

O Desempenho da Iluminação Elétrica na Mobilidade Noturna

The Performance of Electric Lighting in Night Mobility

El desempeño de la iluminación eléctrica en la movilidad nocturna

Maria Cynthia de Araújo Urbano

Doutoranda, UFRJ, Brasil
maria.urbano@fau.ufrj.br

RESUMO

O objetivo do artigo se baseia na avaliação da iluminação elétrica de tecnologia LED em relação à mobilidade noturna e sua contribuição para a melhoria da visibilidade nos trajetos e vias, analisando os níveis mínimos de iluminação permitidos perante a Norma Brasileira NBR 5101/2012. As intervenções feitas pelo setor público no campo da iluminação elétrica têm ocorrido em algumas cidades brasileiras, na qual, buscaram uma requalificação dos espaços com níveis de visibilidade satisfatório com intuito de almejar mais segurança nos trajetos e vias de deslocamentos. Neste contexto, a justificativa da pesquisa se baseia nos desafios das diversas intervenções no segmento de iluminação pública em relação a requalificação dos espaços urbanos para a mobilidade do usuário durante seu percurso no período noturno, tornando-os mais seguros, sustentáveis e saudáveis. O método se aplica em uma revisão bibliográfica multidisciplinar na qual tende a avaliar a qualidade da iluminação elétrica em tecnologia LED analisando a sua iluminância conforme a NBR 5101/2012, que varia de acordo com a mobilidade dos pedestres e dos transportes públicos e privados. Em uma conclusão no contexto apresentado, a iluminação elétrica e pública se torna um dos elementos que pode mudar a percepção das pessoas sobre o espaço urbano, por isto, ela precisa ser analisada dentro do contexto total para funcionar de forma eficaz sem provocar uma poluição luminosa ou uma luz intrusa dentro do planejamento urbano.

PALAVRAS-CHAVE: LED. Mobilidade Noturna. Iluminação Pública.

SUMMARY

The objective of the article is based on the evaluation of electric lighting using LED technology in relation to night mobility and its contribution to improving visibility on routes and roads, analyzing the minimum levels of lighting allowed under the Brazilian Standard NBR 5101/2012. Interventions made by the public sector in the field of electric lighting have taken place in some Brazilian cities, in which they have sought to requalify spaces with satisfactory levels of visibility in order to aim for more safety on routes and routes. In this context, the justification of the research is based on the challenges of the various interventions in the public lighting segment in relation to the requalification of urban spaces for the mobility of the user during his journey at night, making them safer, sustainable and healthier. The method is applied in a multidisciplinary literature review in which it tends to evaluate the quality of electric lighting in LED technology by analyzing its illuminance according to NBR 5101/2012, which varies according to the mobility of pedestrians and public and private transport. In a conclusion, in the presented context, electric and public lighting becomes one of the elements that can change people's perception of the urban space, therefore, it needs to be analyzed within the total context to work effectively without causing light pollution. or an intruding light within urban planning.

KEYWORDS: LED. Night Mobility. Street lighting.

RESUMEN

El objetivo del artículo se basa en la evaluación de la iluminación eléctrica con tecnología LED en relación a la movilidad nocturna y su contribución para mejorar la visibilidad en rutas y caminos, analizando los niveles mínimos de iluminación permitidos por la Norma Brasileña NBR 5101/2012. Intervenciones realizadas por el sector público en el campo de la iluminación eléctrica se han producido en algunas ciudades brasileñas, en las que han buscado recalificar espacios con niveles de visibilidad satisfactorios con el fin de apuntar a una mayor seguridad en las rutas y rutas. En este contexto, la justificación de la investigación se basa en los desafíos de las diversas intervenciones en el segmento de alumbrado público en relación a la requalificación de los espacios urbanos para la movilidad del usuario durante su recorrido nocturno, haciéndolos más seguros, sostenibles y saludables. El método se aplica en una revisión de literatura multidisciplinaria en la que tiende a evaluar la calidad de la iluminación eléctrica en tecnología LED analizando su iluminancia de acuerdo con la NBR 5101/2012, que varía de acuerdo con la movilidad de los peatones y el transporte público y privado. En conclusión, en el contexto presentado, el alumbrado público y eléctrico se convierte en uno de los elementos que pueden cambiar la percepción de las personas sobre el espacio urbano, por lo tanto, es necesario analizarlo dentro del contexto total para que funcione de manera efectiva sin causar contaminación lumínica o intrusiva. luz dentro de la planificación urbana.

