



**XIENCAC**  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

**VIIELACAC**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

## **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE FONTES DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM EDIFICAÇÕES (LÂMPADAS DE DESCARGA DE BAIXA PRESSÃO) – ANÁLISE ECONÔMICA**

**Gustavo Duarte Neves (1); Paulo Sérgio Scarazzato(2); Ariovaldo Denis Granja (3)**

(1) Eng. Mecatrônico, aluno-especial de Mestrado do Programa de Pós-Graduação Faculdade de Eng. Civil,  
Arquitetura Urbanismo UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, Brasil –  
e-mail: gustavo-neves@ig.com.br

(2) Dr, Professor da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP – Universidade Estadual  
de Campinas, Brasil – e-mail: paulosca@fec.unicamp.br

(3) Dr, Professor da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP – Universidade Estadual  
de Campinas, Brasil – e-mail: adgranja@fec.unicamp.br

### **RESUMO**

A constante procura por eficiência em projetos de iluminação nas edificações tem envolvido os profissionais da construção civil, engenharias e arquitetura em buscar por informações confiáveis que melhor adéquem as inúmeras fontes de iluminação disponíveis. Assim, o objetivo deste estudo é demonstrar o comparativo de dois tipos de lâmpadas de descarga de baixa pressão – as lâmpadas fluorescentes tubulares e as lâmpadas de catodo frio – quanto a sua eficiência e os benefícios da eventual substituição (*retrofit*). Abordando as características peculiares destas lâmpadas, calcula os fatores econômicos *Payback*, *VPL* e *TIR*, e também apresenta argumentos para tomada de decisão do investidor a partir dos custos iniciais de implantação, de operação e de manutenção dos sistemas de iluminação. Toda a análise foi realizada através da comparação dos valores luminotécnicos e de eficiência energética obtidos por meio dos dados fornecidos pelos diferentes fabricantes para as aplicações das lâmpadas. Como resultado, verificou-se maior viabilidade econômica para o catodo frio, principalmente devido ao seu maior tempo de vida útil e baixo consumo de energia elétrica, tornando o retorno sobre o investimento inicial próximo de 2,6 anos com taxas de retorno de 23,8% para uma das condições adotadas.

Palavras-chave: Lâmpadas Fluorescentes, Lâmpadas de Catodo Frio, Estudo Comparativo, Payback, Retrofit

### **ABSTRACT**

The current search for lighting efficiency on building projects has involved constructors, engineers and architects to look for reliable information which fits different available light sources. Thus, the main objective of this study is to present a comparison between two low discharge lamps – fluorescent lamps and cold cathode lamps – concerning its efficiency and the eventual retrofit benefits. Considering both peculiar characteristics calculates economic index as Payback, NPV and IRR and also presents arguments to investor's decision covering initial costs, operation costs and maintenance of the lighting systems. All analysis was meant by the illumination and energetic efficiency values obtained by the different manufacturer's data for its appliance. As a result, cold cathode turned as a better alternative because its long life span and low energy consumption costs bringing payback close to 2,6 years and IRR to 23,8% for one of the conditions observed.

Keywords: Fluorescent Lamps, Cold Cathode Lamps, Comparative Study, Payback, Retrofit

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Qualidade na Iluminação**

Desde o advento da lâmpada elétrica de Edson em 1879, e ao longo de quase todo o século XX, houve prevalência dos aspectos quantitativos nas recomendações e normas para projetos de iluminação. Mais recentemente, contudo, considerações sobre qualidade da iluminação e sua influência na saúde humana têm estado na ordem do dia em fóruns e publicações especializadas. Segundo a IESNA – Illuminating Engineering Society of North America, as bases para o entendimento da qualidade do ambiente visual são dadas através das relações entre: a distribuição de luz com a visibilidade, integração com a luz natural e a poluição visual; a relação entre o ambiente e o local da tarefa considerando a flexibilidade, a aparência do local, luminárias, cor, ofuscamento, tremulação e luminância; e a relação entre a iluminação e as pessoas ou os objetos através de modelagens, pontos de destaque e cintilação, resultando em um modelo (fig. 1) de qualidade que distribui todas estas variáveis dentro de três aspectos: arquitetura, aspectos econômicos e ambientais, e necessidades humanas (IESNA, 2000).

