5

Industrialização, Digitalização, Desempenho

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

[1]A CONFIABILIDADE DO USO DE DISPOSITIVO IOT PARA MONITORAMENTO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA A PARTIR DE MEDIÇÕES DESCENTRALIZADAS

The reliability of using IoT devices for monitoring street lighting from decentralized measurements

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

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

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

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

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

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

RESUMO

Em grandes metrópoles a iluminação pública é um serviço essencial para a segurança, mobilidade urbana e qualidade de vida dos munícipes que ali residem. No brasil a NBR5101 tem como função estabelecer parâmetros e critérios para a iluminação das vias urbanas, porém, apesar de eficaz, esse método não é escalável, dado que diversos pontos necessitam ser medidos para a aferição de um valor. Com o avanço de novas tecnologias, o monitoramento contínuo e a coleta de dados descentralizada ganham cada vez mais espaço para esse segmento, uma vez que a embarcação dos sensores pode ser realizada no teto de veículos que trafegam pelas cidades. Sendo assim, o artigo aqui descrito tem como objetivo a validação de um dispositivo IoT para o monitoramento da iluminância por meio de um programa experimental em que avaliou os dados coletados pelo dispositivo com um luxímetro de referência devidamente calibrado e com a percepção da municipalidade. Os resultados obtidos mostram uma alta correlação do dispositivo em questão com sensores convencionais (0,96), viabilizando assim trabalhos futuros para utilização de tecnologia IoT para avaliação da qualidade da iluminação pública.

Palavras-chave: Dispositivo IoT. iluminação pública. Luxímetro. medições descentralizadas. NBR 5101.

ABSTRACT

In large cities, public lighting is an essential service for the safety, urban mobility and quality of life of the residents. In Brazil, NBR5101 aims to establish parameters and criteria for the lighting of urban streets. However, despite being effective, this method is not scalable, since several points need to be measured to determine a value. With the advancement of new technologies, continuous monitoring and decentralized data collection are gaining more and more space for this segment, since sensors can be placed on the roof of vehicles traveling through cities. Therefore, the article described here aims to validate an IoT device for monitoring illuminance through an experimental program in which the data collected by the IoT device was evaluated with a properly calibrated reference luxmeter and with the perception of the municipality. The results obtained show a high correlation of the device in question with conventional sensors (0.96), thus enabling future work to use the IoT technology to assess the quality of public lighting.

Keywords: *IoT device. public lighting. lux meter. decentralized measurements. NBR 5101.*

1 INTRODUÇÃO

A iluminação pública desempenha um papel significativo no ambiente urbano, com a função de trazer conforto e visibilidade para os usuários em espaços públicos no período noturno, permitindo a circulação segura de veículos e pedestres por meio da distribuição adequada da luz (BERTUZZI, 2021; GÄRTNER, 2008). Os benefícios da distribuição correta de luz vão além da visibilidade para seus usuários, contribuindo para o fortalecimento da percepção noturna, prevenção de crimes, aumento da prática noturna de comércio, cultura e do lazer (BERTUZZI, 2021, FAVERO; LARANJA, 2020, NARBONI, 2003, PEÑA-GARCÍA; HURTADO;

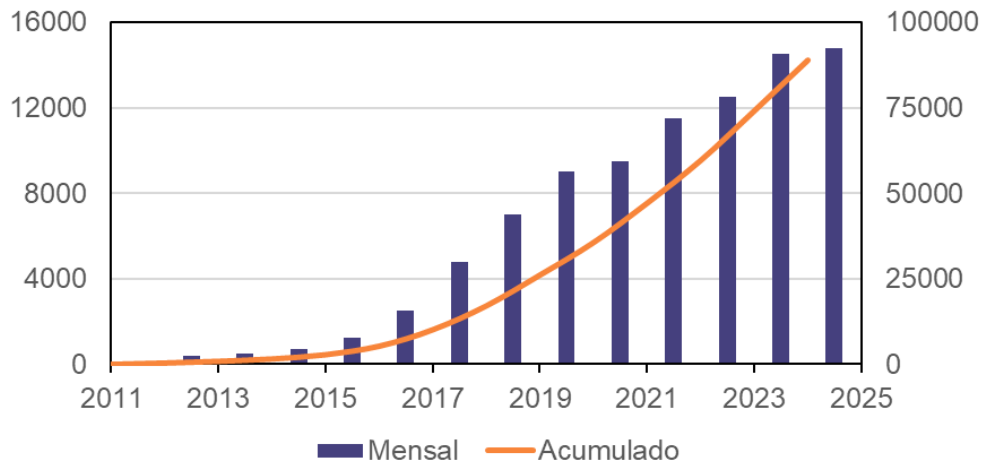
[1]ZAPPILE, J. C. M.; RODRIGUES, B. F.; SOUZA, B. M.; LIMA, G. S.; ZANINI, A. S.; MARANHAO, F. L. A Confiabilidade do Uso de Dispositivos IoT para Monitoramento da Iluminação Pública a Partir de Medições Descentralizadas. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2025, Florianópolis. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2025.