PALABRAS CLAVE: LED. Movilidad Nocturna. Iluminación pública.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de mobilidade está relacionado a garantir os direitos básicos das pessoas aos seus deslocamentos, no qual, a qualidade dos acessos é de extrema importância para as atividades diárias da população. Dentro de um planejamento urbano, a iluminação elétrica entra como uma ferramenta para a melhoria da mobilidade noturna, promovendo mais confiança e segurança à população em transitar pela cidade.

Os acessos se arquitetam de acordo com as edificações e outros elementos, configurando ambientes estimulantes devido a integração da iluminação com o planejamento urbano. As intervenções feitas pelo setor público no campo da iluminação elétrica têm ocorrido em algumas cidades brasileiras, na qual, buscaram uma requalificação dos espaços com níveis de visibilidade satisfatório com intuito de almejar mais segurança nos trajetos e vias de deslocamentos.

A maioria destas intervenções abordam questões técnicas da iluminação elétrica utilizando a Norma Brasileira NBR 5101/2012, que estabelece os requisitos para uma iluminação de vias públicas, propiciando segurança aos tráfegos de pedestres e veículos. Ainda colocado pela NBR 5101/2012, a iluminação elétrica é essencial à qualidade de vida em áreas urbanizadas, atuando como instrumento de cidadania, promovendo benefícios econômicos e sociais para os cidadãos, incluindo a redução de acidentes noturnos; melhoria das condições de vida, principalmente nas comunidades carentes; auxílio à proteção dos indivíduos e propriedades; facilidade e visibilidade no fluxo de tráfego; destaque nos edifícios e obras públicas durante à noite; e em sua eficiência energética.

Carneiro *et al.* (2019, p. 20) destacam que em um cenário ideal, todas as variáveis da iluminação devem ser atendidas, desde a percepção do usuário em poder desfrutar, sentir-se bem, confortável e seguro para contemplar e descobrir o espaço urbano. Mascaró (2006, p. 21), sinaliza que ao iluminar o ambiente para alcançar os objetivos sociais, ou econômicos, inclui a segurança, o apoio ao desenvolvimento e destaque às áreas históricas ou espaços verdes.

Outro tema relevante e que tem relação direta com a iluminação urbana, são os esforços globais para a redução das emissões de gás carbônico. Com este propósito, os projetos de iluminação contemporâneos revelam uma atenção renovada com relação aos pedestres e aos ciclistas. Locais atraentes e bem iluminados visam contribuir para uma mudança de comportamento com relação ao usos de veículos poluidores da atmosfera (CARNEIRO *et al.*, 2019, p. 20).

A iluminação elétrica tem em seu destaque dispositivos de *Light-Emitting Diode* (LED), nos quais, com sua eficiência energética leva a uma economia na energia e na redução da poluição luminosa. No entanto, alguns modelos de iluminação com lâmpadas, por exemplo, de vapor de sódio e vapor metálico, podem dificultar a mobilidade pela baixa qualidade de iluminação e não contribuir para a redução das emissões de gases nocivos devido a seu consumo elevado de energia. Santos (2005, p. 100) coloca que o LED agrega valores de alta eficácia luminosa, possibilita alteração da coloração da luz (temperatura de cor), alta durabilidade e uma garantia que nos níveis de luminosidade consomem menos energia. Com essas características, o LED se tornou cada vez mais popular, exercendo um papel funcional para as cidades no período noturno.

