



Eficiência energética em iluminação: estudo de caso de uma edificação de um Campus Universitário da Serra Gaúcha

Taison Anderson Bortolin¹, Geomar Martins Machado²

¹Instituto de Saneamento Ambiental / Universidade de Caxias do Sul (tabortol@ucs.br)

² Universidade Federal de Santa Maria (geomarmm@gmail.com)

Resumo

O elevado consumo energético diante de uma oferta de energia deficitária, implica na necessidade de que as edificações apliquem projetos de eficiência energética, a fim de reduzir o consumo e tornar o uso eficiente. Campus Universitários, que consomem grande quantidade de energia com seus sistemas de iluminação, tornam-se um campo de atuação de projetos de melhoria da eficiência energética. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a eficiência dos sistemas de iluminação de uma das edificações de Campus de uma Instituição de Ensino Superior da Serra Gaúcha, aplicando o procedimento estabelecido em auditorias energéticas, propondo melhorias e avaliando a viabilidade econômica de sua implementação. Através do levantamento do sistema atual foram propostos cenários de retrofit dos equipamentos utilizados. Os resultados obtidos demonstram que apesar do investimento inicial, é possível reduzir os desperdícios com energia em 29% e obter retorno financeiro em menos de 5 anos. Estas mudanças associadas a outras iniciativas e treinamento pessoal propiciarão cenários de melhoria do desempenho energético do Campus Universitário.

Palavras-chave: sistemas de iluminação, campus universitário, minimização do consumo energético

Área Temática: Energia e energias renováveis

Energy efficient lighting: a case study of a building of a university campus in Serra Gaucha

Abstract

The high energy consumption in the face of a deficient energy supply, implies the need for buildings to apply energy efficiency projects in order to reduce consumption and make efficient use. University campus, which consume large amounts of energy with its lighting systems, they become a playing field for improving energy efficiency projects. In this context, this study aims to evaluate the efficiency of the lighting of the Campus buildings of a higher education institution of the Serra Gaucha systems, applying the procedure laid down in energy audits, proposing improvements and assessing the economic feasibility of its Implementation. By surveying the current system have been proposed retrofit scenarios of the equipment used. The results show that although the initial investment, you can reduce waste to energy by 29% and achieve payback in less than five years. These changes combined with other initiatives and staff training will provide scenarios for improving the energy performance of the university campus.

Key words: lighting systems, campus, minimizing energy consumption

Theme Area: Energy and renewable energy



1 Introdução

O Brasil se destaca no cenário mundial como um país emergente que apresenta uma demanda elevada de energia, porém ao mesmo tempo possui elevados índices de desperdício de eletricidade. Conforme PROCEL, o total desperdiçado chega a 40 milhões de kW, correspondendo a aproximadamente US\$ 2,8 bilhões por ano (MMA, 2013).

Os consumidores, dos quais se destacam o setor industrial, residencial e comercial, desperdiçam cerca de 22 milhões de kW. Já as concessionárias de energia, devido às perdas técnicas e problemas de distribuição, são responsáveis pelo desperdício de 18 milhões de kW restantes (MMA, 2013). Uma das soluções apontadas pelos especialistas para atender este déficit está associada à contenção da demanda utilizando técnicas de conservação, como a substituição de tecnologias (máquinas, motores, sistemas de refrigeração e iluminação), por equipamentos que possuam maior eficiência energética e ao mesmo tempo possam proporcionar menor custo financeiro e menor impacto ambiental.

A demanda de energia é variável em cada setor, sendo que boa parte do consumo está associado à iluminação. A iluminação doméstica é responsável por uma parcela importante dos gastos com energia em um residência, em torno de 24%. Já no setor comercial e de serviços públicos esse gasto corresponde a 44%, enquanto no setor industrial é em média 1% (ELEKTRO, 2014).

O uso de energia no setor terciário ocorre em edificações como escritórios, restaurantes, hospitais, centros de lazer e de atividades educacionais, sendo estas edificações, locais onde há diversas oportunidades para redução do consumo energético. Existem várias opções para conservação de energia, algumas como otimização do sistema de iluminação conectado, integração do sistema de iluminação artificial com a iluminação natural e a utilização de controles nas diferentes áreas da edificação (ASHRAE, 2011).