AGUILAR-LUZÓN, 2015; GÄRTNER, 2008; CRUZ; SANTOS, 2008). A instalação, manutenção, modernização e operação dos dispositivos de iluminação pública, tradicionalmente, são de responsabilidade do município, e geralmente o município outorga uma concessão administrativa para PPP (participação pública privado) para o gerenciamento do parque tecnológico, essa concessão pode variar de cinco a trinta e cinco anos (MEYER et al., 2017). O modelo de PPP possui algumas vantagens, como, o município pode solicitar garantia total para cobrir a vida útil das luminárias e realizar pagamentos do contrato mediante ao desempenho do projeto (MEYER et al., 2017).

A NBR 5101 é o documento que contém diretrizes para o dimensionamento e avaliação da iluminação pública. Para avaliação da qualidade da iluminação pública, a normativa possui requisitos de iluminação para cada classe de iluminação, essas classes são baseadas na caracterização e complexidade da via analisada (ABNT, 2024). A iluminância média e a uniformidade são os principais elementos avaliados na qualidade da iluminação pública. Paralelamente, outras normas no continente americano oferecem diretrizes comparáveis (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2015). Conforme o método apresentado no item 5 da NBR 5101, para aferição da qualidade da iluminação em logradouros públicos, se faz necessário a utilização da malha de iluminância. Este método constitui-se na medição centralizada de dados, com o uso de luxímetros e luminancímetros. O mercado atualmente se embasa neste método (PORTO ALEGRE, 2017, CANOAS, 2022). No entanto, apesar de eficaz, este método necessita de diversos pontos de medições em áreas limitadas, despende de muito tempo para coleta e necessita de apoio de equipes de trânsito para execução, o que dificulta a avaliação contínua e descentralizada de toda rede de iluminação pública, visto a quantidade de dispositivos de iluminação pública (MEYER et al., 2017).

Com as limitações do método normativo vigente e a evolução da tecnologia, estão sendo testadas novas tecnologias para o monitoramento da iluminação pública, dentre elas, a medição de iluminância por meio de imagem (GREFFIER et al., 2023), dispositivos inteligentes (IoT) acoplados em postes para o controle automático de intensidade de luz (CHIRADEJA & YOOMAK, 2023), testes iniciais com luxímetro acoplado em veículos (SUK & WALTER, 2019) e aferição de iluminância com uso de dispositivos IoT embarcados em veículos (SOUZA et al., 2024). A implementação de soluções com a tecnologia de dispositivos IoT minimizam a intervenção humana, proporcionando otimização e automação de processos (PEREIRA; CARVALHO, 2017). Nos últimos anos, é possível observar uma crescente nas publicações sobre dispositivos IoT (Figura 1), o crescimento expressivo é notável a partir de 2016, quando sensores IoT tornaram-se acessíveis.

Figura 1: Publicações relacionadas a dispositivos IoT por ano



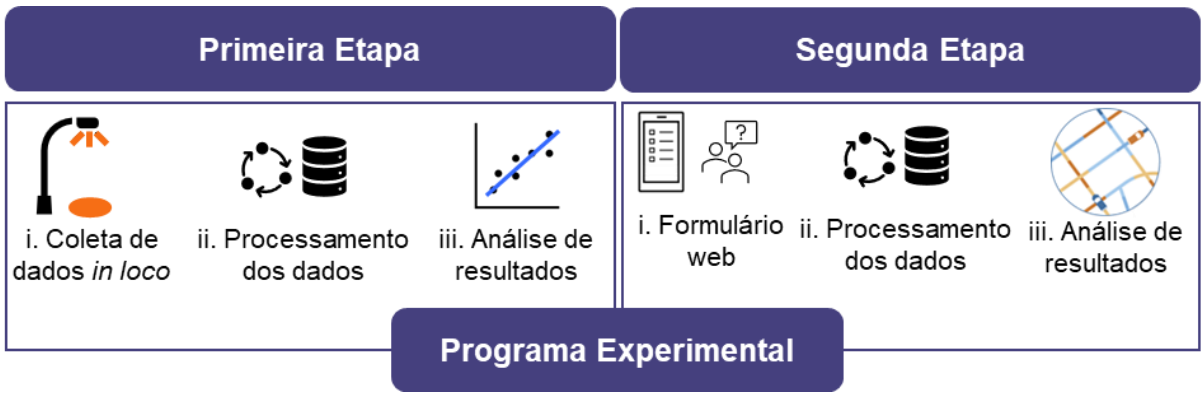
Fonte: Scopus (2025)