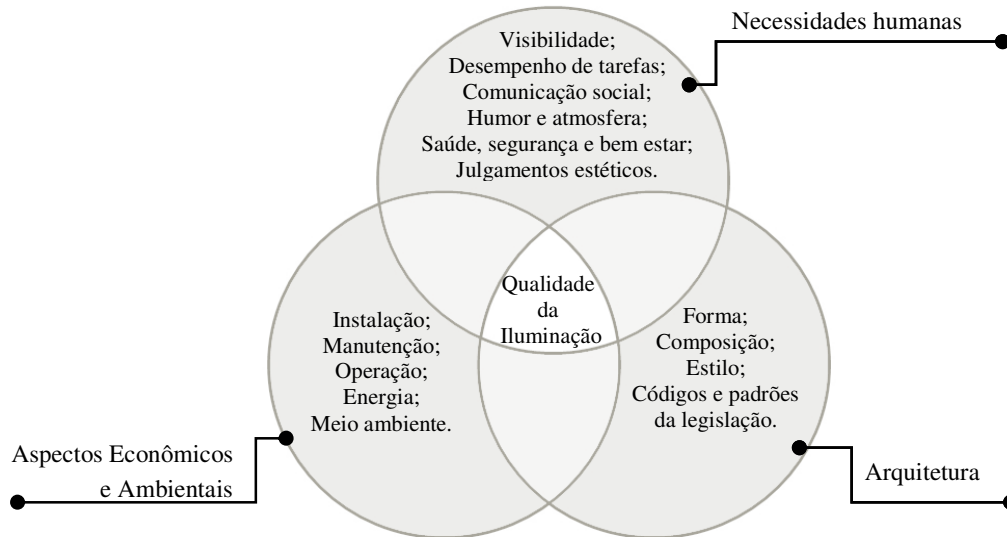


Figura 1. Integração entre necessidades e aspectos descritos pela IESNA (2000) para a obtenção de uma melhor qualidade de iluminação.  
Fonte: MARTAU (2008).

## 1.2 Lâmpadas de Descarga de Baixa Pressão

O conceito científico por detrás das lâmpadas de descarga foi primeiramente identificado em 1675, quando o astrônomo francês Jean Picard observou um fraco brilho num barômetro de mercúrio, utilizado para medir a pressão atmosférica. Só em 1902 em Paris, França, o engenheiro, químico e inventor francês Georges Claude (1870-1960), inspirado nos experimentos do contemporâneo engenheiro e inventor norte-americano Daniel McFarlan Moore (1869-1933) e do físico e inventor alemão Heinrich Geissler (1814-1879), produziu a primeira descarga elétrica em tubo selado contendo gás neônio (Ne) com a intenção de criar uma lâmpada. A partir deste experimento, os tubos de descarga passaram a ser denominados como “tubos de neon”.

A lâmpada de descarga é formada por um invólucro translúcido, também chamado de tubo de descarga, e por dois eletrodos posicionados em suas extremidades, que podem ser hastes metálicas ou filamentos, que assim que aquecidos serão responsáveis pela emissão dos elétrons no interior deste tubo que deve conter, a certa pressão, uma mistura de gás(es) inertes com vapor(es) metálicos. Para seu funcionamento, aplicada uma determinada diferença de potencial externa nos eletrodos, os elétrons provenientes do eletrodo negativo (catodo) são atraídos e acelerados para a outra extremidade, e o eletrodo positivo (anodo), excitando e colidindo com os átomos do(s) vapor(es) metálico(s) durante este percurso.

Sem a quebra da estabilidade do átomo, as chamadas colisões elásticas provocam o aumento da temperatura enquanto as colisões inelásticas provocam a sua ionização. Neste processo, quando ocorre o decaimento do átomo para seu estado de menor energia ocorre a emissão da radiação que, dependendo da sua distribuição espectral, poderá ser utilizada como fonte de luz visível para o ser humano – comprimentos de onda entre 400 e 700 nanômetros – ou então, esta radiação será absorvida pelo revestimento interno deste tubo de descarga, um pó denominado “fósforo” e assim, convertê-la para uma distribuição espectral mais adequada.

