

# VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E ECONÔMICO DO USO DE LÂMPADAS TUBULARES DE LED EM RETROFIT DE SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DE EDIFICAÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Ana Claudia Salim Dal Castel<sup>1</sup>, Ana Eliza Pereira Fernandes<sup>2</sup>

1. Acadêmica de graduação, 6º semestre, Arquitetura e Urbanismo, anaclaudias@feevale.br; 2. Arq. Me. Professora responsável pelo Laboratório de Conforto Ambiental, fernandes.arq@feevale.br  
UNIVERSIDADE FEEVALE

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema de iluminação artificial é responsável por, aproximadamente, 40% do gasto total de energia elétrica em edifícios condicionados e de 90%, em edifícios não condicionados (LAMBERTS et al, 1997). Desta maneira, este trabalho caracteriza-se pelo desenvolvimento da segunda etapa de um estudo previamente desenvolvido, cuja proposta buscou a readequação do sistema de iluminação artificial de uma edificação de ensino superior, com enfoque na eficiência energética. O objeto de estudo desta pesquisa é o Prédio Azul (foto 01), localizado no Campus II da Universidade Feevale, no município de Novo Hamburgo/RS, caracterizado, predominantemente, por salas de aula com áreas que variam entre 20m<sup>2</sup>, 60m<sup>2</sup> e 80m<sup>2</sup> e pé-direito de 4m, conforme as figuras 01 e 02.



Foto 01: prédio Azul, localizado no Campus II da Universidade Feevale  
Fonte: AUTORA, 2013

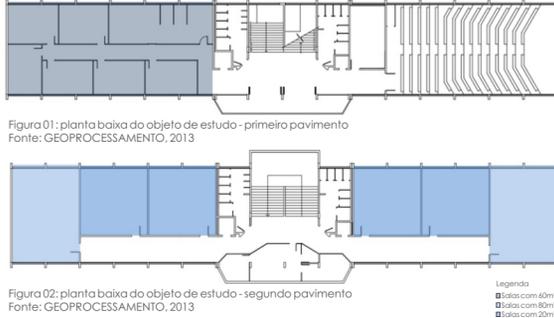


Figura 01: planta baixa do objeto de estudo - primeiro pavimento  
Fonte: GEOPROCESSAMENTO, 2013



Figura 02: planta baixa do objeto de estudo - segundo pavimento  
Fonte: GEOPROCESSAMENTO, 2013

Legenda  
■ Salas com 60m<sup>2</sup>  
■ Salas com 80m<sup>2</sup>  
■ Salas com 20m<sup>2</sup>

## 2. OBJETIVO

O objetivo principal desta nova etapa consiste em propor um novo sistema de iluminação artificial, mais eficiente, através do uso de lâmpadas tubulares T8 de LED – diodo emissor de luz, cujas principais características são o baixo consumo de energia e a longa vida útil. Além disso, analisar o desempenho energético dos seguintes sistemas (considerando as luminárias e equipamentos auxiliares):

- Sistema 01 (atual) = fluorescente tubular T12
- Sistema 02 (proposta 1 – pesquisa anterior) = fluorescente tubular T5
- Sistema 03 (proposta 2 – trabalho em questão) = LED tubular T8

O trabalho em questão segue as recomendações estipuladas pela nova norma NBR 8995 – Iluminação de ambientes de trabalho, que regulamenta os requisitos de iluminância para estes locais. Como objetivos secundários pode-se citar: a análise dos possíveis reflexos decorrentes das alterações descritas pela nova norma, a verificação da etiqueta alcançada de acordo com o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – o Procel Edifica para edificações públicas, comerciais e de serviço e a análise da possibilidade de implantação de painéis fotovoltaicos como fonte de suprimento do sistema de iluminação artificial.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho consiste em:

- Pesquisa referente à lâmpadas tubulares de LED entre os principais fornecedores nacionais, assim como o levantamento do custo das lâmpadas, luminárias e equipamentos auxiliares. Definição do sistema a ser utilizado considerando a eficiência da lâmpada e da luminária.
- Dimensionamento do sistema de iluminação artificial visando o alcance da etiqueta "A" do Programa Procel Edifica, considerando a nova norma brasileira – a NBR 8995.
- Estimativa do consumo de energia elétrica.
- Proposta de distribuição das luminárias.
- Verificação da etiqueta alcançada segundo o Programa Procel Edifica.
- Verificação do custo-benefício de utilização de painéis fotovoltaicos.
- Verificação do payback do sistema.
- Comparação entre os três sistemas considerados.

