

IMPLICAÇÃO ENERGÉTICA DA IMPLANTAÇÃO DE SENSORES DE MOVIMENTO PARA A ILUMINAÇÃO EM DIFERENTES AMBIENTES

DANILO LOSANO ALVES DE AZEVEDO¹, FELIPE MOURA TAHARA², LAIS DE ANDRADE SATO*¹ & PEDRO GUSTAVO DAVID PEDROSA¹

¹Graduação em Engenharia de Controle Automação - Faculdade de Engenharia Mecânica;

²Graduação em Engenharia Elétrica - Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação

*E-mail do autor correspondente: lais.asato@gmail.com

RESUMO: Hoje em dia todos se depararam diariamente com questões ambientais das mais diversas. Nesse trabalho é discutido o uso das Lâmpadas Incandescentes, Lâmpadas Fluorescentes e LEDs em sistemas automáticos, procurando responder se é sempre viável a utilização de sistemas automáticos de iluminação e se as Lâmpadas Fluorescentes são as mais econômicas em todos os casos. Para isso, são definidas as principais variáveis para comparação como o número limite de acionamento do sensor por dia e o número de lâmpadas necessárias para cada tipo de ambiente, o que nos permite definir se a utilização do sensor se torna vantajosa para o usuário e para o meio ambiente. Obteve-se que em um ambiente pequeno com a utilização de sensores e lâmpadas fluorescentes que são ativados 20 vezes diariamente, uma família estaria gastando R\$ 12,35 a mais para cada 1250 dias, para cada lâmpada do que se estivesse utilizando lâmpadas fluorescentes que se mantêm ligadas por todo o período necessário. Conclui-se que a utilização de sensores nem sempre se apresenta benéfica como se tende a acreditar.

PALAVRAS CHAVE: Lâmpada Incandescente, Lâmpada Fluorescente, LED, Economia.

ENERGETIC IMPLICATION OF DEPLOYMENT OF MOTION SENSORS FOR ILLUMINATION IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

ABSTRACT: Nowadays everybody faces daily the most diverse environmental issues. This work discusses the use of Incandescent Lamps, Fluorescent Lamps and LEDs in automated systems, guided by the following questions: Is it always feasible to use automatic lighting systems? Are Fluorescent lamps the most economical in all cases? For this, the main variables for comparisons are defined as the number limit of the sensor drive per day and the number of lamps required for each type of environment. This allows us to define whether the use of the sensor becomes advantageous for the user and for the environment. Some interesting results come up, for example, in a small environment with the use of sensors and fluorescent lamps, a family would be spending an extra R\$ 12.35 per 1250 days for each lamp rather than with a fluorescent lamp that remains turned on for the whole period it's needed. It can be seen then that the use of sensors has not always been beneficial as constantly states us the conventional wisdom.

KEYWORDS: Incandescent Lamp, Fluorescent Lamp, LED, Economics.

INTRODUÇÃO

A discussão gerada em torno do consumo energético de lâmpadas é muito difundida no mundo inteiro. Problemas ambientais gerados pela utilização de lâmpadas fluorescentes, como o descarte no final de sua vida útil, analisado em NAIME & GARCIA (2004), ou ainda problemas com o mercúrio, como discutido em DURÃO JÚNIOR & WINDMÖLLER (2008), são

largamente analisados. O maior problema das lâmpadas incandescentes é a geração excessiva de calor, onde seu espectro mostra que a quantidade de energia luminosa gerada é baixa quando comparada com o calor obtido.

Lâmpadas incandescentes são dispositivos elétricos que transformam energia elétrica em energia luminosa e térmica, gerada pela passagem de corrente por um filamento que

torna-se incandescente gerando calor e energia luminosa.

Lâmpadas fluorescentes possuem internamente gases inertes a baixa pressão, comumente o árgon. Possuindo um par de eletrodos em cada extremo, o vidro é revestido por material a base de fósforo que, excitado com radiação ultravioleta gerada pela ionização dos gases, produz luz visível.