As lâmpadas de descarga de baixa pressão, em geral, apresentam pressão interna de cerca de 10-3 atmosferas onde inicialmente existe um meio gasoso não condutor, cujos átomos precisam da aplicação da diferença de potencial externa nos eletrodos para iniciar o processo de excitação e/ou ionização e, portanto, para que seja possível a circulação da corrente elétrica. Quando aplicada a fontes de baixa tensão, praticamente não existe a formação de corrente elétrica entre os eletrodos, porém, quando aplicadas a altas voltagens, acima de um determinado limiar que podem ser de algumas centenas de Volts, ocorre a descarga e a corrente elétrica se eleva bruscamente, podendo atingir valores elevados.

### 1.2.1 Lâmpadas Fluorescentes Tubulares

Aplicada com frequência em projetos de iluminação, as lâmpadas fluorescentes tubulares, como são comercialmente conhecidas, foram desenvolvidas na década de 1940 e seguem o princípio descrito acima. O revestimento interno em pó de “fósforo(s)” é o responsável por absorver e converter as radiações com comprimento de ondas ultravioleta a 253,7 nanômetros – não visível para o ser humano – em emissão de luz visível.

A estrutura interna de uma lâmpada fluorescente convencional é demonstrada na fig. 2.

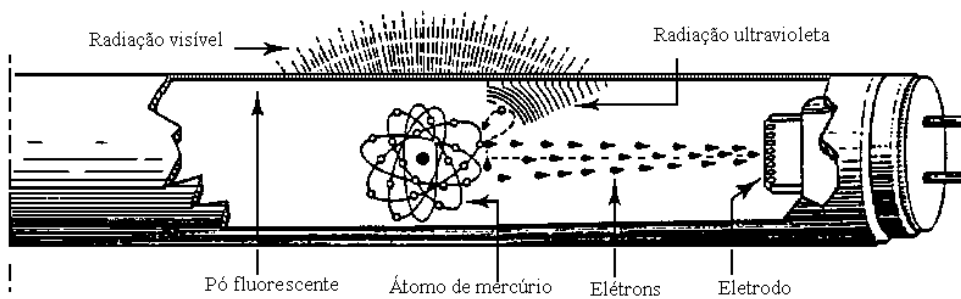


Figura 2. Estrutura interna e princípio de funcionamento de uma lâmpada fluorescente tubular.  
Fonte: Escola Politécnica da USP, PEA - Laboratório de Instalações Elétricas, Lâmpadas Elétricas.

Os eletrodos utilizados nas fluorescentes tubulares também são denominados catodo quente. Por serem constituídos por filamentos em tungstênio, aquecem-se facilmente não sendo necessária a aplicação de altas tensões elétricas para seu acionamento.

### 1.2.2 Lâmpadas de Catodo Frio

As lâmpadas de catodo frio seguem os mesmos princípios das lâmpadas de descarga de baixa pressão. Porém, em sua estrutura construtiva, diferem-se principalmente das fluorescentes tubulares devido à diferente composição dos seus eletrodos. Constituídos por cápsulas metálicas com impurezas menores de 0,1%, parecidas com dedais de ferro, aparentemente indestrutíveis e revestidas internamente por um composto químico emissivo ativo, denominado de “ativação”, utilizam uma superfície maior para a emissão dos elétrons. Produzidos em diferentes tamanhos, podem adequar a necessidade de corrente elétrica a ser aplicada para manutenção do fluxo luminoso desejado.

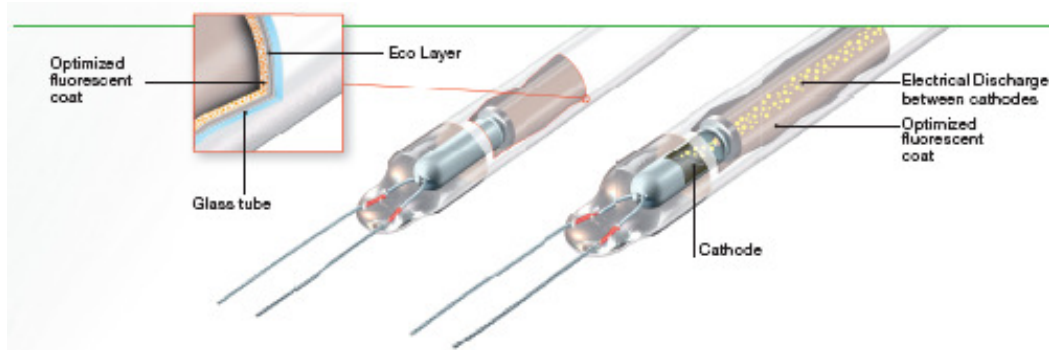


Figura 3. Estrutura interna e princípio de funcionamento de uma lâmpada de catodo frio.  
Fonte: Tecnolux, Catálogo, mar.2010.

