
ARQUITETURA E ENGENHARIA CIVIL contemporânea: inovação, tecnologia e sustentabilidade

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Capa

AYA Editora

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharia

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

Universidade Estadual de Londrina

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chiroli

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira

Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Me. Jorge Soistak

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.º Me. José Henrique de Goes

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

Universidade Norte do Paraná

Prof.º Me. Milson dos Santos Barbosa

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus
Parauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

Instituto Federal do Acre

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

Instituto Federal de Santa Catarina

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional,
FNDE*

© 2021 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas desta obra são integralmente de responsabilidade de seus autores.

A772 Arquitetura e engenharia civil contemporânea inovação, tecnologia e sustentabilidade [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2021. 223 p. – ISBN 978-65-88580-77-6

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

DOI 10.47573/aya.88580.2.48

1. Engenharia civil. 2. Materiais de construção. 3. Concreto. 4. Geração de energia fotovoltaica. 5. Sistemas de energia fotovoltaica. 6. Engenharia elétrica. 7. Energia solar. 8. Acidentes – Prevenção. 9. Estações meteorológicas. 10. Arquitetura. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 624

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora EIRELI

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

84.071-150

Eficiência e regularidade do sistema de iluminação pública da avenida Senador Francisco Tinoco do município de Itaperuna-RJ

Efficiency and regularity of the public lighting system on Senador Francisco Tinoco avenue in the city of Itaperuna-RJ

Beatriz de Oliveira Garcia

Centro Universitário UniRedentor

Link para o Currículo Lattes ou ORCID

Daniel Silva Garibaldi

Centro Universitário UniRedentor

Link para o Currículo Lattes ou ORCID

Rafael Lima de Oliveira

Centro Universitário UniRedentor

<http://lattes.cnpq.br/6212659806406513>

DOI: 10.47573/aya.88580.2.48.5

Resumo

Este trabalho busca otimizar o atual sistema de iluminação pública da avenida Senador Francisco Tinoco, do município de Itaperuna, do estado do Rio de Janeiro, não só da via principal, mas também da ciclovia que a acompanha. A otimização será feita em conformidade com a NBR 5101 utilizando o software DIALux, de maneira que o projeto se torne adequado com a norma e eficiente. Para isso serão analisadas todas as características construtivas da avenida e da ciclovia, identificando a classificação da via e do volume do tráfego para finalmente determinar a classificação de iluminação da via e respectiva iluminância média adequada. Também será analisado qual lâmpada é mais adequada e eficiente para o projeto, especificando todas as suas características, como tipo, potência, fluxo luminoso, IRC e temperatura de cor correlata. Ao final será enumerado todas as alterações que deverão ser realizadas para que a avenida Senador Francisco Tinoco possua um sistema de iluminação eficiente.

Palavras-chave: iluminação pública, eficiência, NBR 5101, DIALux.

Abstract

This work seeks to optimize the current public lighting system on Senador Francisco Tinoco avenue, Itaperuna city, in the state of Rio de Janeiro, not only on the main road, but also on the bicycle path that accompanies it. The optimization will be done in accordance with NBR 5101 using the DIALux software, so that the project becomes adequate with the standard and efficient. For this, all constructive characteristics of the avenue and the cycle path will be analyzed, identifying the classification of the road and the volume of traffic, to finally determine the classification of street lighting and the respective adequate average illuminance. It will also be analyzed which lamp is most suitable and efficient for the project, specifying all its characteristics, such as type, power, luminous flux, IRC and correlated color temperature. At the end, all the changes that must be made so that Senador Francisco Tinoco avenue has an efficient lighting system will be listed.

keywords : public lighting, efficient, NBR 5101, DIALux.

INTRODUÇÃO

Iluminação Pública (IP) é o serviço que tem por objetivo prover luz, ou claridade artificial, aos logradouros públicos no período noturno ou nos escurecimentos diurnos ocasionais (NBR 5101, 2018, p. 3).

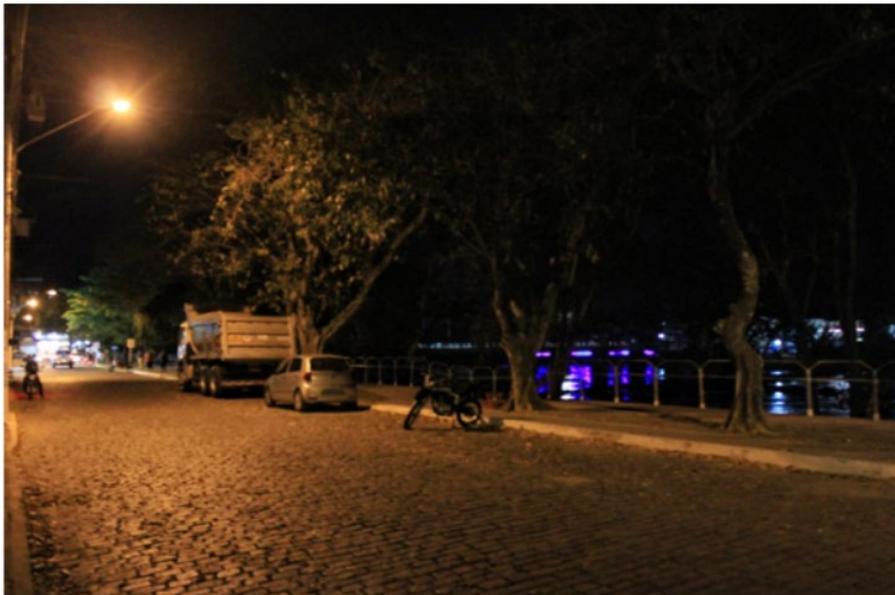
Um sistema de IP deve ser bem estruturado de maneira que, além de contribuir para a iluminação da via facilitando o fluxo do tráfego de veículos e pedestres, também permita: redução de acidentes noturnos; melhoria das condições de vida, principalmente nas comunidades carentes; auxílio à proteção policial; e eficiência energética (NBR 5101, 2018).