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo realizar um estudo energético do sistema de iluminação de uma das edificações de um Campus Universitário, responsável por atividades de educação em nível superior e com elevada demanda energética oriunda principalmente do sistema luminotécnico implantado. Busca-se, a partir de um diagnóstico, promover ações que auxiliem alcançar eficiência energética no Campus, visando reduzir o consumo de energia, contribuindo para redução de gastos e melhorando o desempenho energético e ambiental.

2 Metodologia

A metodologia utilizada segue algumas das etapas e procedimentos estabelecidos em auditorias de sistemas luminotécnicos, para aplicação em instalações comerciais e residenciais (ISO, 2014).

Para tanto, foram realizadas as seguintes atividades:

2.1 Avaliação do sistema de iluminação

Realizou-se o levantamento do número de lâmpadas e tipos de luminárias existentes no bloco (edificação) da instituição de ensino superior a qual se localizada na região da Serra Gaúcha, estabelecendo um consumo médio referente a esse sistema, sendo escolhido o bloco A, o qual possui maior consumo energético, sendo que as lâmpadas são mantidas ligadas durante o período diurno e noturno.

De acordo com as atividades realizadas na edificação, foram determinados os objetivos da iluminação e o efeito que se pretende alcançar com base nos níveis de iluminância estabelecidos pela NBR 8995-1/2013 (ABNT, 2013). Foram realizadas medições em diferentes salas e ambientes do prédio, de acordo com o Método do Campo de Trabalho Retangular. As salas e ambientes foram definidas de acordo com as características físicas dos



mesmos, buscando realizar as medições nos espaços que possuíam diferentes tamanhos de área, número de luminárias, número de lâmpadas, potência da lâmpada, além de diferentes características das paredes, teto e chão.

As medições foram realizadas no período noturno, com exceção dos ambientes que tinham ocupação diurna, os quais poderiam integrar procedimentos de ligamento parcial de lâmpadas. Todas as medições foram realizadas a uma altura de 0,75 metros, utilizando um luxímetro digital modelo LD-200, marca Instrutherm, com calibração do fabricante. As medições em período diurno foram realizadas no dia 15 de janeiro de 2015, pela tarde com céu nublado.

2.2 Determinação de indicadores energéticos das edificações

A partir dos dados obtidos no levantamento dos usos finais de energia, foram calculados alguns indicadores energéticos das edificações. Conforme Benavides (2014), "os indicadores de consumo energético são utilizados para conhecer o consumo de energia de uma edificação e possibilitam a comparação com o consumo de outras edificações de referência ou com valores definidos nas normas".

Os indicadores usados para a avaliação do consumo de energia são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Indicadores de consumo de energia elétrica utilizados neste estudo

Indicador	Definição	Unidade
Indicador por usuário da energia	Razão entre o consumo mensal médio por número de usuários da unidade	W/usuário
Consumo anual de iluminação por área construída	Razão entre o consumo energético anual da edificação e a área construída em m ²	kWh/ano/m ²
Potência média instalada em iluminação por número de interruptores	Média da relação entre a potência do conjunto de luminárias e o número de interruptores existentes para acionar o sistema de iluminação	W/interruptores
Densidade de Iluminação (DPI)	Razão entre a Potência dos equipamentos de iluminação da edificação e a área construída em m ²	W/m ²
Densidade Normalizada de Iluminação (DPN)	Razão entre a Potência dos equipamentos de iluminação da edificação para produzir 100 lux, e a área construída em m ²	W/m ² .100lux

Fonte: Saidel et al. (2005); Morales (2007); Benavides (2014)

2.3 Proposta de cenários de conservação de energia e melhoria da iluminação

Com base nas informações levantadas nas etapas anteriores, foram propostos cenários de conservação de energia para a área de estudo através de medidas de intervenção que visassem a redução do consumo nas edificações.

Utilizando-se de software DIALux 4.12.0.1 (GmbH, 2015) foi calculada a melhor distribuição de luminárias, definindo locais de substituição de lâmpadas atualmente utilizadas, por produtos mais eficientes, buscando atender o nível de iluminação proposto para os diferentes ambientes e atividades de acordo com a NBR 8995/2013.

