atualmente, diversos softwares especializados realizam simulações luminotécnicas e cálculos de eficiência energética com elevado grau de precisão. Os algoritmos de otimização são utilizados para identificar combinações ideais entre potência, altura dos postes, espaçamento entre luminárias e distribuição fotométrica. Essas metodologias possibilitam maximizar a eficiência energética mantendo os níveis adequados de iluminância.

Modelos baseados em programação matemática e inteligência computacional têm sido amplamente estudados em pesquisas internacionais. Essas abordagens permitem avaliar milhares de combinações operacionais em curto período. Além disso, sistemas de telegestão passaram a integrar metodologias modernas de cálculo, permitindo monitoramento remoto, controle de dimerização, identificação de falhas e ajuste dinâmico do consumo energético. A utilização de sensores, redes inteligentes e plataformas digitais também contribui para maior precisão na estimativa do potencial de economia energética.

A revisão bibliográfica realizada permitiu identificar três grandes grupos de metodologias aplicadas à estimativa do potencial de eficiência energética na iluminação pública: (i) métodos estatísticos e socioeconômicos; (ii) métodos multicritério de apoio à decisão; e (iii) métodos de otimização luminotécnica.

Figura 30. Metodologias para Estimativa do Potencial de Eficiência Energética na Iluminação Pública.



Fonte: Elaboração própria.

As particularidades de cada uma destas abordagens metodológicas serão descritas a seguir:

Métodos estatísticos e socioeconômicos

As metodologias desse grupo buscam avaliar a eficiência energética em escala municipal ou regional, utilizando informações socioeconômicas, demográficas e operacionais para estimar potenciais de melhoria e subsidiar o planejamento de políticas públicas.

Um dos estudos mais conhecidos nessa categoria é “Avaliação do potencial de eficiência energética na iluminação pública nos municípios paulistas” (Echevarría et al, 2023). O trabalho utiliza a metodologia de Análise de Fronteira Estocástica (*Stochastic Frontier Analysis – SFA*) para estimar o nível de eficiência dos municípios paulistas. O modelo considera como variáveis o **consumo anual de energia elétrica da iluminação pública, a população municipal, a área territorial, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)** e componentes de erro associados a fatores aleatórios e à ineficiência operacional. A partir da estimação por máxima verossimilhança, o estudo calcula o potencial de economia energética e classifica os municípios segundo seu desempenho relativo.

Nessa mesma linha, o estudo “Iluminando cidades brasileiras: modelos de negócio para eficiência energética em iluminação pública” (Meyer et. al, 2017), utiliza técnicas de análise de clusters para agrupar municípios com características semelhantes. A metodologia considera indicadores relacionados ao **desenvolvimento econômico, gestão fiscal, infraestrutura urbana e características do parque de iluminação pública**. Com base nessa segmentação, são avaliados diferentes modelos de negócios para viabilizar a modernização dos sistemas municipais.

Também baseado em técnicas de agrupamento, o estudo de Poveda e Alarcón (2018), desenvolvido pelo BID, analisa o potencial de eficiência energética em municípios brasileiros de pequeno e médio porte. A partir de informações sobre **população, consumo de energia elétrica, custos da iluminação pública e despesas municipais**, os autores classificam os municípios em grupos homogêneos e estimam indicadores relacionados aos gastos e ao potencial de modernização dos sistemas.

Em conjunto, essas metodologias permitem identificar padrões de eficiência, comparar municípios com características semelhantes e apoiar a formulação de estratégias de investimento.

Métodos multicritério de apoio à decisão

Uma segunda categoria é formada pelos **métodos multicritério**, que procuram apoiar a tomada de decisão por meio da **avaliação simultânea** de diferentes aspectos técnicos, econômicos e institucionais.

Nesse contexto, destaca-se o estudo “*An analysis of the applications of Analytic Hierarchy Process (AHP) for selection of energy efficiency practices in public lighting in a sample of Brazilian cities*”, elaborado por Salvia et al. (2019). O trabalho emprega o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), estruturando um modelo hierárquico que relaciona objetivos, critérios e alternativas de intervenção.

Entre os critérios avaliados estão **custo de implementação, potencial de economia energética e facilidade de implementação**. As alternativas consideradas incluem programas de auditoria energética, retrofit de sistemas de iluminação, adoção de fontes alternativas de energia e implantação de sistemas de telegestão. As comparações são realizadas com base na escala fundamental de Saaty, utilizando julgamentos de especialistas municipais.

Para estimar os impactos energéticos das alternativas selecionadas, os autores utilizaram a ferramenta TRACE, do Banco Mundial (BANCO MUNDIAL, s.d.), que permite simular cenários de modernização a partir de informações como número de pontos de iluminação, custos de energia elétrica, horas de operação e características das luminárias.

Essas metodologias são particularmente úteis quando o objetivo não é apenas identificar o potencial de economia de energia, mas também selecionar estratégias de implementação compatíveis com a realidade institucional e financeira dos municípios.

Métodos de otimização luminotécnica

O terceiro grupo reúne metodologias voltadas à **otimização técnica** dos projetos de iluminação pública. Diferentemente das abordagens anteriores, esses métodos atuam diretamente sobre os **parâmetros físicos e luminotécnicos do sistema**, incorporando explicitamente os requisitos da ABNT NBR 5101.

Um exemplo é o estudo “Projetos de Iluminação Pública utilizando Otimização por Enxame de Partículas”, (Antunes, 2018), que emprega a técnica *Particle Swarm Optimization* (PSO). Nesse modelo, são consideradas variáveis como **comprimento e largura da via, número de faixas de rolamento, altura das luminárias, espaçamento entre postes, recuo das estruturas e dados fotométricos dos equipamentos**. Cada solução candidata representa uma configuração possível de projeto, cuja qualidade é avaliada simultaneamente em termos de eficiência energética e conformidade normativa.

