Industrialização, Digitalização, Desempenho

5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção e 5º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos

FLORIANÓPOLIS-SC | 20 a 22 de agosto

[1]O USO DE DISPOSITIVOS IOT COMO PROPOSTA DE INOVAÇÃO NA CADEIA PRODUTIVA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

The use of IoT devices as an innovation proposal in the production chain of public lighting operation and maintenance

Bruno Marques de Souza
Escola Politécnica da USP | São Paulo, SP | bruno.marques@geovista.com.br

Jonathan Chefaly Mochon Zappile
Escola Politécnica da USP | São Paulo, SP | jonathanzappile@gmail.com

Angelo Sebastião Zanini, Prof. Dr.
Instituto Mauá de Tecnologia | São Paulo, SP | angelo.zanini@geovista.com.br

Beatriz Faria Rodrigues
Insper | São Paulo, SP | beatriz.rodrigues@geovista.com.br

Gabriel de Souza Lima
Escola Politécnica da USP | São Paulo, SP | gabriel-souzalima@live.com

Flavio Leal Maranhão, Prof. Dr.
Escola Politécnica da USP | São Paulo, SP | flavio.maranhao@usp.br

RESUMO

O uso de dispositivos IOT para soluções de infraestrutura urbana tem crescido de forma acelerada nos últimos anos, permitindo assim a criação de sistemas automatizados para trabalhos que outrora demandariam esforço intensivo para serem realizados. Atualmente, no Brasil, para a verificação da iluminância pública, utiliza-se a NBR 5101, porém, para executar a referida norma, é necessário um alto tempo, inviabilizando o trabalho para grandes áreas. Dessa forma, o presente artigo tem como principal objetivo fomentar a discussão sobre a utilização de dispositivos IOT para a operação e manutenção da iluminação pública, dando enfoque aos impactos causados por essa tecnologia na cadeia produtiva, onde foi mapeado, por meio de uma revisão bibliográfica, todos os agentes envolvidos. Como conclusão, pode-se observar que a coleta de dados in loco direcionada gera uma otimização de recursos, uma vez que a primeira medição ocorrerá de forma descentralizada, sendo proposta a reconfiguração da cadeia produtiva pela inserção desses sensores como um novo agente.

Palavras-chave: Cadeia Produtiva, Dispositivo IoT, Iluminação Pública, Operação e Manutenção, NBR 5101.

ABSTRACT

The use of IoT devices for urban infrastructure solutions has grown rapidly in recent years, allowing the creation of automated systems for tasks that would previously require intensive effort to be performed. Currently, in Brazil, NBR 5101 is used to verify public lighting, but it takes a long time to implement this standard, making it unfeasible to perform work on large areas. Thus, this article's main objective is to encourage discussion on the use of IoT devices for the operation and maintenance of public lighting, focusing on the impacts caused by this technology on the production chain, where all the agents involved were mapped through a literature review. In conclusion, it can be observed that targeted on-site data collection generates an optimization of resources, since the first measurement will occur in a decentralized manner, proposing the reconfiguration of the production chain by inserting these sensors as a new agent.

Keywords: *Production Chain, IoT device; Public Lighting; Operation and Maintenance, NBR 5101.*

1 INTRODUÇÃO

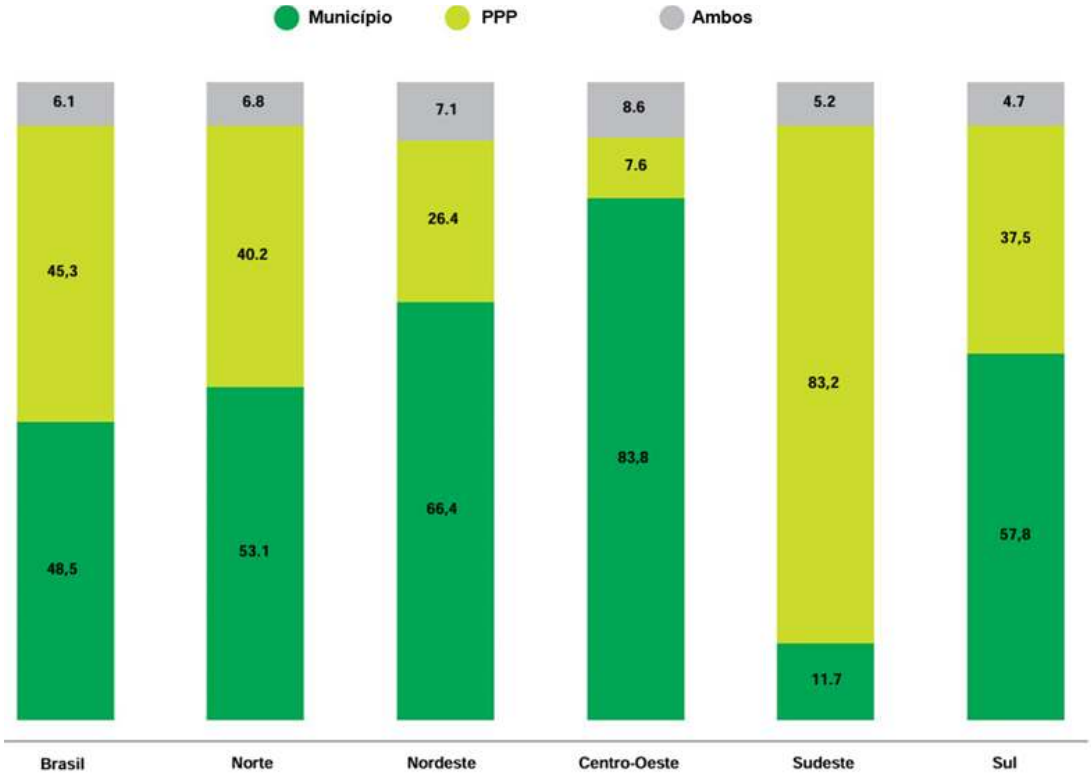
A iluminação pública é um dos principais elementos de apoio para infraestrutura urbana, principalmente no período noturno, onde desempenha a função de proporcionar visibilidade e conforto para a população, dado que a distribuição uniforme da luz viabiliza o fluxo seguro de veículos e pedestres (BERTUZZI, 2021; GÄRTNER, 2008). O sistema de iluminação pública é projetado de forma técnica para atender às particularidades das cidades, como a distinção de ruas, avenidas, praças, passarelas e calçadas (ABNT, 2024). A implementação adequada da iluminação pública contribui também para fatores sociais e econômicos.

