

EFEITOS DA SUBSTITUIÇÃO DE TECNOLOGIA NA ILUMINAÇÃO DE INTERIORES – ESTUDO DE CASOS

EULER BUENO DOS SANTOS¹, GEOVANA CAMARDELLI MILHOMENS AZEREDO², PEDRO PAULO CARDOSO RESENDE³ e JÔNATAS SIQUEIRA COSTA⁴

¹Dr. em Eng. Eletr., Prof., EMC, UFG, Goiânia-GO, euler.bueno.santos@gmail.com;

²Mestranda em Eng. Eletr., Escola Politécnica, USP, São Paulo-SP, geomilhomens@usp.br;

³Eng. Eletr., Gestão em energia, Grupo BC Energia, Goiânia-GO, eng.pedropcr@gmail.com;

⁴Mestrando em Eng. Eletr., LAPSE, UNB, Brasília-DF, jonatascosta@lapse.unb.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Este trabalho apresenta estudo de dois casos envolvendo ambientes de instituições públicas destinadas a diferentes finalidades. O objetivo do estudo é a partir de dados medidos e processados mostrar o comportamento de importantes grandezas da luminotécnica, de modo a permitir confrontação entre os resultados obtidos antes com aqueles obtidos após a intervenção no sistema de iluminação, que resultou da substituição de lâmpadas tubulares com tecnologia fluorescentes por outras tubulares com tecnologia LED. A metodologia utilizada baseou-se na teoria da malha de pontos e contou com a montagem de um sistema computadorizado capaz de registrar, armazenar e disponibilizar dados para processamento. Os resultados indicam economia de energia associada a uma redução na potência instalada acima de 50%, e aumento de mais de 20% nos valores dos parâmetros associados à iluminância.

PALAVRAS-CHAVE: Parâmetros, lâmpada fluorescente, lâmpada a LED, iluminância.

EFFECTS OF TECHNOLOGY REPLACEMENT ON INDOOR LIGHTING - CASE STUDIES

ABSTRACT: This work presents a study of two cases involving environments of public institutions destined for different purposes. The objective of the study is, from measured and processed data, to show the behavior of important luminotechnical quantities, to allow confrontation between the results obtained before with those obtained after the intervention in the lighting system, which resulted from the replacement of tubular lamps with fluorescent technology by other tubes with LED technology. The methodology used was based on the theory of the mesh of points and counted on the assembly of a computerized system capable of recording, storing, and making available data for processing. The results indicate energy savings associated with a reduction in installed power above 50%, and an increase of more than 20% in parameter values associated with illuminance.

KEYWORDS: Parameter, fluorescent lamp, LED lamp, illuminance.

INTRODUÇÃO

A energia elétrica produzida no Brasil é em sua maior parte de origem hidroelétrica que depende da chuva para alimentar os reservatórios das usinas, o que ultimamente não vem acontecendo de modo satisfatório em algumas regiões do Brasil. Como exemplo pode ser mencionado as informações do Operador Nacional do Sistema de que em 29/07/2021 o subsistema sudeste/centro-oeste estava com Energia Armazenada em Reservatório em 26,28% da capacidade de armazenamento total (ONS, 2021). Isto mostra que no período úmido conforme tipificação da referência (ANEEL, 2012), nos meses compreendido entre dezembro/2020 e abril/2021, o comportamento das chuvas na região sudeste/centro-oeste não aconteceu de modo esperado. Este fato pode influenciar o valor da tarifa para os consumidores. Portanto, é importante ações de eficiência e de uso racional da energia

elétrica, envolvendo a iluminação de interiores, uma vez que estas ações produzem impacto na solicitação de carga.

O objetivo deste trabalho é apresentar resultados de efeitos devido a substituição de lâmpadas tubulares com tecnologia fluorescente por lâmpadas tubulares com tecnologia LED, na iluminação de interiores de duas edificações onde funcionam instituições públicas com finalidades distintas, quais sejam: uma instituição pública de ensino superior, e uma autarquia federal de fiscalização do exercício de profissões. Neste sentido são observadas grandezas importantes da luminotécnica como a iluminância e o fator de uniformidade conforme referências (Cotrim, 2009) e (Mamede Filho, 2007). A metodologia aplicada é aquela baseada na aquisição de dados através de medições para processamento e obtenção de resultados.

