

## **A aplicação da tecnologia LED na iluminação pública como forma de favorecer a melhoria na mobilidade urbana e a sustentabilidade do meio ambiente: Estudo de caso da orla de Macapá-AP**

Mobilidade Urbana e Meio Ambiente

**Tárcio Gonçalves da Silva** Acadêmico de Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Amapá.  
[tarciosilva311@gmail.com](mailto:tarciosilva311@gmail.com)

**Glauca de Oliveira Araújo** Acadêmica de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal do Amapá.  
[arj.glaucia@gmail.com](mailto:arj.glaucia@gmail.com)

### **RESUMO**

Este estudo objetivou relatar de que forma a aplicação da tecnologia com diodos emissores de luz (LED's) na iluminação pública, pode favorecer a mobilidade urbana e a sustentabilidade do meio ambiente, um estudo de caso aplicado em um trecho na orla de Macapá-AP. Além disso, buscou-se apontar a importância da iluminação pública como um dos parâmetros a ser seguido para uma mobilidade urbana eficiente; realizar um estudo sobre alguns dos principais conceitos em iluminação e das lâmpadas utilizadas na iluminação pública de Macapá; conhecer as características e o funcionamento da tecnologia LED na iluminação pública e a sua contribuição para melhoria na mobilidade urbana e ao meio ambiente; analisar os níveis mínimos de iluminação permitidos perante a norma NBR 5101 (sobre os procedimentos necessários durante a implementação de um sistema de iluminação pública); coletar dados em campo sobre as características das vias de circulação, para efetuar a simulação dos níveis de iluminação da orla de Macapá através do programa DIALux, software gratuito para projetos de iluminação capaz de efetuar cálculos e visualizações de luz de forma profissional respeitando os critérios estabelecidos pelas normas vigentes; e apresentar os resultados comparativos sobre uma simulação utilizando as lâmpadas que compõem o atual sistema de iluminação da orla e outra com a implementação de luminárias do tipo LED e posteriormente discutir sobre a melhoria na mobilidade urbana. Para tanto, a pesquisa bibliográfica foi utilizada como método para reunir as informações necessárias na construção deste trabalho, como forma de reforça-lo através de materiais já elaborados, tais como: livros, artigos científicos, revistas, documentos eletrônicos e teses sobre o campo da iluminação envolvendo o uso do LED. O estudo de caso buscou reunir os dados, como a medição das distâncias entre os postes, altura dos mesmos, comprimento e altura das ruas e calçadas para simular em escala real o trecho da orla selecionado. A partir da análise dos dados foi possível evidenciar com clareza os benefícios que o uso do LED pode proporcionar aos cidadãos de



VII SEMANA DE ARQUITETURA E URBANISMO (SAU 2018)  
MOBILIDADE URBANA E SUSTENTABILIDADE: POR ONDE TU ANDAS ?

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

Macapá e seus visitantes no deslocamento durante o período noturno na orla de Macapá, a forma como as luminárias de LED são capazes de abranger uma área maior com grandes valores de iluminância é importante para mobilidade urbana, pois destaca as vias de acesso do trecho estudado que o torna mais seguro, evitando possíveis acidentes de trânsito, diminuindo a criminalidade e promovendo maior interação das pessoas com o meio em que circulam. O estudo mostrou que a não utilização de componentes que prejudicam o meio ambiente na estrutura do LED reforça a função social da sustentabilidade do meio ambiente, tornando o espaço público mais vivo, saudável, seguro e sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Iluminação pública, LED, mobilidade urbana, meio ambiente.

## **A aplicação da tecnologia LED na iluminação pública como forma de favorecer a melhoria na mobilidade urbana e a sustentabilidade do meio ambiente: Estudo de caso da orla de Macapá-AP**

### **I. Introdução**

A mobilidade é um atributo que garante as pessoas o acesso a direitos básicos da sociedade relacionados aos deslocamentos em seu cotidiano, devido ser uma atividade diária que todos exercem e tem direito sobre ela sua qualidade é de extrema importância para o planejamento urbano. A iluminação pública entra como uma ferramenta para melhorar a mobilidade nos espaços públicos tanto em período noturno como diurno em alguns casos, promovendo dessa forma para as pessoas mais confiança, segurança e qualidade para transitarem pela cidade.

Atualmente em algumas cidades os modelos de lâmpadas utilizadas na iluminação pública podem dificultar a mobilidade, devido à baixa qualidade na iluminação que essas lâmpadas oferecem, além de não contribuírem para o meio ambiente devido o consumo elevado de energia e possuírem em sua composição o mercúrio. Uma alternativa para essa situação são as lâmpadas LED que promovem uma maior qualidade na iluminação e também preservam o meio ambiente pois são feitas de materiais sustentáveis.

### **II. Iluminação pública - parâmetro para uma mobilidade eficiente**

Atualmente é nítida a preocupação que vem surgindo com pedestres, ciclistas e o meio urbano, devido notar-se a urgência em colocar a cidade como local de encontro para que exerça a função social do seu espaço, por isso é de desejo universal que as cidades alcancem a quatro objetivos-chave, cidades vivas, seguras, sustentáveis e saudáveis (GEHL, 2010).

A iluminação agrega aos objetivos-chave, por exemplo, quando deixa a cidade mais segura devido a visibilidade que causa em períodos noturnos ou em locais mais fechados em diurnos, viva devido as pessoas poderem transitar não só pela manhã quanto pela noite nos espaços urbanos, e se tratando do estudo abordado neste trabalho, sustentáveis e saudáveis pois utilizará da aplicação de lâmpadas LED no espaço público, o que será melhor tratado mais à frente.