Os cenários foram previstos com troca de lâmpadas e luminárias, levando em consideração a análise de fatores de influência na quantidade e qualidade da iluminação, relacionados principalmente à definição dos níveis de iluminância, fluxo luminoso, eficiência



luminosa, das relações de luminância - contrastes, do Índice de Reprodução de Cor, Temperatura de Cor Correlata, dimensões da lâmpada e vida mediana.

2.4 Avaliação Econômica

Para avaliação econômica das medidas de conservação em energia propostas neste trabalho foram utilizados alguns métodos tradicionalmente empregados pela Engenharia Econômica, tais como o Método do Valor de Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Método do Prazo de Retorno (Payback), Relação Custo-Benefício (RCB) e Custo de Energia Economizada (CEE). As análises foram realizadas considerando um período de tempo de 10 anos, o qual está relacionado ao tempo de vida útil mínimo das lâmpadas selecionadas, com taxa de desconto de 12%, e preço de energia igual a 0,40 kWh.

3 Resultados e Discussões

Os resultados dos levantamentos do sistema de iluminação, os cenários de eficiência energética e a análise econômica das propostas de intervenção são apresentadas a seguir.

3.1 Características arquitetônicas da edificação

O Bloco A consiste em um edifício com 2 pavimentos por onde estão distribuídos 92 ambientes, contando com salas de aula, auditório, laboratórios de ensino e pesquisa, laboratórios de informática, salas administrativas, sala de professores, banheiros, entre outras. Sua área total corresponde a 6.360 m² e possui uma modulação com um corredor central de circulação e salas nos setores norte e sul da edificação. A edificação possui um pé direito estrutural de 3,2 metros e apresenta uma arquitetura racional com formas retangulares, possuindo tetos e paredes na cor branca, com exceção de algumas salas de aula, cuja coloração das paredes é esverdeada.

3.2 Descrição do Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação é composto majoritariamente por luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T12 de 100 W e em menor quantidade luminárias de 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 40W conforme mostra a Figura 1.

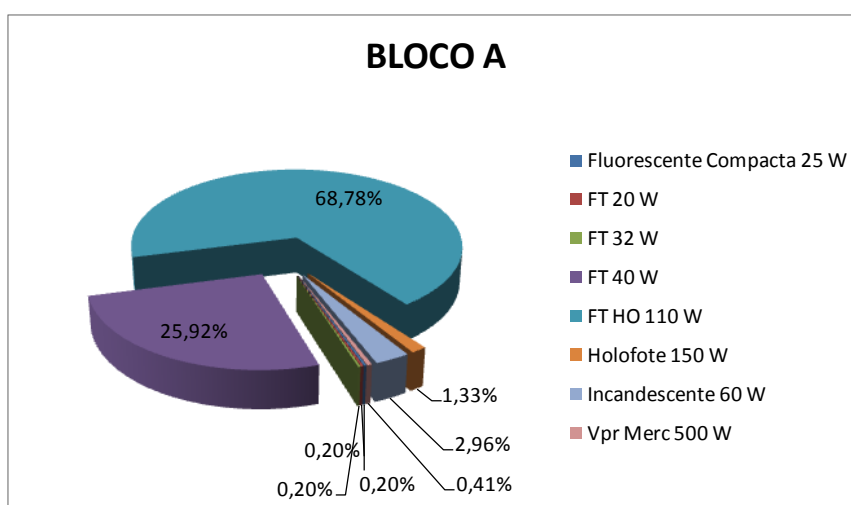


Figura 1 - Percentual referente à quantidade de cada tipo de lâmpada na edificação



Por se tratar da edificação mais antiga do Campus Universitário, a maioria das luminárias não possuem refletores, gerando um desperdício do fluxo luminoso. A iluminação é mantida ligada de forma variável durante o período de atividades na edificação, sendo que em algumas salas como secretarias, corredores e banheiros, o período de uso é de 12 horas, correspondente ao intervalo das 7:30 às 11:30 e das 13:30 às 22:30. Na maioria dos ambientes, ou seja, laboratórios e salas de aula, as lâmpadas são utilizadas das 19:00 às 22:30. Exemplos do sistema de iluminação são apresentados na Figura 2.



Figura 2 - Fotos do sistema de iluminação do prédio correspondente ao Bloco A.

