



Recebido em 12/11/2018. Aprovado em 01/11/2019. Publicado em 29/02/2020.

Editor: Dr. Ivano Ribeiro

Processo de Avaliação: *Double Blind Review* - SEER/OJS

e-ISSN: 2359-5876



AVALIAÇÃO DA MELHORIA NA CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA E VIABILIDADE FINANCEIRA DE RETROFIT NA ILUMINAÇÃO DE UM PRÉDIO PÚBLICO

Leandro Rudnicki ¹

Adir Otto Schmidt ²

RESUMO

Neste trabalho buscou-se demonstrar a economia de energia elétrica em um edifício público com tipologia de escritórios substituindo o sistema de iluminação existente (lâmpadas fluorescentes, incandescente e lâmpadas halógenas) por equipamentos de iluminação com tecnologia LED, buscando a etiquetagem de edifícios com classificação A no quesito iluminação. Foi arrolado todo o sistema de iluminação composto por número de lâmpadas, tecnologia e horas ligadas por dia de todos os ambientes no prédio da Associação dos Municípios do Oeste do Paraná e de acordo com catálogos de fabricantes, escolhido lâmpadas com tecnologia LED com mesmo fluxo luminoso e temperatura de cor para a substituição e comparação no consumo de potência antes/após substituição. Chegou-se a conclusão de que é necessário um estudo mais aprofundado para concluir o acréscimo no nível de classificação energética, porém a melhora na eficiência energética resultará em um tempo de retorno financeiro em um ano e sete meses.

Palavras-chave: Energia elétrica; Eficiência energética; Etiquetagem de edifícios; Iluminação.

EVALUATION OF THE IMPROVEMENT IN ENERGY CLASSIFICATION AND FINANCIAL FEASIBILITY OF RETROFIT IN THE LIGHTING OF A PUBLIC BUILDING

ABSTRACT

This work aimed to demonstrate the saving of electric energy in a public building with office typology replacing the existing lighting system (fluorescent lamps, incandescent and halogen lamps) by lighting equipment with LED technology, seeking the labeling of buildings rated A in the matter of lighting. The entire lighting system was composed of number of lamps, technology and hours connected per day of all environments in the building of the Municipality of the West of Paraná and according to manufacturers' catalogs, chosen lamps with LED technology with the same luminous flux and color temperature for replacement and comparison in power consumption before / after replacement. It has been concluded that further study is needed to complete the increase in the level of energy classification, but the improvement in energy efficiency will result in a time of financial return in one year and seven months.

Keywords: electricity; Energy efficiency; Building labeling; Lighting.

¹ Engenheiro Eletricista. Especialista em Gestão Pública e Gerenciamento de Projetos pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Brasil.

² Professor da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, Brasil

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica está presente nas diversas atividades humanas atuais e seu consumo é crescente. No Brasil o consumo de energia elétrica durante os quatro primeiros meses de 2018 chegou a 63.769 MW médios, cerca de 1,5% a mais do que registrado no mesmo período de 2017 quando foi registrado o consumo de 62.814 MW médios (CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2018).

Pode parecer simples a resposta à pergunta de porquê economizar energia elétrica, mas existem alguns pontos a serem levados em consideração no que se refere à produção de energia elétrica. Para as usinas termoelétricas, onde a matéria prima é o carvão ou o óleo, quanto maior o consumo de energia elétrica, a produção deverá ser maior e haverá mais emissão de poluentes na atmosfera.

Para a produção de energia por usinas hidrelétricas não fica evidente a degradação ambiental, porém os reservatórios são conseguidos à custa de enormes alagamentos em terras que normalmente são muito férteis, além dos impactos gerados no ecossistema local.

Assim, é necessário o consumo eficiente da energia elétrica produzida. A eficiência energética pode ser entendida como a realização de um mesmo trabalho utilizando menos energia. Em todos os setores da sociedade é possível promover a eficiência energética.

Nesse contexto, as edificações residenciais, comerciais e o setor público representam uma parcela importante na busca pelo consumo eficiente de energia.

O Balanço Energético Nacional de 2014 afirma que 14,6% da energia consumida no Brasil é utilizada em edificações residenciais, comerciais e do poder público (BRASIL, 2018).