Lâmpadas LED (*Light Emitting Diode*) dependem do cristal e da impureza de dopagem com que são fabricada para emitir luz na cor desejada, ela é conhecida, industrialmente, como um diodo emissor de luz.

Quando o assunto de economia de energia elétrica entra em pauta, pensa-se logo em alternativas básicas, como a troca das lâmpadas incandescentes pelas lâmpadas fluorescentes / LEDs, como é analisado no comparativo realizado por GREGGIANIN *et al.* (2013), ou ainda a implantação de sensores de presença para iluminação, como foi analisada para um ambiente específico por AVELAR *et al.* (2009).

Sensores de presença são alternativas baratas e acessíveis devido à facilidade de utilização e instalação, mas nem sempre são uma alternativa viável quando o assunto é economia de energia. O funcionamento de um sensor de presença é basicamente medir a distância de um ponto (podendo ser uma pessoa ou um objeto) ao sensor, e então ele acionará um dispositivo elétrico. Tal medição pode ser realizada via infravermelho, ondas acústicas, etc., mais informações e análises físicas são encontradas em FRADEN (1993). No entanto, para analisar melhor a eficiência energética desse sistema,

deve-se entender o funcionamento básico das lâmpadas.

Acionando-se um interruptor, a corrente elétrica passa pela lâmpada (seja ela incandescente, fluorescente ou LED), ocasionando um pico de tensão, como visto na Figura 1. Tal pico, apesar de possuir uma curta duração, pode representar uma parcela no consumo de energia da lâmpada, gasto energético equivalente ao de cinco minutos de utilização comum, segundo MATSON (2008). Sendo assim deve-se salientar que um sensor de presença economizaria energia desligando a lâmpada quando o local estivesse vazio, mas ele também pode ligar e desligar diversas vezes, dependendo do fluxo de pessoas no local, o que pode, além de aumentar o gasto energético, diminuir a durabilidade da lâmpada, se esta for fluorescente, como visto em BABAZONO (2013).

A economia de energia elétrica não é apenas uma questão financeira mas também uma questão ambiental. Segundo JANNUZZI (2001) todas as fontes de geração de energia causam um impacto ambiental, sendo assim, é necessário cuidado quanto a sua utilização pois, caso contrário, não existirá meios para obtenção de energia futuros. Tendo isso em vista, este trabalho desenvolve um estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes e lâmpadas fluorescentes controladas por um sistema de sensoriamento, a fim de averiguar qual dessas modalidades apresenta um melhor ganho ambiental em termos de economia de energia. A análise será ainda estendida para três tipos de ambientes com tamanhos e fluxos de pessoas diferente e que requerem, segundo a Associação

Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1992) em NBR-5413, quantidades de lâmpadas diferentes. Além do comparativo entre o custo da utilização de cada tipo de lâmpada em um ambiente.

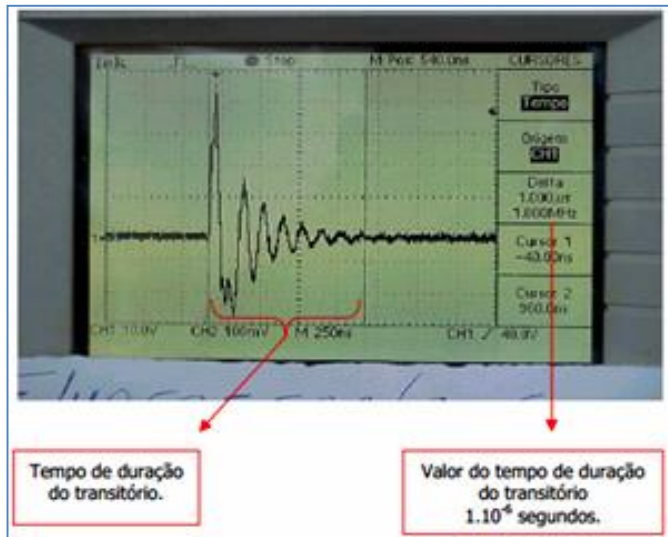


Figura 1. Pico de tensão ao ligar uma Lâmpada Fluorescente (Fonte: Finder Componentes Ltda)