3.3 Medições de Iluminação

As medições de iluminância foram realizadas em vários ambientes com tamanhos de áreas distintos, buscando uma amostra dos diferentes espaços da edificação. Os valores de iluminância média e a potência de iluminação das diferentes áreas estudadas foram comparadas com os valores recomendados nas normas de iluminação e eficiência energética para edificações. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Comparação de iluminância e indicadores com normas de iluminação

Ambiente	Área (m ²)	Iluminância Média (Lux)	Iluminância Norma 8995 (Lux)	Potência Iluminação (W)	DPI (W/m ²)	DPI (W/m ²) ASHRAE*	DPN (W/m ² .10 0lux)
Salas de Aula	80	596	500	1320	16,5	15	2,77
Corredores Ala Sul	150	124	100	480	3,2	5	2,58
Corredores Ala Oeste	230	171	100	560	2,4	5	1,42
Banheiros	30	210	200	240	8,0	10	3,81
Saguão Superior	202	221	100	880	4,4	5	1,97
Escada Interna	26	113	150	220	8,5	6	7,49
Laboratório Informática P	40	406	500	1320	33,0	11	8,13
Laboratório Informática G	115	520	500	1760	15,3	11	2,94
Laboratório Pesquisa e Ensino G	80	377	500	1320	16,5	11	4,38
Laboratório Pesquisa e Ensino P	27	656	500	440	16,3	11	2,48
Sala Professores	25	388	300	440	17,6	14	4,54
Secretaria	30	500	300	1320	44,0	14	8,80
Reprografia	34	735	500	660	19,4	14	2,64
Auditório	112	391	500	1980	17,7	10	4,52

*American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE 90.1 (2007)



No bloco A do campus Universitário, a maior parte dos ambientes avaliados atinge os valores de iluminância estabelecidos pela norma, com exceção da escadaria interna e laboratório de informática com a menor área. Destaca-se, entretanto, que os ambientes do bloco, com exceção das áreas de circulação (corredores e saguão) e banheiros, possuem um DPI maior que o recomendado por norma, devido principalmente a presença de luminárias com lâmpadas de tecnologia T12 de 100 W. Quando comparado os valores de DPN, este também encontra-se fora da faixa estabelecida para ambientes com iluminação eficiente, demonstrando o potencial para melhoria do sistema.

A Tabela 3 apresenta os indicadores calculados para a área total da edificação referente ao sistema de iluminação.

Tabela 3 - Indicadores energéticos do sistema de iluminação para o Bloco A

Indicador	Valor
Estimativa Consumo Total Anual pelo sistema de iluminação	95.254 kWh
Indicador por usuário de energia	76,31 W/usuário
Consumo anual em iluminação por área construída	14,97 kWh/ano/m ²
Potência média instalada em iluminação por número de interruptores	386 W/interruptores
Densidade de Potência de Iluminação	14,11 W/m ²

O consumo de energia para o sistema de iluminação no prédio do bloco A representa em média 59% do consumo total do prédio, equivalente a 95.254 kWh/ano. Apresenta uma média de 3 interruptores para salas com 6, 12 e 15 luminárias, representando cerca de 286W por interruptor. Na maioria dos ambientes, principalmente salas de aula, os interruptores ligam as lâmpadas de forma paralela, ocorrendo algumas situações que estas são ligadas alternadamente.

O indicador de Densidade de Potência de Iluminação para o prédio completo apresenta um valor de 14,11 W/m², próximo ao limite estabelecido pela norma ASHRAE, que é de 13 W/m² para edificações universitárias. Entretanto, quando a avaliação ocorre por cada ambiente, encontram-se várias áreas da edificação que estão em desacordo com o recomendado em normas, quer seja por apresentar um DPI mais elevado ou áreas com iluminância média insuficiente às atividades requeridas.

3.4 Cenários de conservação de energia e readequação do sistema de iluminação

Como proposta para redução do consumo de energia elétrica em iluminação na edificação correspondente ao bloco A, foram propostos duas opções de *retrofit*: A) substituição de luminárias e lâmpadas fluorescentes de 110W por lâmpadas de 73W; e B) substituição de lâmpadas dos corredores e banheiros de 40W para 25W.

Para verificar se os cenários propostos mantêm o nível de iluminância descrito em norma, foram avaliados através do software DIALux os ambientes com maior utilização por alunos e funcionários como salas de aula, laboratórios e corredores. A Figura 3 apresenta dois modelos utilizados.