Durante o processo contínuo de otimização, as soluções são continuamente ajustadas com base no desempenho individual e coletivo das partículas, permitindo identificar configurações que minimizam o consumo energético sem comprometer os requisitos de iluminância e uniformidade. Entre os resultados observados destaca-se a existência de relações de compromisso entre eficiência energética e uniformidade luminosa.

Abordagem semelhante é utilizada no estudo “*Application of genetic algorithm for optimization on projects of public illumination*”, de Oliveira, Menezes e Junior (2014), que emprega algoritmos de seleção e evolução para otimizar projetos de iluminação pública. Nesse caso, as soluções são representadas por diferentes combinações de **altura dos postes, espaçamento entre luminárias e características fotométricas dos equipamentos**.

A avaliação de cada configuração é realizada por meio de simulações luminotécnicas baseadas em malhas de cálculo definidas segundo os critérios normativos. Os indicadores obtidos, como iluminância

média e uniformidade, são utilizados para selecionar as alternativas que conciliam menor consumo energético, menor custo de implantação e atendimento aos requisitos técnicos.

Essas metodologias representam um avanço em relação aos procedimentos tradicionais, pois permitem incorporar simultaneamente **eficiência energética, desempenho luminotécnico e conformidade normativa** no processo de otimização dos projetos.

Pontos de aprimoramento:

Apesar dos avanços observados nos últimos anos, ainda existem desafios importantes relacionados às metodologias de cálculo do potencial de eficiência energética. Entre os principais, destacam-se:

- Ausência de inventários atualizados em muitos municípios;
- Limitações técnicas na coleta de dados operacionais;
- Diferenças regionais relacionadas às características urbanas;
- Insuficiência de equipe técnica especializada;
- Necessidade de padronização metodológica;
- Atualização contínua das normas técnicas.

Desta forma, a disponibilidade e qualidade dos inventários municipais continuam sendo o principal fator limitante para qualquer abordagem, sendo o principal desafio futuro a construção de um ecossistema de dados, governança e cooperação institucional capaz de explorar plenamente o potencial dessas metodologias. Um quadro contendo as possibilidades de insumos para aprimoramento da modelagem da eficiência energética na iluminação pública, sugerindo atribuições aos respectivos atores responsáveis pode ser observado na Figura 31.

A análise das metodologias identificadas evidência que os avanços observados na estimativa do potencial de eficiência energética da iluminação pública não dependem apenas do desenvolvimento de modelos cada vez mais sofisticados, mas também da disponibilidade, qualidade e integração das informações que os alimentam.

Nesse contexto, o fortalecimento da cooperação entre municípios, distribuidoras, órgãos reguladores, instituições de pesquisa e agentes privados surge como elemento fundamental para ampliar a precisão das análises e potencializar os benefícios da modernização da iluminação pública. As perspectivas futuras apontam para maior utilização de inteligência artificial, análise de *big data* e sistemas integrados de gestão urbana, sendo que a expansão das redes inteligentes permitirá monitoramento em tempo real do desempenho energético, ampliando a precisão dos cálculos e a capacidade de otimização operacional.

Figura 31. Insumos necessários para modelagem da eficiência energética por ator



Fonte: Elaboração própria.

7. Conclusão e Recomendações

7.1. Principais contribuições e construção institucional do Informe

A iluminação pública ocupa posição singular na transição energética e urbana brasileira. Presente em praticamente todo o território nacional e diretamente associada às responsabilidades municipais, essa infraestrutura reúne **elevado potencial de redução do consumo de eletricidade, melhoria da qualidade dos serviços públicos, racionalização dos gastos locais e incorporação de soluções digitais**. Sua modernização deve, portanto, ser compreendida não como uma intervenção isolada sobre o parque luminotécnico, mas como parte de uma estratégia mais ampla de desenvolvimento urbano sustentável, eficiência energética e transformação digital das cidades.

Uma das principais contribuições deste estudo consiste justamente em ampliar a compreensão sobre o papel desempenhado pela iluminação pública. Tradicionalmente tratada como serviço destinado a iluminar vias, praças e demais espaços públicos, ela passa a ser analisada como **ativo urbano, energético e digital**, cuja capilaridade permite articular diferentes dimensões da política pública. Essa perspectiva não reduz a importância de sua função luminotécnica original; ao contrário, reconhece que qualidade, segurança, eficiência e conformidade técnica constituem as bases sobre as quais novas funcionalidades podem ser estruturadas.

As evidências reunidas no documento confirmam a viabilidade técnica e econômica da modernização. A redução recente do consumo nacional de eletricidade destinado à iluminação pública, mesmo diante da expansão do atendimento, sugere a possibilidade concreta de ampliar e qualificar o serviço sem reproduzir, na mesma proporção, o crescimento da demanda energética. Os casos examinados, nos quais foram registradas economias superiores a 60%, reforçam o potencial da substituição de tecnologias obsoletas por sistemas mais eficientes, desde que acompanhada por projetos luminotécnicos adequados, equipamentos de qualidade, conformidade normativa e mecanismos consistentes de acompanhamento do desempenho.

Os resultados dos casos analisados não devem, contudo, ser automaticamente generalizados para o conjunto do país. O processo de modernização permanece heterogêneo, condicionado por diferenças de escala, capacidade fiscal, disponibilidade de dados, qualificação das equipes, maturidade institucional e acesso a instrumentos de financiamento.

O Informe demonstra, nesse contexto, que a eficiência energética constitui o ponto de partida da modernização, mas não esgota o seu alcance. A substituição por LED, combinada a projetos luminotécnicos adequados, dimerização e sistemas de telegestão, pode reduzir o consumo, racionalizar a manutenção, ampliar a vida útil dos equipamentos e melhorar a capacidade de identificação e resposta a falhas. As economias obtidas também podem sustentar um ciclo virtuoso de reinvestimento — “economizar para expandir” — no qual parte dos recursos liberados pela redução dos gastos energéticos e operacionais seja direcionada à ampliação da cobertura, à qualificação do serviço e à incorporação de novas funcionalidades.