[1]SOUZA, B. M., ZAPPILE, J. C. M.; ZANINI, A. S.; RODRIGUES, B. F.; LIMA, G. S.; MARANHAO, F. L. O Uso de Dispositivos IoT como Proposta de Inovação na Cadeia Produtiva de Operação e Manutenção da Iluminação Pública. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2025, Florianópolis. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2025.

Com relação à segurança, estudos demonstram que áreas com a iluminação adequada reduzem a prática de crimes, fortalecendo a sensação de segurança dos seus usuários e, em termos econômicos, a distribuição correta de luz favorece o funcionamento de comércios no período noturno (BERTUZZI, 2021, FAVERO; LARANJA, 2020, NARBONI, 2003, PEÑA-GARCÍA; HURTADO; AGUILAR-LUZÓN, 2015; GÄRTNER, 2008; CRUZ; SANTOS, 2008).

Para a gestão da instalação, manutenção, modernização e operação dos dispositivos de iluminação pública, existem nove modelos de negócios, sendo: (I) Município, (II) Parceria Público-Privada (PPP), (III) Consórcio de Municípios que utilizam PPP, (IV) Financiamento Municipal, (V) Programas de empresas de serviços públicos de eletricidade, (VI) Modelo ESCO, (VII) Consórcio Municipal ou Órgão Central de Compras, (VIII) Autofinanciamento e (IX) Transferência de Luminárias (MEYER *et al.*, 2017). De acordo com Meyer et al. (2017), os dois modelos mais difundidos para gestão do sistema de iluminação pública no Brasil são: (I) os municípios são responsáveis por toda gestão e (II) os municípios outorgam uma concessão administrativa para Parceria Público-Privado (PPP), podendo ser a gestão do sistema de iluminação pública em sua totalidade ou apenas em certas responsabilidades. A Figura 1 apresenta as divisões pela responsabilidade da manutenção da iluminação pública no Brasil e regiões.

Figura 1: Porcentagem da responsabilidade pela manutenção da iluminação pública por região



Fonte: Grupo Banco Mundial (2017)

No Brasil, as PPPs são orientadas pela Lei Federal n º 11.079/2004 e já foram celebradas até 2022, cerca de 59 desde a publicação da referida lei. Nos últimos anos, é possível notar o crescimento da modalidade. A Figura 2 demonstra o volume de projeto de iluminação pública, a Figura 3 apresenta o volume acumulado de contratos assinados até 2022, a Figura 4 expõe a situação (fase) dos projetos de iluminação pública e, por fim, a Figura 5 apresenta os valores previstos para investimento.

Figura 2: Volume de projetos de IP (últimos anos)