Para avaliação dos ambientes, considerou-se um fator de manutenção de 0,8 relativo à depreciação do fluxo luminoso e sujeira nas lâmpadas. As refletividades utilizadas foram:

- Salas de Aula, salas em geral e laboratórios: Teto 88%, paredes 61% e chão 52%.
- Corredores: Teto 70%, paredes 85% e chão 26%.



Figura 3 - Modelos dos ambientes utilizados para análise no DIALux.

A Tabela 4 apresenta os parâmetros e características do sistema atual, enquanto a Tabela 5 contém informações do sistema de iluminação proposto.

Tabela 4 - Parâmetros do Sistema de iluminação atual

Código Comercial	TLTRS110W-ELD-NG	TLTRS40W-ELD-25
Potência (W)	110	40
Tipo de Luminária	Sobrepor sem refletor e aletas	Sobrepor sem refletor e aletas
Base	R17D	G13
Temperatura de Cor (K)	5.000	5.000
Fluxo luminoso (lm)	7.600	2.600
Eficiência Luminosa (lm/W)	69	65
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	70	70
Vida Mediana (horas)	7.500	7.500
Ø(mm)	33,5	33,5
Comprimento (mm)	2385,2	1214
Quantidade lâmpadas	674	254
Potência do Reator	15	12
Quantidade de reatores	337	127

Fonte: PHILIPS (2014a)

Tabela 5 - Parâmetros do Sistema de iluminação utilizados no *retrofit*

	<i>Retrofit A</i>	<i>Retrofit B</i>
Código Comercial	TL5-73W-ECO/840	TL5-25W-ECO/840
Potência (W)	73	25
Tipo de Luminária	Sobrepor sem refletor e aletas	Sobrepor com refletores de alumínio
Base	G5	G5
Temperatura de Cor (K)	4.000	4.000
Fluxo luminoso (lm/W)	6.150	2.450
Eficiência Luminosa (lm/W)	99	114
Índice de Reprodução de Cor (IRC)	85	85
Vida Mediana (horas)	24.000	24.000
Ø (mm)	17	17
Comprimento (mm)	1463,2	1163,2
Quantidade	674	254
Potência do Reator (W) Eletrônico HF-R TD 280 TL5/PLL EII	12	7
Quantidade de Reatores	337	127

Fonte: PHILIPS (2014b); OSRAM (2014); TASCHIBRA (2015)



Os resultados de simulação no DIALux para os ambientes simulados foram satisfatórios, proporcionando que o sistema novo de iluminação estivesse adequado conforme as normas cujos valores são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Iluminância e indicadores do *retrofit*

Ambientes	Salas de Aula	Corredores
E_m (Lux)	602	210
DPI (W/m ²)	12,88	3,67
DPN (W/m ² /100lux)	2,14	1,74
Potência (W)	1032	330

3.5 Avaliação econômica

Para a análise econômica foi considerado o *retrofit* de todas as luminárias e lâmpadas do prédio. Os custos associados à substituição, considerando apenas valores de equipamentos, sem contar mão de obra, são apresentados na Tabela 7, enquanto os resultados da avaliação econômica considerando os dois *retrofits* são apresentados na Tabela 8.

Tabela 7 - Custos associados ao *retrofit* do sistema de iluminação

Equipamento	<i>Retrofit A</i> - Lâmpadas 110W para 73W	<i>Retrofit B</i> - Lâmpadas 40W para 32W	Total
Lâmpadas	R\$ 14.679,72	R\$ 1.714,50	R\$ 16.394,22
Reatores	R\$ 8.762,00	R\$ 2.413,00	R\$ 11.175,00
Luminárias	R\$ 13.480,00	R\$ 6.731,00	R\$ 20.211,00
Total	R\$ 36.921,72	R\$ 10.858,50	R\$ 47.780,22

Tabela 8 - Avaliação econômica da substituição de lâmpadas

Método	<i>Retrofit A</i>	<i>Retrofit B</i>	<i>Retrofit A e B</i>
VPL	R\$ 17.229,85	(R\$ 2.535,94)	R\$ 14.693,91
TIR	23%	6%	19%
<i>Pay-back</i> (anos)	3,85	7,37	4,32
RCB	0,68	1,30	0,76
CCE (R\$/kWh)	0,39	0,11	0,50