Na iluminação pública a eficiência energética concernente às lâmpadas nela usada, dependerá da eficiência delas quanto ao consumo de energia elétrica, custo benefício, via útil, aparência de cor e eficiência (CALVACANTI FILHO, 2021, p. 5).

Dentre as principais necessidades de uma cidade contemporânea, a mobilidade noturna se torna cada vez maior diante de áreas densamente urbanizadas, por isso, ter uma iluminação que possibilite o reconhecimento de locais, pessoas, plantas, obstáculos, entre outros é fundamental. Neste contexto, a justificativa da pesquisa se baseia nos desafios das diversas intervenções no segmento de iluminação pública em relação a requalificação dos espaços urbanos para a mobilidade do usuário durante seu percurso no período noturno, tornando-os mais seguros, sustentáveis e saudáveis.

Antes da iluminação pública barata, limpa e eficiente, poucas atividades eram possíveis de serem realizadas no espaço público à noite. Também modificou sua percepção. Ruas bem iluminadas se supõe que sejam seguras porque permitem ver melhor [...] (MASCARÓ, 2006, p. 22).

A mobilidade noturna dita mudanças nos fluxos, nas concentrações dos acessos e como a população usa a identidade dos lugares, criando novas centralidades, novos ritmos e novas estratégias de deslocamento. Para avaliar a qualidade da iluminação elétrica de tecnologia LED, analisa-se a intensidade luminosa e seus níveis de luz combinadas às variações de intensidade e uniformidade segundo as recomendações exigida pela NBR 5101/2012.

No entanto, a má distribuição da luz nas vias de tráfego pode influenciar no comportamento do usuário. Para isso, estudos em outras áreas de pesquisa, como a psicologia ambiental, no campo da iluminação pública, usaram métodos para avaliar a influência da iluminação no ambiente sob o ponto de vista do usuário. Dos métodos vem as soluções do uso adequado da iluminação a partir do direcionamento correto da luz, gerando ambientes mais iluminados e, como consequência, elevam os parâmetros nos aspectos sociais (segurança, conforto e bem-estar), econômicos (custo, preço e economia) e ambientais (poluição, descarte e reciclagem).

2 OBJETIVOS

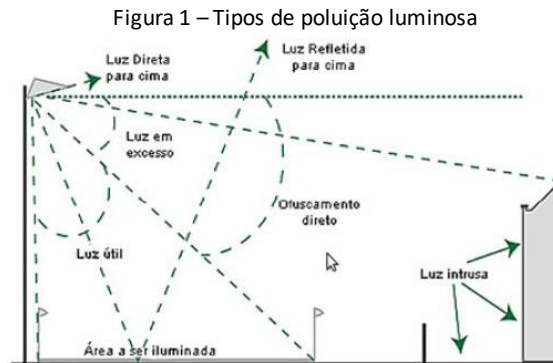
Nesse contexto, o objetivo do artigo se baseia na avaliação do desempenho da iluminação elétrica de tecnologia LED em relação à mobilidade noturna e sua contribuição para a melhoria da visibilidade nos trajetos e vias, analisando os níveis mínimos de iluminação permitidos perante a Norma Brasileira NBR 5101/2012.

3 METODOLOGIA / MÉTODOS DE ANÁLISE

O método se aplica em uma revisão bibliográfica multidisciplinar na qual tende avaliar a qualidade da iluminação elétrica em tecnologia LED analisando a iluminância¹ conforme a NBR 5101/2012. Pela NBR 5101/2012, a visibilidade é primordial para reduzir à vulnerabilidade, seguindo uma média de iluminância que varia de acordo com a mobilidade dos pedestres e dos transportes públicos e privados, como por exemplo, o tipo de utilização da iluminação, suas características e requisitos de segurança.

¹ Esse termo representa a quantidade de luz que cai e ilumina uma determinada superfície ou área. Esse termo também se relaciona com a forma como os seres humanos percebem o brilho de uma determinada área iluminada.