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 ou talvez, desanimar aos criminosos (tema já discutido por vários autores) (MASCARÓ, 2006, p. 22).

O autor deixa claro na citação acima que o foco de se discutir este tema está em notar a modificação

de percepção das pessoas a respeito do espaço público em período diurno. Esse é o motivo pelo qual é importante frisar esse ponto, uma vez que mudou o estilo de vida urbano principalmente.

### **III. Conceitos básicos em iluminação**

#### **A. Fluxo Luminoso**

Segundo Gonçalves, Vianna e Moura (2011), as fontes de luz artificiais produzem ondas eletromagnéticas, que são vistas pelo homem apenas as que estão compreendidas entre os intervalos de 380 nm a 780 nm, assim o fluxo luminoso é a quantidade total que uma fonte de luz irradia dentro deste intervalo de onda e sua unidade é dado em lúmens.

#### **B. Iluminância**

A iluminância se trata também da quantidade de luz uma fonte de luz irradia, porém somente a quantidade no qual incide em uma determinada superfície, sua unidade é expressa em lux (lx) e varia de acordo com a distância entre a superfície e a fonte de luz (OSRAM, 2000).

### **IV. Tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação pública**

#### **A. Lâmpada de vapor de sódio**

As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão possuem um baixo consumo de energia, vida útil longa e um intenso fluxo luminoso, considerada a lâmpada mais eficiente antes da chegada do LED na iluminação pública. São lâmpadas de descarga, que emitem luz através do lançamento de corrente elétrica em um tubo de descarga contendo sódio, a emissão da luz possui tom amarelado, possui uma eficiência luminosa de 140 lm/W, vida mediana entre 16.000 a 32.000 horas e índice de reprodução de cor de 20% (ROSITO, 2009).

#### **B. Lâmpada de vapor metálico**

Lâmpadas fabricadas com a combinação de diversos iodetos metálicos em seu tubo de descarga, produzem uma luz branca e extremamente brilhante, seu alto índice de reprodução de cores a torna em uso cada vez com mais frequente para iluminar espaços públicos. Assim como mencionado no item anterior, sobre o funcionamento da lâmpada de vapor de sódio, o mesmo mecanismo é utilizado nas lâmpadas de vapor metálicos, porém a descarga elétrica é lançada no tubo em uma atmosfera contendo sódio, mercúrio e alguns iodetos metálicos (ROSITO, 2009).

### **V. A tecnologia LED na iluminação pública para uma mobilidade eficiente**

O tamanho reduzido dos LEDs contribuiu para a elaboração de um sistema óptico de saída pontual de luz, devido a isso, ao contrário das lâmpadas convencionais o LED não emite luz para todos os lados sem o uso de refletores, responsáveis pela perda de fluxo luminoso pelas reflexões internas do sistema

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

ótico (BLEY, 2012).

Conforme explicado acima, os LEDs quando bem empregados são capazes de eliminar qualquer tipo de ponto escuro capaz de gerar insegurança as pessoas que trafegam pelos locais a noite e facilita aos motoristas na percepção das passagens para pedestres ou de qualquer obstáculo que possa ser evitado reduzindo com antecedência a velocidade. Além disso, vale considerar que a poluição luminosa causada por algumas lâmpadas, podem gerar para os motoristas o ofuscamento dos objetos e pessoas durante o trajeto percorrido, aumentando o risco de acidentes.

## VI. A tecnologia LED e a sustentabilidade do meio ambiente

A crescente preocupação em se discutir sobre a preservação do meio ambiente associado a questão da saúde pública com relação aos resíduos sólidos descartados no meio ambiente implica na crescente demanda da sociedade pela aplicação de políticas públicas que envolve temas como este. A NBR 10004, que tem como principal objetivo classificar e gerenciar adequadamente os resíduos sólidos referente aos seus riscos ao meio ambiente e à saúde pública, define resíduos nos estados sólidos e semi-sólido, aqueles provenientes da fabricação para atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

A luminária LED esta compreendida em diversos segmentos, no qual sua fabricação pode auxiliar em atividades no setor industrial, comercial, doméstico e na prestação de serviço para iluminação pública, durante o processo de fabricação do LED os elementos semicondutores são constituídos de alumínio, gálio, índio e arsênio considerados elementos não prejudiciais ao meio ambiente em seu estado sólido. Neste contexto, para Santos et al. (2015) fica claro que os LEDs não necessitam de uma destinação e disposição especial após o seu uso, devido o mesmo ser produzido com materiais considerados atóxicos ao meio ambiente, além disso, a redução no consumo de energia envolvendo o uso dos LEDs poupa qualquer tipo de matéria necessária para a produção de energia.

A utilização dos LEDs na iluminação pública, conforme explicado acima, é sinal de que há, enfim uma nova tecnologia capaz de amenizar os impactos causados, como por exemplo, das lâmpadas de vapor metálico que possuem mercúrio em sua composição, classificado pela NBR 10004 mencionada, como elemento tóxico ao meio ambiente necessitando de um descarte especial, além de que essas lâmpadas consomem muito mais energia e possuem uma vida útil menor que a dos LEDs.

## VII. Parâmetros para os níveis de iluminação – NBR 5101

Para certificar que as luminárias utilizadas possam garantir o nível de iluminação ideal, foi empregado os parâmetros mínimos necessários fornecidos pela norma NBR 5101 do procedimento de iluminação pública.