O *retrofit A* apresenta os melhores indicadores de avaliação econômica, com exceção do Custo de Energia Economizada, já que a troca de equipamentos tem um custo maior neste cenário. Quando aplicado somente o cenário de *retrofit B*, tem-se um VPL negativo, com TIR de 6% abaixo da TMA, não sendo viável sua aplicação. Ao realizar os dois processos de substituição, os valores são diluídos, criando um cenário com VPL positivo após os 10 anos e *pay-back* menor que 5 anos, tornando o investimento atrativo, uma vez que possui um relação custo-benefício inferior a 0,8. Com a substituição das lâmpadas é possível alcançar uma redução de consumo de 27.642 kWh/ano, correspondente a 29% de redução no desperdício com o sistema de iluminação.



4 Considerações Finais

Os sistemas de iluminação têm se tornado um campo amplo de aplicação de propostas de melhorias no sistema energético e redução do consumo. Com levantamento do sistema luminotécnico de um dos blocos da instituição de ensino, pode-se estimar os valores de consumo energético ligado a iluminação predial possibilitando criar oportunidades de eficiência energética no que concerne à conservação de energia.

Com a proposta de aplicação dos retrofits do sistema luminotécnico do bloco pode-se chegar a uma economia anual de 27.642 kWh, energia atualmente desperdiçada. Com a aplicação de programa de eficiência energética e conservação de energia, os gastos com este desperdício poderiam ser reduzidos, sendo possível aplicar este orçamento em outras atividades educacionais, de pesquisa e extensão.

Para melhor aplicação de retrofit dos ambientes do Campus Universitário é importante que cada espaço seja avaliado com mais detalhe, estabelecendo outros cenários, como a substituição parcial das luminárias em áreas com maior necessidade de troca, ou mesmo substituição de cores de paredes, tetos e chão que permitam uma maior refletância, aumentando o nível de iluminação.

Por fim, estas medidas aplicadas em conjunto com educação e treinamento, proporcionarão a melhoria do sistema de iluminação do Campus Universitário, podendo ser replicadas em outras instituições, buscando a redução no consumo energético e gastos com energia elétrica.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO/CIE 8995-1. *Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: interior*. Rio de Janeiro, 2013.

ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**. ASHRAE Standard 90.1 –1989. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 2007.

ASHRAE. **Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings**, USA, 2011.

ASHRAE. **Standard 90.1-2007 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**, USA, 2007.

BENAVIDES. J. R. R. A auditoria energética como ferramenta para o aproveitamento do potencial de conservação da energia: o caso das edificações do setor educacional. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.136 p.

ELEKTRO. Manuais Elektro de Eficiência Energética. Disponível em: <http://www.elektro.com.br/sustentabilidade/programa-de-eficiencia-energetica>. Acesso em: Dez. 2014.

GMBH. Software DIALux 4.12.0.1. Disponível em: <http://www.dial.de/DIAL/de/dialux/download.html>. Acesso em jan. 2015.



ISO – INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 50002/2014 - Energy audits — Requirements with guidance for use. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50002:ed-1:v1:en>>. Acesso em: dez. 2015.

MMA. Eficiência energética e conservação de energia. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/energia/eficiencia-energetica>. Acesso em: set. 2013.

MORALES, C. Indicadores de consumo de energia elétrica como ferramentas de apoio à gestão: classificação por prioridades de atuação na Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo, 2007. 101 p.

OSRAM (2014). Catálogo de lâmpadas. Disponível em: <www.osram.com.br>. Acesso em: dez 2014.

PHILIPS (2014a). Vá com eficiência energética. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/lightcommunity/trends/green/switch.wpd>>. Acesso em: dez. 2014.

PHILIPS (2014b). Guia Prático Philips Iluminação. Lâmpadas, Reatores, Luminárias e LEDs. Disponível em: <http://www.lighting.philips.com.br/pwc_li/br_pt/connect/Assets/pdf/GuiaBolso_Sistema_09_final.pdf> . Acesso em: dez, 2014.

SAIDEL M.A., FAVATO L.B, MORALES C. **Indicadores energéticos e ambientais: Ferramenta importante na gestão da energia elétrica**, PURE USP, São Paulo, 2005.

TASCHIBRA. Catálogo de produtos luminotécnicos 2015. Disponível em: <www.taschibra.com.br/> . Acesso em: jan. 2015.