Outra contribuição relevante encontra-se na **aproximação entre o planejamento energético e o planejamento urbano**. Embora a iluminação pública esteja sob responsabilidade municipal, seu consumo, seu potencial de eficiência e sua modernização produzem implicações para as projeções nacionais de demanda de eletricidade, para as políticas de conservação de energia, para a ação climática e para a estruturação de programas de financiamento. Ao demonstrar essa relação, a nota contribui para superar uma divisão ainda frequente entre políticas formuladas em escala nacional e infraestruturas geridas localmente.

Essa abordagem está alinhada à compreensão mais ampla de que as cidades constituem espaços centrais para a implementação das políticas energéticas e climáticas. Os planos setoriais de mitigação para Energia e Cidades reconhecem a eficiência energética, a modernização dos serviços urbanos, o

monitoramento de resultados, a economia circular e a integração entre políticas como elementos importantes da trajetória de desenvolvimento de baixo carbono. Nesse contexto, a iluminação pública oferece uma aplicação concreta dessas diretrizes, ao articular redução do consumo, qualificação urbana, inovação tecnológica e fortalecimento da gestão municipal.

O trabalho também contribui ao diferenciar a instalação de tecnologias digitais da transformação digital efetivamente realizada. A distribuição territorial dos pontos de iluminação e sua conexão com a rede elétrica oferecem condições favoráveis à instalação de sistemas de comunicação, sensores e dispositivos de monitoramento. A telegestão permite aprimorar a operação do próprio serviço e pode habilitar soluções relacionadas à mobilidade, à conectividade, ao monitoramento ambiental, à segurança e à gestão urbana.

Entretanto, a presença de equipamentos conectados não caracteriza, por si só, uma cidade inteligente. A transformação digital somente gera valor público quando os dados produzidos são confiáveis, interoperáveis, acessíveis e efetivamente utilizados no planejamento, na operação e na avaliação das políticas públicas. A infraestrutura de iluminação pode, portanto, habilitar a transformação digital, mas sua concretização depende de uma segunda camada, formada por governança, integração de sistemas, conectividade, padrões técnicos, segurança digital e capacidade institucional.

A abordagem integrada constitui outro diferencial do trabalho. Ao reunir eficiência energética, tecnologia, financiamento, normalização, governança de dados, capacidades institucionais, qualidade dos equipamentos, sustentabilidade ambiental e perspectiva dos usuários, o Informe demonstra que os resultados da modernização não dependem de uma solução tecnológica isolada. Eles são produzidos pela interação entre decisões técnicas, institucionais, financeiras e regulatórias ao longo de todo o ciclo de vida dos projetos.

Essa perspectiva também aproxima a eficiência energética da política industrial e da economia circular. A modernização em grande escala mobiliza uma cadeia produtiva diversificada, envolvendo componentes eletrônicos, luminárias, sistemas de controle, telecomunicações, software, serviços técnicos, instalação, operação e manutenção. Ao mesmo tempo, gera a necessidade de administrar os equipamentos substituídos e assegurar sua destinação ambientalmente adequada. A incorporação de critérios de durabilidade, reparabilidade, rastreabilidade, logística reversa e desempenho ao longo da vida útil permite que a modernização contribua não apenas para reduzir o consumo, mas também para estimular inovação, qualidade produtiva e desenvolvimento tecnológico no país.

O documento amplia, ainda, a compreensão sobre o desempenho do serviço ao incorporar a perspectiva dos diferentes usuários do espaço urbano. Indicadores de consumo, potência instalada e disponibilidade continuam essenciais, mas não são suficientes para expressar o valor público da iluminação. Segurança viária, mobilidade ativa, acessibilidade, conforto visual, percepção de segurança, ocupação dos espaços públicos, biodiversidade e equidade territorial também precisam ser considerados. A modernização deve ser avaliada por sua capacidade de produzir melhores condições urbanas para pedestres, ciclistas, condutores e comunidades, e não somente pela quantidade de equipamentos substituídos.

A própria elaboração deste Estudo materializa a necessidade de integração defendida ao longo do documento. O trabalho é resultado de uma ampla articulação entre instituições de diferentes naturezas e campos de atuação relacionados à iluminação pública. Para alcançar o atual nível de maturidade, contou com contribuições, reflexões e críticas de profissionais com especializações diversas, reunindo conhecimentos sobre energia, planejamento urbano, regulação, normalização, metrologia, financiamento, gestão pública, tecnologia, sustentabilidade e operação dos serviços.

Essa construção coletiva fortalece a consistência técnica do estudo e amplia sua utilidade institucional. Mais do que consolidar um diagnóstico, a nota estabelece uma base comum de conceitos, evidências e prioridades capaz de apoiar o diálogo entre os diferentes agentes do setor. Nesse sentido, constitui uma referência para o avanço da agenda e um ponto de partida para novos trabalhos mais integrados, completos e orientados à implementação.

7.2. Recomendações para políticas públicas

As análises desenvolvidas ao longo da Nota indicam que o avanço da modernização da iluminação pública depende de uma agenda articulada de políticas públicas. Essa agenda deve combinar objetivos nacionais com condições concretas de implementação municipal, reconhecendo a diversidade territorial e institucional do país.

As recomendações apresentadas a seguir estão organizadas em cinco eixos complementares. Sua implementação poderá envolver diferentes instrumentos — regulatórios, financeiros, técnicos, contratuais ou institucionais — cuja definição deverá respeitar as competências dos órgãos responsáveis e ser objeto de avaliação e pactuação entre os agentes envolvidos.

Fortalecer padrões abertos e a interoperabilidade

A adoção de padrões abertos deve ser estimulada para assegurar a integração entre equipamentos, sistemas de telegestão e plataformas urbanas, reduzindo riscos de dependência tecnológica e ampliando a capacidade de inovação.