MATERIAL E MÉTODOS

O método a ser desenvolvido consiste em uma análise comparativa entre a utilização ou não de sensores em lâmpadas fluorescentes. A comparação foi feita com base em uma simulação financeira do preço gasto para cada um desses dois sistemas em três ambientes comuns, que está diretamente relacionada com o consumo energético. Os ambientes são: A) PEQUENO: uma sala doméstica, B) FECHADO SEM ILUMINAÇÃO EXTERNA: um ambiente fechado como um corredor ou depósito de uma indústria e C) GRANDE COM JANELAS: um ambiente grande e arejado, com muitas janelas para iluminação ao longo do dia, como o corredor da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) da UNICAMP.

Utilizando-se os dados da UNIVATES (2008) relativos a vida útil de uma lâmpada com

base em acionamento dos sensores, e do artigo de MATSON (2008) em termos de picos de consumo ao se ligar uma lâmpada fluorescente, é possível calcular o número limite de acionamento diário de um sensor no qual, em termos econômicos e ambientais, a utilização do sensor se torna vantajosa.

Os cálculos foram baseados nos gastos teóricos gerados por uma lâmpada Philips segundo PHILIPS (sd) de 11 Watts e R\$10,00 de custo, preço estimado, levando-se em consideração uma simulação durante 1.250 dias, tempo equivalente às 10.000 horas de funcionamento da lâmpada, como indicado em PHILIPS (sd), e uma tarifa de R\$0,31686 por KWh cobrado pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) referente ao período compreendido entre os dias 8 de Abril de 2014 e 7 de Abril de 2015, segundo AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (sd). Os cálculos comparativos para os três ambientes foram definidos da seguinte forma:

1. Cálculos realizados para uma sala de estar doméstica: Utilizando uma média de horas em que uma lâmpada permanece ligada de 8 horas durante o período noturno, o consumo em reais para o período de 1.250 dias pode ser encontrado pela seguinte fórmula: $Preço = P * h * d * t / 1000 + 10$, sendo P o valor de 11W de potência da lâmpada, h o valor em horas em que a lâmpada permanecesse ligada por dia, neste caso, 8 horas, d o número de dias da simulação, 1250 dias, e t o valor da tarifa de R\$ 0,31868 cobrada pela CPFL. O custo total calculado para uma lâmpada ligada de modo ininterrupto seguindo as condições previamente

definidas é de R\$ 44,85 para os 1250 dias. Este custo pode ser comparado com o custo desta mesma lâmpada controlada por um sensor. Divide-se o custo em três partes. A primeira é o consumo de energia, calculado como R\$ 26,14 considerando que, com a utilização de sensores para poupar energia, uma família pode, em média, poupar 2 horas de energia por dia, restando então 6 horas diárias de consumo. A segunda parte consiste no número de lâmpadas que são queimadas, além da lâmpada que iria atingir seu limite de funcionamento com as 10.000 horas já definidas. Sabendo-se que uma lâmpada fluorescente resiste ao longo de 15330 acionamentos de sensores, como indicado em UNIVATES (2008), em um período de 1250 dias, esta segunda parte do custo pode ser calculada como $(d * n / 15330 + hn / h) * pr$, sendo pr o custo de R\$ 10,00 aproximado para cada lâmpada, hn a nova quantidade de horas de energia gasta por dia com o sensor, neste caso, 6, e n o número de acionamentos do sensor ao longo de um dia. A terceira parte leva em consideração o gasto extra em energia em que uma lâmpada fluorescente leva para que seja acesa, fato este que acontece para cada acionamento do sensor. Tal gasto, também citado acima, é equivalente a cinco minutos de consumo cada vez que um sensor é acionado. Portanto o gasto extra em consumo pode ser calculado como $5/60 * n * P * d * t / 1000$.