Segundo a IESNA, é uma lâmpada de descarga elétrica cujo modo de operação é tal que o brilho da descarga dos vapores metálicos provenientes do revestimento interno fluorescente (fósforo) transforma energia ultravioleta em luz (IESNA, 2009).

Nas lâmpadas de catodo frio faz-se necessária a aplicação de tensões elétricas mais elevadas para ativação do sistema.

Apesar de tecnicamente conhecidas, as lâmpadas de descarga de baixa pressão de catodo frio são pouco estudadas, sendo, portanto, escassa a literatura científica sobre seu desempenho quando comparado com outras fontes de iluminação. Assim, para poder ser realizada, esta pesquisa se valeu de um estudo semelhante sobre a avaliação de viabilidade da instalação de tecnologias economizadoras (YWASHIMA; GRANJA; ILHA,2007).

## 2. OBJETIVO

O objetivo principal deste estudo é verificar a viabilidade econômica das lâmpadas de catodo frio quando comparadas com as fluorescentes tubulares, a partir do desempenho energético de cada uma delas.

Outro objetivo é disponibilizar informações que possibilitem decisões relativas à gestão eficiente do consumo de energia elétrica para fins de iluminação de edifícios, sem prejuízo do conforto visual dos usuários dos mesmos.

## 3. MÉTODO

A análise comparativa entre lâmpadas fluorescentes e lâmpadas de catodo frio considerou os valores luminotécnicos (fluxo luminoso, índice de reprodução de cor, temperatura de cor e distribuição do espectro de energia visível) e os relacionados à eficiência energética (potência, consumo por metro linear e vida útil da lâmpada). A presente pesquisa limitou-se ao comparativo entre a lâmpada de catodo frio, Tecnolux #66-6500-Triphosphor e a comercialmente utilizada lâmpada fluorescente tubular Philips TLD36W/965, devido as suas características e aplicações semelhantes. Este trabalho obteve os dados fornecidos pelos fabricantes em seus catálogos comerciais, portanto ainda carentes de comprovações por meio de testes laboratoriais de entidades homologadas pelas agências reguladoras.

Para análise econômica considerou-se ainda: i. Custos iniciais de implantação do sistema de iluminação, restrito às lâmpadas e reatores necessários para o adequado funcionamento de cada uma das fontes objeto de estudo; ii. Custos de operação do sistema de iluminação e iii. Custos de manutenção das duas fontes, que guarda proporção com a vida útil respectiva.

A análise da tríade – custo inicial, custo operacional e custo de manutenção – permite obter dados consistentes sobre a viabilidade do *retrofit*: substituição das fluorescentes tubulares por lâmpadas de catodo frio.

Entram nessa análise o *Payback Simples*, o *Valor Presente Líquido (VPL)* e a *Taxa Interna de Retorno (TIR)*, termos esses detalhados a seguir:

*Payback Simples* – obtido pelo quociente entre os custos iniciais de implantação, neste caso específico pelo sistema de iluminação, e a redução conseguida no custo de energia elétrica em consequência desta decisão;

*Valor Presente Líquido (VPL)* – obtido pelo somatório de todas as capitalizações/ dispêndios do fluxo de caixa, calculados como valor presente por meio de uma taxa de juros de mercado considerada. Em geral, utiliza-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ou também chamada de Taxa de Oportunidade ou Taxa de Desconto como sendo a taxa paga pelo mercado financeiro para corrigir os investimentos correntes como poupanças e fundos de investimentos etc.

*Taxa Interna de Retorno (TIR)* – é obtida quando o somatório do valor presente do fluxo de caixa é nulo, dentro de um determinado período de tempo adotado.