Para saber em qual classe de iluminação cada via pertence, é necessário primeiro efetuar a classificação

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
 EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
 EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
 EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
 29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

da própria via de acordo as suas características apresentadas na tabela 1 e o volume de tráfego de veículos e pessoas presentes na tabela 2, ambas retiradas da norma. Logo após, a tabela 3 exibe as classes de iluminação para cada tipo de via para tráfego de veículos, em seguida a tabela 4 com os valores de iluminância média mínima e fator de uniformidade mínimo para tráfego de veículos. Por fim, a tabela 5 exibe as classes de iluminação para cada tipo de via que transitam pedestres, em seguida a tabela 6 com os valores de iluminância média mínima e fator de uniformidade mínimo para tráfego de pedestres.

Tabela 1 - Classificação das vias

Tipo	Características da via
<b>Via de trânsito rápido</b>	Velocidade Máxima: 80 km/h. Aquela caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível.
<b>Via arterial</b>	Velocidade Máxima: 60 km/h. Caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade.
<b>Via Coletora</b>	Velocidade Máxima: 40 km/h. destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade.
<b>Via local</b>	Velocidade Máxima: 30 km/h. Via que permite acesso às edificações e a outras vias urbanas, com grande acesso e pequeno volume de tráfego. Aquela caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012

Tabela 2 - Classificação tráfego de veículos e pedestres

Classificação	Volume de tráfego noturno (18h e 21h) de veículos por hora, em ambos os sentidos, em pista única.	Pedestres cruzando vias com tráfego motorizado
<b>Sem tráfego (S)</b>	-	Como nas vias arteriais
<b>Leve (L)</b>	150 a 500	Como nas vias residenciais médias
<b>Médio (M)</b>	501 a 1.200	Como nas vias comerciais secundárias
<b>Intenso (I)</b>	Acima de 1.200	Como nas vias comerciais principais

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
 EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
 EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
 EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
 29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

Tabela 3 - Classes de iluminação para cada tipo de via para tráfego veículos

Descrição da via	Classe de iluminação
<b>Para vias de trânsito rápido</b>	
Volume de tráfego intenso	<b>V1</b>
Volume de tráfego médio	<b>V2</b>
<b>Para vias arteriais</b>	
Volume de tráfego intenso	<b>V1</b>
Volume de tráfego médio	<b>V2</b>
<b>Para vias coletoras</b>	
Volume de tráfego intenso	<b>V2</b>
Volume de tráfego médio	<b>V3</b>
Volume de tráfego leve	<b>V4</b>
<b>Para vias locais</b>	
Volume de tráfego médio	<b>V4</b>
Volume de tráfego leve	<b>V5</b>

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012

Tabela 4 - Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação para tráfego de veículos

Classe de iluminação	Iluminância média mínima Emed,mín (Lux)	Fator de uniformidade mínimo (U = Emín/Emed)
V1	30	0,4
V2	20	0,3
V3	15	0,2
V4	10	0,2
V5	5	0,2

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
 EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
 EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
 EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
 29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

Tabela 5 - Classes de iluminação para cada tipo de via para tráfego de pedestres

Descrição da via	Classe de iluminação
Vias de uso noturno intenso por pedestres (por exemplo, calçadões, 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: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012

Tabela 6 - Iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação para tráfego de pedestres

Classe de iluminação	Iluminância média mínima Emed (Lux)	Fator de uniformidade mínimo ( $U = E_{mín}/E_{med}$ )
P1	20	0,3
P2	10	0,25
P3	5	0,2
P4	3	0,2