Justificativa

Em muitos bairros e regiões pode-se observar sistemas de iluminação inadequados por possuírem características semelhantes, tais como: iluminação insuficiente; poucos pontos de iluminação; iluminação muito intensa, causando ofuscamento, dentre outros problemas de projeto e dimensionamento que prejudicam a visibilidade e segurança das pessoas.

Como se pode ver na Figura 1, a avenida Senador Francisco Tinoco, objeto do estudo, possui certos pontos com pouca claridade dificultando a visibilidade.

Figura 1 – Avenida Senador Francisco Tinoco com pouca iluminação durante a noite



Fonte: Autoria própria (2021)

Além disso, no Brasil o sistema de Iluminação Pública representa em média 70,0% do perfil de consumo de energia dos municípios (COPEL, 2020), logo, a busca por soluções e projetos com maior eficiência energética se torna indispensável para o desenvolvimento eficiente das cidades brasileiras.

Objetivo Geral

Neste trabalho serão analisadas as características e as estruturas do atual sistema de iluminação da Avenida Senador Francisco Tinoco da cidade de Itaperuna verificando se estão de acordo com as normas vigentes e quais melhorias poderão ser feitas para que o sistema de IP

seja mais eficiente evitando desperdício de energia elétrica.

Objetivo Específico

Os objetivos específicos são:

- a) Identificar e corrigir eventuais condições que desrespeitam as normas vigentes;
- b) Analisar o tipo de via e o volume do tráfego para saber qual a classe de iluminação da avenida e respectivos valores de iluminância mínima determinada pela NBR 5101;
- c) Analisar e definir a lâmpada mais eficiente e mais adequada para a avenida objeto de estudo;
- d) Otimizar o sistema de iluminação da avenida por meio do software DIALux.

METODOLOGIA

Metodologia de coleta de dados

No desenvolvimento deste trabalho os dados foram coletados por meio da análise visual e de medições realizadas pelos seguintes instrumentos:

- a) Trena a laser (marca FORTG, modelo FG026);
- b) Luxímetro digital (marca Instrutherm, modelo THDL-400).

Metodologia de análise de dados

Este trabalho será baseado em normas e regulamentos, principalmente na Norma Brasileira (NBR) nº 5101 de 2018 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que estabelece os requisitos para iluminação de vias públicas, propiciando segurança aos tráfegos de pedestres e de veículos (NBR 5101, 2018, p. 1)

A análise dos dados também será baseada nos cálculos realizados pelo software DIALux, que permite a elaboração, cálculos e otimização de projetos de iluminação, tanto para interiores de construções como para vias públicas.

O software DIALux utiliza como parâmetro normas internacionais de iluminação pública. Porém, o software permite sua parametrização de maneira muito aproximada com a NBR 5101 (YAMAZAKI e MARIOTONI, 2018).

GRANDEZAS LUMINOTÉCNICAS

Fluxo Luminoso

O Fluxo Luminoso, cuja unidade de medida é o lúmen (lm), corresponde à quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa (GEBRAN e RIZZATO, 2017).

Iluminância

A iluminância, cuja unidade de medida é o lux (lx), é o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero (NBR 5413, 1992, p. 1).

Iluminância média

A iluminância média é o valor obtido pelo cálculo da média aritmética das leituras realizadas, em plano horizontal, sobre o nível do piso (NBR 5101, 2018, p. 9).

Fator de uniformidade da iluminância

O fator de uniformidade da iluminância é a razão entre a iluminância mínima e a iluminância média em um plano especificado (NBR 5101, 2018, p. 2).

Índice de Reprodução de Cores (IRC)

O IRC é a medida correspondente entre a cor real e a aparência da cor, diante da fonte de luz geradora, de um objeto ou da superfície (GEBRAN e RIZZATO, 2017).

A Portaria nº 20 do INMETRO determina que as lâmpadas LED de luminárias públicas devem possuir índice de reprodução de cor geral maior ou igual a 70.

Temperatura de cor correlata (TCC)

A temperatura de cor correlata (TCC), cuja unidade de medida é o Kelvin (K), é uma metodologia que descreve a aparência de cor de uma fonte de luz branca em comparação a um radiador planckiano (INMETRO, 2017, p. 20).