Um empreendimento será economicamente viável quando a TIR de um investimento for superior a TMA à disposição do investidor, dentro do período calculado. Da mesma maneira, ao se comparar duas possíveis alternativas de investimento, a que oferecer TIR mais elevada irá possibilitar o retorno do capital investido em menor tempo.

Segundo CADDET (1995), a iluminação, de forma geral, é responsável por aproximadamente 30% do total de eletricidade para operar muitos edifícios comerciais, sendo que 2/3 aproximadamente poderiam ser economizados com a utilização de sistemas eficientes de iluminação. Isto representaria uma economia total de cerca de 20% no consumo de eletricidade do edifício. Para isso, o objetivo principal de todo sistema de iluminação eficiente é proporcionar um ambiente visual adequado que forneça a luz mínima necessária à realização das tarefas específicas daquele espaço.

A NBR5413 (1992) – Iluminância de Interiores – estabelece valores médios mínimos para a iluminação artificial em ambientes, definindo iluminância como “o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende a

zero”. Segundo esta norma, as áreas com “iluminação geral usadas ininterruptamente ou com tarefas visuais simples” como em corredores, por exemplo, devem ter iluminâncias médias mínimas da ordem de 75 – 100 – 150 lux, conforme os “fatores determinantes da iluminação adequada”, que levam em consideração as “características da tarefa e do observador”, como a idade, a velocidade e a precisão da tarefa e a refletância do fundo da tarefa.

GHISI (1997) considera que se avaliadas as condições do atual sistema de iluminação e a possibilidade de realização de um *retrofit*, deve-se elaborar um novo projeto luminotécnico para cada ambiente da edificação visando atender as iluminâncias recomendadas pela NBR5413. Sugere-se, ainda, a utilização do método dos lumens por ser um método bastante simples e de fácil entendimento (GHISI, 1997).

As lâmpadas devem ser escolhidas sobretudo pela eficiência luminosa, além da vida útil, temperatura de cor e índice de reprodução de cor (GHISI, 1997).

Neste estudo, o termo *Retrofit* define, especificamente, a substituição de sistemas de iluminação através de tecnologias energeticamente eficientes, visando a conservação de energia elétrica sem detrimento da satisfação e conforto do usuário (GHISI, 1997).

Como existe uma ampla gama de fontes de luz elétrica, tanto na família das fluorescentes, como nas de cátodo frio, esta pesquisa pode suscitar desdobramentos de novos estudos comparativos, para análises de viabilidade de *retrofit*.

#### 4. RESULTADOS

Antes da realização dos cálculos foi necessário assumir algumas premissas. Comparativamente, as lâmpadas têm semelhanças na distribuição do espectro de energia, conforme pode ser observado nas figuras 4 e 5.

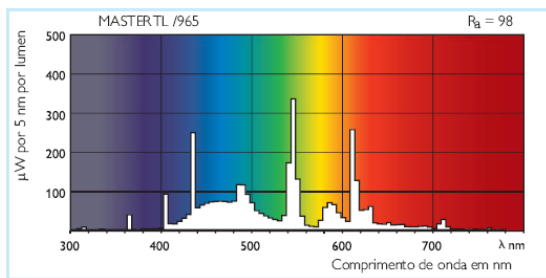


Figura 4. Distribuição Espectral de Energia TLD36W/965

Fonte: Philips, Lâmpadas Fluorescentes Tubulares TLD90 de Luxe Catálogo, out.2009.

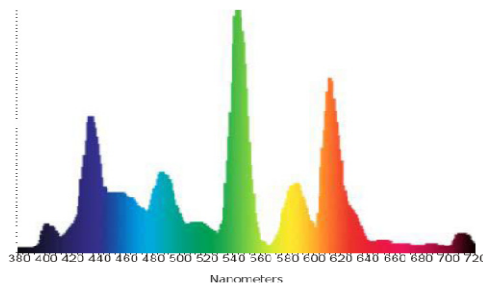


Figura 5. Distribuição Espectral de Energia #66-6500-Triphosphor

Fonte: Tecnolux, Neon Specifier Catálogo, set.2006.

O comparativo a seguir apresenta algumas informações técnicas referente às lâmpadas, utilizadas nos cálculos dos índices econômicos.

Tabela 1. Comparativo entre as lâmpadas estudadas.