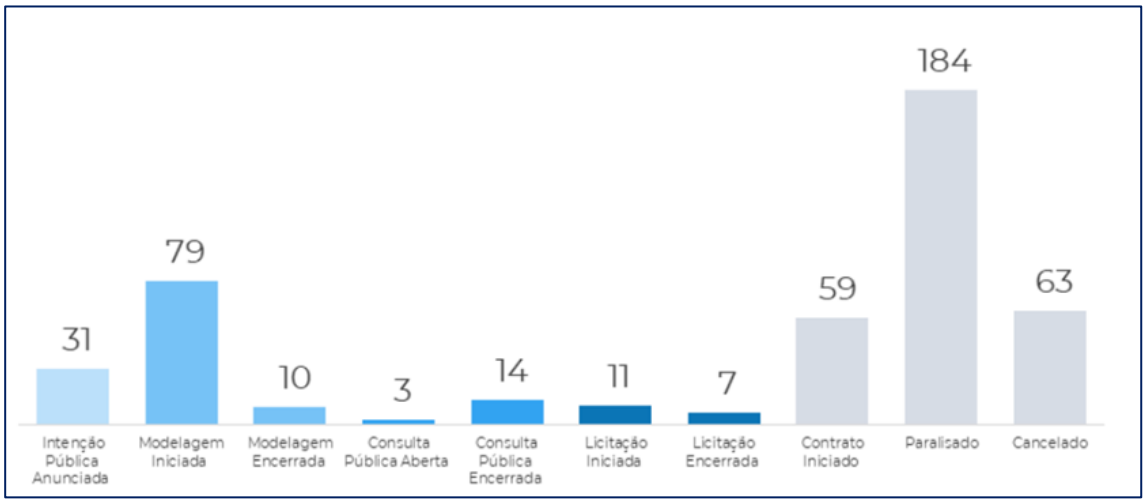
Fonte: Radar PPP (2022)

Figura 3: Volume de contratos assinados em projetos de Iluminação Pública (últimos anos)



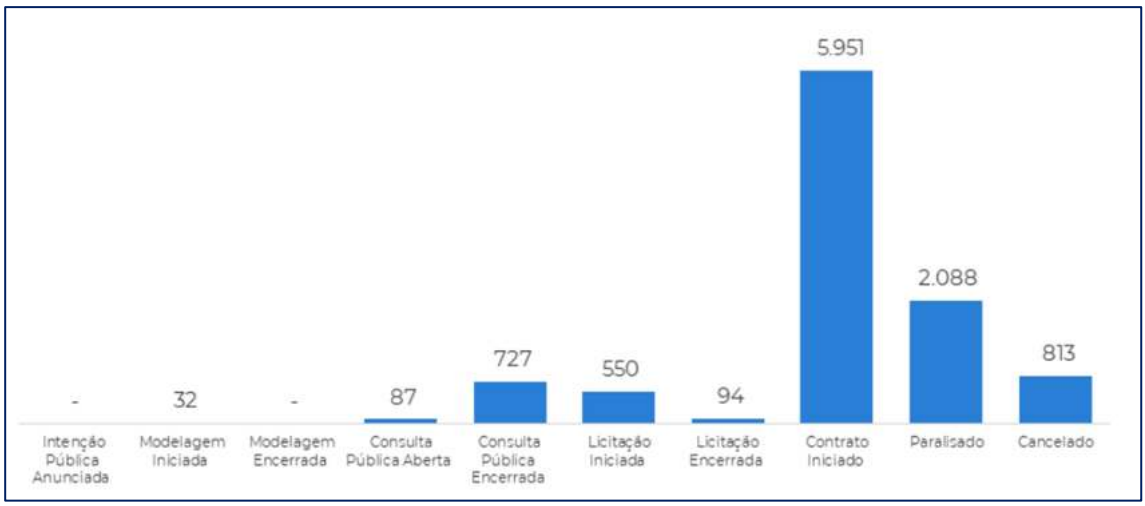
Fonte: Radar PPP (2022)

Figura 4: Situação dos projetos de Iluminação Pública no Brasil



Fonte: Radar PPP (2022)

Figura 5: Valor previsto de investimento em milhões para os projetos considerados



Fonte: Radar PPP (2022)

A NBR 5101, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estabelece os critérios técnicos para o dimensionamento e análise do desempenho dos sistemas de iluminação pública. Para avaliação do desempenho dos sistemas, a normativa estabelece classes de iluminação para os diferentes tipos de vias, essas classes são baseadas nas características e complexidade da via analisada (ABNT, 2024). Os principais parâmetros utilizados para avaliação da qualidade da iluminação pública são a iluminância média e a uniformidade. Além da normativa brasileira, outras normas também estabelecem parâmetros e recomendações similares (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2015).

Conforme o procedimento descrito no item 5 da NBR 5101, a verificação da qualidade dos sistemas de iluminação pública requer a aplicação da malha de iluminância (ABNT, 2024). Este método consiste na realização de medições sistemáticas e centralizadas dos níveis de iluminância em pontos pré-estabelecidos com o uso de luxímetros e luminancímetros. Atualmente, este procedimento é utilizado como padrão para PPPs (PORTO ALEGRE, 2017; CANOAS, 2022; CURITIBA, 2023). No entanto, apesar da confiabilidade técnica, o método possui limitações operacionais importantes, como o número alto de medições em áreas limitadas, despende alto tempo para coleta e necessário o apoio de equipes de trânsito, o que dificulta uma avaliação precisa de todo parque de iluminação pública (MEYER *et al.*, 2017).

Devido às restrições operacionais do método estabelecido pela normativa nacional, inovações para o monitoramento da iluminação pública estão surgindo. De 2012 a 2013, a equipe do Center for Urban Transportation Research conduziu testes com dois medidores de iluminação montados no topo do veículo, que são conectados a um instrumento de medição de distância conectado ao sensor de velocidade do carro, um módulo GPS e um microcontrolador, totalizando no mapeamento de mais de 300 milhas de redes de iluminação pública na Flórida (JOHNSON *et al.*,2014). Em 2019, foram realizados testes iniciais com luxímetro acoplado em veículos para o monitoramento abrangente da iluminação pública (SUK & WALTER, 2019).

