



**XXI SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO – 14

GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA, DA INOVAÇÃO E DA EDUCAÇÃO - GET

UTILIZAÇÃO DE LEDS EM ILUMINAÇÃO PÚBLICA: ANÁLISE DE TECNOLOGIAS, DE DESEMPENHO E IMPLANTAÇÃO

Marco Antonio Saidel(*) EPUSP **Sylvio de Almeida Jr** AES ELETROPAULO **Leonardo B. Favato** USP **Mário C. E. S. Ramos** EPUSP **Juliana Iwashita** EPUSP

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo relatar e discutir os resultados decorrentes de pesquisa para avaliar o estágio de desenvolvimento de luminárias para Iluminação Pública utilizando tecnologia LED (Light Emitting Diode), disponíveis para comercialização no Brasil e compatíveis com o padrão de utilização da AES Eletropaulo, observando-se aspectos técnicos e de projeto. A pesquisa compreende também um projeto piloto para permitir as análises complementares de desempenho dos equipamentos. Como resultado, ter-se-á a avaliação das características técnicas das luminárias a LED, seu desempenho em condições reais de instalação e subsídios para a avaliação da extensão da implantação dessa tecnologia em grande escala.

PALAVRAS-CHAVE

Iluminação Pública, Tecnologia LED, Eficiência Energética, Economia de Energia, Sustentabilidade.

1.0 - INTRODUÇÃO

A Iluminação Pública (IP) é responsável por aproximadamente 4,5% da demanda nacional e 3% do consumo de energia elétrica no Brasil [1]. Isso corresponde a uma demanda de 2,2 GW e um consumo de 9,7 bilhões de kWh por ano. Segundo o levantamento cadastral realizado pela Eletrobrás através do PROCEL em 2008 junto às distribuidoras de energia elétrica, havia aproximadamente 15 milhões de pontos de iluminação instalados no país.

Os custos do provimento da IP não se limitam à remuneração pela energia necessária ao seu funcionamento, mas contemplam também os custos de manutenção e operação do sistema, que exige a mobilização de equipes treinadas e equipamentos específicos.

A IP é um serviço de responsabilidade do governo municipal, que apresenta participação crescente nos orçamentos municipais, seja pela necessidade de extensão dos serviços, seja pela elevação dos custos de manutenção e operação. A maioria dos governos municipais recolhe uma contribuição para custear o sistema de IP mas a situação usual é da insuficiência desses recursos para o custeio dos serviços.

Neste contexto, todas as iniciativas que procuram reduzir os gastos com o sistema de IP sempre foram observadas com grande interesse e, a usual substituição de lâmpadas de vapor de mercúrio por vapor de sódio, constitui um exemplo de sucesso com ganhos de eficiência e economia significativa de recursos.

Atualmente, uma nova oportunidade se apresenta promissora, com o desenvolvimento nos últimos anos dos LEDs (Light Emitting Diode) de alta potência. Os diodos emissores de luz (LEDs) são componentes eletrônicos de estado sólido compostos por materiais semicondutores que convertem energia elétrica em radiação luminosa. Os LEDs

são formados pela junção de dois cristais semicondutores dopados com materiais diferentes de tal forma que um fique com elétrons em excesso e o outro com lacunas em excesso. Ao fluir uma corrente pelo componente, os elétrons livres ocupam as lacunas disponíveis liberando energia na forma de radiação luminosa. Tais LEDs começam a ser empregados largamente em iluminação com a preocupação na redução de gastos com energia elétrica, a preservação de recursos ambientais e a menor manutenção dos sistemas, que também representa economia de recursos. O mercado nacional, entretanto, desconhece, de uma maneira geral, a aplicação de LEDs em IP, por ser ainda uma tecnologia nova. O que se encontra atualmente é um mercado aberto a produtos importados, preços elevados, qualidade muitas vezes duvidosa e a quase inexistência de análise da aplicação desses produtos.

No Brasil, com escassos desenvolvimentos internos, a área não possui um conjunto de experiências que permita uma análise mais profunda do assunto, tanto do ponto de vista técnico como do ponto de vista do desempenho dos mesmos ao longo de sua vida útil. Ainda não estão disponíveis normas específicas para luminária de IP à LED, e inexistem aplicações de grande peso para análise dos resultados.