Fonte: Philips, Lâmpadas Fluorescentes Tubulares TLD90 de Luxe, out.2009 e Tecnolux Neon Specifier, set.2006.

Lâmpada tipo	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	IRC	Temperatura de Cor (K)	Consumo por Metro Linear (W/m)	Vida Útil (horas)
TLD36W/965 <sup>(1)</sup>	1.213,6	28	36	2.100	95	6200	30	7.500
#66-6500-Triphosphor	6.000,0 <sup>(4)</sup>	15	90	1.250 <sup>(2)</sup>	89	6355	15	100.000
#66-6500-Triphosphor	4.570,0 <sup>(5)</sup>	15	75	2.000 <sup>(3)</sup>	89	6355	16	100.000

<sup>(1)</sup> Reator eletrônico ou eletromagnético convencional.

<sup>(2)</sup> Fluxo Luminoso para diâmetro 15mm a 60mA para 1 m de lâmpada.

<sup>(3)</sup> Fluxo Luminoso para diâmetro 15mm a 120mA para 1 m de lâmpada.

<sup>(4)</sup> Conversor eletrônico ET5060-D, equivale a 5kV e 60mA.

<sup>(5)</sup> Conversor eletrônico EB2120-LD, equivale a 2kV e 120mA.

Para obtenção dos índices econômicos foram considerados os mesmos dados informados na tabela 1, estabelecendo os fluxos de caixa nas seguintes condições:

a. Lâmpadas acesas por 12 horas diárias, 365 dias por ano – uma aplicação bastante próxima da realidade em centros comerciais (shopping centers) e aeroportos, quando não aproveitada a iluminação natural, por exemplo;

b. Custo médio do quilowatt-hora pago de R\$ 0,47;

c. Especificamente no catodo frio, considerada a eficiência dos conversores eletrônicos em sua capacidade máxima de carga, ou seja, 4,57 metros lineares de lâmpadas para EB2120-LD ou 6,00 metros lineares de lâmpadas para ET5060-D;

d. Mão de obra de instalação e/ou manutenção não considerados no cálculo por ser difícil mensurar sua necessidade, tempo de utilização e valor correspondente, observados os impostos trabalhistas envolvidos no cálculo;

e. Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 10,00% ao ano. Para o investidor esta taxa estaria acima do valor nominal de mercado obtido pelos rendimentos – sem o desconto da inflação do período – comparando-se, por exemplo, com a caderneta de poupança que não possui taxa administrativa ou ainda aos rendimentos dos fundos de renda fixa, ambos considerados investimentos bastante seguros pelo mercado financeiro.

Os cálculos financeiros, utilizando-se do conversor eletrônico EB2120-LD:

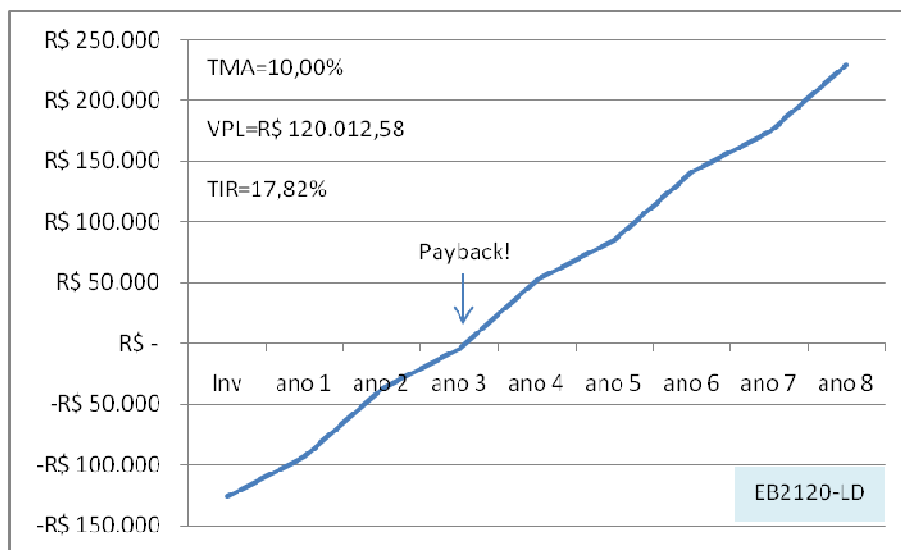
Tabela 2. Comparativo entre as lâmpadas estudadas, considerado conversor EB2120-LD.