De acordo Souza *et al.* (2024), é possível realizar a avaliação pública a partir de medições decentralizadas e dinâmicas com uso de dispositivos IoT embarcados em veículos, onde demonstra a ótima correlação entre o método proposto e o preconizado por norma, além disso, enfatiza a alta capacidade de diagnóstico inicial para orientar intervenções em regiões prioritárias e direcionar as aferições amostrais conforme método normativo.

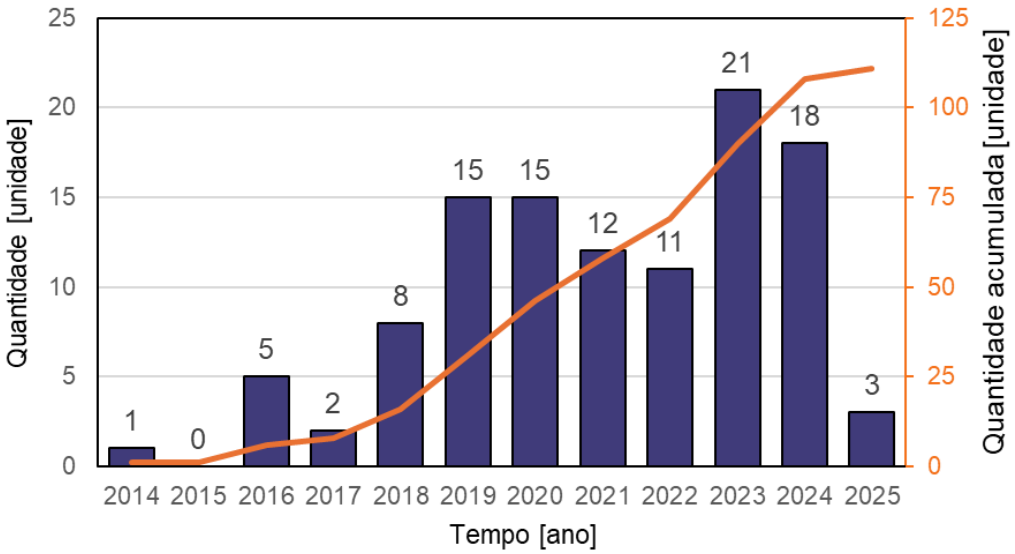
Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo discutir o impacto na cadeia produtiva de operação e manutenção dos sistemas de iluminação pública mediante a utilização de dispositivos IoT embarcados em veículos.

2 METODOLOGIA

O método utilizado para o presente estudo baseia-se na revisão bibliográfica de publicações e artigos sobre métodos para avaliação da qualidade da iluminação pública, bem como os respectivos agentes envolvidos na cadeia produtiva. Por meio da revisão e desenvolvimento do trabalho, são apresentadas duas configurações desta Cadeia Produtiva: (i) método tradicional de avaliação da qualidade da iluminação pública conforme a NBR 5101 (2024); e (ii) proposta de reconfiguração da cadeia produtiva a partir da inserção do agente dispositivo IoT. Ao término da proposta de reconfiguração, é conduzida uma análise prática de como o novo agente pode beneficiar a cadeia e promover uma redução de recurso a partir da coleta de dados direcionada.

Para fundamentar a presente pesquisa, utilizando a base indexada Scopus, foi possível verificar que a partir de 2014 iniciaram as publicações em periódicos científicos com as palavras-chave “IoT”, “Devices”, “Street” e “Lighting” e apesar de algumas variações, tem apresentado uma tendência crescente quanto a condução de pesquisas nessa área da construção civil (Figura 6). Os principais temas encontrados nas publicações se delimitam a pesquisas com foco em segurança noturna, paisagem urbana noturna, monitoramento descentralizado, percepção da municipalidade, novos materiais de iluminação e estudo de viabilidade.

Figura 6: Volume de publicações com as palavras chaves IoT, Devices, Street, Lighting



Fonte: Scopus (2025)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em direção aos dois modelos mais difundidos na administração da iluminação pública, o primeiro se caracteriza pelo próprio município ser responsável por todas as etapas da cadeia produtiva, realizando o gerenciamento da instalação, manutenção, modernização e operação dos dispositivos de iluminação pública (MEYER *et al.*, 2017; BANCO MUNDIAL, 2022; BOMFIM, 2018; ALMEIDA et al., 2021; PARANÁ, 2020). Já o segundo modelo, o município realiza uma licitação pública para contratação de uma PPP, onde o principal critério de contratação é o valor mínimo. Assim que finalizada a licitação, o município outorga uma concessão administrativa que transfere virtualmente uma parte ou todas as responsabilidades sobre a iluminação pública para uma PPP, sendo que este contrato pode variar de 5 a 35 anos (MEYER *et al.*, 2017; BANCO MUNDIAL, 2022; BOMFIM, 2018; ALMEIDA et al., 2021; PARANÁ, 2020).