Com base na Portaria nº 20 do INMETRO de 2017, o valor da TCC para iluminação pública deverá estar entre 2700 e 6500 Kelvins.

Eficiência energética

A eficiência energética é a razão entre as grandezas medidas do fluxo luminoso da luminária (lm) e a potência total consumida (W) (INMETRO, 2017, p. 19).

No setor de iluminação pública o emprego da tecnologia LED pode contribuir significativamente na melhoria da qualidade do serviço e no aumento de sua eficiência energética, o que se reflete numa redução dos custos de energia do município (MME, 2018).

ESTUDO DE CASO

Objeto do estudo

A avenida Senador Francisco Tinoco, mostrada na Figura 2, é uma avenida do centro do município de Itaperuna, do estado do Rio de Janeiro, na qual foi construída recentemente uma ciclovia.

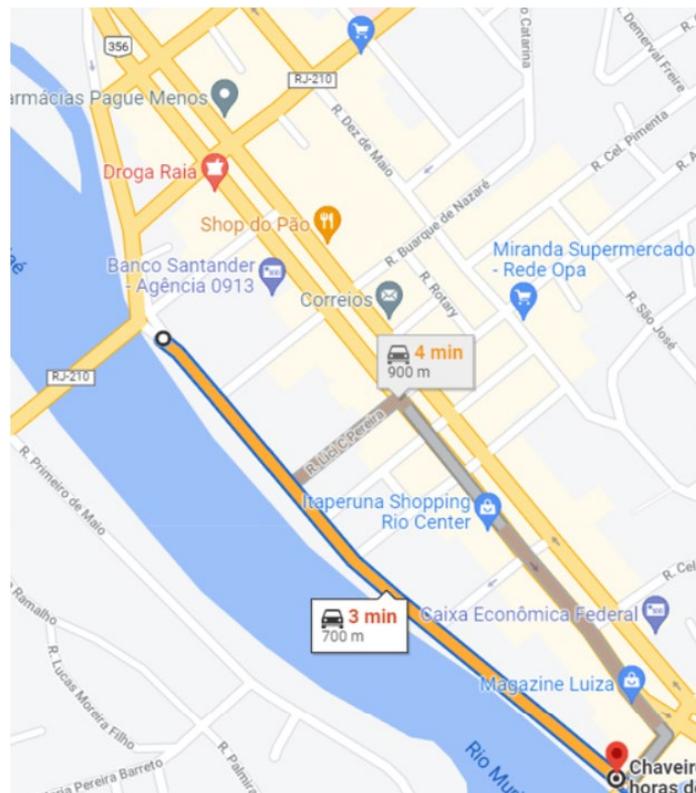
Figura 2 – Avenida Senador Francisco Tinoco em Itaperuna-RJ



Fonte: Autoria própria (2021)

A avenida é composta por duas faixas de rolamento e possui aproximadamente 8,1 metros de largura. O comprimento da avenida chega a 1,1 km, porém este trabalho só irá analisar o sistema de Iluminação Pública do trecho demonstrado na Figura 3, que possui uma extensão de cerca de 700 metros.

Figura 3 – Trecho da Avenida Senador Francisco Tinoco marcado de laranja no mapa, e início do trecho marcado de vermelho



Fonte: Google Maps (2021)

No trecho da referida avenida existem 24 postes dos quais 20 possuem sistema de iluminação pública. Para fins de localização de cada ponto de iluminação, será considerado neste trabalho uma numeração dos postes de 1 a 20, sendo o Poste nº 1 o primeiro poste do início da avenida marcado de vermelho na Figura 3.

4.2 Lâmpadas

Como mostra a Figura 4, as lâmpadas encontradas nos postes da avenida são as lâmpadas determinadas pela Especificação Técnica nº 134 da Enel (concessionária de energia elétrica do município de Itaperuna), quais sejam: Vapor de Sódio de Alta Pressão, Vapor de Mercúrio ou de Vapor Metálico.

Figura 4 – Lâmpadas encontradas nos postes da Avenida Senador Francisco Tinoco



Fonte: Autoria própria (2021)

Altura de montagem

Por meio da trena a laser foram medidas as alturas de montagem das luminárias dos postes da avenida, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Altura, em metros, da montagem das luminárias dos postes na Avenida Senador Francisco Tinoco.

Poste nº	Altura de montagem (m)	Poste nº	Altura de montagem (m)
1	9,30	11	6,18
2	6,54	12	7,86
3	5,84	13	8,00
4	7,05	14	7,90
5	6,73	15	7,60
6	7,02	16	8,00
7	7,60	17	7,80
8	6,70	18	7,70
9	7,60	19	7,90
10	6,46	20	7,80

Fonte: Autoria própria (2021)

Vão médio

O vão entre os postes de iluminação, ou seja, a distância entre os postes, conforme demonstrada na Tabela 2, foram medidas por meio da trena a laser.

Tabela 2 – Vão entre os postes, em metros, na Avenida Senador Francisco Tinoco.