MATERIAL E MÉTODOS

Serão apresentados nesta oportunidade estudos relativos a dois casos, sobre os quais inicialmente serão expostos ambientes das estruturas utilizadas como elementos do objeto do estudo, e alguns detalhes que influenciam o nível de iluminância. O caso I refere-se a ambientes internos da edificação onde funciona uma instituição pública de ensino superior, possuindo as seguintes características: teto cor branca; paredes em alvenaria na cor clara; piso cerâmico cor clara. O caso II refere-se a ambientes internos da edificação onde funciona uma autarquia federal de fiscalização do exercício de profissões, possuindo as seguintes características: Teto na cor concreto aparente; paredes internas em divisórias tipo PVC na cor branca; piso em revestimento cerâmico cor clara.

O sistema de iluminação de cada caso possui luminárias, que não foram substituídas e nem alteradas suas posições, com as características e modo de instalação a seguir discriminados. Na edificação do caso I as luminárias são com calha para duas lâmpadas tubulares grande (120 cm), contendo aletas, e estão instaladas no modo embutidas no teto, conforme Figura 1. Na edificação do caso II as calhas das luminárias são tubulares para uma lâmpada tubular grande, e estão instaladas no modo aparente em trilho eletrificado, conforme Figura 2.

Figura 1. Luminária do Caso I



Figura 2. Luminária do Caso II



Alguns dados, fornecidos pelos fabricantes, das lâmpadas observadas em cada caso, estão apresentados na Tabela 1 onde IRC é o índice de reprodução de cores. É oportuno salientar que nos dois casos, quando da utilização das lâmpadas fluorescentes, os reatores eram eletrônicos os quais foram removidos na intervenção realizada.

Tabela 1. Características das lâmpadas observadas em cada caso

Caso	Lâmpadas	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	Rendimento (lm/W)	Temperatura de cor (K)	IRC
I	Fluorescente	32	2700	84,4	5000	80
	LED	15	1950	130,0	4000	80
II	Fluorescente	40	2500	62,5	5000	70
	LED	18	1850	102,8	6500	80

Com o propósito de melhor ilustrar, são apresentados um ambiente de cada caso. Deste modo no caso I tem-se uma sala de aula com 15 luminárias instaladas, e no caso II tem-se uma repartição com 12 luminárias instaladas. Doravante será considerado: cenário A, situação em que a instalação

possuía lâmpadas com tecnologia fluorescente; e cenário B, situação em que a instalação possui lâmpadas com tecnologia LED após substituição.

Para quantificar a iluminância associada às diferentes tecnologias nos diferentes cenários de cada caso realizou-se medições, sem a contribuição da iluminação externa, utilizando um protocolo elaborado com base na metodologia da malha de pontos. Assim sendo para determinação do número de pontos foi observado o que recomenda a referência (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, 2012), e para garantir a localização dos pontos no mesmo plano foram construídos e utilizados gabaritos com apoio para o luxímetro. Deste modo no caso I observou-se o plano que contém a linha horizontal e central da superfície superior do tampo das carteiras que está situado a 0,71m do piso. No caso II observou-se o plano coincidente com a superfície superior do tampo das mesas de trabalho situado a 0,80 m do piso.

A coleta de dados relativos à iluminância foi realizada com a montagem de um sistema de medição composto por: luxímetro digital para coleta das informações; *laptop*, interligado ao luxímetro, com função de aquisição e armazenamento dos dados através de um software específico.

Após procedimentos de configuração dos equipamentos e realização das medições os dados foram disponibilizados para processamento e obtenção de resultados que serão apresentados no tópico seguinte. Por se tratar de sala de aula no caso I procedeu-se também medições em pontos da faixa marginal da lateral esquerda.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tarefa de substituição de lâmpadas por outras com tecnologia diferente em um sistema de iluminação leva a considerar diversos fatores e entre eles estão o impacto que se provoca no consumo da energia elétrica, que tem relação com a potência das luminárias instaladas, e com parâmetros vinculados à luminotécnica.

A Tabela 2 expõe para os cenários de cada caso a potência instalada no ambiente (Pot. inst.) considerando dados nominais fornecidos pelos fabricantes, e a diferença percentual (Dif.) entre as potências instaladas, tomando como base o cenário A.