Aprimorar as bases nacionais de dados

É necessário ampliar a qualidade, a padronização e a integração dos dados sobre os parques de iluminação pública, de modo a subsidiar o planejamento energético, a formulação de políticas e a avaliação dos resultados alcançados.

Ampliar a capacitação técnica dos municípios

Programas permanentes de capacitação devem apoiar os municípios na elaboração de projetos, na contratação de serviços, na gestão de ativos e no acompanhamento de indicadores técnicos, energéticos e econômicos.

Incentivar contratações orientadas ao desempenho

Os modelos de contratação devem priorizar metas mensuráveis de eficiência, qualidade e disponibilidade do serviço, apoiadas por indicadores, mecanismos de verificação independente e adequada alocação de riscos.

Integrar a iluminação pública às agendas urbanas estratégicas

A modernização dos parques deve ser articulada às políticas de conectividade, segurança, mobilidade, resiliência climática e cidades inteligentes, aproveitando a infraestrutura instalada para ampliar os benefícios públicos.

Fortalecer a logística reversa e a economia circular

As políticas públicas e os contratos devem incorporar critérios de durabilidade, reparabilidade, eficiência no uso de materiais e destinação adequada de equipamentos, especialmente dos resíduos gerados pela substituição de tecnologias.

Estimular o desenvolvimento produtivo e tecnológico nacional

O fortalecimento da indústria, da pesquisa e da inovação nacionais pode reduzir dependências externas, aprimorar a qualidade dos equipamentos e ampliar a participação do país nos segmentos de maior valor agregado da cadeia de iluminação pública.

7.3. Lacunas e desafios para o avanço do setor

As análises realizadas evidenciam lacunas de informação, conhecimento e capacidade institucional que ainda limitam o planejamento, a implementação e a avaliação da modernização da iluminação pública no Brasil. Essas lacunas representam desafios estruturais e, ao mesmo tempo, indicam oportunidades de cooperação e aprimoramento das políticas públicas.

Uma das principais limitações é a **ausência de uma base nacional consolidada, padronizada e continuamente atualizada**. As informações disponíveis encontram-se dispersas entre municípios, distribuidoras, operadores e levantamentos setoriais, com diferenças quanto à quantidade de pontos, tecnologias, potências, consumo e situação dos ativos. Essa fragmentação dificulta a comparação dos resultados, a elaboração de diagnósticos, otimização de modelos de eficiência energética e a integração da iluminação pública ao planejamento energético nacional.

Também não existe uma **estimativa nacional reproduzível do potencial de eficiência energética do setor**. Embora os casos analisados demonstrem economias expressivas, seus resultados não podem ser automaticamente extrapolados para todo o país. É necessário distinguir o potencial técnico, o potencial economicamente viável, os ganhos já alcançados e o potencial ainda realizável, considerando as diferentes condições municipais.

A avaliação do desempenho permanece concentrada em indicadores de consumo, economia financeira e disponibilidade do serviço. Ainda são insuficientes os indicadores comparáveis relacionados à qualidade luminotécnica, manutenção, segurança viária, mobilidade ativa, acessibilidade, percepção dos usuários, resiliência, impactos ambientais e circularidade. Da mesma forma, a contribuição climática da modernização, incluindo as emissões evitadas e os impactos ao longo do ciclo de vida dos equipamentos, ainda é pouco quantificada.

No campo digital, a telegestão já apresenta benefícios para a operação e a manutenção, mas a utilização da infraestrutura de iluminação para outros serviços urbanos permanece limitada e heterogênea. Persistem desafios relacionados à interoperabilidade, à portabilidade, à segurança cibernética, à titularidade e à governança dos dados, além do risco de dependência de fornecedores e plataformas proprietárias.

Também merecem atenção a qualidade e a durabilidade das luminárias e de seus componentes. A conformidade inicial dos produtos não assegura, isoladamente, desempenho satisfatório durante toda a vida útil. Falhas prematuras, depreciação do fluxo luminoso, qualidade dos *drivers*, proteção elétrica, garantias, rastreabilidade, manutenção e disponibilidade de peças precisam ser acompanhadas de forma mais consistente. Soma-se a isso a dependência internacional de componentes eletrônicos e tecnologias críticas, com possíveis impactos sobre custos, prazos e capacidade de atualização dos sistemas.

Por fim, a modernização permanece desigual entre municípios e regiões. Localidades de menor porte e capacidade institucional enfrentam maiores dificuldades para elaborar projetos, acessar financiamento, contratar soluções e fiscalizar sua execução. Superar essas diferenças exige ampliar a assistência técnica e a capacitação, além de fortalecer a integração entre políticas energéticas, urbanas, digitais, industriais, ambientais e climáticas.

7.4. Agenda para estudos e ações futuras

As lacunas identificadas apontam uma agenda de estudos, projetos-piloto e iniciativas de cooperação. A EPE pode contribuir especialmente para aproximar os dados municipais, a eficiência energética e o planejamento nacional, em articulação com órgãos públicos, municípios, reguladores, distribuidoras, instituições financeiras, entidades técnicas, academia e setor privado.

Uma frente prioritária consiste no desenvolvimento de metodologia nacional para estimar o potencial técnico, econômico e realizável de eficiência energética da iluminação pública. Essa metodologia deverá considerar as características dos parques, os diferentes perfis municipais, os

requisitos luminotécnicos, as possibilidades de dimerização e telegestão, os custos e as capacidades institucionais.

Outra prioridade é a estruturação de uma base nacional integrada, com campos mínimos, identificadores, periodicidade de atualização, responsabilidades e critérios de validação e compartilhamento. Associada a essa iniciativa, recomenda-se desenvolver e testar indicadores padronizados de desempenho energético, econômico, luminotécnico, operacional, urbano, social, climático e ambiental.