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012

## VIII. Estudo de caso – Orla de Macapá

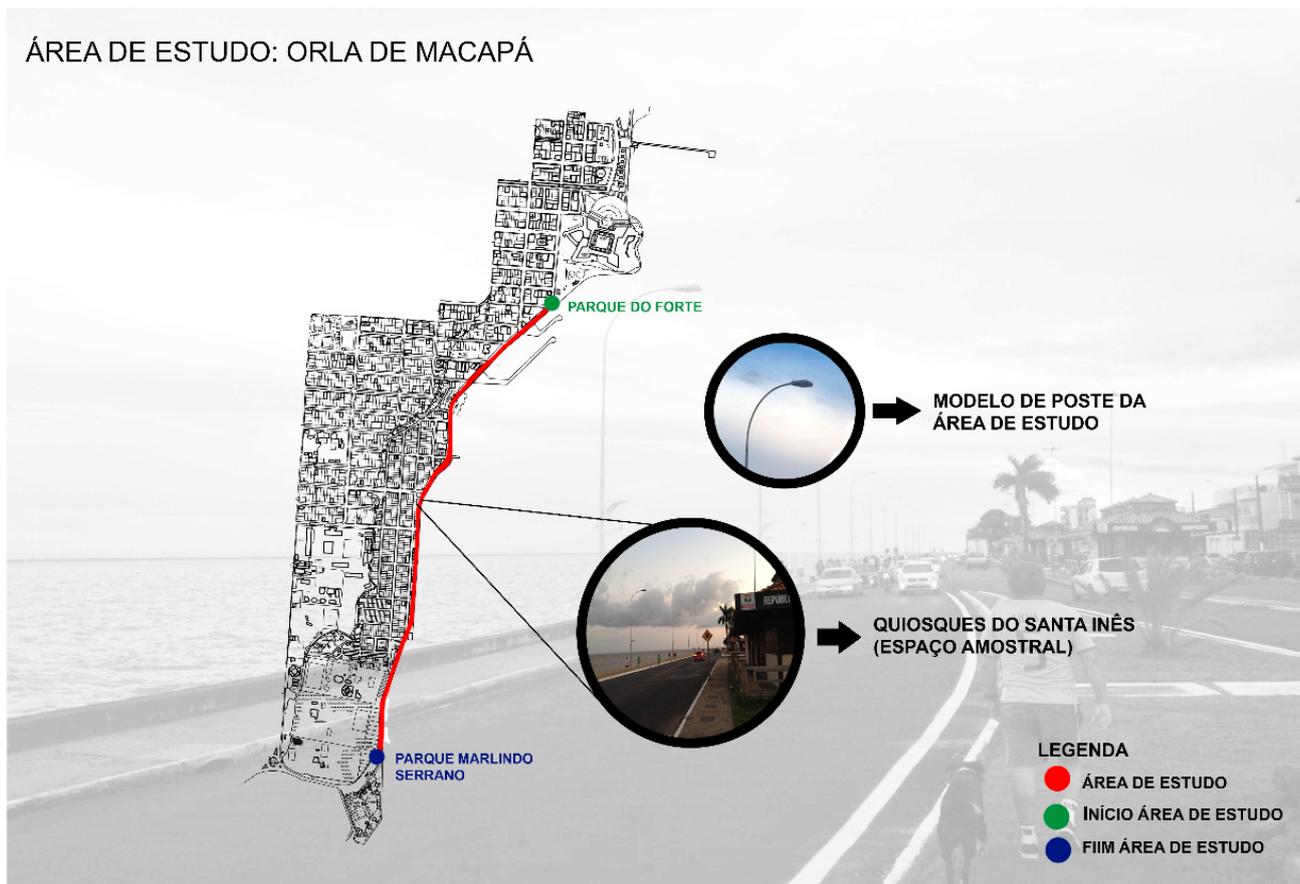
A Orla de Macapá encontra-se em um local privilegiado da cidade, com diversos pontos para a prática de lazer, comércio, turismo e uma área de ligação entre vários bairros na cidade facilitando a mobilidade urbana, a escolha do trecho apresentado na figura x para estudar os benefícios que a implementação de luminárias do tipo LED pode promover, ocorreu como uma forma de valorizar o espaço existente, favorecendo a mobilidade urbana e tornando-o mais sustentável.

Na figura 1 contém a marcação do trecho em estudo, o modelo de poste que será feita a simulação utilizando os LEDs e o espaço amostral, que seria a área de medição dos valores de iluminância entre dois postes na via de pedestres e veículos, escolhido como modelo de implementação para todo o trecho.

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

Figura 1 - Mapa Orla de Macapá



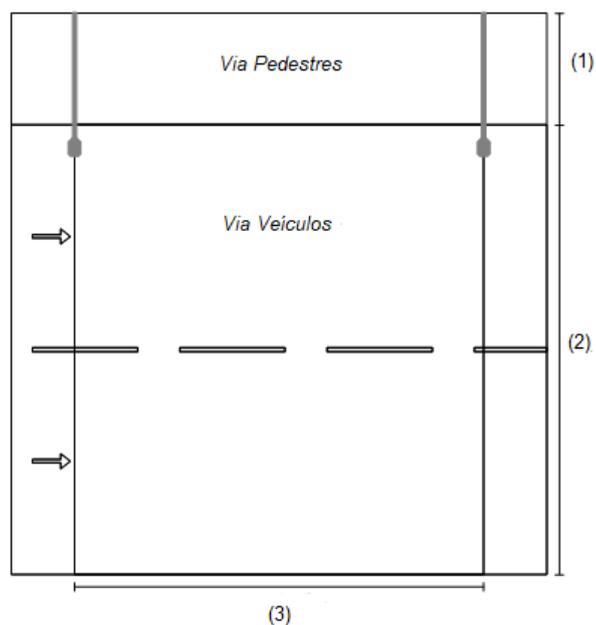
## A. Medições externas em campo

Efetuar as medições externas no espaço amostral escolhido são os primeiros dados necessários para definir os pontos de medição da iluminância feita em campo e dos pontos de iluminância que é gerado pelo programa de simulação utilizado. As medições foram realizadas para descobrir os parâmetros presentes na figura 2, sendo (1) a distância da via de tráfego de pedestres, (2) a distância da via de tráfego de veículos e (3) a distância entre os postes de iluminação. Na figura 3 trata dos parâmetros para o modelo de poste apresentado, sendo (1) a altura do ponto de luz, (2) pendor do ponto de luz, (3) a inclinação do braço extensor e (4) o comprimento do braço extensor.

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

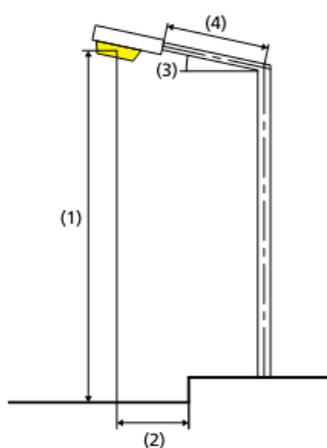
MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

Figura 2 - Parâmetros utilizados para medição das distâncias entre as vias e os postes.