Desta forma, este trabalho tem por objetivo contribuir para a análise dos produtos à LEDs para aplicação em IP, e auxiliar no desenvolvimento de produtos que permitam atender as necessidades nacionais no segmento, com a redução de investimentos e análise das características dos projetos que adotam essa tecnologia.

2.0 - ILUMINAÇÃO PÚBLICA A LED

A IP é essencial à qualidade de vida nos centros urbanos, atuando como instrumento de cidadania, permitindo aos habitantes desfrutar, plenamente, do espaço público no período noturno. Além de estar diretamente ligada à segurança pública no tráfego, a iluminação pública previne a criminalidade, embeleza as áreas urbanas, destaca e valoriza monumentos, prédios e paisagens, facilita a hierarquia viária, orienta percursos e aproveita melhor as áreas de lazer. A melhoria da qualidade dos sistemas de iluminação pública traduz-se em melhor imagem da cidade, favorecendo o turismo, o comércio, e o lazer noturno, ampliando a cultura do uso eficiente e racional da energia elétrica, contribuindo, assim, para o desenvolvimento social e econômico da população [1].

Diante deste cenário, o desafio em IP é aliar o uso das novas tecnologias em benefício da sociedade, ou seja, preservar ou melhorar todas as suas condicionantes, consumindo uma menor quantidade de energia e reduzindo os custos operacionais e de manutenção que a IP exige atualmente.

As lâmpadas a LED se apresentam como um potencial substituto para as lâmpadas convencionais, uma vez que prometem com: menor potência, vida útil muito superior, maior flexibilidade de focar as áreas de interesse a serem iluminadas e menor impacto ambiental pela não utilização do Mercúrio atender a todos os quesitos necessários.

Essa tecnologia desperta a curiosidade dos pesquisadores, que passaram a desenvolver pesquisas para desenvolver novos produtos e verificar se na prática, o desempenho prometido realmente pode se concretizar em uma aplicação em IP de larga escala.

3.0 - METODOLOGIA

A metodologia utilizada contemplou em sua primeira etapa, a pesquisa e análise de equipamentos de iluminação pública a LED disponíveis no mercado.

Em princípio foram identificados 41 potenciais fornecedores de luminárias para IP com tecnologia LED. Todos foram convidados a apresentar os seus produtos e participar do projeto.

Destes, 8 fornecedores se apresentaram para participar e cederam amostras de luminária, com características adequadas à substituição de lâmpadas a vapor de sódio de 250 W.

A segunda etapa do projeto consistiu em avaliar as características das luminárias através de ensaio laboratorial em entidade certificada. Assim, as luminárias foram ensaiadas pelo Laboratório de Fotometria do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da USP, que atenderam a recomendações das seguintes normas:

- NBR 5101/1992 [2].
- CIE 121/1996 [3].
- IESNA-LM-31/1995 [4].
- IEE/USP 2004NF00PRO284_1/0:2004 [5].

Das 8 luminárias ensaiadas em laboratório, 6 apresentaram resultados satisfatórios e mostraram-se aptas para a terceira fase do projeto.

A terceira etapa está considerando a implantação de um projeto piloto para a realização das análises de desempenho em campo, com o objetivo de avaliar as características técnicas das luminárias, bem como o seu desempenho em condições reais de instalação.

Nesta etapa estão sendo realizadas em campo medições elétricas, fotométricas, bem como pesquisa de percepção junto aos usuários do campus, em avenida com a circulação de significativo número de pedestres e veículos, de modo que o usuário possa avaliar os resultados obtidos por meio da substituição de tecnologias. Para isso, estão sendo instaladas duas luminárias de cada um dos 6 fabricantes, que passarão a ser monitoradas por um sistema de medição de grandezas elétricas.

A quarta etapa está considerando a análise do desempenho das medições em campo, que resultará na elaboração de uma especificação de luminária que melhor se adapte às características dos sistemas de iluminação pública padrão.

A quinta e última etapa apontará a amostra que, dentre todas as avaliações, tanto em laboratório como em campo, obtiver a melhor classificação. Desta amostra será adquirido um lote para instalação em avenida dentro da USP, constituindo-se em projeto de escala natural.

Por fim, novas medições serão realizadas em campo, com o intuito de se quantificar as economias obtidas, bem como avaliar o grau de satisfação dos usuários em relação à substituição de tecnologias.

