

AVALIAÇÃO DE ILUMINÂNCIA DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA COM TECNOLOGIA LED CONFORME NBR 5101:2012

RAFAEL LUIZ GUAREZ¹, BRUNO RICARDO DA SILVA², GIUSEPPE FELIPE LUNELLI^{3*},
FELIPE RIGON GAZZONI⁴, FLÁVIO LORI GRANDO⁵

¹Engenheiro Eletricista. UTFPR, Pato Branco - PR, rafaelguarez_@hotmail.com

²Engenheiro Civil, UTFPR, Pato Branco - PR, brunorsilva@live.com

³Graduando em Engenharia Elétrica, UTFPR, Pato Branco - PR, giuseppeluneli@gmail.com

⁴ Engenheiro Eletricista. UTFPR, Pato Branco - PR, felipegazzoni@hotmail.com

⁵Ms. Engenheiro Eletricista, UTFPR, Pato Branco - PR, flavio.grando.eng@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Este artigo discorre sobre avaliação de iluminação pública com base na Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 5101 de 2012 a qual estabelece requisitos mínimos de luminosidade de vias públicas. O trabalho consiste em um estudo de caso onde é feita a avaliação de um sistema de iluminação pública que utiliza luminárias de LED. A avaliação segue os procedimentos descritos pela norma, os quais são apresentados de forma metodológica e simplificada. O resultado da avaliação apresentou um superdimensionamento do sistema estudado chegando a 20 vezes acima do requisito mínimo e fator de uniformidade 22% abaixo do limite.

PALAVRAS-CHAVE: Iluminância, fator de uniformidade, iluminação pública, NBR 5101:2012.

ILUMINANCE EVALUATION OF LED STREET LIGHTING SYSTEM ACCORDING NBR 5101:2012

ABSTRACT: This article discusses about street lighting evaluation according on Brazilian standard NBR 5101: 2012, which establishes minimum requirements for street lighting. This article consists of a case study that done on evaluation of a public lighting system using LED lamps. The assessment follows the procedures described by the standard, which presented methodological and simplified form. The evaluation result showed oversizing of the studied system reaching 20 times minimum requirement and uniformity ratio 22% below the limit.

PALAVRAS-CHAVE: Illuminance, uniformity ratio, street lighting, NBR 5101:2012.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Agência Internacional de Energia (2006), o consumo de energia com iluminação é responsável por uma parcela de 19% de toda a energia elétrica gerada no mundo. Apenas no Brasil, a demanda por energia elétrica deverá crescer 55% até 2020 (BRASIL, 2011). Diante dessas informações, encontra-se a relevância da eficiência energética em função do crescimento do consumo de energia, fato este evidenciado pelo desenvolvimento das novas tecnologias destinadas a iluminação.

Atualmente, as lâmpadas de tecnologia LED (*Light Emitting Diode*) apresentam bons índices de eficiência luminosa por watt comparáveis aos das lâmpadas de vapor de sódio. Além disso, estudos indicam que os impactos ambientais gerados pelo descarte dessas lâmpadas de novas tecnologias são 20% inferiores aos impactos causados pelas lâmpadas de uso convencional (Departamento de Energia dos Estados Unidos, 2012b).

A iluminação pública desempenha um papel fundamental para os centros urbanos, possibilitando à população usufruir plenamente do espaço público durante o período noturno. Ela propicia o desenvolvimento comercial e turístico, provê maior segurança à população atuando como inibidor de violência e contribui com a fluidez do trânsito de veículos e pedestres. Além disso, valoriza o ambiente das áreas urbanas, servindo como orientação nas vias e possibilita melhor aproveitamento das áreas de lazer, cooperando para o crescimento econômico e coletivo da população (Schulz, 2010).

Assim, este artigo visa investigar os níveis de iluminância e fator de uniformidade do atual sistema de iluminação público LED, conforme os requisitos presentes na norma Brasileira que diz respeito à iluminação pública ABNT NBR 5101:2012.

MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com o art. 60 do CTB (Código de Trânsito Brasileiro), a via pode se classificar em Rural ou Urbana. No segundo caso, ainda é classificada em: trânsito rápido, arterial, coletora ou local.

A NBR 5101:2012, no item 4, especifica as condições gerais em relação à classificação da via e à classificação do volume de tráfego, tanto de veículos, quanto de pedestres. O volume de tráfego noturno motorizado na via pode ser classificado conforme, em Leve (até 500 veículos), Médio (de 501 a 1200 veículos) e Intenso (acima de 1200 veículos). Para o uso de pedestres, o mesmo item da norma classifica como Sem Tráfego (como nas vias arteriais), Leve (como nas vias residenciais médias), Médio (como nas vias comerciais secundárias) e Intenso (como nas vias comerciais principais).

A partir da definição da classe de tráfego de veículos, apresentam-se os valores mínimos de iluminância média e fator de uniformidade na tabela Tabela 1. A definição das vias procede da seguinte forma:

- a) Vias de trânsito rápido: alta velocidade tráfego, com separação e sem cruzamentos;
- b) Vias arteriais: vias de mão dupla com cruzamentos e travessias de pedestres em pontos definidos, e vias rurais de mão dupla com separação por canteiros;
- c) Vias coletoras: vias radiais e urbanas de interligação entre bairros;
- d) Vias locais: vias de acesso residencial.

Tabela 1 - Requisitos mínimos de iluminância média e fator de uniformidade conforme descrição da via e volume de tráfego motorizado.

Descrição da Via	Volume de Tráfego	Iluminância média (lux)	Fator de Uniformidade
Vias de trânsito rápido	Intenso	30	0,4
	Médio	20	0,3
Vias arteriais	Intenso	30	0,4
	Médio	20	0,3
Vias coletoras	Intenso	20	0,3
	Médio	15	0,2
	Leve	10	0,2
Vias locais	Médio	10	0,2
	Leve	5	0,2

Os requisitos de iluminância e a uniformidade para iluminação de pedestres segue a relevância sociocultural que cada tipo de via provém à sociedade, conforme a Tabela 2. São atribuídas as seguintes definições para cada emprego:

- a) Vias de uso noturno intenso por pedestres apresentam grande atividade comercial e social;
- b) Vias de grande tráfego noturno: áreas de lazer, praças e avenidas;
- c) Vias de uso noturno moderado: passeios e acostamentos;
- d) Vias de pouco uso: passeios de bairros residenciais

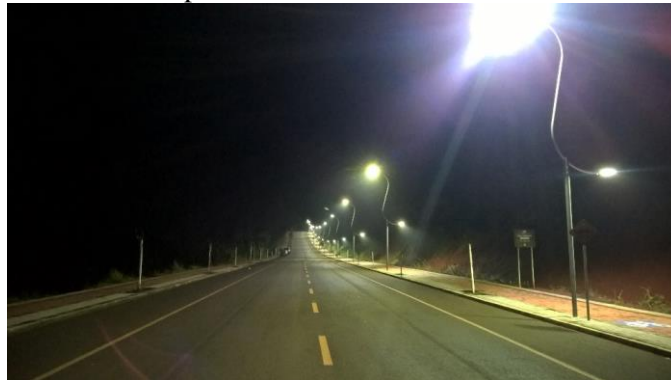
Tabela 2 - Requisitos de iluminância média e fator de uniformidade conforme descrição do volume de tráfego de pedestres

Descrição da Via	Volume de Tráfego	Iluminância média (lux)	Fator de Uniformidade
Vias de uso noturno intenso	Intenso	20	0,3
Vias de grade tráfego noturno	Grande	10	0,25
Vias de uso noturno moderado	Médio	5	0,2
Vias de pouco uso	Leve	5	0,2