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME) conduziu o primeiro estudo de planejamento integrado dos recursos energéticos no âmbito do governo brasileiro, chamado de Plano Nacional de Energia 2030 (BRASIL, 2007) e para atingir as metas estabelecidas neste plano, o MME considerou estratégico o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) iniciado em 1984 pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (ELETROBRAS, et all, 2013).

A partir do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), foi criado em 2003 o subprograma PROCEL EDIFICA que tem por objetivo desenvolver atividades necessárias para racionalizar o consumo de energia nas edificações brasileiras (ELETROBRAS, et all, 2013).

No âmbito do PBE desenvolveram o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e os Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações (RAC), além do manual para a aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, et all, 2014).

A importância ambiental em controlar o uso da energia é incalculável e tendo isso como diretriz, foi publicado no Diário Oficial da União a Instrução Normativa N° 2, de 04 de junho de 2014. Esta Instrução Normativa define que os projetos de edifícios públicos federais devem ser desenvolvidos visando obrigatoriamente a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) geral de projeto com classificação A. Para reformas de edifícios buscando a modernização (retrofit), a ENCE parcial da edificação construída deve ser com classificação A para os sistemas individuais de iluminação e de condicionamento de ar, sendo que a classificação do requisito fachadas, aberturas e cobertura (envoltória) é obrigatório neste caso (BRASIL, 2014).

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) estabeleceu que até 2021 todos os prédios públicos deverão estar conformes com o PBE (BRASIL, 2011).

Este trabalho questiona que se melhorando a eficiência energética no quesito iluminação contribui com o aumento da ENCE na edificação da Associação dos Municípios do Oeste do Paraná (AMOP), e se é possível verificar a economia de energia e com isso a redução da conta

de energia elétrica utilizando o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (ORGANIZAÇÃO DE AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA, 2012).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para atender aos pré-requisitos específicos do sistema de iluminação para a obtenção da ENCE com classificação A, os circuitos devem ser divididos por ambientes/salas, deve ser priorizada a utilização da luz natural e devem ser utilizados sensores para controle de luminárias próximas às aberturas (ELETROBRAS, et all, 2014).

Nos sistemas de condicionamento de ar obrigatoriamente deverão ser atendidos os requisitos para a qualidade do ar interno conforme a NBR 16401 (ABNT, 2008), preferindo a opção tipo *variable refrigerante flow* (VRF) que é um sistema de ar condicionado central com multi-split (ELETROBRAS, et all, 2014).

No processo de etiquetagem da edificação podem ser executadas ações a fim de aumentar a eficiência, gerando com isso bonificações da nota final. O uso de equipamentos que economizam água, a instalação de sistemas de aquecimento solar de água, substituição de elevadores que possuam classificação energética A segundo a norma VDI4707 e a utilização de sistemas de cogeração de energia do tipo eólica ou fotovoltaica fazem com que a bonificação atinja um valor máximo (ELETROBRAS, et all, 2014).

Etiquetagem de edificações é uma forma de avaliar o desempenho energético de uma edificação para que ela obedeça às normas e regulamentos existentes, a fim de promover a eficiência energética, classificando-a em níveis. A Instrução Normativa N° 2 de 04 de junho de 2014 (BRASIL, 2014) dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autarquia e funcional, e uso da ENCE nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que receberam retrofit (processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma).

Quando projeta-se um sistema de iluminação energeticamente eficiente, há que ter em conta vários parâmetros, destacando a qualidade do sistema de iluminação, a quantidade de iluminação, a eficiência dos equipamentos, o tipo de controle e a contribuição da iluminação natural.

Um objeto reflete a luz que recebe. Essa luz pode vir de fontes bem diferentes, que podem mudar a tonalidade original, criando um grande problema para os fotógrafos e dentistas. A "temperatura" da luz emitida determina essas mudanças. Para medir a temperatura da cor, é utilizada a escala Kelvin (abreviada como K). A luz considerada realmente branca, chamada de luz do dia, tem uma temperatura de cor entre 5.200 e 5.400K. É a luz natural, proporcionada pelo sol, quando se observa um objeto que recebe a iluminação por essa via, por volta das 12:00h, em um dia limpo, sem nuvens. Quando a temperatura da cor aumenta acima de 5.400K, a cor tende ao azul, e abaixo de 5.200K tende ao vermelho. Quando o sol está nascendo ou se pondo, a temperatura da cor pode cair para próximo de 2.000K, tendendo fortemente ao vermelho. As melhores horas para obtenção da "luz branca ou luz do dia", de forma natural, giram em torno das 10:00 às 14:00h.