4.0 - ANÁLISES DAS GRANDEZAS ELÉTRICAS

Na ocasião da solicitação das amostras aos fornecedores, definiu-se que alguns requisitos mínimos deveriam ser atendidos pelas luminárias LED, tipo:

- serem adequadas às dimensões da via que abriga o projeto piloto;
- possuírem fluxo luminoso equivalente ao das lâmpadas Vapor de Sódio de 250W, pois este tipo é o mais usual na área de concessão da AES Eletropaulo, e, também, da Universidade.

Ao se analisarem os resultados dos ensaios, verificou-se que duas das amostras ensaiadas apresentaram dados divergentes dos previamente informados pelos fabricantes, principalmente com relação aos valores de fator de potência, apresentando valores abaixo dos níveis exigidos em norma.

Além do baixo fator de potência, apresentaram também nível elevado de distorções harmônicas (DHT) não sendo, portanto, indicadas para aplicações em larga escala de iluminação pública.

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios das grandezas elétricas.

Tabela 1 - Comparação das grandezas elétricas

Amostra	Potencia nominal (W)	Potência medida (W)	FP nominal	FP medida	Corrente nominal (A)	Corrente medida (A)	THD medida (corrente)
1	110	103,7	0,95	0,9748	não declarada	0,484	4,14
2	80	42,8	$\geq 0,95$	0,5236	não declarada	0,372	47,33
3	130	117,9	não declarada	0,9742	não declarada	0,55	6,63
4	160	80,2	0,92	0,8697	0,320 (127V); 0,190 (220V)	0,419	40,89
5	150	156,3	$> 0,90$	0,9720	não declarada	0,731	10,21
6	155	164,6	não declarada	0,9857	não declarada	1,315	14,58
7	252	268,8	não declarada	0,9498	2,26 (127V); 1,21 (220V)	1,283	10,93
8	130	145,3	$> 0,90$	0,9731	não declarado	0,679	10,46

Conforme se observa na Tabela 1, podemos verificar que:

- As potências medidas apresentaram variações de até 50% em relação às potências nominais.
- O fator de potência de duas amostras apresentou variações de 6% e 54% em relação aos valores nominais.
- Duas amostras apresentaram Distorções Harmônicas Totais (THD) muito elevadas.
- Em uma das amostras, a corrente apresentou variação superior a 200%.

5.0 - ANÁLISES DAS CURVAS FOTOMÉTRICAS

Foi possível verificar que boa parte das amostras não possuem curvas de distribuição luminosa interessantes para iluminação pública, fato que pode gerar uma não uniformidade na iluminação na via.

Outra questão interessante, é que as amostras recebidas possuem temperatura de cor entre 4279K a 7535K, ou seja, a maior parte das luminárias possuem tom de cor para o branco frio, o que deverá ter impacto direto na percepção visual dos usuários.

Na Tabela 2 são apresentados os dados medidos e as análises relativas à fotometria das luminárias.

Tabela 2 - Análises dos dados fotométricos

Amostra	I_0 (cd)	I_{max} (cd)	Ângulo de I_{max}	Temperatura de cor medida (°K)
1	613,6 / 611,3	613,6	0	7535
2	891,3 / 859,4	891,3	0	6649
3	3171	3453,7	15 e 20 -90	5637
4	1198,8 / 1178,3	1697,2	45 – 180	4961
5	1853,5 / 1602,6	3301,8	30-90	6489
6	1783,7	8888,2	65-180	6684
7	5478,5 / 5263,6	10090,7	30-180	5226
8	1423,6 / 1378,9	3945,3	65-180	4279

Ao analisarmos a Tabela 2, pode-se observar que:

As amostras 1, 2 e 4 mostraram-se pouco eficientes, com baixa intensidade luminosa e curvas de distribuição concentradas, conforme exemplo apresentado na Figura 1.

A amostra 3 apresentou curva de distribuição não adequada para via pública, com pouca diferença entre o plano transversal e longitudinal, conforme exemplo apresentado na Figura 2.

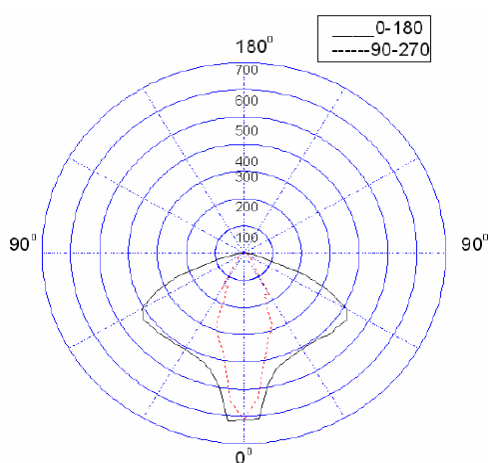


Figura 1: Exemplo de curva pouco eficiente.