2. Cálculos realizados para um ambiente fechado (Ex. Almojarifado ou Corredores): Desejando-se agora realizar a mesma comparação para um ambiente fechado, que possui um grande fluxo de pessoas, é possível

fazer a mesma comparação do primeiro ambiente, com as mesmas fórmulas, sendo modificados apenas os seguintes valores: O número de horas h em que o ambiente permaneceria, hipoteticamente, com a luz ligada é de 16 horas, todo horário excluindo-se das 22h às 06h da manhã, horário em que a movimentação em ambientes fechados é baixa, e o número de horas hn em que o ambiente com a utilização de sensores permaneceria com a lâmpada acesa é dada pelo número de interações do sensor multiplicado por 3 minutos, sendo considerado este o tempo médio em que uma lâmpada permaneceria acesa após a ativação do sensor. Tal valor será considerado para este e o próximo ambiente e não foi considerado no primeiro pois sabe-se que em um ambiente como uma sala de estar a permanência tende a ser bem superior a 3 minutos, podendo chegar a valores superiores a horas, e então foi considerado 6 horas.

3. Cálculos realizados para um ambiente grande com janelas (Ex. Corredor da Faculdade de Engenharia Mecânica / UNICAMP): Por último, considerando um ambiente em que se deseja uma iluminação por todo o período noturno sem necessidade do período diurno, por ser aberto, considerou-se o número de horas h como 12 horas. Todos os outros parâmetros foram considerados os mesmos para o ambiente fechado.

Uma vez realizados os cálculos apresentados para os três ambientes e igualando os três tipos de consumo da lâmpada com sensor à uma lâmpada comum funcionando pelas h horas já definidas, é possível calcular um número máximo de interações do sensor para que a

utilização do sensor traga vantagens em termos de economia de energia para cada um dos três ambientes. Ainda, considerando a norma NBR 5413 da ABNT, que define o número de lâmpadas que deve estar presente para cada tipo de ambiente, é possível definir em reais as diferenças de consumo que cada um dos métodos de iluminação pode ter em relação ao outro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada ambiente analisado houve um valor de interação do sensor da lâmpada fluorescente (ligar/desligar) que tornou os gastos energéticos da lâmpada com sensores mais caros do que se a lâmpada estivesse ligada durante todo o período. Tais valores se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Área de cada ambiente considerando ambientes retangulares (ÁREA) e Número limite de interações por dia (NLI) que torna viável o uso de sensor de presença

AMBIENTE	ÁREA m ²	NLI
PEQUENO	20	9
FECHADO SEM ILUMINAÇÃO EXTERNA	15	55
GRANDE COM JANELAS	100	43

De acordo com a Tabela 1, observa-se que para cada tipo de ambiente, devido às suas características de fluxo e permanência de pessoas, houve certa diferença entre os números limites de interações com os sensores. Para um ambiente pequeno, como uma sala de estar ou um quarto, este número foi calculado como nove, como pode ser analisado na Figura 2. Isso significa que, caso seja comum em um ambiente similar ao estudado uma ativação maior que nove vezes por noite de uma lâmpada

fluorescente, seria mais econômico substituir tal sistema de sensoriamento por uma lâmpada que se mantém acesa ininterruptamente pelas oito horas necessárias. Caberia, então, ao consumidor analisar se a sua necessidade está de acordo com a utilização ou não de sensores. Já para o ambiente fechado e o ambiente aberto, o número limite de interações se mostrou maior, o que permite concluir que para circulações limitadas, pode se tornar vantajoso a utilização de sensores.

Para fins comparativos, com base na norma NBR-5413 da ABNT que determina a quantidade de lux para cada ambiente (considerando idade inferior a 40 anos, velocidade e precisão sem importância e refletância do fundo da tarefa de 30% a 70%), nas luminescências médias de lâmpadas presentes em PHILIPS (sem ano) e apresentadas na tabela 2, Incandescente de 25W, Fluorescente de 11W e LED de 4W, e nas áreas médias estipuladas para cada um dos três ambientes, calculou-se quantas lâmpadas são necessárias para que esses ambientes apresentem uma iluminação sadia em lux (luminescência/área). Os valores das lâmpadas também estão apresentados na Tabela 2.