Neste contexto, questiona-se a possibilidade da utilização de dispositivos IoT para avaliação da iluminação pública. O presente artigo tem como objetivo principal avaliar a confiabilidade do uso de dispositivos IoT embarcados em veículos para avaliação da iluminação pública, por meio de estudo de caso. Os objetivos específicos são: (i) comparativo entre medições realizadas com o dispositivo IoT proposto e luxímetro de referência; e (ii) avaliação do dispositivo IoT proposto com a percepção da municipalidade a respeito da qualidade da iluminação pública.

2 METODOLOGIA

A avaliação da confiabilidade do uso de dispositivos IoT embarcados em veículos para avaliação da qualidade da iluminação pública é dada por meio de duas etapas, sendo a primeira uma abordagem experimental quantitativa e a segunda abordagem, Survey (Figura 2). O programa experimental foi segmentado em duas etapas, sendo elas: i. Avaliação da correlação e erro relativo entre o dispositivo IoT e um luxímetro calibrado na intensidade de iluminação a partir da coleta de dados de iluminação em 200 pontos em um município situado no estado de São Paulo, com malha viária aproximada de 270 km; e ii. avaliação dos dados coletados pelo dispositivo IoT com a percepção dos munícipes/pessoas que visitam com frequência o município em questão (3 vezes ou mais por semana).

Figura 2:Programa experimental composto por duas etapas



Fonte: Os autores

2.1 COLETA DE DADOS

Na primeira etapa os dados de intensidade de iluminação foram coletados pelo dispositivo IoT e pelo Luxímetro Digital LDR-225 calibrado. As especificações técnicas do dispositivo IoT e do luxímetro LDR-225 são apresentadas nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1: Especificação técnica do dispositivo IoT embarcado

Temperatura de Operação (°C)	Caracterísitcas	Medidas (lux)	Faixa de alimentação (V)
-40 a 105	Filtragem óptica de precisão; Rejeita > 99% do infravermelho	0,01 a 83.000	1,6 a 3,6

Fonte: Texas Instruments (2018)

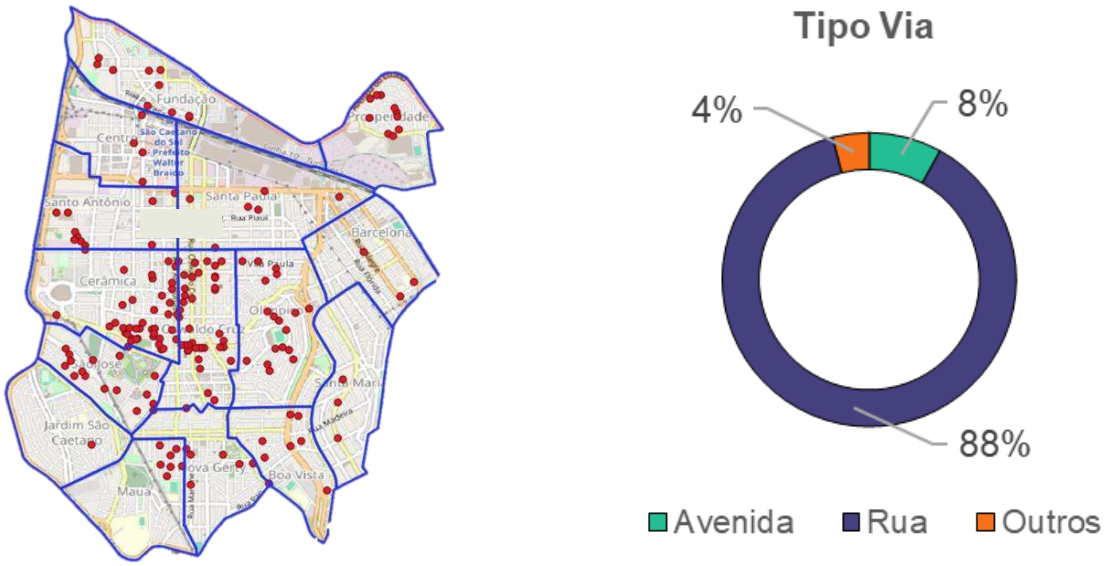
Quadro 2: Especificação técnica do luxímetro digital LDR-225

Temperatura de Operação (°C)	Caracterísitcas	Medidas (lux)	Faixa de alimentação (V)
0 a 40	Resposta espectral fotópica: f'1 < 6%	0,01 a 999.900	1,5