Caso o município tenha implementado a COSIP (Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública), os pagamentos relacionados ao contrato com a PPP, se permitido pela lei municipal, podem ser financiados por esta receita (MEYER *et al.*, 2017; BANCO MUNDIAL, 2022; BOMFIM, 2018; ALMEIDA et al., 2021; PARANÁ, 2020). A implementação de uma PPP pode trazer vantagens para o município, como a garantia total do funcionamento das luminárias (10 a 15 anos), pois a PPP é responsável por comprar, instalar, operar e manter o funcionamento durante o período de contrato, além disso, os pagamentos do contrato podem ser realizados mediante ao desempenho do projeto (MEYER et al., 2017; BANCO MUNDIAL, 2022; BOMFIM,

2018; ALMEIDA et al., 2021; PARANÁ, 2020). No entanto, o modelo de PPP pode ter algumas desvantagens, como, por exemplo, o tempo e custos de transação envolvidos na sua preparação (MEYER *et al.*, 2017; BANCO MUNDIAL, 2022; BOMFIM, 2018; ALMEIDA et al., 2021; PARANÁ, 2020).

Para o monitoramento da qualidade da iluminação pública, tanto os municípios quanto as PPP realizam coletas de dados manuais *in loco* (Figura 7), conforme preconizado por norma e tem se demonstrado amplamente aceita pelo mercado (PORTO ALEGRE, 2017, CANOAS, 2022; CURITIBA, 2023; PARANÁ, 2021). O método de coleta de dados consiste em realizar aferições em trechos aleatórios pelo município, sem nenhum indicador prévio de problema. A coleta compreende em marcar o trecho entre postes conforme a malha sistêmica disponibilizada na NBR 5101, aferir cada ponto marcado, tabular os dados de cada medição e fotografar o local. Posteriormente, são realizadas as análises conforme os parâmetros estabelecidos na normativa nacional, onde os principais componentes são a iluminância média e a uniformidade.

Figura 7 – Medições de iluminância in loco



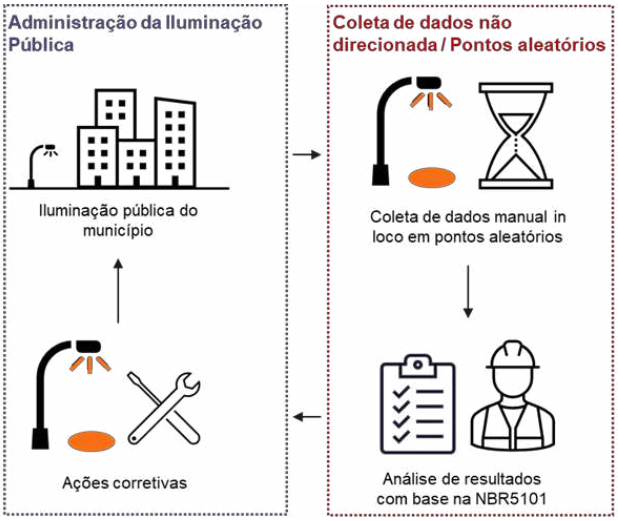
Fonte: Os autores

Esta técnica, embora popular e eficaz, é dispendiosa com relação a tempo e custo dos profissionais envolvidos, pois além da quantidade elevada de aferições pontuais no trecho entre postes, as aferições não são orientadas para os trechos que estão com a iluminação ruim (SOUZA *et al.*, 2024). Estas aferições são escolhidas com base na percepção da municipalidade, administração da iluminação, gestores públicos, coletador de dados em campo e/ou efetivamente aleatória. Dessa forma, as medições não são direcionadas de forma eficiente para os segmentos entre postes que apresentam níveis de iluminância abaixo dos limites de aceitabilidade normativo. Essa abordagem compromete a satisfação dos seus usuários e diminui a sensação de segurança no local (BERTUZZI, 2021, FAVERO; LARANJA, 2020, NARBONI, 2003, PEÑA-GARCÍA; HURTADO; AGUILAR-LUZÓN, 2015; GÄRTNER, 2008; CRUZ; SANTOS, 2008).

Na busca de soluções eficientes e eficazes para o gerenciamento do parque tecnológico da iluminação pública, os gestores públicos têm adotado sistemas de telegestão, o que permite o gerenciamento e o monitoramento remoto de diversos parâmetros da luminária (JIN et al., 2016). Entre as funcionalidades dos sistemas, destaca-se o acompanhamento das quedas de energia, a medição da corrente elétrica, do consumo energético e a localização georreferenciada dos pontos de luz (JIN et al., 2016). No entanto, apesar dos avanços proporcionados por esses sistemas, a telegestão apresenta limitações no que diz respeito à avaliação da qualidade da iluminação, especificamente, não é possível aferir diretamente a iluminância das vias públicas, ou seja, a quantidade de luz que incide sobre a superfície.