Tabela 2. Potências instaladas e diferença percentual em cada situação

Caso	Cenário A Pot. inst. (W)	Cenário B Pot. inst. (W)	Dif. (%)
I	960	450	-53
II	480	216	-55

As diferenças percentuais apresentadas na Tabela 2 representam redução favorável ao cenário B nos dois casos que são muito significativas, ou seja, 53% no caso I e 55% no caso II, as quais refletirão no consumo da energia elétrica quando nos dois cenários existirem condições idênticas de funcionamento.

Para ilustrar o comportamento da iluminância utilizando os resultados das medições realizadas estão expostos no ambiente relativo ao caso I, conforme Figura 3, os valores aferidos nos pontos situados no plano de trabalho e pertencentes às malhas consideradas. Nesta figura as cotas externas (em metros) na planta baixa permite visualizar as dimensões do ambiente e posicionar cada ponto em relação ao sistema cartesiano localizado na parte inferior esquerdo. A cada ponto assinalado com um “x” estão vinculados dois valores (em lux), um na parte superior (em cor preta) e outro na parte inferior (em cor azul). Os valores indicados acima da linha horizontal que passa pelo ponto referem-se à situação relativa ao cenário A, enquanto aqueles situados abaixo referem-se ao cenário B.

Na Figura 3 é mostrado valores de iluminância relativos aos pontos situados na faixa marginal da lateral esquerda como pertencentes à Área 1 e os demais pontos fora da faixa marginal como pertencentes à Área 2.

Observando os valores medidos da iluminância e apresentados na Figura 3 determina-se os seguintes parâmetros da luminotécnica: valor mínimo da iluminância (E_{\min}); valor máximo da iluminância (E_{\max}); a média dos valores medidos como o valor médio da iluminância (E_{med}); o fator de uniformidade (U); diferença percentual entre os valores da iluminância média de cada cenário tendo como base os valores do cenário A (Dif.), conforme Tabela 3 associada a esta figura.

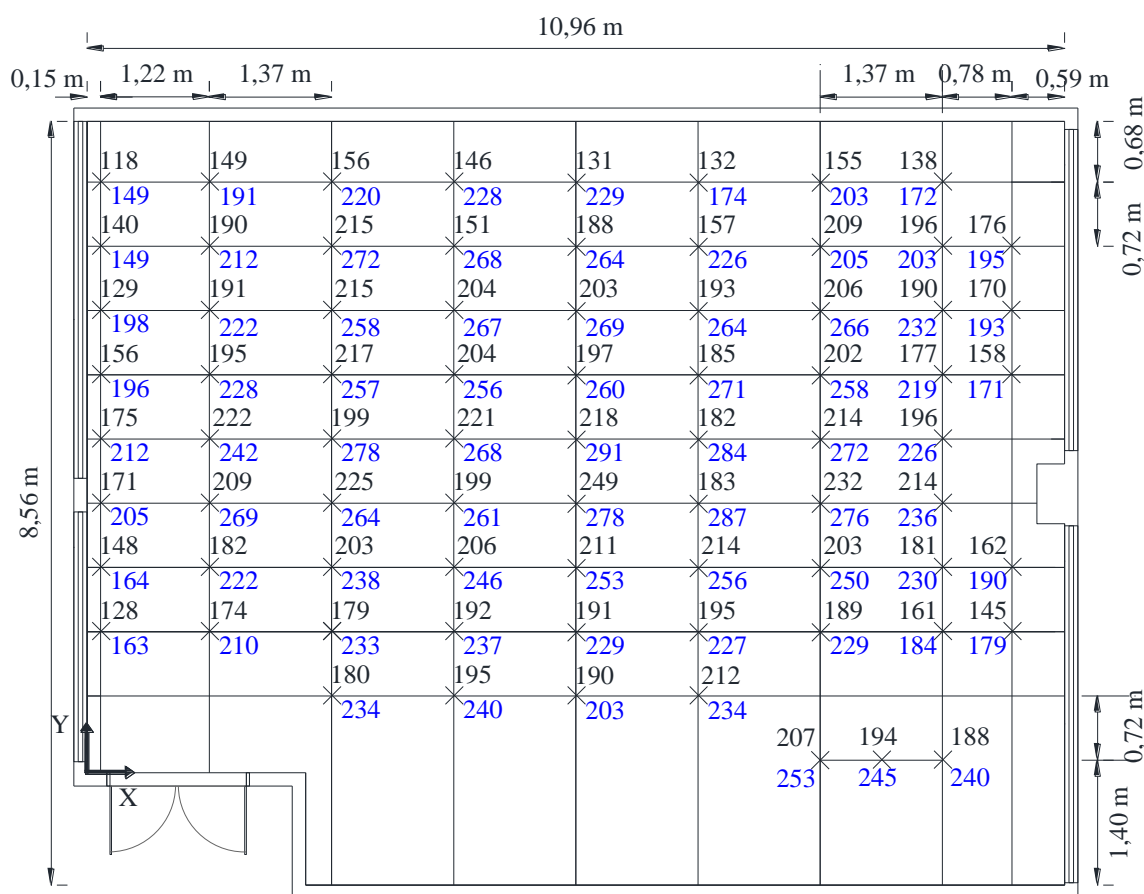
Tabela 3. Parâmetros luminotécnicos relativos a um ambiente do caso I