Fonte: Instrutherm (2017)

Para avaliação da confiabilidade do uso de dispositivo IoT para coleta de dados de iluminação pública, foi selecionado um município no estado de São Paulo (SP) onde foram coletados 200 pontos de forma aleatória em toda a extensão do município em um total de 10 meses de avaliação (março a dezembro de 2024), sendo a coleta de dados média mensal de 20 pontos. A coleta de dados em sua maioria foi em vias do tipo "Rua" (88%), seguido por "Avenida" (8%) e por fim, vias classificadas como "Outros" (4%), englobando alamedas, praças, travessas e vielas. É importante salientar que não foram informados os tipos de lâmpadas utilizados no município, podendo estes serem compostos por lâmpadas LED, vapor de sódio, vapor de mercúrio, iodetos metálicos e entre outros tipos de lâmpadas, todavia a presente pesquisa foca na avaliação da confiabilidade do dispositivo IoT para coleta de dados descentralizada quando comparados com o luxímetro de referência devidamente calibrado e a percepção da municipalidade. Neste âmbito, os tipos de lâmpadas utilizados pelo município do presente trabalho não são um fator necessário para avaliação da intensidade de iluminação e sim os resultados obtidos pela correlação.

Figura 3: Pontos de coleta de dados na primeira etapa do programa experimental e classificação do tipo da via



Fonte: Os autores

O procedimento adotado para coleta dos dados proporciona aos sensores condições de contorno padronizadas em todo o processo a partir da padronização da: i. altura dos sensores em relação ao pavimento sendo a parte superior-frontal do teto do veículo de apropriação (aproximadamente 1,5m acima do nível do pavimento); ii. sensores emparelhados; e iii. um período de estabilização de 10 segundos para realização da leitura e registro dos dados (Figura 4). Os dados registrados pelo dispositivo IoT são enviados ao banco de dados em nuvem com a intensidade de iluminação, data e coordenadas geográficas. Os dados coletados pelo luxímetro LD-225 são registrados de forma manual com anotação da intensidade de iluminação, data e coordenada geográfica.

Figura 4: Dispositivo IoT e Luxímetro Digital LD-225



Fonte: Os autores

Para a segunda etapa do programa experimental ao longo dos 10 meses de coleta de dados pelos sensores foi conduzida uma Survey com 120 pessoas com o intuito de se obter a percepção da municipalidade quanto a qualidade da iluminação pública. Desta forma, foi elaborado um questionário online onde os avaliadores tiveram a oportunidade de classificar a qualidade da iluminação pública a partir de suas percepções em 5 níveis e registrar comentários em texto livre quanto a sua percepção. A

Figura 5 ilustra a classificação visual de intensidade de iluminação indicada para as pessoas utilizarem como referência no momento da avaliação. Esta mesma classificação foi transposta em valores de luminância para delimitação quantitativa de intensidade de iluminação péssima, ruim, regular, boa e ótima.

Figura 5: Classificação de intensidade de iluminação em 5 níveis: Péssimo, ruim, regular, bom e ótimo

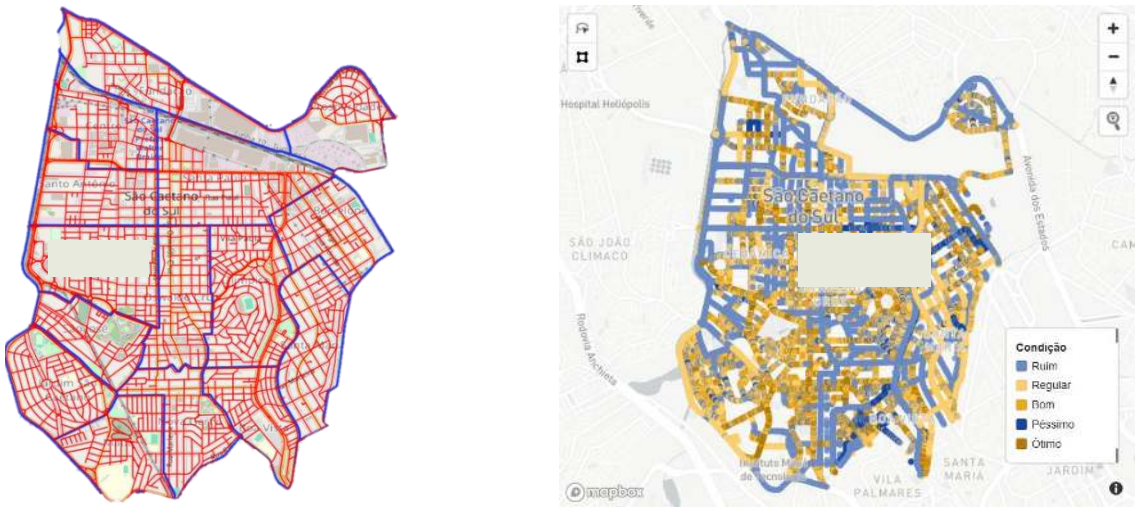


Fonte: Os autores

As perguntas presentes no questionário são: i. Você reside ou vai com frequência ao município?; ii. Como você avalia a qualidade da iluminação pública do município?; iii. Você possui algum comentário adicional sobre a qualidade da iluminação pública do município?.