Vão entre os Postes nº	Distância (m)	Vão entre os Postes nº	Distância (m)
1 e 2	33,3	11 e 12	27,0
2 e 3	28,2	12 e 13	39,2
3 e 4	39,7	13 e 14	35,0
4 e 5	33,5	14 e 15	42,0
5 e 6	36,0	15 e 16	41,0
6 e 7	38,0	16 e 17	38,0
7 e 8	30,2	17 e 18	39,7
8 e 9	43,0	18 e 19	34,0
9 e 10	15,0	19 e 20	35,6
10 e 11	14,7		

Fonte: Autoria própria (2021)

Compatibilidade com a arborização

A NBR 5101 de 2018 estabelece uma equação para melhorar a convivência entre a iluminação pública e a arborização, através de cálculos que consideram os ângulos de máxima incidência de luz das luminárias nos sentidos longitudinal e transversal à via, a sua altura de montagem e a distância da árvore.

O cálculo para desobstrução da iluminação em árvores no sentido transversal da via é dado pela Equação 1:

$$Z=H-(AxD) \quad (1)$$

onde

Z é a altura mínima de um galho;

H é a altura de montagem da luminária;

A é igual a cotangente de 60° , igual a 0,57 (ângulo de máxima incidência de luz para o sentido transversal);

D é a distância mínima do galho de menor altura.

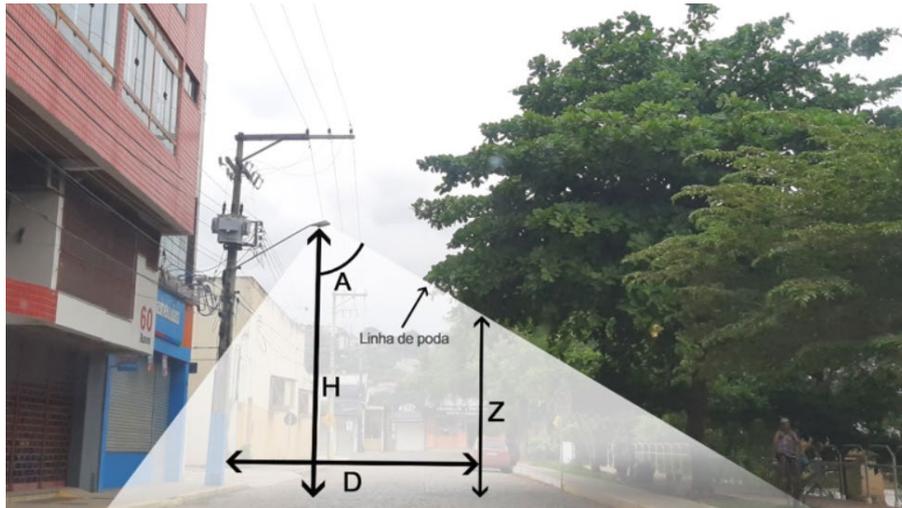
Com relação à arborização em frente ao Poste nº 2, como esquematizado na Figura 5, foram obtidas as seguintes medidas:

a) $H=6,54$ m;

b) $D=6,17$ m;

c) $Z=4,45$ m.

Figura 5 – Parâmetro das medidas para o cálculo da compatibilização com a arborização em frente ao Poste nº 2



Fonte: Autoria própria (2021)

Aplicando à Equação 1 os valores medidos, tem-se que:

$$\begin{aligned} Z &= H - (A \times D) \\ Z &= 6,54 - (0,57 \times 6,17) \\ Z &= 3,02 \text{ m} \end{aligned}$$

Logo, a arborização próxima ao Poste nº 2 está compatível com a norma uma vez que o galho de menor altura precisa estar acima de 3,02 metros do solo, sendo que este galho encontra-se, na verdade, acima de 4,45 metros de altura.

Porém, em certas localidades, como na região onde se encontra o Poste nº 11, mostrado na Figura 6, existe um avanço da arborização sobre a luminária do poste, o que prejudica a iluminação da via.

Figura 6 – Luminária do Poste nº 11 coberto pela arborização



Fonte: Autoria própria (2021)

Classificação da via

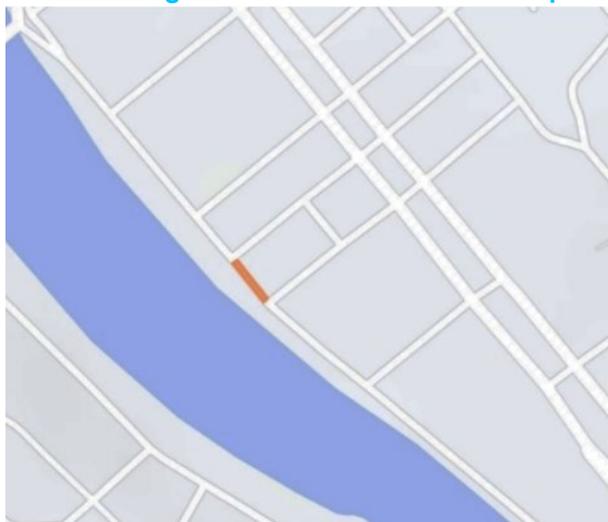
Segundo o artigo 60 do Código de Trânsito Brasileiro, as vias abertas à circulação classificam-se em vias urbanas ou vias rurais. E as vias urbanas podem ser classificadas em: a) via de trânsito rápido; b) via arterial; c) via coletora; e d) via local. A avenida Senador Francisco Tinoco trata-se de uma via urbana pois é caracterizada pela existência de construções às suas margens, com presença de tráfego motorizado e de pedestres (NBR 5101, 2018, p. 5).