A Figura 8 ilustra o fluxo de atividades do monitoramento da qualidade da iluminação pública atual, bem como os agentes envolvidos, como: o responsável pela administração da iluminação pública, os profissionais de campo e os profissionais de manutenção.

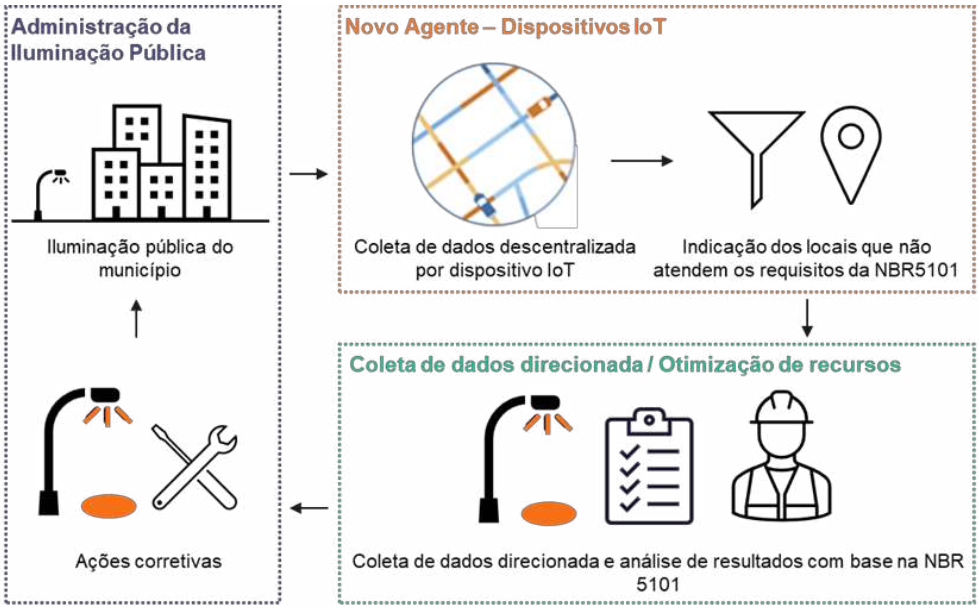
Figura 8: Fluxo de atividades do monitoramento da qualidade da iluminação pública



Fonte: Os autores

Em 2024, Souza *et al.* (2024) relataram a dificuldade na coleta de dados manuais e a importância do monitoramento prévio com dispositivos IoT. Logo, com o intuito de otimizar o processo de monitoramento da qualidade da iluminação pública e ter um indicador preliminar para o direcionamento das aferições *in loco*, propõe-se a inclusão de um novo agente (dispositivos IoT) no fluxo de atividade (Figura 9). Os dispositivos são embarcados em veículos para a coleta de dados descentralizada e contínua (SOUZA *et al.*, 2024; JOHNSON *et al.*,2014; SUK & WALTER, 2019), onde tal captura descentralizada resulta em um grande volume de informações em pouco tempo (JOHNSON *et al.*,2014). Os dados coletados sobre a condição da iluminação pública, podem ser correlacionadas com os limites de aceitabilidade da NBR 5101, indicando o atendimento da iluminância média e uniformidade (verde), atendimento da iluminância média ou da uniformidade (amarelo) e o não atendimento de nenhum dos parâmetros (vermelho) (SOUZA *et al.*, 2024).

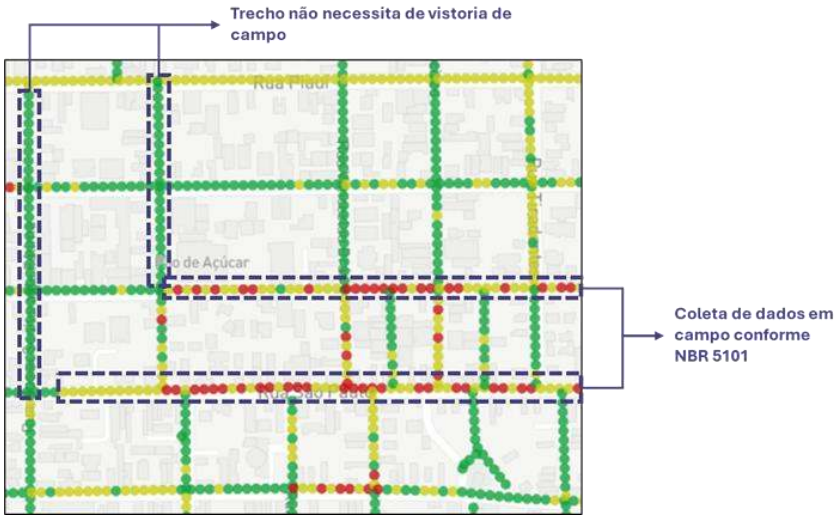
Figura 9: Fluxo de atividades de monitoramento da qualidade da iluminação pública com a inclusão de novo agente (dispositivos IoT)



Fonte: Os autores

A Figura 10 ilustra um exemplo do filtro preliminar em um mapa digital, onde possibilita que o gestor realize o planejamento das áreas prioritárias para vistoria *in loco*, aumentando assim a eficiência na operação. Souza *et al.* (2024) apresentaram fortes índices de correlação entre dados coletados com o método tradicional (NBR 5101) e com dispositivo IoT embarcado. Ainda, reforçou a capacidade do método em realizar levantamentos extensivos em pouco tempo, oferecendo alta capacidade de diagnóstico inicial e orientação para intervenções em regiões prioritárias. Tal afirmação corrobora com os resultados encontrados na pesquisa de Johnson *et al.* (2014) e Suk & Walter (2019).