Para permitir a avaliação da confiabilidade dos dados de iluminância coletados pelo dispositivo IoT em relação a percepção da municipalidade, o dispositivo foi instalado no veículo e este percorreu e coletou dados de luminância em 80% da malha viária do município com o intuito de avaliar os resultados obtidos na pergunta 2 (ii). A Figura 6 ilustra à esquerda a malha viária do município onde os entrevistados consideraram para avaliação da intensidade de iluminação pública, já à direita é apresentada a malha viária onde foram coletados os dados de intensidade de iluminação pública segmentados em 5 níveis (péssimo, ruim, regular, bom e ótimo).

Figura 6: Malha viária avaliada pelos (a) munícipes e pelo (b) dispositivo IoT na segunda etapa do programa experimental



(a) (b)

Fonte: Os autores

2.2 ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados da primeira etapa do programa experimental consiste na avaliação da correlação dos resultados de iluminância do dispositivo IoT com os resultados de iluminância medidos pelo luxímetro digital

LD-225 para toda a amostra e agrupadas em função dos meses de coleta e em função do tipo das vias. A avaliação da correlação dos resultados é dada por meio de uma regressão linear entre os dados do dispositivo IoT com os dados do luxímetro digital e por meio da avaliação do R^2 ajustado, sendo este uma medida estatística utilizada para indicar a porcentagem de variância entre duas variáveis. Ainda na primeira etapa é avaliado também o erro relativo entre os valores coletados pelo dispositivo IoT e o luxímetro digital LD-225. A análise da segunda etapa do programa experimental consiste na avaliação das respostas obtidas referente a intensidade de iluminação do município pelos munícipes com os dados coletados pelo dispositivo IoT.

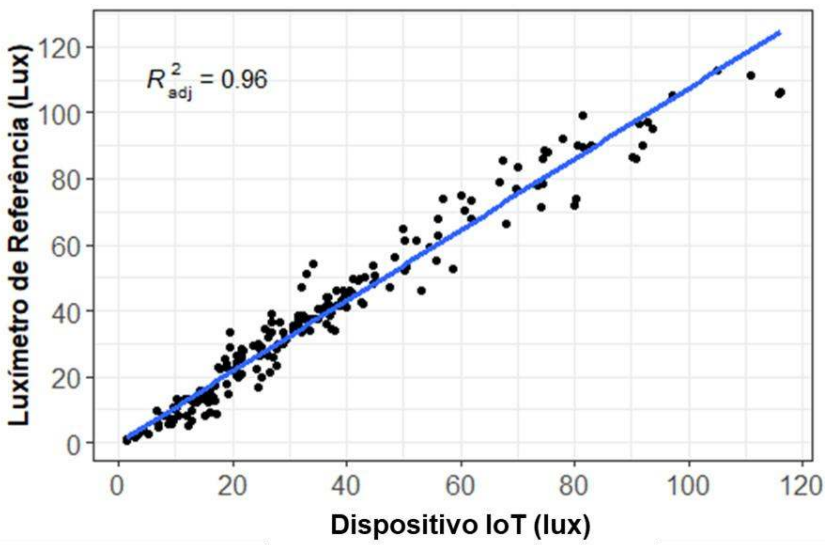
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 PRIMEIRA ETAPA

A Figura 7 apresenta o gráfico de dispersão entre a correlação dos dados coletados pelo dispositivo IoT e pelo Luxímetro Digital LD-225. Com base em um comportamento natural da distribuição das luminárias no município e a uniformidade da distribuição da iluminação, é possível verificar uma maior concentração de dados coletados com valores em até 40 lux do que em relação a valores superiores a 40 lux. Isso se deve ao fato que embaixo da luminária, a intensidade de iluminação é máxima e à medida que se afasta da luminária há uma redução da intensidade até o ponto em que o feixe de iluminação da próxima luminária exerce sua influência de forma a ampliar a intensidade de iluminação até chegar embaixo da luminária onde a intensidade novamente é máxima (SOUZA et al., 2024). E para estes casos em que a coleta de dados foi realizada embaixo ou próximo da luminária, foram encontrados valos superiores a 40 lux e em poucos casos, superior a 80 lux.