A avenida também é classificada como uma via local pois permite acesso às edificações e a outras vias urbanas, com grande acesso e pequeno volume de tráfego, caracterizada por interseções em nível não semaforizadas (NBR 5101, 2018, p. 5).

Classificação do volume do tráfego da avenida

No dia 15 de setembro de 2021 foi realizada a contagem do número de veículos que passaram pelo trecho da avenida indicado na Figura 7, em ambos os sentidos, com o objetivo de determinar a classificação do volume de tráfego de que trata a NBR 5101 de 2018. Além do fluxo de veículos também foi contado o fluxo de pedestres em ambas as calças e na ciclovia, conforme demonstrado na Tabela 3.

Figura 7 – Trecho da Avenida Senador Francisco Tinoco marcado de laranja em que foi realizada a contagem do número de veículos e pedestres



Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 3 – Número de veículos e pedestres que transitaram, em ambos os sentidos, pelo trecho indicado na Figura 7, no dia 15 de setembro de 2021

Horário	Número de veículos	Número de pedestres
18h às 19h	177	216
19h às 20h	113	182
20h às 21h	76	43
Média horária	122	147

Fonte: Autoria própria (2021)

De acordo com a NBR 5101, se a maior média horária for menor do que 150 veículos por hora, o volume do tráfego é classificado como Volume Leve (L). Já o volume de pedestres é classificado como Volume Médio (M) por se tratar de uma via comercial secundária.

Classificação da iluminação da avenida

A avenida por se tratar de uma via local e com volume de tráfego leve possui classe de iluminação “V5” segundo a NBR 5101, o que significa que o sistema de iluminação deve possuir iluminância média mínima de 5 lux e fator de uniformidade mínimo igual a 0,2.

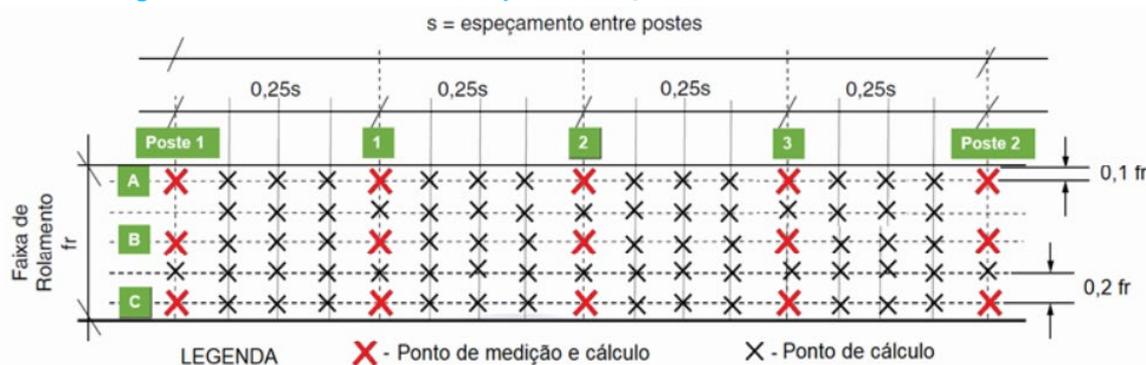
Considerando que o volume do tráfego de pedestres é moderado, a iluminação será classificada como “P3” de acordo com a NBR 5101, o que significa que o sistema de iluminação dos postes sobre as calçadas deve proporcionar iluminância média mínima de 5 lux e fator de uniformidade mínimo igual a 0,2.

Atualmente, como não existem normas brasileiras que disponham sobre a iluminação em ciclovias, será considerado neste trabalho para as ciclovias, por equiparação, os mesmos requisitos da classe “V5” e “P3”.

Iluminância média e fator de uniformidade

Para determinar a iluminância média da avenida, primeiro deve-se medir o valor da iluminância em cada ponto indicado pela NBR 5101 de 2018, como demonstrado na Figura 8.

Figura 8 – Malha de referência para medição e cálculo de iluminâncias



Fonte: Adaptado da NBR 5101 (2018)

As leituras das iluminâncias da avenida foram realizadas por um luxímetro digital no dia 3 de novembro de 2021 a partir das 21h30min. Definiu-se essa hora pois quanto mais tarde for o horário menos são as chances de haver iluminação intrusa proveniente de prédios residenciais e do comércio local que possam afetar a leitura da iluminância dos postes.

As medições foram feitas apenas entre os Postes nº 3 e 7, pois alguns outros postes estavam com as lâmpadas apagadas, o que prejudicaria o resultado das leituras.

Como se pode ver na Quadro 1, muitos dos valores obtidos foram inferiores a 1 lux, o que é proibido pela norma.