Também devem ser aprofundados os estudos sobre os benefícios climáticos e urbanos da modernização, incluindo emissões evitadas, ciclo de vida dos equipamentos, resiliência diante de eventos extremos, mobilidade ativa, segurança viária, acessibilidade, ocupação dos espaços públicos, biodiversidade, poluição luminosa e conforto das comunidades.

No campo da transformação digital, pesquisas e projetos-piloto podem avaliar quais funcionalidades associadas à iluminação pública produzem valor público mensurável e em quais condições sua adoção é técnica e economicamente justificável. Essa agenda inclui interoperabilidade, segurança cibernética, governança de dados e aplicações de inteligência artificial, como manutenção preditiva, identificação de falhas e otimização dos níveis de iluminação.

Os **modelos de gestão e financiamento** destinados aos municípios de menor porte também requerem maior aprofundamento. Estudos comparativos sobre gestão direta, contratos de desempenho, consórcios, concessões regionais e estruturas compartilhadas de assistência técnica podem apoiar soluções compatíveis com diferentes escalas e capacidades institucionais.

Por fim, recomenda-se avançar nos estudos sobre **economia circular, logística reversa, reparabilidade, rastreabilidade e desenvolvimento tecnológico nacional**. A incorporação progressiva dessas informações aos estudos energéticos e climáticos permitirá que as experiências municipais contribuam para o planejamento de médio e longo prazo e que as políticas nacionais respondam melhor às necessidades dos territórios.

7.5. Síntese estratégica e mensagem final

As evidências reunidas neste Informe demonstram que a modernização da iluminação pública já produz resultados relevantes, mas avança de maneira assimétrica. Tecnologias eficientes, instrumentos financeiros e modelos de implementação estão disponíveis e alcançaram maior maturidade. O principal desafio encontra-se, cada vez mais, na capacidade de combinar esses recursos com dados confiáveis, qualidade técnica, planejamento, fiscalização e competências institucionais adequadas às diferentes realidades municipais.

A eficiência energética é o ponto de partida, mas não o limite dessa transformação. O LED, a dimerização e a telegestão podem reduzir consumo e custos, melhorar a operação e criar condições para novas funcionalidades. Entretanto, a tecnologia somente se converte em transformação urbana quando orientada por objetivos públicos, acompanhada por governança e avaliada por resultados energéticos, econômicos, urbanos, sociais e ambientais.

A consolidação dessa agenda dependerá de coordenação federativa e interinstitucional. União, municípios, órgãos reguladores, distribuidoras, instituições financeiras, entidades técnicas, organismos de normalização e metrologia, academia, organizações representativas e setor privado possuem competências distintas e complementares. A articulação entre esses agentes é indispensável para aprimorar bases de dados, disseminar padrões de qualidade, ampliar a capacitação e assegurar que a inovação seja incorporada com segurança, eficiência e interesse público.

Como agenda de futuro, será necessário modernizar com planejamento, qualidade, digitalizar com governança, financiar com sustentabilidade, capacitar para fortalecer a autonomia pública e medir

resultados para aperfeiçoar políticas. Esse avanço deve assegurar que os benefícios alcancem municípios e territórios com diferentes portes e capacidades, contribuindo para reduzir desigualdades e formar cidades mais inclusivas, eficientes, resilientes e sustentáveis.

A iluminação pública pode constituir uma das portas de entrada mais concretas para a transformação urbana brasileira. Para isso, sua evolução deve ser orientada não pela simples incorporação de equipamentos ou funcionalidades, mas pela geração de valor público mensurável. Quando articulada ao planejamento energético, à política urbana, à ação climática e à transformação digital, essa infraestrutura adquire dimensão estratégica: economiza energia, qualifica os espaços públicos, fortalece a gestão municipal, produz informações para o planejamento e cria condições para que as cidades respondam, de maneira mais integrada, aos desafios do presente e do futuro.



A. Contribuições para o aprimoramento das políticas públicas de iluminação pública

Ao longo da elaboração deste Estudo, os colaboradores apresentaram propostas para o aprimoramento das políticas públicas de iluminação pública. Por não representarem, necessariamente, posições consensuadas entre as instituições participantes, essas contribuições são registradas para avaliação dos órgãos competentes.

Entre as propostas, destacam-se:

- Associar o acesso ou a priorização em programas federais de financiamento e estruturação de projetos, como o Procel Reluz e o FEP, à realização de diagnóstico de maturidade institucional e à capacitação prévia dos municípios;
- Instituir uma trilha nacional permanente de capacitação em iluminação pública, articulando iniciativas do Ministério das Cidades, do MME e do MGI, como o Portal Capacidades e a EVG/ENAP;
- Ampliar os sistemas nacionais de informação do setor, incorporando indicadores de qualidade luminotécnica, desempenho operacional e resultados urbanos e sociais, além dos dados de consumo energético;
- Estimular a elaboração ou atualização dos Planos Diretores de Iluminação Pública, integrados ao planejamento urbano municipal e orientados por metas de eficiência, qualidade e participação social;
- Estruturar cadastros municipais georreferenciados, atualizados e interoperáveis, compatíveis com as informações das distribuidoras e das bases regulatórias, observados os requisitos de transparência e segurança dos dados; e
- Fortalecer os consórcios intermunicipais como alternativa para ampliar a escala dos projetos, compartilhar capacidades técnicas e reduzir custos, especialmente nos municípios de menor porte.

A eventual implementação dessas propostas — por meio de editais, portarias, atos municipais ou mecanismos de cooperação intermunicipal — dependerá de avaliação técnica e jurídica, observadas as competências institucionais e os marcos legais aplicáveis.