Período	Fluorescente TLD36/965	Catodo Frio #66-6500-Triphosphor	EB2120-LD Diferença
Inv	-R\$ 96.909,60	-R\$ 223.039,59	-R\$ 126.129,99
ano 1	-R\$ 74.109,60	-R\$ 40.999,59	-R\$ 93.019,98
ano 2	-R\$ 96.909,60	-R\$ 40.999,59	-R\$ 37.109,98
ano 3	-R\$ 74.109,60	-R\$ 40.999,59	-R\$ 3.999,97
ano 4	-R\$ 96.909,60	-R\$ 40.999,59	R\$ 51.910,04
ano 5	-R\$ 74.109,60	-R\$ 40.999,59	R\$ 85.020,05
ano 6	-R\$ 96.909,60	-R\$ 40.999,59	R\$ 140.930,05
ano 7	-R\$ 74.109,60	-R\$ 40.999,59	R\$ 174.040,06
ano 8	-R\$ 96.909,60	-R\$ 40.999,59	R\$ 229.950,07

Payback!

TMA =	10,00%
VPL =	R\$ 120.012,58
TIR =	17,82%

Gráfico 1. Payback, VPL e TIR, considerado conversor EB2120-LD.



Na tabela 1, o conversor eletrônico EB2120-LD apresenta fluxo luminoso muito próximo do fornecido pela fluorescente tubular comparada. Porém, devido ao seu consumo energético por metro linear ser inferior e a vida útil muito maior, os valores para decisão do investidor são bastante favoráveis, com *payback* simples na metade do terceiro ano após o investimento, considerada TMA de 10% a.a., com VPL de R\$ 120.012,58 e TIR de 17,82% a.a.

A seguir, os cálculos financeiros, utilizando-se do conversor eletrônico ET5060-D:

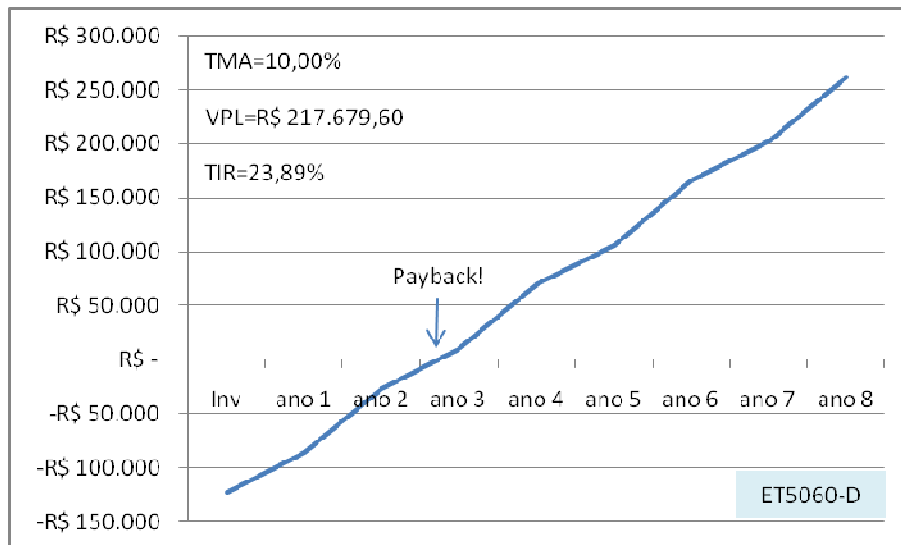
Tabela 3. Comparativo entre as lâmpadas estudadas, considerado conversor ET5060-D.

Período	Fluorescente TLD36/965	Catodo Frio #66-6500-Triphosphor	ET5060-D Diferença
Inv	-R\$ 96.909,60	-R\$ 219.513,52	-R\$ 122.603,92
ano 1	-R\$ 74.109,60	-R\$ 37.473,52	-R\$ 85.967,84
ano 2	-R\$ 96.909,60	-R\$ 37.473,52	-R\$ 26.531,76
ano 3	-R\$ 74.109,60	-R\$ 37.473,52	R\$ 10.104,32
ano 4	-R\$ 96.909,60	-R\$ 37.473,52	R\$ 69.540,40
ano 5	-R\$ 74.109,60	-R\$ 37.473,52	R\$ 106.176,48
ano 6	-R\$ 96.909,60	-R\$ 37.473,52	R\$ 165.612,57
ano 7	-R\$ 74.109,60	-R\$ 37.473,52	R\$ 202.248,65
ano 8	-R\$ 96.909,60	-R\$ 37.473,52	R\$ 261.684,73

Payback!