Quadro 1 – Leituras obtidas por meio de luxímetro digital na Avenida Senador Francisco Tinoco, nos pontos marcados por um X vermelho, conforme esquematizado na Figura 8

	Faixa de rolamento 1 (fr_1)			Faixa de rolamento 2 (fr_2)			Calçada entre a via e a ciclovia	Ciclovia
	A	B	C	A	B	C	B	B
Iluminância (lux)								
Poste nº 3	19,8	25,0	25,4	21,1	16,0	9,3	5,7	2,5
1	2,8	3,9	5,3	6,0	4,8	5,3	4,3	3,4
2	0,9	0,7	0,6	0,9	1,0	1,4	1,5	1,5
3	2,7	3,1	3,1	2,9	2,3	1,9	1,6	1,0
Poste nº 4	13,4	13,8	13,0	10,9	7,9	5,8	4,6	4,3
1	5,2	5,2	5,0	4,6	3,3	2,5	2,8	0,8
2	0,9	1,2	1,3	1,1	1,6	1,5	1,5	1,5
3	7,2	6,5	6,8	6,7	5,7	5,2	3,6	2,6
Poste nº 5	21,6	24,3	23,6	20	14,4	8,7	6,2	2,4
1	3,9	4,6	4,0	5,4	4,8	4,3	3,1	1,5
2	2,2	2,5	2,6	2,7	2,4	2,3	2,1	1,5
3	4,6	5,2	5,3	5,3	3,7	3,8	2,7	1,2
Poste nº 6	20,7	22,0	21,4	17,5	12,1	8,7	6,5	2,3
1	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	0,8	1,2
2	0,8	0,9	1,4	1,3	1,4	1,6	1,4	2,0
3	4,6	3,6	3,8	3,6	4,2	3,6	4,1	3,1
Poste nº 7	16,8	18,4	18,0	16,8	13,9	11,0	9,1	6,9

Fonte: Autoria própria (2021)

Como demonstrado na Tabela 4, a calçada e a ciclovia não possuem a iluminância média mínima exigida pela norma.

Tabela 4 – Valores das iluminâncias média apuradas comparados com o valor mínimo exigido

Via	Iluminância média mínima exigida (lx)	Iluminância média apurada (lx)
As duas faixas da avenida	5	7,06
Calçada entre a avenida e a ciclovia	5	3,62
Ciclovia	5	2,34

Fonte: Autoria própria (2021)

Como demonstrado na Tabela 5, as faixas da avenida não possuem o fator de uniformidade mínimo exigido pela norma.

Tabela 5 – Valores dos fatores de uniformidade apurados comparados com o valor mínimo exigido

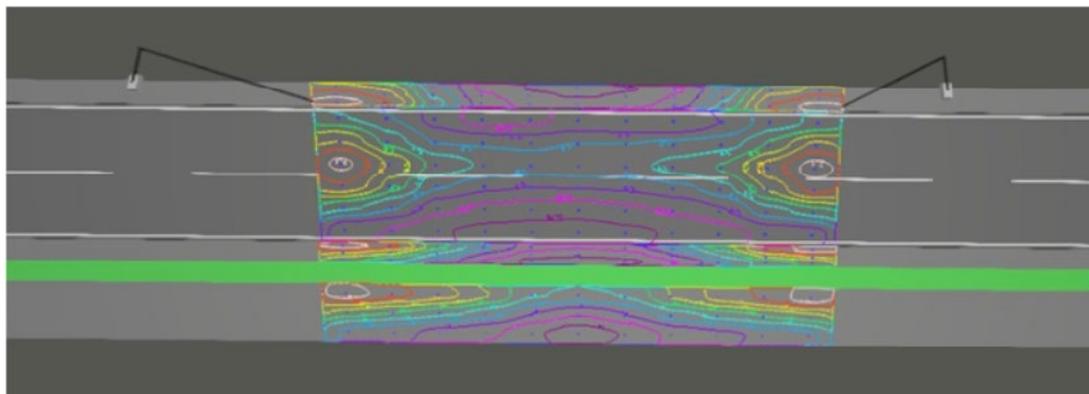
Via	Fator de uniformidade exigido	Fator de uniformidade apurado
As duas faixas da avenida	0,2	0,08
Calçada entre a avenida e a ciclovia	0,2	0,22
Ciclovia	0,2	0,34

Fonte: Autoria própria (2021)

Resultados do software DIALux

Por meio do programa DIALux foram realizados diversos experimentos para que fosse obtido o melhor e mais adequado projeto de iluminação para a avenida. A Figura 9 mostra o esboço do projeto no programa.

Figura 9 – Avenida Senador Francisco Tinoco projetada no software DIALux



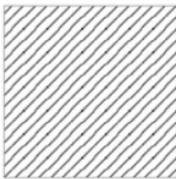
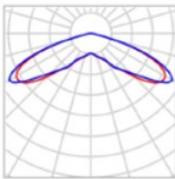
Fonte: DIALux (2021)

Independentemente de qual lâmpada a ser utilizada, ou de qual potência da lâmpada a ser estabelecida, foi constatado que:

- O vão entre os postes deve ser reduzido para 30 metros;
- Não há necessidade de instalações de postes de iluminação nas ciclovias se a altura de montagem dos postes atuais for ampliada para 9,3 metros.