A iluminação elétrica deve, primeiramente, garantir a plena mobilidade e o acesso a todos no período noturno, de forma que seu uso seja sustentável e gere o mínimo possível de impacto negativo. Além disso, pode alterar os padrões naturais do período noturno, ou seja, diante do uso de uma quantidade de luz, a chamada poluição luminosa (Figura 1) ocorre quando a luz é excessivamente brilhante, mal direcionada, não uniforme ou pode causar ofuscando na visão dos usuários.

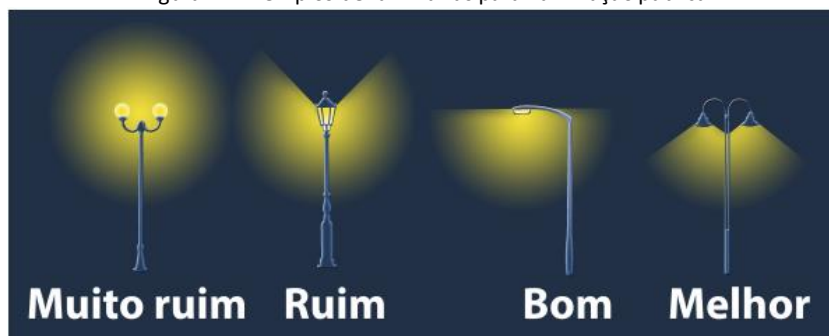


Fonte: Gargaglioni (2009, p. 2)

Colocado por Ribeiro (2012, p. 121), a poluição luminosa (PL) é o efeito produzido pela luz exterior mal direcionada, que é dirigida para cima, ou para os lados, em vez de iluminar somente as áreas pretendidas e invade locais próximos aos pontos de iluminação, acarretando em desconforto pela privação da escuridão absoluta. Explicado por Gargaglioni (2009, p. 1), a luz intrusa é conhecida pela invasão de luz nas casas devido às lojas, shoppings e outros locais com alta iluminação noturna e pode prejudicar a qualidade do sono das pessoas, podendo ocasionar stress. Motoristas podem ter sua capacidade visual reduzida por alterações bruscas de ambientes claros para escuros e vice-versa.

Pode-se identificar facilmente o uso irracional dos sistemas de iluminação que causa a poluição luminosa. Sistemas de iluminação mal projetados, direcionando a luz acima da linha do horizonte, podem ser evitados com um planejamento e a utilização adequada de lâmpadas, luminárias e acessórios. Gonçalves (2022, p. 11) destaca que as luminárias públicas do tipo “globo” são extremamente ineficientes. É melhor utilizar luminárias que impedem a dispersão da luz, com a lâmpada instalada horizontalmente e o fluxo luminoso direcionado para baixo (Figura 2).

Figura 2 – Exemplos de luminárias para iluminação pública



Fonte: Gonçalves (2022, p. 11)

Cidades produzem iluminação elétrica não somente por meio da iluminação pública, mas também por meio da iluminação decorativa tanto fachadas de edifícios quanto monumentos, por exemplo. Além disso, iluminação elétrica afeta negativamente a biodiversidade, prejudicando os hábitos noturnos e alterando os ciclos biológicos das espécies.

A ciência da iluminação se sobressai pela abrangência de diversas áreas de conhecimento. As inovações de eficiência energética com eliminação progressiva dos produtos de iluminação convencionais sob as regras de desempenho energético precisam ser consensuais na busca de soluções com a não agressão a saúde humana, ou de danos ambientais e à biodiversidade (CALVACANTI FILHO, 2021, p. 17).

A NBR 5101/2012, então, estabelece parâmetros e requisitos luminotécnicos mínimos conforme as características das vias para que se tenham condições básicas de iluminação pública. Para isso a via é classificada quanto ao seu volume de tráfego tanto para automóveis quanto para pedestres (Tabela 1) e a iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação (Tabela 2).