## 4. RESULTADOS

Os principais critérios utilizados para a escolha da lâmpada tubular de LED foram o fluxo luminoso, a potência, a eficiência energética (relação entre potência e fluxo luminoso), a vida útil e o IRC indicado pela NBR 8995. Em relação à luminária, foi considerado o rendimento e a existência de dispositivos anti-ofuscamento (aletas). A norma ainda indica o índice limite de ofuscamento unificado (UGRL – dado fornecido pelo fabricante da luminária) (tabela 03).

Entre todos os produtos pesquisados aqueles que apresentaram o melhor desempenho foram a lâmpada LED tubular T8, de 18,5W, marca Osram, cuja eficiência energética é de 102,7lm/W, e a luminária com aletas e corpo refletor de alumínio – que proporciona o aumento da reflexão da luz – da marca Lumicenter, modelo CAC09-S232 com rendimento de 79% (tabela 01, imagem 01 e 02).

Marca	Osram	Golden	Brilia
Modelo	SubstiTUBE T8	Led tubular 3535	Power LED T8
Fluxo luminoso (lm)	1900	1700	1390
Potência (W)	18,5	18	20
Eficiência da Lâmpada (lm/W)	102,70	94,44	69,50
Vida útil (horas)	40.000	40.000	35.000

Tabela 01: comparativo entre produtos de diferentes fornecedores de lâmpadas de LED  
Fonte: AUTORA, 2013



Imagem 01: LED tubular T8  
Fonte: OSRAM, 2013



Imagem 02: luminária com corpo refletor e aletas.  
Fonte: LUMICENTER, 2013

O dimensionamento do sistema de iluminação foi realizado através do Método dos Lúmens, considerando o nível de iluminância média (E<sub>m</sub>) indicado pela NBR 8995 para salas de aula noturnas de 500 lux (tabela 02 e 03). Foram utilizados o Fator de Depreciação de 1,25 (manutenção fácil) e o Fator de Utilização específico da luminária para cada situação (tabela 04). Como resultado, o número de lâmpadas necessário é de 1173 unidades, 240% além do sistema 01 (gráfico 01).

Classe	Iluminância (lx)	Área (m²)	Volume (m³)
E	100	100	100
A	500	100	100

Tabela 02: simulação através do Método dos Lúmens, sala 101 A.  
Fonte: AUTORA, 2013

Teto (%)	70	50	30	0
Parede (%)	50	30	10	0
Chão (%)	20	20	20	0
RCR	0,2	0,2	0,2	0,2
Fator de Utilização (%)	84	84	84	79
1	83	80	78	76
2	74	70	66	63
3	66	61	57	55
4	59	54	49	48
5	54	47	43	42
6	49	42	38	37
7	44	38	34	33
8	40	34	30	30
9	37	31	27	27
10	34	28	25	24

Tabela 04: fator de utilização da luminária.  
Fonte: adaptado de LUMICENTER, 2013

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	E <sub>m</sub> lux	UGRL	R <sub>s</sub>	Observações
<b>28. Construções educacionais</b>				
Briquedoteca	300	19	80	
Berçário	300	19	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	19	80	
Salas de aula, salas de aulas particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80	

Tabela 03: requisitos de iluminação recomendados pela NBR 8995 para diversos ambientes e atividades.  
Fonte: ABNT, 2013

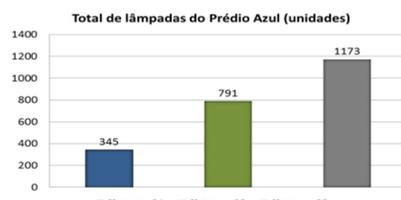


Gráfico 01: total de lâmpadas existentes e lâmpadas propostas.  
Fonte: AUTORA, 2013