Fonte: DIAL, 2018

Figura 3 - Parâmetros modelo de poste utilizado



Fonte: DIAL, 2018

O aparelho ideal para escolhido para se fazer as medições foi a uma trena eletrônica, capaz de medir longas distâncias por meio de um laser apontado para alguma barreira, não havendo a necessidade de

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
 EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
 EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
 EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

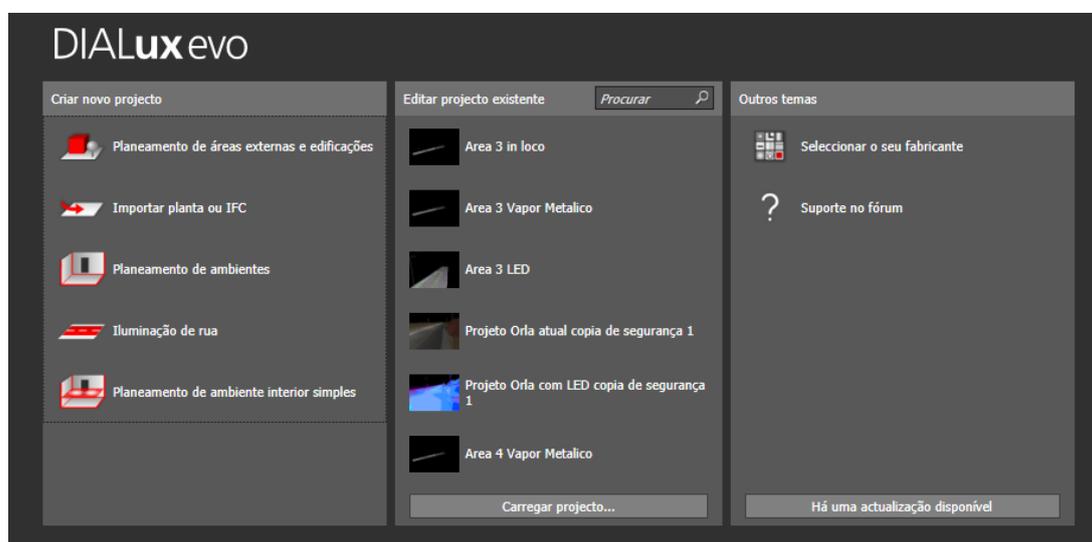
MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
 29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

esticar fita no meio das vias ou em para cima dos postes.

## B. Simulação nível de iluminação no software DIALux

A escolha do programa DIALux (figura 4) para efetuar os níveis de iluminação com a implementação das luminárias foi devido ser um software totalmente gratuito e utilizado por profissionais no mundo todo na realização de projetos luminotécnicos, pois o programa é capaz de efetuar cálculos e visualização de luz obedecendo os critérios estabelecidos pelas normas vigentes (DIAL, 2018).

Figura 4 - Interface inicial programa DIALux



## IX. Resultados e discussões

A Orla de Macapá é uma via urbana que faz a ligação entre diversos bairros da cidade, portanto analisando a tabela 1 apresentada se classifica como uma via coletora, justamente por coletar e distribuir o trânsito que tenha a necessidade de entrar ou sair das demais vias de trânsito rápido ou mesmo arteriais. Segundo a tabela 2 a melhor classificação para o tráfego é o médio (M), pelo volume de veículos que circulam ao se deslocar de uma região a outra da cidade e a constante presença de pedestres como em vias comerciais secundárias, por apresentar alguns estabelecimentos comerciais como bares e restaurantes.

Feita a classificação das vias, fazendo uso da tabela 3, é possível perceber que a classe de iluminação para via de tráfego de veículos se enquadra em V3 e fazendo uso da tabela 5 a classe de iluminação para via de tráfego de pedestres se enquadra em P2 pela presença de pequenas praças e áreas de lazer. As tabelas 7 e 8 exibem um resumo dos valores da iluminância média e fator de uniformidade apresentados nas tabelas 4 e 6, de acordo com a classificação definida da iluminação para vias de

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

veículos e pedestres, respectivamente.

Tabela 7 – Resumo valores tipos de Iluminância com classe de iluminação V3 para o tráfego de veículos

Classe de iluminação	Iluminância média mínima Emed,mín (Lux)	Fator de uniformidade mínimo ( $U = E_{mín}/E_{med}$ )
V3	15	0,2

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012

Tabela 8 - Resumo valores tipos de Iluminância com classe de iluminação P2 para o tráfego de pedestres

Classe de iluminação	Iluminância média mínima Emed,mín (Lux)	Fator de uniformidade mínimo ( $U = E_{mín}/E_{med}$ )
P2	10	0,25

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012

## A. Resultado medições externas em campo

A tabela 9 mostra os resultados das medições externas realizadas para obter os dados das distâncias entre as vias e os postes apresentados na figura 2. Assim como, a tabela 10 mostra os resultados das medições externas para se obter os parâmetros do modelo de poste utilizado apresentado na figura 3.