Ainda na Figura 7, é possível verificar que até 50 lux (eixo x), os resultados estão mais próximos da curva de regressão linear e para os resultados superiores a 50 lux (eixo x), é possível observar uma maior dispersão dos dados em relação a curva regressão linear, indicando uma melhor relação para os dados de intensidade de iluminação até 50 lux.

Figura 7: Correlação Dispositivo IoT x Luxímetro Digital LD-225 – Gráfico de dispersão com regressão linear

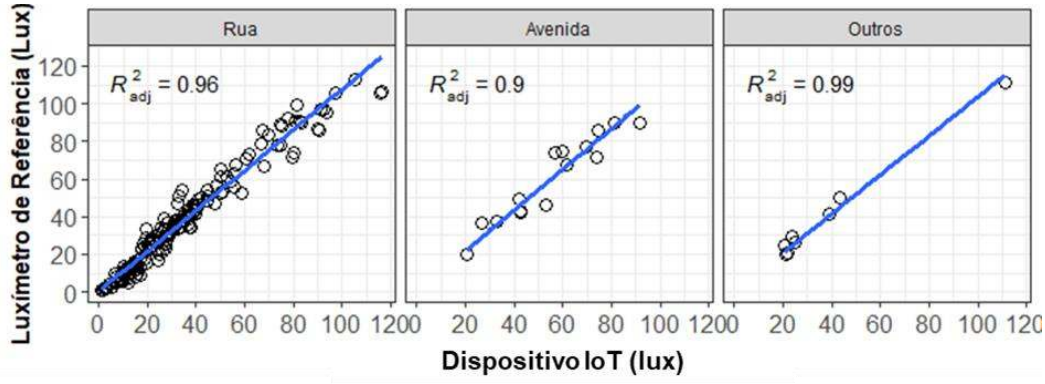


Fonte: Os autores

A

Figura 8 apresenta os gráficos de dispersão com regressão linear dos resultados obtidos com o dispositivo IoT e o luxímetro digital em função do tipo da via. As vias do tipo “Rua” apresentaram maior coleta de dados (R^2ajustado igual a 0,96), seguido pela classe “Avenida” (R^2ajustado igual a 0,90) e por fim a classe “outros”, sendo esta a classe que apresentou o maior R^2 ajustado (0,99). Todavia, este tipo de via não apresentou mais do que 10 medições.

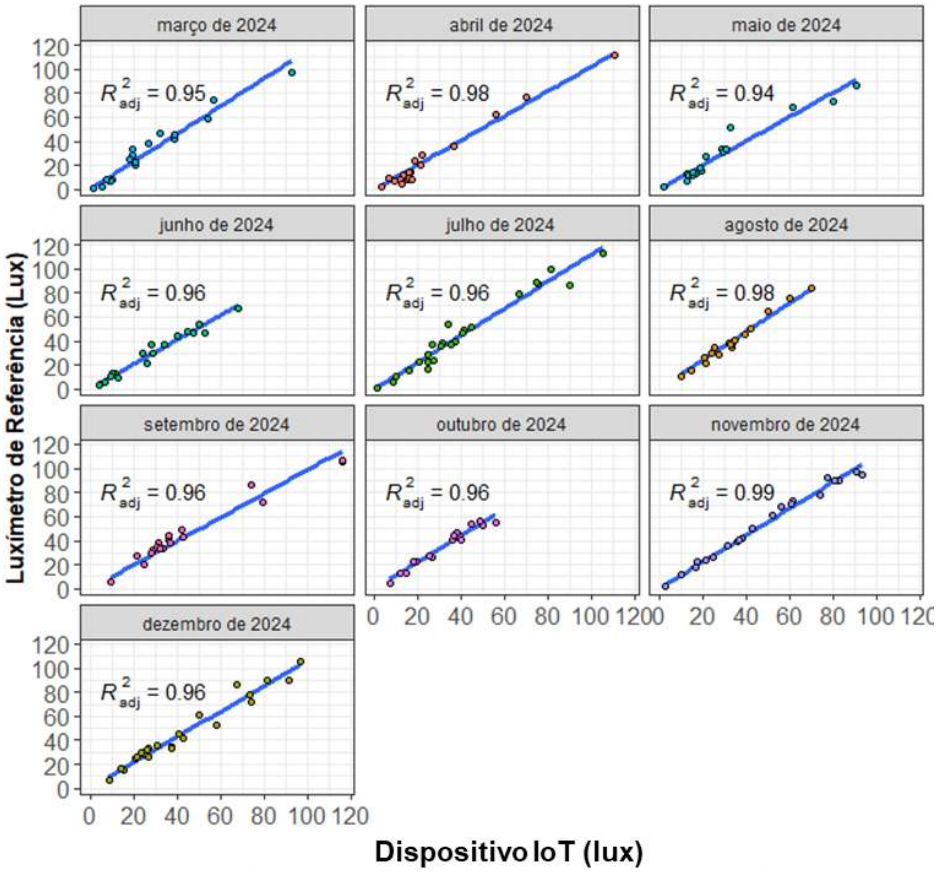
Figura 8: Correlação Dispositivo IoT x Luxímetro Digital LD-225 em função do tipo da via – Gráfico de dispersão com regressão linear