Tabela 1 – Classe de iluminação para cada tipo de via

Descrição da via	Classe de iluminação
Vias de uso noturno intenso por pedestres (por exemplo, calçadas, passeios de zonas comerciais)	P1
Vias de grande tráfego noturno de pedestres (por exemplo, passeios de avenidas, praças, áreas de lazer)	P2
Vias de uso noturno moderado por pedestres (por exemplo, passeios, acostamentos)	P3
Vias de pouco uso por pedestres (por exemplo, passeios de bairros residenciais)	P4

Fonte: NBR 5101 (2012, p. 11)

Tabela 2 – Iluminância média e fator de uniformidade mínimo para classe de iluminação

Classe de iluminação	Iluminância horizontal média E_{med} lux	Fator de uniformidade mínimo $U = E_{min}/E_{med}$
P1	20	0,3
P2	10	0,25
P3	5	0,2
P4	3	0,2

Fonte: NBR 5101 (2012, p. 12)

Resumido por Carneiro *et al.* (2019, p. 76), conforme a tabela apresentada, a iluminância média horizontal (E_{med}) apresenta valores diferentes de acordo com o tráfego de pedestres. Ela pode variar de 20 lux para as calçadas e passeios de zonas comerciais a 3 lux para passeios de bairros residenciais. Sendo que, o fator de uniformidade define a iluminância mínima. Portanto, em um projeto de iluminação pública, os espaços urbanos externos com mobilidade de pedestres devem atender aos requisitos de segurança, identificação, estética e usabilidade.

A partir do direcionamento correto de uma iluminação elétrica para o local em que se deseja iluminar, há uma melhor qualidade de iluminância que contribui para a economia de energia segundo a aparência de luz e cor. Em uma análise de qualidade da iluminação elétrica em tecnologia LED, quanto mais alto a temperatura da cor, mais branca é a cor da luz. Dito por Loureiro (2021, p. 12), a luz quente ela é amarelada, e a temperatura de cor baixa, abaixo de 3000K. Ao contrário, a luz fria tem altas temperaturas (6000K ou mais), parece azul-violeta. Já a luz branca é emitida naturalmente do céu aberto ao meio-dia, e sua temperatura de cor é 5800K. Unidades Kelvin (K) (Figura 3).

Figura 3 – Comparação de temperatura e cor



Fonte: <https://plugdesign.com.br/temperatura-cor/>

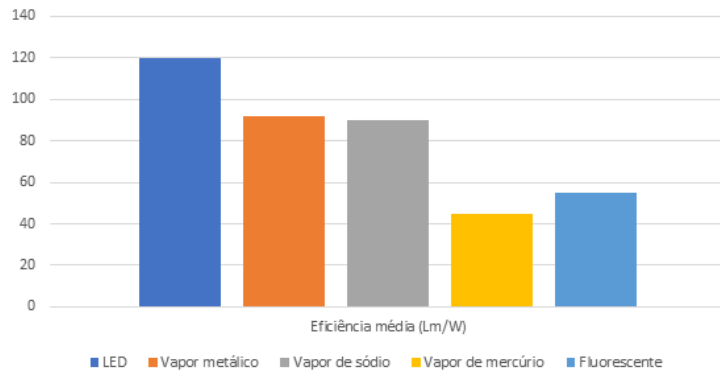
A emissão de luz da tecnologia LED, ela é monocromática, uma cor única para os olhos diante de uma combinação da diferenciação nas temperaturas de cor, variações de intensidade e uniformidade dos níveis de luz, na qual, caracteriza diferentes ambientes luminosos para o usuário. Portanto, a importância da emissão de luz do LED na iluminação pública é aumentar a percepção visual e a memorização dos lugares para os usuários, onde, segundo a visibilidade, a intensidade da luz deve iluminar ruas, edifícios ou espaços públicos de interesse.