Tabela 9 - Resultado medições distâncias vias e postes

Espaço Amostral	Distância via de pedestres (1)	Distância via de veículos (2)	Distância entre os postes (3)
Quiosques	2,17 m	12,85 m	30,2 m

Tabela 10 - Resultado medições parâmetros poste

Espaço Amostral	Altura do ponto de luz (1)	Pendor do Ponto de Luz (2)	Inclinação do braço extensor (3)	Comprimento do braço extensor (4)
Quiosques	10,49 m	1,0 m	0°	3,19 m

## C. Resultado níveis de iluminância simulados no DIALux

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
 EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
 EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
 EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
 29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

A luminária pública com tecnologia LED utilizada na simulação é a modelo ALEDX200, como mostra a figura 5, fabricada pela empresa Alpha no qual o arquivo eletrônico de fotometria da luminária (IES), para se usar no programa, foi fornecido entrando em contato com a empresa através do seu próprio website (ALPHA, 2018). Para saber o modelo e as características das lâmpadas utilizadas na orla foi entrado em contato com a empresa Neoluz, que presta serviço para a prefeitura de Macapá, o engenheiro responsável repassou por e-mail algumas características como sendo do tipo vapor metálico da fabricante Osram modelo POWERSTAR HQI-T400/D. Mais detalhes das características das luminárias apresentadas estão na tabela 13.

Figura 5 - Luminária LED ALEDX200



Fonte: ALPHA, 2018

Tabela 11 - Características das luminárias utilizadas na simulação

Tecnologia	Modelo	Potência (W)	Tensão (V)	Fluxo Luminoso (Lumens)	Eficiência luminosa (Lm/W)	Temperatura de cor (°K)	IRC (%)	Vida média (H)
Vapor metálico Osram	POWERSTAR HQI-T 400/D	400	220	32000	80	5200	90	10000
LED Luxeon M Philips	ALEDX200	200	220	26000	130	5200	70	50000

Comparando as figuras 6 e 7 é possível observar a aproximação do ambiente projetado com o real, pois a utilização dos mesmos materiais com as mesmas dimensões são essenciais para se obter resultados o mais próximo da realidade possível. A figura 8 mostra a área de cálculo demarcada para gerar a medição dos pontos de iluminância automaticamente no DIALux, logo esses resultados são os apresentados na tabela 14 e 15.

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

Figura 6 - Foto real quiosques Santa Inês



Figura 7 - Caracterização do ambiente projetado no DIALux



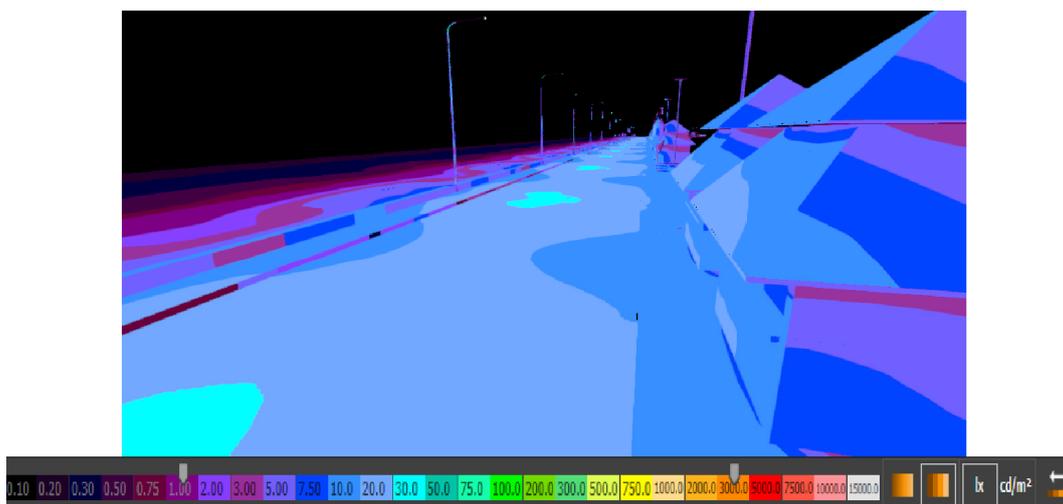


Figura 8 - Delimitação da superfície de cálculo no DIALux entre os dois postes (espaço amostral).



Analisando a projeção da iluminância na superfície da figura 9 causada pela utilização de luminárias LED, é nítida a valorização tanto das vias de pedestres como as de veículos, de acordo com a legenda da figura temos uma uniformidade com valores de iluminância entre 10 a 20 lux, que predominam em ambas as vias as deixando livres de pontos escuros.

Figura 9 - Níveis de iluminância utilizando as luminárias LED no DIALux



A utilização de luminárias do tipo LED apresentou bons resultados, pois a tabela 14 consta que na via de pedestres o valor da iluminância mínima é de 12,7 lux, iluminância média é de 16,4 lux e fator de uniformidade de 0,77 estando de acordo com a classe de iluminação da via mostrado na tabela 8, no qual a média mínima permitida para essa classe P2 é de 10 lux e fator de uniformidade mínimo permitido de 0,25, atendendo aos requisitos mínimos exigidos pela NBR 5101. Para a via de circulação de veículos os resultados na tabela 15 mostram que o valor de iluminância mínima obtida é de 15,4

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

lux, iluminância média é de 20,8 lux e fator de uniformidade de 0,74 estando de acordo com a classe de iluminação da via mostrado na tabela 7, no qual a média mínima permitida para essa classe V3 é de 15 lux e fator de uniformidade mínimo permitido de 0,2, portanto também atende aos requisitos mínimos exigidos pela NBR 5101.