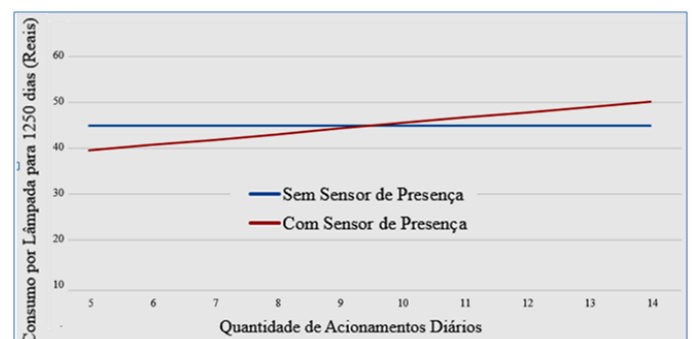


Figura 2. Comparativo do Gasto para Lâmpadas Com e Sem Sensor de Presença, para o Ambiente: Sala de Estar Doméstica

Tabela 2. Valores de lux para os três ambientes segundo NBR-5413 e quantidade de lâmpadas de três tipos (INC= Incandescente; FLU: Fluorescente e LED) calculadas de acordo com as áreas.

AMBIENTE	Valor Lux	INC (25W)	FLU (11W)	LED (4W)
PEQUENO	200	18	7	16
FECHADO SEM ILUMINAÇÃO EXTERNA	100	7	3	6
GRANDE COM JANELAS	200	87	34	80

Considerando o ambiente pequeno e utilizando como base a lâmpada fluorescente, sete lâmpadas seriam necessárias para iluminar o cômodo. Considerando que uma família opta por utilizar sensores na sua sala de estar, e a média de vezes em que uma pessoa passa na frente do sensor é dada por 20, esta família estaria gastando R\$ 12,35 a mais para cada 1.250 dias (aproximadamente três anos e meio) para cada lâmpada, o que seria um total de R\$ 86,45 para as sete lâmpadas. Se for contabilizado ainda os gastos iniciais com a compra dos sensores, este valor pode se apresentar ainda maior. No entanto, para o caso de uma empresa que possui um corredor externo (ambiente fechado) e que o fluxo diário de pessoas é dado por 20, esta empresa estaria economizando com sensores um total de R\$ 1139,68 para cada três anos e meio (1250 dias). Percebe-se então que a utilização de sensores nem sempre se apresenta benéfica. Deve-se ter uma atenção especial em relação ao número de vezes que os sensores serão acionados tanto para planejar a implementação destes quanto para utilizá-los propriamente.

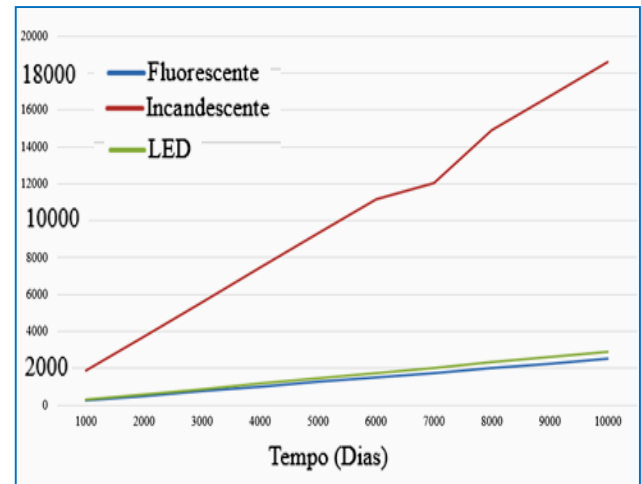


Figura 3. Comparativo de preços para Lâmpadas Fluorescentes, Incandescentes e LEDs para o Ambiente: Sala de Estar Doméstica