Este estudo demonstrou que a nova proposta possibilita uma redução de consumo de energia elétrica de 39,9% em relação ao sistema 01 considerando 04 horas de uso diário, durante 20 dias por mês. Os valores do KWh de energia utilizados foram de R\$ 0,45 em horário de ponta (geração interna) e R\$ 0,16 nos demais horários (AES Sul, 2013). Mas ao comparar o sistema 03 com o sistema 02 observa-se que, além do custo para aquisição destas lâmpadas superar o valor do sistema 02, o uso de lâmpadas de LED apresentou um pequeno aumento do consumo de energia elétrica e da DPI (densidade de potência instalada): 1,77% (gráfico 02 e 03). Porém, mesmo com este aumento, a etiqueta A foi mantida (gráfico 03). Um comparativo destes resultados pode ser visto no gráfico 05.

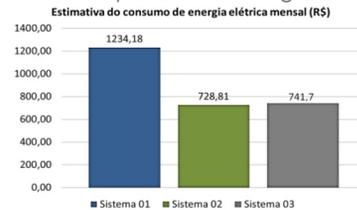


Gráfico 02: estimativa de consumo mensal de energia elétrica.  
Fonte: AUTORA, 2013.

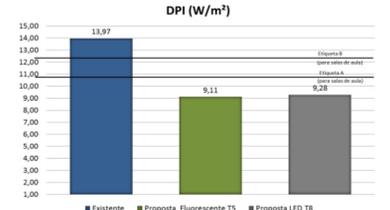


Gráfico 03: densidade de potência instalada no Prédio Azul.  
Fonte: AUTORA, 2013

Assim como o sistema 02, a nova proposta também contempla o acionamento parcelado das luminárias e a contribuição da iluminação natural, além de prever a instalação de timers, atendendo, desta maneira, os pré-requisitos estipulados pelo Programa Procel Edifica (imagem 03 e 04). Por fim, foi analisada a possibilidade de implantação e o custo-benefício do uso de painéis fotovoltaicos como fonte de energia elétrica limpa e renovável. Para garantir a eficiência deste sistema, os módulos dos painéis devem ser instalados em áreas livres de sombreamento por longos períodos do dia, estar voltados para o norte e com inclinação igual a 39° (ROAF, 2009) (imagem 05).

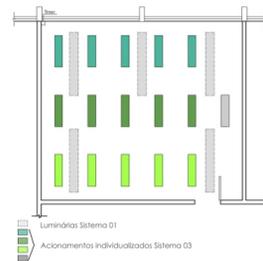


Imagem 03: layout das luminárias do Sistema 01 e 03  
Fonte: AUTORA, 2013



Imagem 04: etiqueta A Procel Edifica.  
Fonte: PROCEL, 2013



Imagem 05: área para instalação dos painéis fotovoltaicos na cobertura do Prédio Azul.  
Fonte: GOOGLE MAPS, 2013

Estima-se que o investimento para implantação dos 430 módulos fotovoltaicos, 240W, modelo MSP/MT- 240, marca Fcsolar será de R\$ 516.000,00 (imagem 06). Não foram contabilizados no estudo os custos com mão-de-obra para instalação assim como os custos com estrutura de fixação, disposição de inversores de frequência e baterias, fiação elétrica e manutenção. A verificação do custo-benefício de implantação deste sistema está em desenvolvimento. Já o payback do sistema de iluminação é 4,68 anos (gráfico 04 e tabela 05).



Imagem 06: módulos de painéis fotovoltaicos.  
Fonte: FCSOLAR, 2013

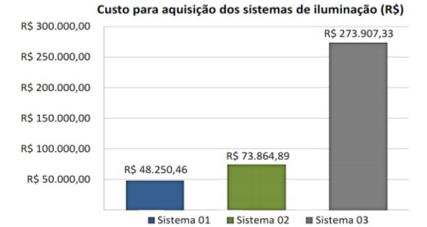


Gráfico 04: custo dos sistemas de iluminação.  
Fonte: AUTORA, 2013

Pay back sistemas de iluminação	Sistema 01	Sistema 02	Sistema 03
Custo para aquisição de lâmpadas e luminárias	R\$ 33.440,30	R\$ 65.119,17	R\$ 263.676,50
Consumo anual de energia elétrica	R\$ 14.810,16	R\$ 8.745,72	R\$ 10.230,83
Custo total	R\$ 48.250,46	R\$ 73.864,89	R\$ 273.907,33
Pay back em relação ao Sistema 01 (anos)	-	0,53	4,68