O estudo foi realizado no sistema de iluminação pública da rua Tocantins, da cidade de Pato Branco, Paraná. Trata-se de uma via local urbana, que não sofre influência de outras fontes de

iluminação, como comércio ou residências. Caracteriza-se, por ter sua pavimentação em asfalto, com uma via para circulação de veículos e duas vias para circulação de pedestres (calçadas), em ambos os lados, sendo uma delas compartilhada com ciclistas. Os postes são distribuídos unilateralmente na via de pedestres, conforme Figura 1. Cada poste possui 2 luminárias LED, uma superior de 210 W (para faixa de rolamento) e outra inferior, de 150 W, para via de pedestres.

Figura 1 - Iluminação Pública de Lâmpada LED da Rua Tocantins



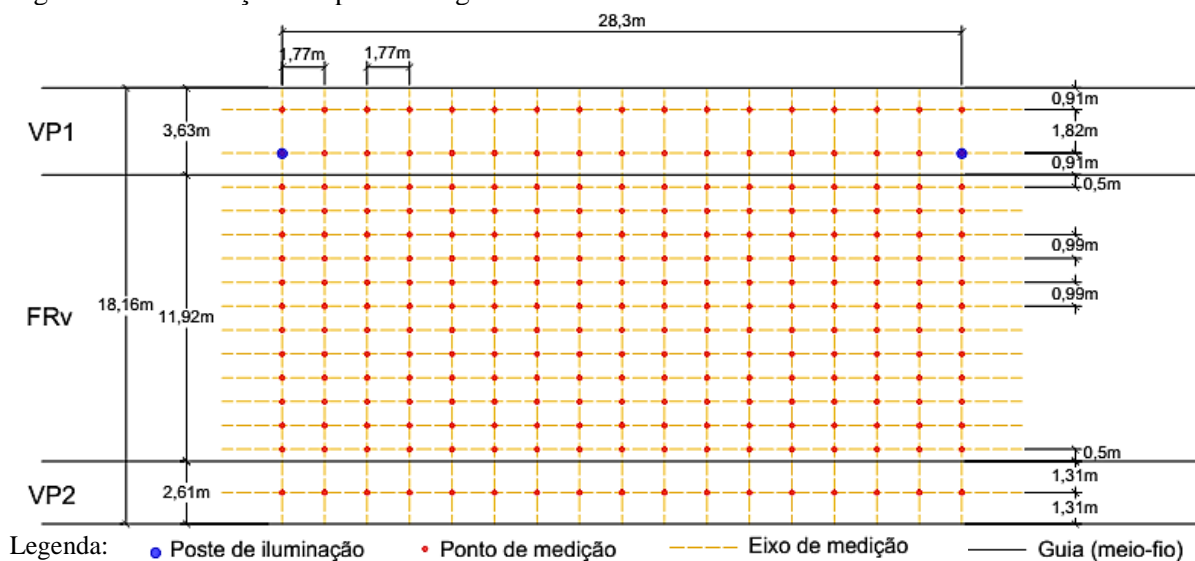
A partir da contagem de veículos, obteve-se uma média horária máxima, para o período das 18 às 21h, de 369 unidades, portanto, sendo classificada como de volume de tráfego Leve. Pela observação do uso da via por pedestres, é classificada como via de pouco uso (Leve).

Portanto, para o tráfego de veículos, o valor mínimo de iluminância média é de 5 lux, e o fator de uniformidade mínimo é de 0,2. Para o tráfego de pedestres, tem-se como valores mínimos recomendados para iluminância média 3 lux, e para o fator de uniformidade 0,2.

As medições dos níveis de iluminância ocorreram no dia 31-05-2016 as 23 h 30 min, sob as condições de céu estrelado, 90% de umidade relativa, lua minguante e sem nebulosidade. Realizaram-se demarcações dos pontos de grade em um nível horizontal sob a via, conforme estabelece o item 7.1 na NBR 5101:2012 (malha para verificação detalhada – inspeção), que deve ser usada para medições ou cálculo de iluminância, em procedimento que exija detalhamento.