Tabela 12 - Resultado níveis de iluminância gerados pelo DIALux utilizando luminárias LED na via de pedestre

**Pedestres (P2)**

**Potência luminosa horizontal [lx]**

<b>14.658</b>	15.7	16.5	15.6	14.2	13.1	<b>12.7</b>	13.1	14.2	15.6	16.5	15.7
<b>13.935</b>	18.6	18.7	17.2	15.4	14.0	13.5	14.0	15.4	17.2	18.7	18.6
<b>13.212</b>	<b>20.4</b>	20.2	18.5	16.5	14.9	14.3	14.9	16.5	18.5	20.2	<b>20.4</b>
m	<b>1.373</b>	<b>4.118</b>	<b>6.864</b>	<b>9.609</b>	<b>12.355</b>	<b>15.100</b>	<b>17.845</b>	<b>20.591</b>	<b>23.336</b>	<b>26.082</b>	<b>28.827</b>

Trama: 11 x 3 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
16.4	12.7	20.4	0.777	0.623

Tabela 13 - Resultado valores de iluminância gerados pelo DIALux utilizando luminárias LED na via de veículo

**Veículos (M3)**

**Potência luminosa horizontal [lx]**

<b>11.779</b>	22.4	22.4	20.5	18.1	16.4	15.8	16.4	18.1	20.5	22.4	22.4
<b>9.638</b>	25.6	25.2	22.8	20.2	18.3	17.7	18.3	20.2	22.8	25.2	25.6
<b>7.496</b>	<b>26.7</b>	25.9	23.4	21.0	19.4	18.6	19.4	21.0	23.4	25.9	<b>26.7</b>
<b>5.354</b>	25.7	24.3	22.1	20.0	18.5	17.8	18.5	20.0	22.1	24.3	25.7
<b>3.213</b>	24.4	22.5	20.6	18.8	17.2	16.4	17.2	18.8	20.6	22.5	24.4
<b>1.071</b>	20.9	19.8	18.9	17.7	16.3	<b>15.4</b>	16.3	17.7	18.9	19.8	20.9
m	<b>1.373</b>	<b>4.118</b>	<b>6.864</b>	<b>9.609</b>	<b>12.355</b>	<b>15.100</b>	<b>17.845</b>	<b>20.591</b>	<b>23.336</b>	<b>26.082</b>	<b>28.827</b>

Trama: 11 x 6 Pontos

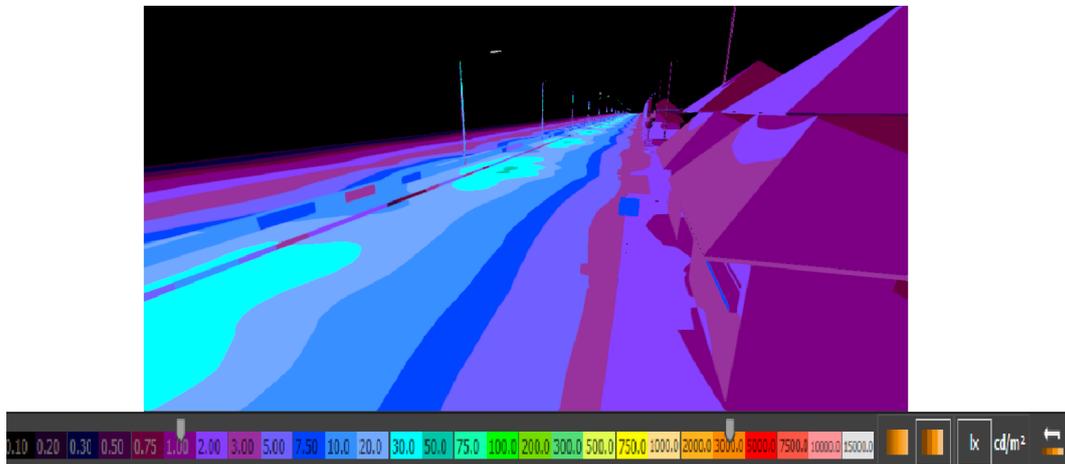
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
20.8	15.4	26.7	0.742	0.579

Aproveitando a estrutura do projeto criado no DIALux, foi efetuado a troca por luminárias de tipo vapor metálico com as mesmas características fornecidas, com o objetivo de simular de forma isolada os níveis de iluminância sem a interferência das luzes adicionais existentes no local, como as luzes das praças, quiosques e residências. E assim, fazer uma breve comparação com os resultados obtidos anteriormente utilizando as luminárias LEDs.

Comparando a projeção da iluminância na superfície da figura 10 com luminárias de vapor metálico em relação a figura 9 anterior, é possível perceber que mesmo com inclinação do poste em direção a via de veículos a iluminância com os valores entre 10 e 30 lux não favorecem toda a via, apenas a via de pedestres.



Figura 10 - Níveis de iluminância utilizando as luminárias de vapor metálico no DIALux



Comparando os valores obtidos na tabela 16, com os valores da tabela 14, percebe-se que a tabela 16 apresenta valores muito maiores favorecendo mais as vias de pedestres, com valores de iluminância mínima de 18,7 lux e a iluminância média é de 27,3 lux, porém detêm de um fator de uniformidade de 0,68, menor que o apresentado na tabela 14, ou seja, apesar dos valores de iluminância serem elevados são muito concentrados em uma só área. Mesmo assim, encontra-se de acordo com a classe de iluminação da via mostrado na tabela 8, no qual a média mínima permitida para essa classe P2 é de 10 lux e fator de uniformidade mínimo permitido de 0,25, atendendo aos requisitos mínimos exigidos pela NBR 5101.