Figura 10: Resultados de medições com dispositivos IoT



Fonte: Os autores

Neste cenário, a cadeia produtiva de operação e manutenção dos sistemas de iluminação pública é significativamente alterada. A inserção de um novo agente antes do processo de coleta de dados manuais possibilita a redução de hora homem em relação ao método tradicional (NBR 5101), promovendo a otimização de recursos e o direcionamento dos pontos que necessitam de atenção.

No que tange o fornecimento de dispositivos IoT para o monitoramento da iluminação pública, um mercado novo se desdobra nesta cadeia produtiva. Para tal, serão necessários programadores, engenheiros da computação e de hardware, sendo estes profissionais que possuíam pouco impacto na construção civil de forma geral, mas que têm aumentado sua atuação nos últimos anos (BRITO, 2021). Adicionalmente, para a coleta descentralizada dos dados de iluminação, faz-se necessário de veículos. Para tal, profissionais autônomos são necessários para percorrer pelo município com veículos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais conclusões do presente trabalho são:

- O processo de coleta de dados para avaliação da qualidade da iluminação pública conforme a NBR5101 é longo, oneroso e não será necessariamente realizado na região que necessita de atenção por parte dos *stakeholders*.
- A coleta de dados de iluminação pública de forma descentralizada por meio de dispositivos IoT promove um mapeamento da região de interesse mais eficaz e mais rápido, além de maior extensão de mapeamento.
- Com o uso de dispositivos IoT para coleta de dados de iluminação pública, é proposta uma reconfiguração da cadeia produtiva de operação e manutenção da Iluminação Pública no Brasil.
- Implementação do conceito de coleta de dados *in loco* direcionada, promovendo uma grande otimização de recurso.

Muitos são os benefícios do uso de dispositivos IoT na construção civil atualmente e com as recentes publicações de inovações tecnológicas e o conceito de *smart cities* sendo cada vez mais implementado, há uma tendência crescente de utilização de tecnologia IoT para monitoramento de elementos em tempo real. Na

área de iluminação pública algumas lacunas já foram respondidas, porém, outras ainda necessitam de atenção como: i. estudo de caso do uso de dispositivo IoT por meio de profissionais que administram a iluminação pública do município podendo ser a própria prefeitura, PPPs e outros modelos de contratação para validação do conceito de coleta de dados *in loco* direcionada; ii. avaliação das variáveis que influenciam a qualidade da iluminação pública e como dispositivos IoT podem auxiliar na identificação destas variáveis; e iii. combinação de tecnologias IoT para identificação de pontos que necessitam de atenção, bem como a possível causa do não atendimento aos requisitos da NBR5101.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, João Gabriel Pereira de; SOARES, Bruno Henrique Ferreira; VASCONCELOS, Frederico Ferreira. Iluminação pública. Belo Horizonte: Fábrica de Projetos, 2021. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/604939975/Iluminacao-Publica. Acesso em: 5 jun. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5101: Iluminação pública - Procedimento. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5101: Iluminação pública - Procedimento. Rio de Janeiro, 2024.

BANCO MUNDIAL. Guia prático de estruturação de projeto: PPP de iluminação pública. Brasília: Banco Mundial, 2022.

BOMFIM, Rosa Cerqueira. Iluminação pública – uma abordagem gerencial. 2018. 125 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão de Políticas Públicas e Segurança Social) – Universidade Salvador (UNIFACS), Salvador, 2018. Disponível em: https://tede.unifacs.br/tede/bitstream/tede/365/1/Dissertacao%20Rosa%20Bomfim.pdf. Acesso em: 05 jun. 2025.

BERTUZZI, F. B. A influência da iluminação pública na segurança urbana noturna. Paisagem e Ambiente, São Paulo, v. 32, n. 48, p. e174975, 2021. DOI: 10.11606/issn.2359-5361.paam.2021.174975.

BRITO, J. T. S.; Caracterização dos serviços 4.0 na construção civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Relatório Parcial de Iniciação Científica, 2021.

CRUZ, Iamara Ayres Silva da; SANTOS, Evandro. Recuperação de área central com base no aumento do índice de caminhabilidade, na aplicação dos conceitos de acessibilidade universal e na arquitetura inclusiva em Curitiba. Da Vinci, Curitiba, v.5, n. 1, p. 21 – 49, 2008. Disponível em: http://www.up.edu.br/davinci/5/pdf16.pdf. Acesso em: 10 abr. 2020.