4 RESULTADOS

Com uma ampla disponibilidade de iluminação elétrica em tecnologia LED, o seu uso em larga escala pode levar a geração de uma poluição luminosa. No entanto, tecnologicamente, obter uma boa iluminação elétrica é complexa devido aos novos sistemas de iluminação que permitem atingir os atuais níveis de eficiência (Figura 4); economicamente, a iluminação elétrica tende a ter uma alta eficiência possível graças a um progressivo aumento da temperatura de cor das lâmpadas (Figura 5) e tem uma expectativa de vida mais longa (Figura 6), facilitando a organização do sistema viário das cidades; em termos sociais, a iluminação elétrica promove a valorização dos espaços urbanos, aumentando o turismo pelo destaque dos monumentos, prédios, praças e áreas de lazer, além de contribuir para a mobilidade noturna (Figura 7).

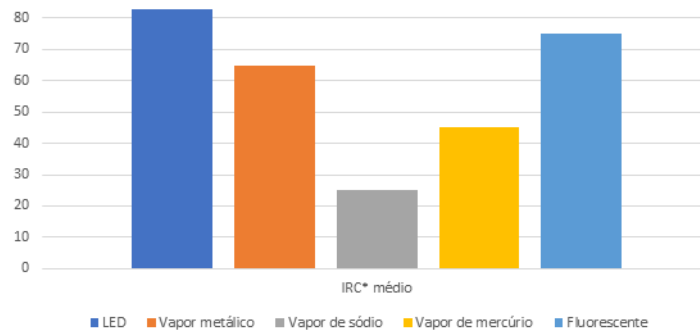
Por fim, em termos ambientais a produção de energia elétrica emite menos CO₂ na atmosfera em comparação as outras tipologias de lâmpadas. Ribeiro (2012, p. 121) comprova que a substituição de 5 milhões de pontos de iluminação pública com lâmpadas vapor de mercúrio por lâmpadas LED reduziria 26.907,43 t por ano de CO₂ emitido para a atmosfera.

Figura 4 – Média de valores de eficiência



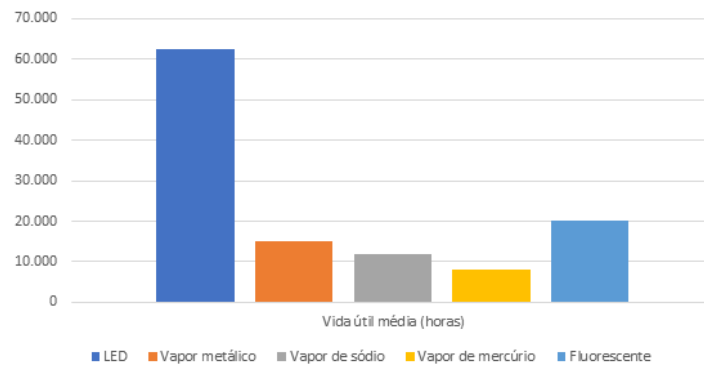
Fonte: <https://aalok.com.br/blog/iluminacao-convencional-x-iluminacao-led/>

Figura 5 – Média de valores de IRC (Índice de Reprodução de Cor)



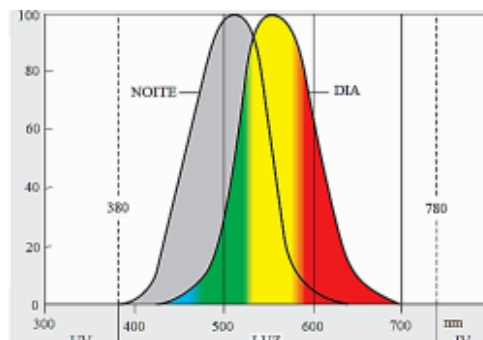
Fonte: <https://aalok.com.br/blog/iluminacao-convencional-x-iluminacao-led/>

Figura 6 – Média de valores de vida útil



Fonte: <https://aalok.com.br/blog/iluminacao-convencional-x-iluminacao-led/>

Figura 7 – Curva de sensibilidade



Fonte: ROSA (2017, p. 3)

Por meio da análise teórica, a iluminação elétrica de tecnologia LED atende aos requisitos de iluminação pública impostos pela NBR 5101/2012. O sistema LED apresenta uma iluminância mínima e uniforme superiores aos outros sistemas e surge como uma solução mais adequada para uma iluminação pública. O custo para a implantação deste sistema representa um alto investimento nos setores públicos, no entanto, a evolução tecnológica estão se consolidando e cada vez mais se tornam vantajosas.