Logo mais adiante, comparando os valores da tabela 17, com os valores da tabela 15, ocorre ao contrário do que foi apresentado anteriormente, pois a tabela 17 exibe valores bem menores de iluminância desfavorecendo a iluminação na via de veículos, com iluminância mínima de 4,07 lux, iluminância média de 14,4 lux e fator de uniformidade de 0,283, ou seja, uma baixa distribuição da luz de forma uniforme na via. Sendo que, de acordo com a tabela 7, a média mínima permitida para essa classe V3 é de 15 lux e de acordo apenas com relação ao fator de uniformidade mínimo permitido de 0,2, neste caso não está de acordo com a NBR 5101.

Tabela 14 - Resultado níveis de iluminância gerados pelo DIALux utilizando luminárias de vapor metálico na via de pedestre

**Pedestres (P2)**

**Potência luminosa horizontal [lx]**

<b>14.658</b>	38.0	24.9	24.8	22.2	19.2	<b>18.7</b>	19.6	22.2	23.2	23.9	33.7
<b>13.935</b>	42.9	28.0	28.4	24.3	20.2	19.2	20.7	24.6	27.1	27.2	40.8
<b>13.212</b>	<b>45.9</b>	31.6	30.9	25.4	20.4	19.2	21.2	26.4	30.7	30.3	45.4
m	<b>1.373</b>	<b>4.118</b>	<b>6.864</b>	<b>9.609</b>	<b>12.355</b>	<b>15.100</b>	<b>17.845</b>	<b>20.591</b>	<b>23.336</b>	<b>26.082</b>	<b>28.827</b>

Trama: 11 x 3 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
27.3	18.7	45.9	0.683	0.407

EIXO I: MOBILIDADE URBANA E POLÍTICAS PÚBLICAS  
EIXO II: MOBILIDADE URBANA E MEIO AMBIENTE  
EIXO III: MOBILIDADE URBANA E ACESSIBILIDADE  
EIXO IV: TRANSPORTES ALTERNATIVOS E POTENCIALIDADES

MACAPÁ, AMAPÁ, BRASIL  
29,30,31 DE OUTUBRO & 01 DE NOVEMBRO DE 2018

Tabela 15 - Resultado valores de iluminância gerados pelo DIALux utilizando luminárias de vapor metálico na via de veículo

**Veículos (M3)**

**Potência luminosa horizontal [lx]**

11.779	41.3	33.8	28.7	23.7	18.8	17.5	20.4	26.2	32.8	36.3	42.8
9.638	27.2	23.4	21.5	19.0	15.2	14.1	16.7	21.4	24.6	24.3	28.2
7.496	17.6	16.3	14.1	12.5	10.4	9.79	11.3	14.1	15.6	16.9	18.3
5.354	12.2	11.7	9.86	8.27	6.91	6.52	7.21	8.78	10.4	12.0	12.3
3.213	8.72	7.90	6.90	5.90	5.18	4.99	5.38	6.18	7.27	8.30	8.61
1.071	5.66	5.29	4.81	4.41	4.14	4.07	4.24	4.59	5.14	5.62	5.78
m	1.373	4.118	6.864	9.609	12.355	15.100	17.845	20.591	23.336	26.082	28.827

Trama: 11 x 6 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
14.4	4.07	42.8	0.283	0.095

## X. Conclusão

O trabalho desenvolvido possibilitou analisar a tecnologia envolvendo o uso de luminárias LED como um fator contribuinte na mobilidade urbana e sustentável do meio ambiente, visto que o LED é capaz de reduzir o consumo de energia, ser fabricado com elementos não poluentes ao meio ambiente quando descartado e possui uma elevada qualidade na iluminação. Foi possível reunir todas as informações necessárias para a elaboração da simulação em 3D dos níveis de iluminação na Orla de Macapá, totalmente de acordo com a NBR 5101 do procedimento para implementação dos projetos em iluminação pública.

Os resultados dos níveis de iluminância com a utilização dos LEDs foram satisfatórios comprovando a qualidade na iluminação que os mesmos podem promover. Quando comparados aos resultados obtidos com a simulação feita com as lâmpadas de vapor metálico nota-se a presença de pontos mais escuros e com uma iluminação pouco distribuída, necessitando das iluminações adicionais existentes na orla para suprir esta carência.

## Referências

ALPHA. Alpha equipamentos elétricos. **alpha-ex**, 2018. Disponível em: <<http://www.alpha-ex.com.br/index.php>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5101**: iluminação pública: procedimento. Rio de Janeiro. 2012.



BLEY, F. B. LEDs versus lâmpadas convencionais viabilizando a troca. **Especialize**, 2012. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=leds-versus-lampadas-convencionais-1443176.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2018.

DIAL. Lighting design software DIALux, 2018. Disponível em: <<https://www.dial.de/en/dialux/>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**. São Paulo: Perspectiva, 2010.

GONÇALVES, J. C. S.; VIANNA, N. S.; MOURA, N. C. D. S. **Iluminação Natural e Artificial**. Rio de Janeiro: PROCEL EDIFICA, 2011.

MASCARÓ, L. A iluminação do espaço urbano. **Arqtexto**, Porto Alegre, p. 20-27, fev. 2006.

OSRAM. **Manual luminotécnico prático**. Osasco, 2000.

ROSITO, L. H. As origens da iluminação no Brasil. **O Setor Elétrico**, Santa Catarina, p. 30-32, Jan. 2009.

SANTOS, T. et al. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Eng Sanit Ambient**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 595-602, dez. 2015. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/291015146>>. Acesso em: 26 mai. 2018.