B. Indicadores de eficiência energética e multimodais para iluminação pública

Indicadores para avaliação dos sistemas de iluminação pública

A avaliação dos sistemas de iluminação pública deve considerar, de forma integrada, aspectos energéticos, luminotécnicos, operacionais, econômico-financeiros, ambientais e relacionados à experiência dos usuários. Esse conjunto de indicadores pode apoiar o planejamento municipal, a modernização dos parques, a gestão contratual e a aferição da qualidade dos serviços.

Os indicadores apresentados a seguir possuem caráter referencial. Sua seleção e aplicação devem considerar as características do município, os objetivos da avaliação, a disponibilidade de dados, os requisitos contratuais e as normas técnicas vigentes.

B.1 Indicadores energéticos

Os indicadores energéticos permitem dimensionar o sistema e comparar o desempenho de parques de diferentes portes e configurações. Entre os principais, destacam-se:

- **Consumo anual de energia elétrica:** energia consumida pelo sistema ao longo do ano, expressa em kWh/ano;
- **Consumo específico por ponto:** relação entre o consumo anual e o número de pontos de iluminação, expressa em kWh/ponto ano;
- **Potência instalada:** soma da potência dos equipamentos que compõem o sistema, expressa em kW;
- **Potência específica de iluminação:** relação entre a potência instalada e a área efetivamente iluminada, expressa em W/m²; e
- **Eficiência luminosa das luminárias:** relação entre o fluxo luminoso emitido e a potência elétrica consumida, expressa em lm/W.

B.2 Indicadores luminotécnicos e de conformidade

Esses indicadores permitem avaliar a quantidade e a distribuição da luz, o conforto visual e a adequação do sistema aos requisitos aplicáveis. Incluem:

- **Iluminância média:** quantidade média de luz incidente sobre a superfície avaliada, expressa em lux;
- **Uniformidade da iluminância:** relação entre a iluminância mínima e a média, utilizada para avaliar a regularidade da distribuição luminosa;
- **Luminância média:** quantidade de luz refletida pelo pavimento na direção do observador, especialmente relevante nas vias destinadas ao tráfego motorizado, expressa em cd/m²;
- **Incremento de limiar:** medida do ofuscamento incapacitante provocado pelo sistema de iluminação viária, expressa em percentual;
- **Índice de Reprodução de Cor (IRC):** capacidade da fonte luminosa de reproduzir adequadamente as cores dos objetos;
- **Fator de manutenção:** parâmetro que considera a redução do desempenho ao longo do tempo, decorrente da depreciação do fluxo luminoso, da sujeira e de outros fatores operacionais; e
- **Taxa de conformidade luminotécnica:** proporção de trechos ou áreas que atendem aos requisitos técnicos aplicáveis à respectiva classe de iluminação, expressa em percentual.

B.3 Indicadores operacionais

Os indicadores operacionais permitem acompanhar a continuidade, a confiabilidade e a capacidade de resposta do serviço. Destacam-se:

- **Horas anuais de funcionamento:** tempo de operação do sistema durante o ano, utilizado também nos cálculos de consumo e vida útil;
- **Vida útil das luminárias:** período estimado de funcionamento até a falha ou até que o fluxo luminoso alcance o limite especificado;
- **Disponibilidade do sistema:** proporção de pontos de iluminação em funcionamento em relação ao total cadastrado;

- **Tempo médio de atendimento:** intervalo médio entre o registro da ocorrência e a correção da falha; e
- **Cobertura de telegestão:** proporção de pontos monitorados ou controlados remotamente.

B.4 Indicadores econômico-financeiros

Esses indicadores auxiliam na avaliação dos custos, dos benefícios e da viabilidade dos investimentos. Podem ser considerados:

- **Economia financeira anual:** redução de gastos decorrente da modernização ou efficientização do sistema, expressa em R\$/ano;
- **Custo operacional anual:** despesas com energia elétrica, operação e manutenção do parque, expressas em R\$/ano;
- **Prazo de retorno simples (*payback*):** período necessário para recuperar o investimento por meio das economias geradas; e
- **Valor Presente Líquido (VPL):** resultado econômico do investimento, considerando custos, benefícios e valor do dinheiro no tempo.

B.5 Indicadores ambientais

A dimensão ambiental permite acompanhar benefícios associados à eficiência energética e à gestão dos equipamentos substituídos. Entre os indicadores aplicáveis, encontram-se:

- **Emissões evitadas de gases de efeito estufa:** redução estimada das emissões associada à economia de energia elétrica, calculada conforme o fator de emissão e a metodologia adotados, expressa em tCO₂e/ano; e
- **Destinação ambientalmente adequada:** proporção de luminárias, lâmpadas e demais componentes substituídos encaminhada à reutilização, reciclagem, logística reversa ou outra forma de destinação adequada.

C. Guia de capacitação para gestores e equipes técnicas municipais

Com base nas necessidades identificadas pelos colaboradores desta nota técnica e nas iniciativas já disponíveis, propôs-se uma trilha de capacitação voltada ao fortalecimento da gestão municipal da iluminação pública, estruturada em quatro módulos complementares.

O módulo **Fundamentos da Gestão Municipal** aborda o marco jurídico e regulatório, as tecnologias de iluminação e controle, os parâmetros luminotécnicos, as fontes de financiamento e a elaboração do Plano Diretor de Iluminação Pública.

O módulo **Gestão, Operação e Contratos** contempla a estruturação de PPPs e concessões, o uso sustentável da COSIP, os indicadores de desempenho, o diagnóstico do parque e os critérios aplicáveis às contratações públicas.

O módulo **Inovação, Dados e Cidades Inteligentes** reúne conteúdos sobre telegestão, Centros de Controle Operacional, Internet das Coisas, interoperabilidade, governança de dados e indicadores urbanos.

Por fim, o módulo **Liderança e Governança Regional** trata de consórcios intermunicipais, participação social e integração da iluminação pública às agendas de transformação digital, sustentabilidade e ação climática.