As medições foram realizadas sob as vias de pedestres (VP1 e VP2) e sob a faixa de rolamento de veículos (FRV). Os pontos de grade foram estabelecidos de maneira a obter um espaçamento de 176,8 cm entre cada ponto no sentido longitudinal à via (pontos dispostos entre um conjunto de duas luminárias preestabelecidas espaçadas em 28,8 metros), como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Demarcação dos pontos de grade sob a via.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a demarcação dos pontos de grade, foram coletados os dados de iluminância com auxílio de um Luxímetro Digital Minipa (MLM-1010). Esses dados são detalhados na

Figura 3.

Figura 3 - Dados de iluminância coletados sob as vias.

VP1		FRV											VP2	
224	197	94	86	74	66	57	51	43	36	31	26	22	19	14
247	223	122	90	76	67	59	50	44	36	31	26	22	18	14
176	187	97	77	70	63	56	49	42	36	30	25	21	17	13
123	112	72	63	60	54	50	45	39	33	28	24	21	17	13
81	68	55	50	49	48	45	41	36	32	27	23	21	16	13
50	43	41	41	41	41	39	37	34	30	25	23	20	15	14
26	30	33	35	36	37	36	34	31	28	25	23	20	16	13
17	23	28	32	34	35	34	33	30	29	26	23	20	16	13
16	21	27	30	33	33	34	32	30	28	26	22	20	16	14
18	24	28	31	33	34	33	32	30	29	25	23	20	17	14
29	30	33	34	35	35	35	33	31	28	25	23	20	17	14
45	43	41	41	40	40	38	36	33	30	27	22	20	17	14
61	64	52	48	46	46	43	40	36	32	27	24	20	17	13
85	86	68	60	56	52	48	43	38	33	27	24	21	18	14
149	140	86	71	64	59	52	46	40	35	29	26	21	18	14
221	194	111	85	71	63	55	50	41	35	30	26	22	19	15
238	192	95	80	69	61	54	48	42	35	30	25	22	18	15

Tomando como referência os dados coletados na tabela acima, podem-se determinar os índices de iluminância máximo, médio, mínimo e fator de uniformidade para a condição atual de iluminação, sendo expostos na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

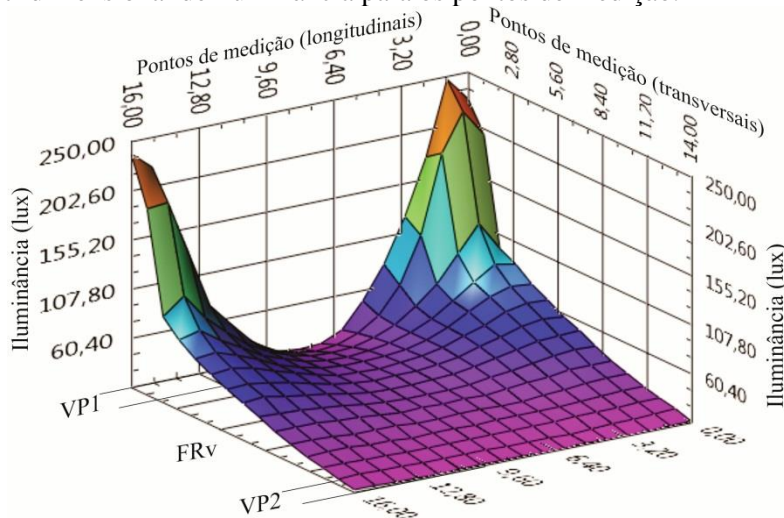
Abrev.	Nome da Via	Pontos de Malha		Emáx. (lux)			Emín. (lux)	Eméd. (lux)	U = Emín./Eméd.
VP1	Via de Pedestres 1	17x02	247	16	102,4	0,156			
FRV	Faixa de rolamento de veículos	17x12	122	15	38,78	0,386			
VP2	Via de Pedestres 2	17x01	15	13	13,76	0,944			

Ao efetuar a comparação dos dados coletados com os índices normativos, nota-se que os valores de iluminância médio mínimo foram atendidos nas vias de pedestres e veículos. Nas vias de pedestre os valores em VP1 e VP2 foram superiores em 20 vezes e 4,5 respectivamente, em comparação com os valores normativos. Para a via de veículos FRV a iluminância média mínima obteve um valor de aproximadamente 13 vezes maior ao que estabelece a norma como requisito mínimo.