CURITIBA. Guia de especificações para iluminação pública: versão 2.0. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2023. Documento assinado digitalmente por Charles Costa. Disponível em: https://engie.portaldeassinaturas.com.br. Acesso em: 7 jun. 2025.

ELSEVIER, “Scopus. Analyze search results: iot AND devices AND street AND lighting” 2025. https://www.scopus.com/term/analyzer.uri?sort=plf-f&src=s&sid=df722fae8c658dd0045ed464f06e2ab7&sot=a&sdt=a&sl=42&s=TITLE-ABS-KEY%28IoT+devices+street+lighting%29&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results. Acessado em: 13 de março de 2025>

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 13201-2:2015 - Road lighting - Part 2: Performance requirements. Bruxelas: CEN, 2015. Disponível em: https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/af4239ad-70ec-48d2-bf4c-fba1a373d3ba/en-13201-2-2015. Acesso em: 15 mar. 2025.

FAVERO, Cassio Santana; LARANJA, Andreia Coelho. Paisagem urbana noturna – Iluminação artificial na valorização urbana e bem-estar coletivo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

GÄRTNER, Anika. Desenho do espaço público como ferramenta para a prevenção da violência. Revista Brasileira de Segurança Pública, São Paulo, p. 56-67, 2008.

JIN, Dong et al. Smart street lighting system: A platform for innovative smart city applications and a new frontier for cyber-security. The Electricity Journal, v. 29, n. 10, p. 28–35, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tej.2016.11.011. Acesso em: 8 jun. 2025.

JOHNSON, M. et al. Embedded system design of an advanced illumination measurement system for highways. In: IEEE SYSTEMS CONFERENCE, 8., 2014, Ottawa. Proceedings [...]. Ottawa: IEEE, 2014. p. 579-586. Disponível em: http://toc.proceedings.com/22270webtoc.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

Lei Federal nº 11.079/2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004- 2006/2004/lei/l11079.htm. Acesso em: 05 de abril de 2025.

MEYER, Megan; DE GOUVELLO, Christophe; FREIRE, Javier; MAURER, Luiz. Iluminando cidades brasileiras: modelos de negócios para iluminação pública de ruas com eficiência energética. Washington, DC: Banco Mundial, 2017. 1. ed.

MEYER, Megan; MAURER, Luiz; FREIRE, Javier; DE GOUVELLO, Christophe. Lighting Brazilian Cities: Business Models for Energy Efficient Public Street Lighting. 1. ed. Washington: April 1, 2017. v. 1.

NARBONI, Roger. A luz e a paisagem: criar paisagens nocturnas. Lisboa: Livros Horizonte, 2003.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano; COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA; PARANACIDADE. Manual de iluminação pública. Governo do Estado do Paraná, 2020. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/452196469/manual-iluminacao-publica. Acesso em: 5 jun. 2025.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e de Obras Públicas; PARANACIDADE. Estudo de viabilidade técnico-operacional, econômico-financeira e jurídica: parceria público-privada – Iluminação pública. Curitiba: SEDU/Paranacidade, 2021.

PEÑA-GARCÍA, A.; HURTADO, A.; AGUILAR-LUZÓN, M. C. Impact of public lighting on pedestrians' perception of safety and well-being. Safety Science, [s.l.], v. 78, p. 142–148, 2015. DOI: 10.1016/j.ssci.2015.04.009

PEREIRA, Carlos Eduardo Pinto; CARVALHO, Fabiano Valias de Carvalho. A Internet das Coisas (IoT): Cenário e Perspectivas no Brasil e Aplicações Práticas. Seminário de Redes e Sistemas de Telecomunicações, [s.l.], p. 1–7, 2017.

PREFEITURA DE CANOAS. Estruturação de Projeto de Parceria Público-Privada (PPP) da rede de Iluminação Pública de Canoas/RS. Canoas, 2022. Disponível em: https://www.canoas.rs.gov.br/wp-content/uploads/2023/04/Produto-P2-Relatorio-de-Diagnostico-Tecnico.pdf. Acesso em: 01 jul. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Relatório de Diagnóstico Técnico da Rede de Iluminação Pública de Porto Alegre. Porto Alegre, 2017. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/ppp/usu_doc/1_-_diagnostico_tecnico_da_rede_de_iluminacao_publica.pdf. Acesso em: 01 jul. 2024.

RADAR PPP LTDA. Radar PPP. Disponível em: https://radarppp.com/. Acesso em: 08 de março de 2022

SOUZA, Bruno Marques de; CURCI, Henrique Chiaradia Falcão; ANDRADE, Renan Pereira de; AGRA, Ronney Rodrigues; MARUM, Tiago Haddad; MARANHÃO, Flávio Leal. Avaliação da iluminação pública a partir de medições descentralizadas e dinâmicas com uso de dispositivos IoT. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. Anais [...]. Maceió: ANTAC, 2024. p. 1-17.

SUK, Jae Yong; WALTER, Rebecca J. New nighttime roadway lighting documentation applied to public safety at night: A case study in San Antonio, Texas. Sustainable Cities and Society, [s.l.], v. 46, 2019. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101459.