Fonte: Os autores

Na Figura 9 são apresentados os dados de dispersão do dispositivo IoT e do luxímetro em função dos meses, sendo possível avaliar a regressão linear realizada para cada mês de coleta. Em maio de 2024 foi encontrado o menor valor de R^2 ajustado (0,94) e em novembro de 2024 o maior valor de R^2 ajustado (0,99). Nos demais meses foram encontrados valores de R^2 ajustado entre 0,95 e 0,98, sendo que a maior parte o valor foi igual a 0,96. Assim sendo, é possível verificar que para todos os meses de coleta e análise de dados, foram encontrados altos coeficientes de correlação, indicando que em nenhum período de coleta de dados do presente trabalho foi identificado uma distorção dos dados ou erro de medida que pudesse prejudicar a análise ou ainda ser considerado um outlier (dado que se diferencia significativamente dos demais valores de um conjunto de dados).

Figura 9: Correlação Dispositivo IoT x Luxímetro Digital LD-225 em função do mês – Gráfico de dispersão com regressão linear

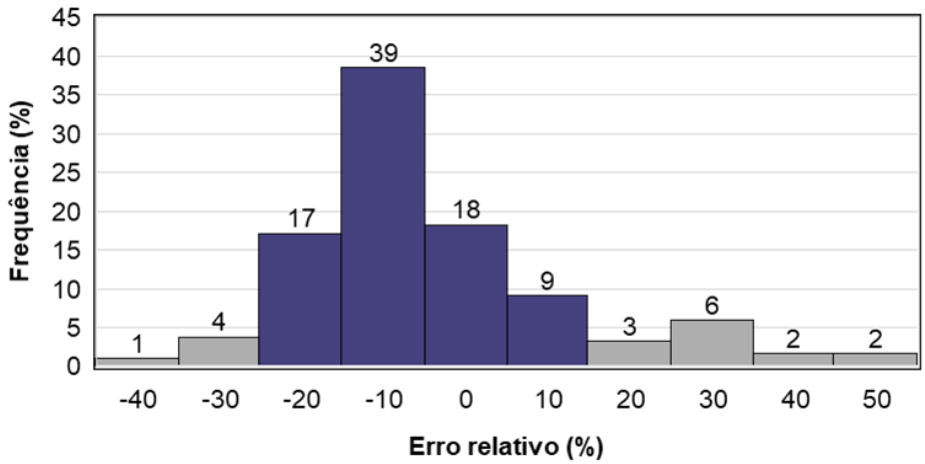


Fonte: Os autores

A Figura 10 apresenta o histograma de frequência do erro relativo encontrado entre a medida de iluminância realizada pelo dispositivo IoT e pelo luxímetro de referência. No gráfico são destacadas em roxo escuro as

barras que representam 83% da frequência de dados coletados, onde foram encontrados erros relativos entre -20% e 10%. Para 83% dos dados coletados, será possível verificar que a leitura realizada pelo dispositivo IoT pode, em poucos casos (9%) superestimar o valor da luminância, em 18% dos casos coletar igual ou muito próximo ao valor lido pela referência e em 56% dos casos, apresentar uma subestimação do valor da luminância. Apesar de apresentar uma maior frequência para estes casos, indica também que o dispositivo IoT trabalha em favor da segurança e dificilmente apresentará valores de luminância superestimados em relação a referência.