Cabe ressaltar que os custos de luminárias LED vêm sendo rapidamente reduzidos com o desenvolvimento da tecnologia, ao passo em que sua eficácia luminosa vem aumentando (ROSA, 2017, p. 16).

A tecnologia de LED nas luminárias utilizadas na iluminação elétrica pública é capaz de atingir os níveis necessários de iluminância a ser implementado nos sistemas viários das cidades. Apesar do elevado custo de implementação, o LED pode ser implantado, pois o retorno do investimento viabiliza o planejamento urbano. O uso das luminárias LED já é uma realidade em algumas cidades por sua eficiência energética e menor impacto ambiental, ganhando aos poucos o seu espaço nas cidades brasileiras.

5 CONCLUSÃO

A iluminação elétrica de tecnologia LED, no contexto apresentado, teve uma breve compreensão da sua importância junto a mobilidade noturna. A visibilidade é primordial para nortear os usuários em suas atividades diárias, em contribuir na segurança, na mobilidade, no reconhecimento e na identidade dos lugares. Em suma, a emissão de luz do LED se torna fundamental para criar ambientes diferenciados, salientar marcos ou símbolos de uma cidade, proporcionando a correta identificação dos obstáculos e permitir um deslocamento seguro.

A iluminação pública se torna um dos elementos que pode mudar a percepção das pessoas sobre o espaço urbano, por isto, ela precisa ser analisada dentro do contexto total para funcionar de forma eficaz sem provocar uma poluição luminosa ou uma luz intrusa dentro do planejamento urbano. Com a tecnologia LED, a iluminação pública se tornou indispensável no crescimento da cidade contemporânea em oferecer grande flexibilidade em termos de intensidade, direcionabilidade e controle, com suas características que são capazes de contribuir para o menor consumo de energia e sua eficiência energética.

6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALLOK. Iluminação convencional x Iluminação LED. 2018. Disponível em: <https://aalok.com.br/blog/iluminacao-convencional-x-iluminacao-led/> Acesso: 17 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NORMAS BRASILEIRA. 5101. **ABNT NBR 5101: 2012 Iluminação pública — Procedimento**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, p. 35 de 2012.

CARNEIRO, Cristiane Regina Cecon, *et al.* **O uso do LED na iluminação pública**. 2019.

CAVALCANTI FILHO, José Pereira; DA SILVA, José Antônio Aleixo; DA SILVA LEAL, Sérgio. A ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA COM O USO DE LÂMPADAS LED: ESTUDO DE CASO DA AVENIDA RECIFE. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, 2021, 7.11: 1-21.

GARGAGLIONI, Saulo. Poluição luminosa e a necessidade de uma legislação. **ComCiência**, 2009, 112: 0-0.

GONÇALVES, Érica Diniz Abrantes; SANTOS, Maria Lucivânia Souza dos. Poluição luminosa: conscientização sobre os seus impactos através do ensino de astronomia e ciências afins. 2022. **Bachelor's Thesis**. Brasil.

LOUREIRO, Alex Corrêa; BALESTRIM, Thiago de Souza. **SUSTENTABILIDADE NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA**. 2021.

MASCARO, Lucia Elvira Alicia Raffo de. A iluminação do espaço urbano. **Arqttexto**. n. 8 (2006), p. 20-27, 2006.

PLUG DESIGN. Como escolher a temperatura de cor ideal para sua luminária? 2019. Disponível em:
<https://plugdesign.com.br/temperatura-cor/> Acesso: 5 mar. 2023.

ROSA, Gustavo Gabriel da. **Análise comparativa de viabilidade de sistemas de iluminação pública em vapor de sódio, vapor metálico e LED**. 2018.

SANTOS, Eduardo Ribeiro dos. **A iluminação pública como elemento de composição da paisagem urbana**. 2005.