A trilha poderá ser adaptada ao grau de maturidade dos municípios e aproveitar plataformas e conteúdos existentes, como o Portal Capacidades, a EVG/ENAP e iniciativas do MME e de instituições de ensino e formação profissional.

D. Avaliação de Desempenho e Custeio da COSIP

A avaliação da COSIP deve considerar não apenas a suficiência da arrecadação, mas também a adequada aplicação dos recursos e o desempenho dos serviços financiados. Com base em orientações e decisões dos Tribunais de Contas, destacam-se como diretrizes de controle a definição clara do escopo contratual, abrangendo a modernização, a operação e a expansão do parque; a manutenção de cadastro georreferenciado e atualizado dos ativos, compatível com os dados das distribuidoras; e a projeção consistente das receitas e despesas vinculadas ao serviço.

Também são relevantes a observância das exigências ambientais, incluindo a destinação adequada dos equipamentos substituídos, e a adoção de mecanismos de controle operacional, como ordens de serviço georreferenciadas, registros de execução e verificação independente dos indicadores de desempenho.

A ausência desses controles pode resultar em glosas, multas, suspensão ou anulação de editais, desequilíbrio econômico-financeiro e, nos casos mais graves, rescisão contratual ou responsabilização dos gestores. Recomenda-se, portanto, que o acompanhamento da COSIP seja sustentado por dados confiáveis, transparência, rastreabilidade dos gastos e avaliação periódica dos resultados alcançados.

Referências bibliográficas

AEQUUS CONSULTORIA ECONÔMICA E SISTEMAS. Nova Cosip amplia o potencial de arrecadação. *Multi Cidades*, 2026. Disponível em: <https://multicidadesonline.com.br/receita/cosip/>. Acesso em: 31 ago. 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica. Brasília, DF: ANEEL, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021. Estabelece as regras de prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica. Brasília, DF: ANEEL, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Programa de Eficiência Energética (PEE). Brasília, DF: ANEEL, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/programa-de-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 17 jul. 2026.

ALARCON RODRIGUEZ, A. D.; POVEDA, M. Análisis del potencial de eficiencia energética en iluminación pública: el caso de municipios pequeños y medianos de Brasil. Washington, DC: BID, 2018.

ANTUNES, L. E. Projetos de iluminação pública utilizando otimização por enxame de partículas. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO (ABILUX). Informativo nº 68. São Paulo: Abilux, [s.d.].

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS CONCESSIONÁRIAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA (ABCIP). Censo da Iluminação Pública no Brasil: Base 2023. Brasília, DF: ABCIP, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS CONCESSIONÁRIAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA (ABCIP). Panorama da Participação Privada na Iluminação Pública. 5. ed. Brasília, DF: ABCIP, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 16205. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR ISO 37122: Cidades e comunidades sustentáveis – Indicadores para cidades inteligentes. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 15129: Luminárias para iluminação pública – Requisitos particulares. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 5101:2024: Iluminação pública – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2024a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT PR 1021:2024: Centro de operações de cidade – Implementação. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2024b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR ISO 37120: Desenvolvimento sustentável de comunidades – Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, [s.d.].

BANCO MUNDIAL. Tool for Rapid Assessment of City Energy (TRACE): Cities Survey Data. Washington, DC: World Bank, [s.d.].

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). Consulta às operações do BNDES. Rio de Janeiro, RJ: BNDESa, [s.d.]. Disponível em: <[https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/consulta-operacoes-bndes/consulta-a-operacoes-bndes/?ut/p/z1/04_iUIDg4tKPAFJABpSA0fpReYllmemJJZn5eYk5-hH6kVFm8T6W3q4eJv4GPu5BBoYGjqbebo5hLt7GFgYG-l5gjQj9IBPw64iA6oAqh1P6kUZFvs6-6fpRBYklGbqZeWn5-hHJ-XnFpTklibqJuvkFqUWJyfmpxbpJeSmpxfoF2VGRACyDJVY!/>. Acesso em: 14 ago. 2026.](https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/consulta-operacoes-bndes/consulta-a-operacoes-bndes/?ut/p/z1/04_iUIDg4tKPAFJABpSA0fpReYllmemJJZn5eYk5-hH6kVFm8T6W3q4eJv4GPu5BBoYGjqbebo5hLt7GFgYG-l5gjQj9IBPw64iA6oAqh1P6kUZFvs6-6fpRBYklGbqZeWn5-hHJ-XnFpTklibqJuvkFqUWJyfmpxbpJeSmpxfoF2VGRACyDJVY!/)

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). Fundo Clima. Rio de Janeiro, RJ: BNDESb [s.d.]. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/fundo-clima>>. Acesso em: 14 ago. 2026.

BRASIL. Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966. Código Tributário Nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1966.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

BRASIL. Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9991.htm>. Acesso em: 14 ago. 2026.

BRASIL. Emenda Constitucional nº 39, de 19 de dezembro de 2002. Acrescenta o art. 149-A à Constituição Federal (institui a contribuição para o custeio do serviço de iluminação pública nos Municípios e no Distrito Federal). Brasília, DF: Presidência da República, 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc39.htm>. Acesso em: 10 jul. 2026.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, 2010.

BRASIL. Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações. Brasília, DF: Presidência da República, 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm>. Acesso em: 10 jul. 2026.

BRASIL. Lei nº 13.280, de 03 de maio de 2016. Disciplina a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética. Brasília, DF: Presidência da República, 2016a. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13280.htm>. Acesso em: 14 ago. 2026.

BRASIL. Lei nº 13.334, de 13 de setembro de 2016. Cria o Programa de Parcerias de Investimentos (PPI) e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2016b.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Brasília, DF: Presidência da República, 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional; BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Carta Brasileira para Cidades Inteligentes. Brasília: MDR; MCTI, 2021.

BRASIL. Emenda Constitucional nº 132, de 20 de dezembro de 2023. Altera o Sistema Tributário Nacional. Brasília: DF, Presidência da República, 2023.