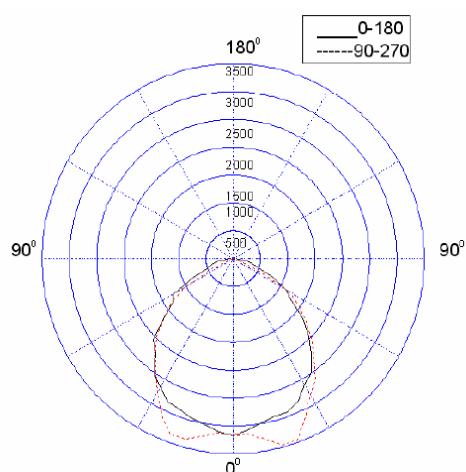


Figura 2: Exemplo de curva não adequada para IP.

A amostra 7 apresentou curva com maior intensidade luminosa, porém a curva deve ser melhor analisada com simulação em software, conforme exemplo apresentado na Figura 3.

As amostras 5, 6 e 8 apresentaram curva de distribuição adequada para via pública, conforme exemplo apresentado na Figura 4.

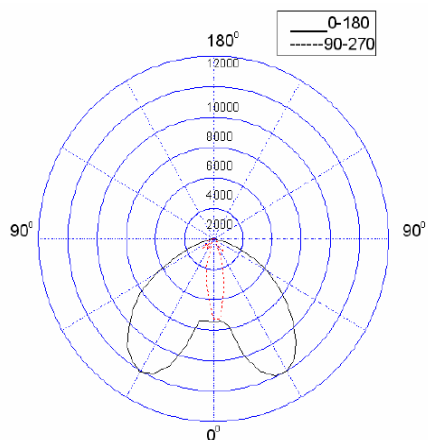


Figura 3: Exemplo de curva com boa intensidade luminosa e que deverá receber análise da curva após a simulação em software.

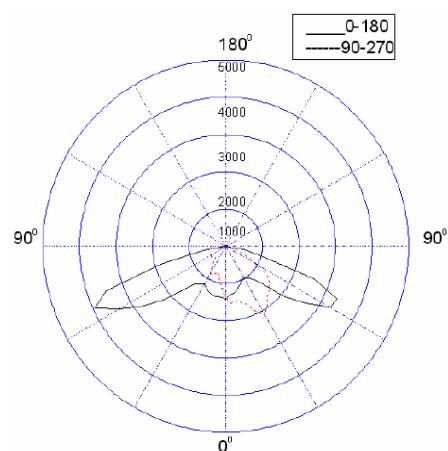


Figura 4: Exemplo de curva adequada para IP.

6.0 - PROJETO PILOTO

O projeto piloto está sendo instalado e será constituído das seguintes etapas:

- **Instalação das luminárias LED:**
Estão sendo instaladas duas 2 amostras de luminárias de cada um dos 6 fornecedores, totalizando 12.
- **Instalação do sistema de monitoramento de grandezas elétricas:**
Estão sendo instalados equipamentos de medição de grandezas elétricas com memória de massa em cada uma das 12 luminárias. Este sistema ficará instalado até o final do projeto e possibilitará a leitura e coleta dos dados pela equipe do projeto.
- **Marcação da via:**
A marcação da via está sendo efetuada seguindo o capítulo 7 da NBR 5101 "Iluminação Pública Procedimento", através do método da malha de verificação detalhada, definido pela ABNT, conforme apresenta a Figura 5.