Possíveis alternativas ao gasto excessivo com o acionamento de sensores em lâmpadas fluorescentes seriam a utilização de lâmpadas incandescentes ou LEDs que não queimam com o acionamento excessivo. Para tal, tendo em vista que para ambientes onde tem-se alto acionamento da lâmpada, por exemplo acima de 9 (nove) acionamentos por dia, para uma sala de estar doméstica, precisa-se modificar o tipo de lâmpada utilizado. De acordo com a Figura 3 perceber-se que, em termos de energia gasta, a lâmpada de LED apresenta valores próximos à lâmpada fluorescente, que são muito inferiores aos valores da lâmpada incandescente. Considerando ainda que a lâmpada LED não apresenta pico de corrente quando acionada por um sensor, a sua utilização torna-se altamente recomendada, mesmo diante do seu alto custo em relação às outras lâmpadas. Logo, para a utilização de um sensor de presença ser justificável economicamente e energeticamente, torna-se necessário a análise do número de acionamento de tal sensor, se este número for maior que o limite, então torna-se mais viável a

não utilização do sensor. Caso a utilização de sensores seja necessária ou ainda viável, prefere-se que em vez de lâmpadas fluorescente utilizem-se lâmpadas LED, devido à sua economia de energia a longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Tarifas Residenciais Vigentes. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493> Acesso em: 15 junho 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- AVELAR, F. C.; SILVA, K. S.; PARADA, M. Y. I. Análise Energética do Uso de Sensores de Movimento para Acionamento de Lâmpadas em um Condomínio. Revista Ciências do Ambiente On-Line, Vol. 5, N. 1, 2009. Disponível em: <http://www2.ib.unicamp.br/revista/be310/index.php/be310/article/viewFile/182/135> Acesso em: 08 junho 2014.
- BABAZONO, M. M. Queima de lâmpadas fluorescentes com sensor de presença. Agosto 2013. Disponível em: <http://www.flashautomacao.com.br/noticia/5/queima-de-lampadas-fluorescentes-com-sensor-de-presenca.html> Acesso em: 07 junho 2014.
- DURÃO JÚNIOR, W. A.; WINDMÖLLER, C. C. A Questão do Mercúrio em Lâmpadas Fluorescentes. Revista Eletrônica Química Nova Na Escola, N. 28, 2008. Disponível em: <http://www.qnesc.sbg.org.br/online/qnesc28/04-QS-4006.pdf> Acesso em: 10 junho 2014.
- FINDER COMPONENTES LTDA. Correntes de acionamentos para lâmpadas. Disponível em: http://www.instalacoeseletricas.com/download/corrente_lampadas.pdf Acesso em: 06 junho 2014.
- FRADEN, JACOB. **AIP handbook of modern sensors: physics, designs and applications.** Nova York, NY, EUA: American Institute of Physics, 1993. 552p.

- GREGGIANIN C. A.; MARCHESINI, I. A.; BITTAR, J. B. P.; LOSS, J.; TAVARES, S. F.; DE JESUS, R. A.; SIMÃO FILHO, J.; MORAES E SILVA, J. M. Estudo comparativo entre lâmpadas: incandescentes, fluorescentes compactas e LED. Espaço Energia, N. 18, 2013. Disponível em: <http://www.espacoenergia.com.br/edicoes/18/EE018-07-11%20Comparative%20study%20of%20bulbs%20incandescent%20bulbs%20fluorescent%20bulbs%20and%20LED%20bulbs.pdf> Acesso em: 09 junho 2014.
- JANNUZZI, G. M. Energia e Meio Ambiente. Revista Eletrônica Com Ciência, N. 22, 2001. Disponível em: http://www.comciencia.br/reportagens/energia_eletrica/energia12.htm Acesso em: 10 junho 2014.
- MATSON J. Does Turning Fluorescent Lights Off Use More Energy Than Leaving Them On? Scientific American, 2008. Disponível em: <http://www.scientificamerican.com/article/turn-fluorescent-lights-off-when-you-leave-room/> Acesso em: 10 junho 2014.
- PHILIPS. Catálogo de Produtos: Lâmpadas. Disponível em: <http://www.ecat.lighting.philips.com.br/lampadas/41334/cat/> Acesso em: 07 junho 2014.
- UNIVATES. Lâmpada Fluorescente: ligar ou desligar, eis a questão. 2008. Disponível em: <https://univates.br/noticias/3729-lampada-fluorescente-ligar-ou-desligar-eis-a-questao> Acesso em: 09 junho 2014.