BRASIL. Conselho Nacional de Política Energética. Resolução CNPE nº 5, de 26 de agosto de 2024. Institui a Política Nacional de Transição Energética (PNTE). Brasília, DF: CNPE, 2024a. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2024/RESOL5IN.PDF>>. Acesso em: 10 jul. 2026.

BRASIL. Decreto nº 12.210, de 3 de outubro de 2024. Brasília, DF: Presidência da República, 2024b.

BRASIL. Lei nº 14.802, de 10 de janeiro de 2024. Institui o Plano Plurianual da União para o período de 2024 a 2027. Brasília, DF: Presidência da República, 2024c.

BRASIL. Casa Civil da Presidência da República. Plano Clima: Estratégia Nacional para Mitigação da Mudança do Clima. Brasília, DF: Casa Civil, 2025a.

BRASIL. Ministério das Cidades. Plano Clima: Adaptação das Cidades. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2025b.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Transição Energética (PLANTE). Brasília, DF: MME, 2025c.

BRASIL. Ministério das Cidades. Portaria MCID nº 1.012, de 4 de setembro de 2025. Estabelece as diretrizes para a elaboração de estratégias municipais para a transformação digital urbana. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2025d. Disponível em: <<https://www.in.gov.br>>. Acesso em: 10 jul. 2026.

BRASIL. Lei Complementar nº 227, de 13 de janeiro de 2026. Institui o Comitê Gestor do Imposto sobre Bens e Serviços (CGIBS); dispõe sobre o processo administrativo tributário do Imposto sobre Bens e Serviços (IBS) e sobre a distribuição do produto da arrecadação do IBS aos entes federativos; e altera a Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966 (Código Tributário Nacional). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 jan. 2026. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp227.htm>. Acesso em: 17 jul. 2026. 2026a.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Objetivo 7: Energia limpa e acessível. In: Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, DF: IBGE, 2026b. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=7>>. Acesso em: 31 jul. 2026.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Comitê Executivo de Gestão da Câmara de Comércio Exterior (GECEX). Resolução GECEX nº 852, de 2026. Brasília, DF: MDIC, 2026c. Disponível em: <<https://www.in.gov.br>>. Acesso em: 10 jul. 2026.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima; MINISTÉRIO DAS CIDADES. Plano Clima: Plano Setorial de Mitigação – Cidades. Brasília, DF: MMA, 2026d. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/smc/plano-clima>>. Acesso em: 10 jul. 2026.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional. Brasília, DF: MCTI, 2026e. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/paginas/fator-medio-inventarios-corporativos>>. Acesso em: 17 jul. 2026.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Programa de Desenvolvimento Urbano (Pró-Cidades). Brasília, DF: CAIXA [s.d]. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/pro-cidades/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 14 ago. 2026.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. Observatório municipalista de consórcios públicos. Brasília, DF: CNM, 2021. Disponível em: <<https://consorcios.cnm.org.br/>>. Acesso em: 14 ago. 2026.

ECHEVARRÍA, C.; PESSANHA, J. F.; WEISS, M.; HALLACK, M. Avaliação do potencial de eficiência energética na iluminação pública nos municípios paulistas. Washington, DC: BID, 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Atlas Brasileiro de Eficiência Energética. Rio de Janeiro, RJ: EPE, 2025a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Balanço Energético Nacional 2025: Ano-base 2024. Rio de Janeiro, RJ: EPE, 2025b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2026. Rio de Janeiro, RJ: EPE, 2026a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Plano Decenal de Expansão de Energia 2035. Rio de Janeiro, RJ: EPE, 2026b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Plano Nacional de Energia 2055. Rio de Janeiro, RJ: EPE, 2026c.

FOCUS RI. Estudo da competitividade do setor industrial brasileiro de iluminação. São Paulo, SP: Abilux; ApexBrasil, 2018.

FRENTE NACIONAL DE PREFEITAS E PREFEITOS. *Multi Cidades: finanças dos municípios do Brasil*. 21. ed. Elaboração: Aequus Consultoria Econômica e Sistemas. Brasília, DF: FNP, 2026. Disponível em: https://aequus.com.br/anuarios/multicidades_2026.pdf. Acesso em: 31 ago. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Portaria nº 62, de 17 de fevereiro de 2022. Rio de Janeiro, RJ: Inmetro, 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Portaria nº 231, de 2026. Rio de Janeiro, RJ: Inmetro, 2026.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Energy Efficiency 2024*. Paris: IEA, 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva: IPCC, 2023.

MEYER, M.; MAURER, L.; FREIRE, J.; GOUVELLO, C. Iluminando cidades brasileiras: modelos de negócio para eficiência energética em iluminação pública. Brasília, DF: Grupo Banco Mundial, 2017.

OLIVEIRA, R.; MEDEIROS JUNIOR, M.; MENEZES, R. Application of genetic algorithm for optimization on projects of public illumination. *Electric Power Systems Research*, v. 117, p. 84-93, 2014.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *The Circular Economy in Cities and Regions: Synthesis Report*. Paris: OECD Publishing, 2020.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). Procel Reluz. Brasília, DF: ENBPar [s.d.]. Disponível em: < <https://cpreluz.procel.gov.br/> >. Acesso em: 14 ago. 2026.

SALVIA, A.; BRANDLI, L.; LEAL FILHO, W.; LOCATELLI, R. M. An analysis of the applications of Analytic Hierarchy Process (AHP) for selection of energy efficiency practices in public lighting in a sample of Brazilian cities. *Energy Policy*, v. 132, p. 854-864, 2019.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). Relatório/Plataforma de emissões do Brasil 2024. Brasília, DF: Observatório do Clima, 2024.

UNITED NATIONS. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations, 2015.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME (UN-HABITAT). *World Cities Report 2024: Cities and Climate Action*. Nairobi: UN-Habitat, 2024.