Figura 10: Distribuição Erro Relativo (%) – Histograma de frequência



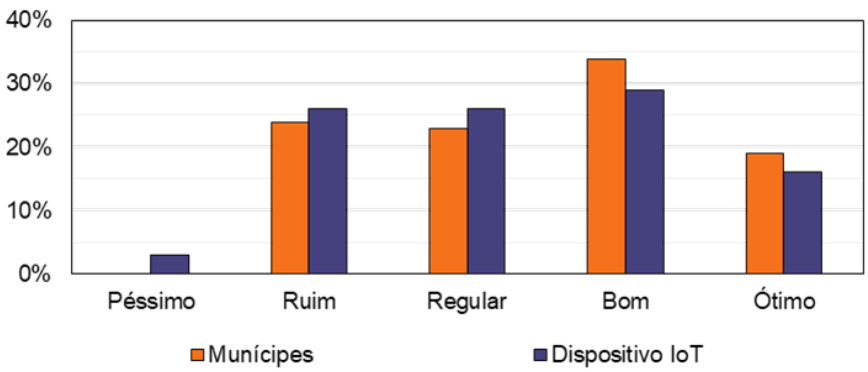
Fonte: Os autores

3.2 SEGUNDA ETAPA

A amostra avaliada na segunda etapa do programa experimental compreendeu 59% de pessoas que residem no município e 61% de pessoas que vão 3 vezes ou mais na semana ao município no período noturno. Para as pessoas que não moram ou não vão 3 vezes ou mais, foram descartadas as respostas e não foram computadas nas 120 respostas indicadas na seção 2 do presente trabalho.

A Figura 11 apresenta o comparativo da qualidade da iluminação pública entre os dados coletados pelo dispositivo IoT e a percepção da municipalidade. Conforme indicado no gráfico, os valores encontrados são muito próximos, apresentando uma pequena variação entre as porcentagens. Vale lembrar, que os entrevistados não receberam nenhuma instrução quanto a definição de uma iluminação ótima, boa, regular, ruim e/ou péssima, assim sendo, as respostas foram feitas a partir da definição de cada entrevistado quanto a qualidade da iluminação pública. Contudo, mesmo sem esta instrução, os resultados demostraram grande aderência entre os dados coletados pelo dispositivo IoT e pela percepção da municipalidade.

Figura 11: Dispositivo IoT x Munícipes para (a) malha viária do município - Gráfico de barras empilhadas (%)



Fonte: Os autores

Por fim, no campo de comentários adicionais respondido pelos munícipes, foram encontrados 42 comentários dos quais, 57% destacam a grande presença de árvores no município e estas causarem uma influência

negativa na qualidade da iluminação pública por impedir que a iluminação proporcionada pelo poste/luminária chegue ao chão. Apesar de não ser objeto de estudo do presente trabalho, no decorrer da execução das coletas de dados da primeira etapa do programa experimental, foi verificado uma grande quantidade de árvores impedindo de a iluminação pública atingir o ponto de interesse que é promover uma boa iluminação da área para o munícipe. A segunda resposta com maior frequência foi em relação a baixa quantidade de luminárias no município, representando 38% das respostas dos munícipes. Por fim, com apenas 5% foram apresentadas respostas elogiando a iluminação pública e criticando um bairro em específico do município.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as principais conclusões é possível observar que:

- Com a tecnologia disponível atualmente é possível realizar a coleta de dados da qualidade da iluminação pública de forma descentralizada e com alto grau de confiabilidade.
- Para valores de iluminação de até 50 lux, o dispositivo IoT apresentou uma maior aderência a curva da regressão linear.
- O dispositivo IoT utilizado apresentou valores de variação relativa entre -20% a 10%, sendo que em sua maioria realiza uma subestimação do valor medido, reduzindo a possibilidade de superestimação dos valores de iluminância quando comparado ao luxímetro de referência.
- A municipalidade apontou que apesar do município ter uma boa qualidade de iluminação, em alguns casos, as árvores impedem que o feixe luminoso incida sobre o solo devido sua barreira física. Neste âmbito, sugere-se iniciativas por parte da gestão pública para planejamento de podas, redimensionamento do parque tecnológico de iluminação e entre outras formas a fim de permitir que o feixe luminoso incida sobre o solo sem realizar a remoção ou remanejo do corpo arbóreo em questão.

Muitos são os benefícios do uso de dispositivos IoT atualmente em todas as áreas, construção civil, smart cities, infraestrutura urbana, medicina e tantas outras possibilidades de aplicações. Dentre as diversas aplicações destaca-se o uso de dispositivos IoT para avaliação da qualidade da iluminação pública de forma descentralizada. Entretanto, alguns questionamentos se tornam oportunidades de avaliação para uma maior oportunidade do seu uso e descentralização do processo. Neste âmbito, questiona-se se há a possibilidade de usar o dispositivo IoT para coleta de dados de iluminação de forma a correlacionar com os parâmetros estabelecidos na NBR5101. Para isso questões como, posicionamento do sensor no veículo, frequência de amostragem, variáveis inerentes ao processo, entre outras devem ser respondidas com o intuito de tornar esta aplicação mais benéfica para os gestores públicos e privados.

REFERÊNCIAS

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

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.

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.

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.

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.

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.

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.