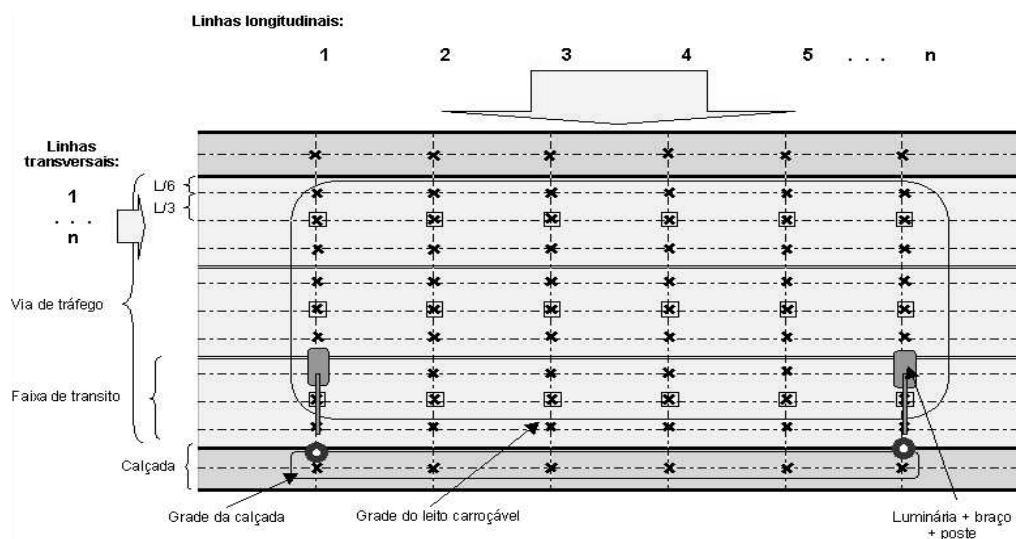


Figura 5: Malha para verificação detalhada.

- **Identificação dos postes:**
Os postes estão sendo identificados com tinta branca e de acordo com o código das amostras atribuídos nos ensaios de fotometria.
- **Periodicidade das medições:**
As medições estão sendo realizadas da seguinte forma: 3 medições durante o primeiro mês; e 10 medições mensais.

7.0 - CONCLUSÕES

O projeto está em andamento e, portanto, não dispomos ainda de todos os dados para analisar as condicionantes envolvidas. Porém, com o que temos até o momento, podemos verificar que a tecnologia LED realmente se apresenta com um grande potencial de substituição aos sistemas convencionais utilizados em IP.

Com base nas avaliações, estão sendo especificados os conjuntos (luminárias LEDs e sistemas auxiliares) que melhor se adaptem às características dos sistemas de iluminação pública adotados.

Em seguida, para o fabricante que, dentre todas as avaliações, tanto em laboratório como em campo, obtiver a melhor classificação, será adquirido um lote de equipamentos para instalação em avenida localizada dentro da Universidade de São Paulo, constituindo-se um projeto em escala natural.

No entanto, temos de ficar atentos a aspectos importantes que ainda não estão consistentes, como: segurança de pós venda; falta de padronização; inexistência de normas, entre outros.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL. Disponível em <<http://www.eletronbras.com/elb/procel/main.asp?TeamID={EB94AEA0-B206-43DE-8FBE-6D70F3C44E57}>>, Acesso em: 24/03/2011.
- (2) NBR 5101. Iluminação Pública. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro: 1992. 19p.
- (3) CIE 121. The photometry and goniophotometry of luminaires. Commission Internationale de L'Eclairage. 1996. 53p.
- (4) IESNA-LM-31. Photometric Testing of Roadway Luminaires Using Incandescent Filament and High In. 1995.
- (5) IEE/USP 2004NF00PRO284_1/. Procedimento. 2004.

9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

MARCO ANTONIO SAIDEL, Professor Livre Docente da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e pertence ao GEPEA – Grupo de Energia do Depto de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. Atua na área de gestão e uso eficiente de energia e de regulação energética. Responde pelo PUREUSP – Programa para o Uso Eficiente da Energia Elétrica na USP.

SYLVIO DE ALMEIDA JR, Especialista em Energia - MBA, Gestor de Clientes na AES Eletropaulo e Gerente do Projeto em foco.

LEONARDO BRIAN FAVATO, Mestre em Tecnologia Ambiental e Especialista em Energia – MBA. É Assistente Técnico de Direção do Programa Permanente Para o Uso Eficiente de Energia na Universidade de São Paulo - PUREUSP. Atua na área de gestão e uso eficiente de energia.

MÁRIO CESAR DO ESPÍRITO SANTO RAMOS, Pesquisador Doutor do Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Atua na área de eficiência energética.

JULIANA IWASHITA, Arquiteta (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo) e Mestre em engenharia elétrica (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo). Coordenadora da comissão revisora da norma de iluminância de interiores (ABNT NBR 5413) pelo Comitê Brasileiro de Eletricidade (Cobei), CB-3 da ABNT.