Fontes luminosas que se acredita serem "brancas" diferem em distribuição espectral. Lâmpadas de tungstênio ou incandescentes projetam um branco amarelado, com temperatura em torno de 2.800K. Lâmpadas fluorescentes têm um branco esverdeado, com temperatura em torno de 4.000K. Os flashes procuram reproduzir as cores em torno de 5.200 e 5.400k. Os modelos de flash menos sofisticados podem, com frequência, tender a 6.(XX)K. Para efeitos artísticos, as mudanças de cores podem até ser

desejáveis, mas, para a fotografia odontológica, busca-se reproduzir as cores originais (BUENO, 2010, p. 36-41).

Contudo de nada servem estes parâmetros se não se estudar a viabilidade econômica do projeto. É necessário verificar se vale a pena investir num projeto em que o investimento inicial seja elevado em detrimento de outro mais barato mas menos eficiente. Além do investimento inicial, é essencial prever os consumos diários, mensais e anuais, o tempo de vida útil das tecnologias aplicadas e conseqüentemente estudar a viabilidade econômica do projeto, apresentando alternativas econômicas viáveis (LOUÇANO, 2009).

3. MÉTODOS

Este trabalho compreende um estudo de caso a partir de observações, coleta de dados e quantificação.

A coleta de dados ocorreu no primeiro semestre de 2018 por observação e contagem das luminárias de todo o prédio da AMOP. Os dados registrados foram: a quantidade de lâmpadas, a potência identificada em cada lâmpada avaliada, o consumo de energia identificado em cada reator avaliado e o ciclo de operação do sistema de iluminação.

A Tabela 1 relaciona os equipamentos eficientes (LED para iluminação) e os equipamentos sugeridos para serem substituídos.

A quantidade de lâmpadas foi considerada para o cálculo da potência elétrica consumida.

Observa-se que algumas lâmpadas instaladas na AMOP já estão sendo utilizadas tecnologia LED, sendo que estas não são sugeridas para serem substituídas por não apresentarem vantagens energéticas.

O ciclo de operação foi observado para saber o consumo mensal de energia elétrica, pois de acordo com a utilização ter-se-á a potência consumida pela lâmpada neste espaço de tempo. A partir da potência e do tempo de utilização, calcula-se o consumo mensal relativo a cada tipo de lâmpada e o consumo mensal total relativo a iluminação.

4. CONTEXTO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

A AMOP foi criada em 1969 com a finalidade de promover o desenvolvimento econômico, social e administrativo dos municípios de sua área de abrangência, através da ampliação e do fortalecimento da capacidade administrativa e da promoção de instrumentos de cooperação entre os municípios e com os governos federal e estadual (ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO OESTE DO PARANÁ, 2018) e hoje representa 54 municípios.

A sede da entidade está localizada na Rua Pernambuco, número 1936 no centro de Cascavel, estado do Paraná. Possui uma edificação com 1214,81 metros quadrados de área construída distribuída entre salas de trabalho, salas de reuniões e auditório.

A média anual do consumo de energia elétrica da associação é de 1636 kWh/mês (quilo watts hora por mês) e o padrão de energia é em baixa tensão com tarifa COPEL de R\$ 0,779304 por kWh consumido.

Atualmente a eficiência energética é prioridade na AMOP e devido a isso, a edificação conta com uma usina solar fotovoltaica com potência de 13 kWp (quilo watts pico) desde dezembro de 2014 evitando lançar na natureza 45 toneladas de dióxido de carbono e economizando desde a entrada em operação 45 MWh (mega watts hora) de energia elétrica (dados de 25/09/2018).