O fator de uniformidade calculado para a via de pedestre VP1 esteve 22% abaixo do mínimo estipulado pela norma. Já VP2 possui valor superior em 4,7 vezes ao mínimo da norma, enquanto o valor de FRV está aproximadamente 2 vezes acima do mínimo recomendado.

A fim de facilitar a verificação da distribuição luminosa sob o trecho em estudo, gerou-se o gráfico dos níveis de iluminância da Figura 1Figura 4. Observa-se, que há picos de iluminância nos pontos próximos aos postes gerando um vale no ponto médio entre eles. Nota-se que a faixa de rolagem (FRV) é iluminada pelas luminárias superiores, e por isso, os níveis são mais baixos e distribuídos por toda via. Já na via de pedestres VP1, os índices são os mais elevados, fruto da luminária inferior. Portanto, os picos de iluminância provocados pelas luminárias inferiores, são em decorrência da potência excessiva das luminárias (150 W) e sua proximidade com o solo.

Figura 4 – Curva tridimensional de iluminância para os pontos de medição.



CONCLUSÃO

O sistema atual atende aos requisitos mínimos de iluminância média que são adotados pela NBR5101:2012 em todas as vias. Apesar disso, percebeu-se que o local possui um superdimensionamento do sistema de iluminação pública. Um sistema superdimensionado pode ser prejudicial ao tráfego de veículos, havendo risco de ofuscação dos motoristas, principalmente com luminárias baixas como é o caso da via de pedestres VP1. Esta via, por sua vez, é compartilhada com ciclistas, o que pode acentuar o efeito estroboscópico. Contudo, não consta na norma valores máximos de iluminância e por esses motivos, sugere-se a inclusão de um limite máximo nas versões futuras da NBR 5101. Além disso, o superdimensionamento implica em gastos excessivos com instalação de mais luminárias que o necessário e um gasto mensal com o consumo de energia elétrica.

O mínimo fator de uniformidade estipulado pela normativa, não é alcançado pela via de pedestres VP1. Várias soluções podem ser adotadas a fim de readequar a distribuição de iluminância do trecho em estudo. Porém, a solução mais recomendada nesse caso, é a redução da potência das luminárias inferiores. Como consequência, há uma redução nos níveis máximos de iluminância, elevando assim, o fator de uniformidade para atender a norma. Além disso, possibilita a redução de gastos com consumo de energia elétrica e contribui para a segurança dos ciclistas com a minimização do efeito estroboscópico.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. Light's Labour's Lost. Policies for Energy-efficient Lighting. France, 2006. Disponível em: <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/light2006.pdf>>. Acesso em 14 jun. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR - 5101: Iluminação Pública - Procedimento. 2012. 35p.[s.n.], Rio de Janeiro, 2012.

- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2011-2020). Série Estudos de energia. Nota técnica DEA 03/11. Rio de Janeiro, 2011.
- DEPARTAMENTO DE ENERGIA DOS ESTADOS UNIDOS. Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts of LED Lighting Products. Junho, 2012b. Disponível em: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/2012_led_lca-pt2.pdf>. Acesso em 14 jun. 2016.
- Schulz, Willy. Iluminação Pública. 2010. 24p.[s.n.], Curitiba, 2010. Disponível em: <<https://creajrpr.wordpress.com/>>. Acesso em: 14 Junho 2016.