Local	Cenário	E_{min} (lux)	E_{max} (lux)	E_{med} (lux)	U	Dif. (%)
Área 1	A	118	175	145,63	0,81	23,26
	B	149	212	179,50	0,83	
Área 2	A	131	249	189,90	0,69	25,04
	B	171	291	237,46	0,72	

Em relação à iluminância os valores apresentados na Figura 3 e Tabela 3 permitem afirmar que o cenário B é mais vantajoso que o cenário A, inclusive com diferença percentual entre as iluminâncias médias superior a 23% na Área 1 e superior a 25% na Área 2.

Com relação ao fator de uniformidade a Tabela 3 mostra que apenas o cenário A da área 2 não está em conformidade com referência (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, 2012), ou seja, o valor de U é menor que 0,7. Na Área 1 o cenário B apresenta uma ligeira vantagem comparado ao cenário A com uma diferença percentual de 2,47%, enquanto na Área 2 esta diferença é maior chegando a 4,35%.

Figura 3. Ambiente do caso I, sala de aula, com malha de pontos de iluminância



Seguindo os mesmos procedimentos adotados no caso I obteve-se os resultados para o caso II. A Tabela 4 mostra resultados de um determinado ambiente destinado à repartição, conforme descrito anteriormente.

Tabela 4. Parâmetros luminotécnicos relativos a um ambiente do caso 2

Cenário	E_{min} (lux)	E_{max} (lux)	E_{med} (lux)	U	Dif. (%)
A	74	162	118,25	0,63	47,68
B	127	225	174,63	0,73	

Com relação à iluminância os valores apresentados na Tabela 4 mostram que neste ambiente o cenário B é mais vantajoso que o cenário A, inclusive com diferença percentual entre as iluminâncias médias superior a 47%.

Os fatores de uniformidade apresentados na Tabela 4 mostram que o cenário A não está em conformidade com a referência (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, 2012), ou seja, U é menor que 0,7. O cenário B apresenta vantagem comparado ao cenário A com uma diferença percentual de 15,87% que é um valor significativo.

CONCLUSÃO

A arquitetura de interiores influencia as grandezas luminotécnicas, assim sendo para a investigação foi importante a escolha dos dois casos abordados cujos ambientes possuem diferentes formas, dimensões, acabamento, destinação, com luminárias de diferentes modelos e forma de instalação.

Pelos resultados alcançados nos dois casos observados é razoável concluir que a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas a LED, mantidas as luminárias, provoca considerável economia de energia pelo fato da redução na potência instalada. Do ponto de vista da iluminância, houve melhora de parâmetros nos dois casos, o que é verificado com o fator de uniformidade, destacando a iluminância média que apresentou aumento substancial, ou seja, no ambiente do caso I teve um aumento acima de 23% e no ambiente do caso II acima de 47%.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior.:2013

ANEEL. Resolução Normativa Nº 479. 2012. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf>. Acesso em: 29 de julho de 2021.

Cotrim, Ademaro A. M. B. Instalações Elétricas. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. Cap. 16, p.439-464.

Mamede Filho, João. Instalações Elétricas Industriais. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. Cap.2, p.62-70.

ONS. Energia Agora - Reservatórios. 2021. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/reservatorios>. Acesso em: 29 de julho de 2021.