No prédio da AMOP os circuitos de iluminação foram projetados e instalados para funcionamento independentes e em cada ambiente existem interruptores para grupos de luminárias. O sistema de iluminação é constituído por lâmpadas fluorescentes, incandescentes, halógenas e LED e está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação de equipamentos de iluminação instalados na AMOP

Equipamento atual	Pot. (watts)	Quant. (unidade)	Uso (horas/dia)	Consumo (watts/mês)
Fluorescente tubular 28 watts T5	28	109	4	
Reator 1x28 watts 127 volts	6	7	4	
Reator 2x28 watts 127 volts	7	51	4	289884
Fluorescente tubular 32 watts T8	32	47	8	
Reator 1x32 watts 127 volts	1	5	8	
Reator 2x32 watts 127 volts	2	21	8	260568
Fluorescente tubular 36 watts T8	36	86	4	
Reator 2x36 watts 127 volts	8	43	4	288960
Fluorescente compacta 20 watts 127 volts	20	8	10	33600
Halógena palito 300 watts 127 volts	300	2	0,5	6300
Incandescente 50 watts 127 volts	50	1	0	
Dicroica LED 5 watts 127 volts	5	16	4	
Bulbo LED 7,5 watts 127 volts	7,5	35	8	
Bulbo LED 12 watts 127 volts	12	1	0,5	
Bulbo LED 16 watts 127 volts	16	3	2	
Luminária LED 16 watts 127 volts	16	4	0,1	
Tubo LED 18 watts T8 127 volts	18	37	8	
Consumo dos equipamentos atuais com sugestão de substituição				879312

Fonte: Elaborada pelos autores.

5. APRESENTAÇÃO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO

Os equipamentos sugeridos para substituição com seu respectivo consumo mensal são apresentados na Tabela 2 que mostra a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas de tecnologia LED. Esta substituição será feita de forma direta, ou seja, uma lâmpada fluorescente por uma lâmpada LED, com respectiva redução de consumo de energia elétrica, mas com o mesmo fluxo luminoso.

Tabela 2 - Equipamentos de iluminação atuais e sugeridos para substituição

Equipamento atual	Quantidade (unidade)	Equipamento sugerido	Consumo estimado (watts/mês)
Fluorescente tubular 28 watts T5	109	Tubo LED 17,3 watts T5	158398,8
Fluorescente tubular 32 watts T8	47	Tubo LED 18 watts T8	142128
Fluorescente tubular 36 watts T8	86	Tubo LED 18 watts T8	130032
Fluorescente compacta 20 watts	8	LED Bulbo 7,5 watts	13440
Incandescente 50 watts	1	-	-
Halógena palito 300 watts	2	Projektor LED 50 watts	1050
Consumo estimado			445048,8

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir do levantamento das características do sistema de iluminação existente em todos os setores da AMOP, constatou-se que as lâmpadas fluorescentes e as lâmpadas halógenas podem ser substituídas por lâmpadas de tecnologia LED, que são mais eficientes.

Na Tabela 3 são listados os equipamentos sugeridos para a substituição e os valores que foram orçados em três lojas do comércio local. O valor apresentado é a média dos orçamentos.

Tabela 3 – Valor de equipamentos com sugestão de substituição

EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE (unidade)	VIDA ÚTIL (horas)	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Tubo LED 17,3 W T5	109	25000	19,90	2169,10
Tubo LED 18 W T8	47	25000	20,05	942,35
Tubo LED 18 W T8	86	25000	20,05	1724,30
LED bulbo 7,5 W	8	25000	8,43	67,44
Incandescente 50 watts	1		-	-
Refletor LED 50 W	2	30000	58,46	116,92
Mão de obra				1500,00
VALOR TOTAL PARA A SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS				R\$6520,11

Fonte: Elaborada pelos autores.

6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES

Os dados apresentados na Tabela 4 mostram que no caso da substituição das lâmpadas instaladas por lâmpadas de tecnologia LED é possível uma economia mensal de 434,26 kWh o que corresponde a 58% do consumo de iluminação atual.

Tabela 4 - Economia mensal após retrofit de iluminação

TOTAL INSTALADO (watts/mês)	TOTAL SUGERIDO (watts/mês)	ECONOMIA (watts/mês)	ECONOMIA (R\$/mês)
879312	445048,8	434263,2	R\$338,42

Fonte: Elaborada pelos autores.