Tabela 05: Payback sistemas de iluminação.  
Fonte: AUTORA, 2013

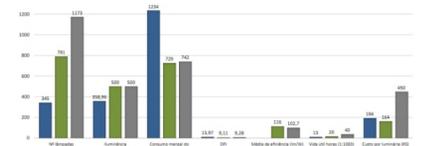


Gráfico 05: comparativo entre os sistemas.  
Fonte: AUTORA, 2013

## 5. CONCLUSÕES

As lâmpadas e luminárias instaladas atualmente (sistema 01) proporcionam uma iluminância média menor do que as propostas nos sistemas 02 e 03, além de consumirem mais energia. Ao comparar os dois sistemas propostos (02 e 03), o segundo apresentou valor superior tanto no custo das lâmpadas, quanto no consumo de energia elétrica, devido ao fato do fluxo luminoso das lâmpadas de LED ainda se encontrar em evolução. Apesar de o LED apresentar vantagens em relação ao sistema 02 (descarte com menor impacto ambiental, maior vida útil - 60% maior, não necessidade de reatores) o investimento para a inserção deste sistema e o payback superam os valores do sistema 02. Sendo assim, entre os 03 sistemas analisados, o sistema 02 é o que apresenta os melhores resultados e obtém maior eficiência energética no momento. Em relação ao uso de painéis fotovoltaicos, apesar de proporcionarem energia limpa e renovável, e tornarem o sistema independente da rede pública, há necessidade de verificação do payback para análise do custo-benefício.

Como indicação de continuidade deste trabalho pode-se citar a análise do consumo de energia do prédio Azul (ar condicionado e iluminação) que vem sendo monitorado desde agosto de 2012 e calcular o consumo de energia. A partir disso, estabelecer um novo comparativo entre os sistemas 01, 02 e 03.

Além da melhoria nas condições de iluminação artificial, esta pesquisa atenta para a importância e responsabilidade dos profissionais em relação ao uso racional de energia elétrica. Buscando a eficiência energética em edificações, é possível contribuir com o meio ambiente e tornar a arquitetura uma arte cada vez mais sustentável.

## AGRADECIMENTOS

É importante agradecer a todos os profissionais da Instituição que colaboraram de alguma maneira para a realização deste trabalho. Em especial, aos agentes patrimoniais que possibilitaram o acesso aos ambientes analisados, aos funcionários Daniel Ruiz Feldmann e o arquiteto Wagner Voges, aos professores Alan Eisenfeldt e Reginaldo Macedônio e à acadêmica Natália Teixeira, pelas informações transmitidas, todas de extrema importância para a continuidade desta pesquisa. Por fim, ao representante comercial da empresa Fcsolar, Marcelo Pires Duarte, pela disponibilidade de acesso às informações sobre painéis fotovoltaicos.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- AES-Sul, **Distribuidora Gaúcha de Energia S/A**, 2013. Rever esta citação.
- Fcsolar-green energy. **Módulos solares**. Disponível em: <http://www.fc-solar.com>. Acesso em: 6 ago. 2013
- INFO, Procel. **Procel Edifica**. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br>. Acesso em: 27 ago. 2013.
- LAMBERTS, Roberto et al. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: P.W., 1997. 192 p. il.
- LUMICENTER. **Catálogos de produtos**. Disponível em: <http://www.lumicenteriluminacao.com.br/pt/catalogo/produto/44.html>. Acesso em: 19 ago. 2013.
- OSRAM. **LED: retrofit lamps**. Disponível em: [http://www.osram.com/osram\\_com/products/lamps/led-retrofit-lamps/led-tubes/index.jsp](http://www.osram.com/osram_com/products/lamps/led-retrofit-lamps/led-tubes/index.jsp). Acesso em: 22 ago. 2013.
- ROAF, Sue. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 488 p.