Com base no resultado do projeto elaborado no DIALux foi verificado também que a lâmpada ideal deve ser de LED, com potência igual a 127 Watts, fluxo luminoso de 15000 lúmens, temperatura de cor igual a 3.000 K e IRC igual a 70, conforme mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Características da lâmpada apropriada para o projeto de iluminação da Avenida Senador Francisco Tinoco determinado pelo programa DIALux

			
Fabricante	COOPER LIGHTING SOLUTIONS - MCGRAW-EDISON (FORMERLY EATON)	P	127.3 W
Nº do artigo	TLM-E05-LED-E1-5MQ-7030	$\Phi_{Luminária}$	14724 lm
Nome do artigo	TALON MEDIUM LED SITE LUMINAIRE (5) LIGHTBARS WITH AccuLED OPTICS - TYPE 5 SQUARE MEDIUM		
Equipagem	105x (105) 3000K CCT, 70 CRI LEDs		

Fonte: DIALux (2021)

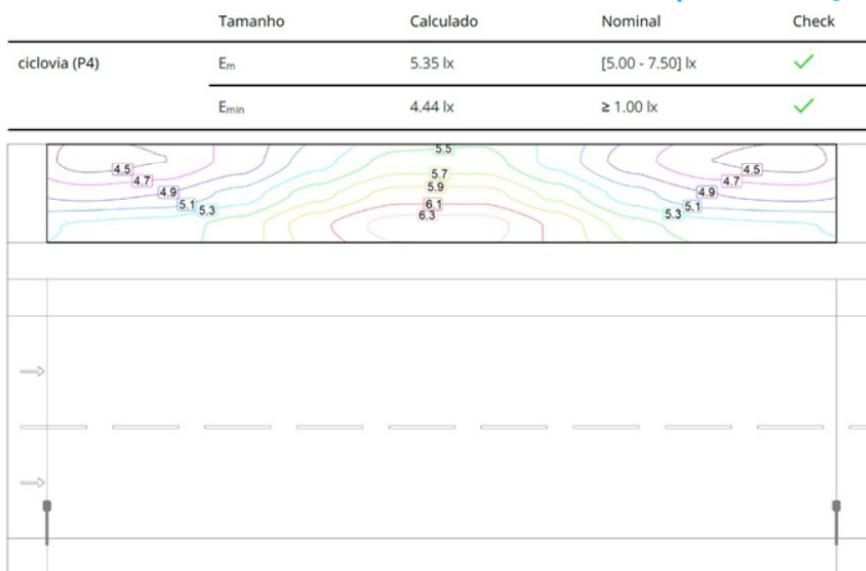
Utilizando a lâmpada adequada, ajustando a altura de montagem para 9,3 m e diminuindo a distância entre os postes para 30 m:

a) A ciclovia passará a ter iluminância média de 5,35 lux, e mínima de 4,44 lux, conforme mostrado na Figura 11;

b) A calçada ao lado da ciclovia passará a ter iluminância média de 6,59 lux, e mínima de 5,63 lux, conforme mostrado na Figura 12;

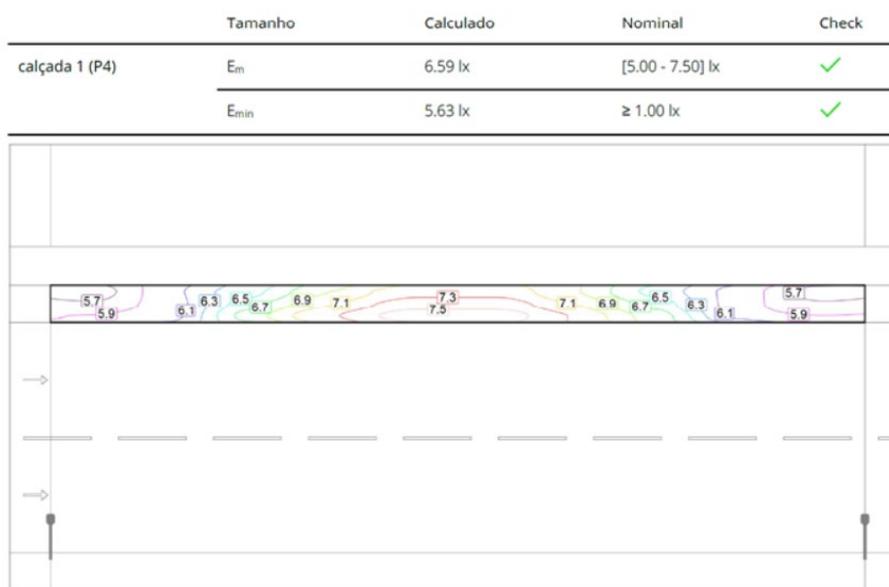
c) As duas faixas da avenida passarão a ter iluminância média de 8,58 lux, e mínima de 6,14 lux, conforme mostrado na Figura 13.