Levando em consideração o mês de setembro/2018 (tarifa COPEL 1kWh = R\$ 0,779304), o valor de R\$ 338,42 é economizado mensalmente, totalizando ao final de um ano a economia de R\$ 4061,08. Analisando a Tabela 3 e a Tabela 4, observou-se que em um ano e sete meses o valor economizado paga a substituição das lâmpadas.

Este trabalho não levou em consideração a economia relativa ao aumento da vida útil dos equipamentos sugeridos para a substituição, pois a vida útil das lâmpadas fluorescentes é de 8000 horas e para luminárias com tecnologia LED é de 25000 horas.

Considerando que a etiquetagem de edifícios públicos visa tornar a edificação mais eficiente energeticamente, outros elementos deveriam ser agregados a estudos dessa natureza como exemplo a divisão de circuitos, o uso de sensores de iluminação para o controle de luminárias e a substituição de equipamentos de ar condicionado.

Sabendo-se que a classificação energética abrange, além da iluminação, fatores como ar condicionado e envoltória e que o acréscimo destes parâmetros demanda um estudo mais detalhado, não foi possível afirmar que houve melhora na classificação energética. Porém, constatou-se redução no consumo de energia elétrica com consequente diminuição de custos na conta de energia.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível concluir que é viável a redução de consumo de energia elétrica com a substituição das lâmpadas de tecnologias convencionais por lâmpadas de tecnologia LED tendo o mesmo fluxo luminoso.

Analisando pela vida útil dos equipamentos instalados e sugeridos, tem-se que os equipamentos com tecnologia LED tem durabilidade de três vezes mais, ou seja, a cada três

substituições dos equipamentos atuais, executa-se somente uma substituição dos equipamentos com tecnologia LED.

Neste trabalho verificou-se a simples substituição de equipamentos por mais eficientes, mas vale lembrar que o caminho a seguir deve ser em primeira instância a elaboração de projeto luminotécnico a fim de verificar o nível de iluminância correta para cada ambiente estudado e posterior análise da economia de energia elétrica diante deste novo panorama.

Como sugestão para estudos futuros a fim de verificar a melhoria da classificação energética, pode-se citar também a substituição dos equipamentos de ar condicionado e a envoltória que considera fatores externos como: telhado verde, cor do edifício, aberturas, entre outros.

As lâmpadas fluorescentes tem um agravante ambiental por possuírem mercúrio na sua composição e em caso de quebra da lâmpada este componente pode contaminar o meio ambiente, diferente do que ocorre na lâmpada de tecnologia LED, em que este componente não é utilizado.

Como a AMOP consome em média 1636 kWh ao mês de energia para a realização de suas diferentes atividades, é necessário pensar formas de economizar energia considerando não somente o gasto monetário mas também as questões ambientais.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401 - Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO OESTE DO PARANÁ. Acervo Digital. Disponível em: <<http://www.amop.org.br/institucional-2/conheca-a-amop/>>. Acesso em 25/09/2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030. Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério de Minas Energia. Plano Nacional de Eficiência Energética. Brasília, 2011.

BRASIL. Diário Oficial da União – Seção 1, N° 106. Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2018: Ano base 2017. Rio de Janeiro, 2018.

BUENO, M. Revista Dental Press Estética. Maringá, v 7, jan. / fev. / mar. 2010.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Acervo Digital. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/noticias-opinioa/noticias/noticialeitura?contentid=CCEE_640851&_afLoop=195651850771968&_adf.ctrl-state=1a5qupgojn_51#!%40%40%3Fcontentid%3DCCEE_640851%26_afLoop%3D195651850771968%26_adf.ctrl-state%3D1a5qupgojn_55>. Acesso em 23/09/2018.

ELETROBRAS/PROCEL EDIFICA/INMETRO/CB3E-UFSC. Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações. Rio de Janeiro, 2013.

ELETROBRAS/PROCEL EDIFICA/INMETRO/CB3E-UFSC. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) – Versão 2. Rio de Janeiro, 2014.



LOUÇANO, N. R. Eficiência energética em edifícios: Gestão do sistema iluminação. 2009.

1. ORGANIZAÇÃO DE AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA. Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance. Canadá, 2012.