Figura 11 – Resultado das iluminâncias na ciclovia determinado pela otimização do DIALux



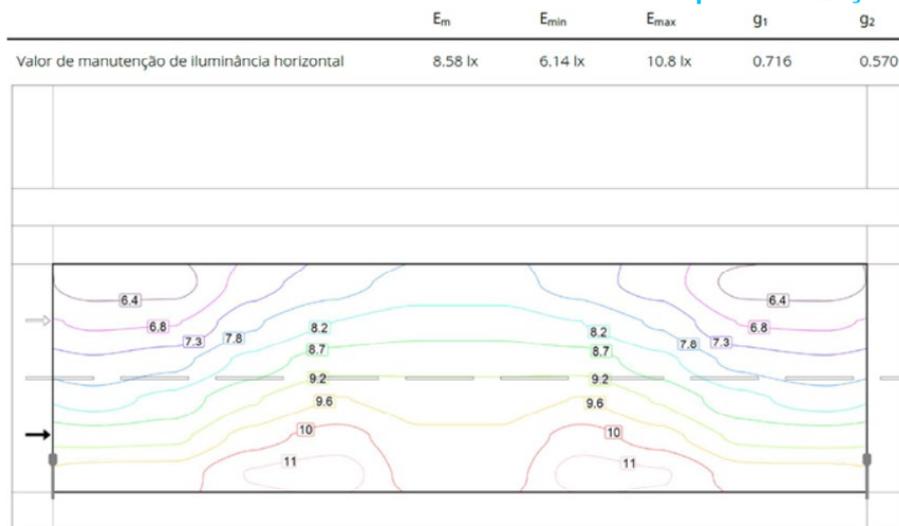
Fonte: DIALux (2021)

Figura 12 – Resultado das iluminâncias na calçada determinado pela otimização do DIALux



Fonte: DIALux (2021)

Figura 13 – Resultado das iluminâncias na avenida determinado pela otimização do DIALux



Fonte: DIALux (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que a iluminação da avenida Senador Francisco Tinoco atenda a todos os requisitos das normas vigentes e ao mesmo tempo possua uma ótima eficiência energética é necessário que:

- Substitua as lâmpadas de descarga por lâmpadas LED de 127 W, 15000 lm, IRC 70 e TCC 3000K.
- Diminua o vão entre os postes para uma distância de 30 m, podendo utilizar os postes já existentes na avenida, mas que não possuem luminárias;
- Aumente a altura de montagem das luminárias para 9,3 m;
- Se realize a poda dos ramos de árvores que comprometem a iluminação;
- Seja adotado um bom programa de manutenção, para assegurar a integridade do sistema e a preservação do nível de iluminação.

A iluminação pública adequada com as normas e eficiente é imprescindível para garantir a segurança e conforto dos cidadãos, para evitar desperdício energético e, conseqüentemente, reduzir os custos de energia no município. Por isso é muito importante que os municípios invistam em projetos e em manutenção dos sistemas de iluminação pública.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5101: Iluminação Pública: Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5413: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Portaria nº 20, de 15 de fevereiro de 2017. Estabelece o Regulamento Técnico da Qualidade para Luminárias para Iluminação Pública Viária. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002452.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503compilado.htm. Acesso em: 25 abr. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Iluminação Pública Municipal – Programas e Políticas Públicas. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/planejamento-e-desenvolvimento-energetico/sistemas-de-energia-do-futuro-1/livreto-iluminacao-publica_2018_02_19.pdf. Acesso em: 17 mai. 2021.

COPEL. Manual de Iluminação Pública. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2FpoderesPublicos%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FCD88F35D3D10C415032579B4004AFD36>. Acesso em: 15 mai. 2021.

ENEL. Especificação Técnica nº 1293, de 25 de junho de 2021. Norma de Conexão e Medição de Circuito de Iluminação Pública e Iluminação das Vias Internas de Condomínios. Disponível em: <https://www.enel Distribuição.com.br/ce/documentos/CNC-OMBR-MAT-21-1293-EDBR%20-%20Norma%20de%20Conex%C3%A3o%20e%20Medi%C3%A7%C3%A3o%20de%20Instala%C3%A7%C3%B5es%20de%20Ilumina%C3%A7%C3%A3o%20P%C3%BAblica%20e%20de%20Condom%C3%ADnios.pdf>. Acesso em: 26 out. 2021.

GEBRAN, A. P.; RIZZATO, F. A. Instalações Elétricas Prediais. Porto Alegre, RS: Bookman, 2017.

GOOGLE. Google Maps: Rota da Avenida Senador Francisco Tinoco. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/dir/-21.205633,-41.8919601/-21.2099577,-41.887214/@-21.2078313,-41.8899379,16.99z/data=!4m2!4m1!3e0>. Acesso em: 8 set. 2021.

INMETRO. Portaria nº 20, de 15 de fevereiro de 2017. Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade para Luminárias para Iluminação Pública Viária. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002452.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

YAMAZAKI, T. Y.; MARIOTONI, C. A. Dimensionamento e especificação da iluminação pública municipal (IP), visando a otimização do custo/benefício, uso de energia, conforto e segurança dos munícipes, com uso e propostas de intervenção no software DIALux. Rev. trab. Iniciaç. Cient. UNICAMP, Campinas, SP, n.26, out. 2018. Doi:10.20396/revpibic2620181305. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/eventos/index.php/pibic/article/view/1305/1380>. Acesso em: 12 nov. 2021.



AYA EDITORA
2021