TMA =	10,00%
VPL =	R\$ 217.679,60
TIR =	23,89%

Gráfico 2. Payback, VPL e TIR, considerado conversor ET5060-LD.



Considerado o conversor eletrônico ET5060-D as condições econômicas são ainda melhores. *Payback* simples no início do terceiro ano após o investimento, para TMA de 10% a.a., com VPL de R\$ 217.679,60 e TIR de 23,89% a.a. Mas, neste caso, como já mencionado por GHISI (1997), faz-se necessário um novo projeto luminotécnico para aplicação do retrofit para atender as necessidades das iluminâncias recomendadas pela *NBR5413*.

A partir dos dados obtidos neste estudo, fica evidente que a melhor opção energética e financeira para esta aplicação são as lâmpadas de catodo frio. Em ambos os casos, confrontando o tempo de utilização diária de 12 horas ininterruptas com o tempo de vida útil das lâmpadas informado pelos fabricantes, nas



fluorescentes tubulares seriam necessárias trocas completas a cada 1,71 anos e no catodo frio, poderiam ser utilizadas por até 22,83 anos.

Os cálculos financeiros consideram apenas 8 anos de utilização, como demonstrados nos gráficos, onde fica também evidente que, após este período, a diferença gerada pela tecnologia economizadora atinge um ganho superior ao valor do investimento inicial.

## 5. CONCLUSÃO

O estudo corrobora a expectativa inicial dos autores, tornando viável técnica e financeiramente o *retrofit* por lâmpadas de catodo frio.

Devido ao tempo de vida útil das lâmpadas de catodo frio ser extremamente maior, pode-se também sugerir sua aplicação em condições de difícil acesso, como pé-direito duplo, em elementos decorativos, sob telas tensionadas e demais aplicações onde a manutenção é dificultada ou ainda fator preponderante na redução dos custos.

Deve-se considerar também a possibilidade de menor descarte de material, ainda como consequência da vida útil do catodo frio. Hoje, mesmo sendo possível sua reciclagem, estima-se que apenas cerca de 5% a 6% do total anual de lâmpadas fluorescentes tubulares comercializadas – cerca de 100 milhões de unidades no Brasil em 2009 (Abilux, 2010) – tenham tido este encaminhamento.

Sendo tais condições realmente vantajosas para tomada de decisão de investidores, considerados os custos iniciais, de operação (energético) e de manutenção, sem perdas para os usuários, este trabalho sugere a necessidade de novos estudos que:

- a. Comproven efetivamente os dados apresentados nos catálogos comerciais via testes em laboratórios especializados e certificados;
- b. Contemplem outras aplicações e outras fontes de iluminação para efeito comparativo com o catodo frio;
- c. Considerem aspectos fisiológicos da exposição aos efeitos da radiação provenientes das lâmpadas comparadas;
- d. Comparem as mesmas fontes de iluminação estudadas neste artigo porém, utilizando outros fatores luminotécnicos, como por exemplo a iluminância (Lux) para aplicações funcionais para escritórios, salas de aula e bibliotecas ou ainda a luminância ( $\text{cd/m}^2$ ) para a utilização em painéis de publicidade retro-iluminadas (backlight).

## 6. REFERÊNCIAS

- ABILUX. Associação Brasileira da Indústria da Iluminação. Disponível em: <http://www.abilux.com.br> [acesso em 12/10/2010].
- ABNT (1992). **NBR 5413 - Iluminância de interiores**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 13 p.
- CADDET (1995). **Saving energy with efficient lighting in commercial buildings**. Maxi brochure 01. CADDET Energy Efficiency - Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies. The Netherlands. 22 p.
- CLS. **Cold cathode lighting and led lighting for indirect cove applications: a comparison**. Cathode lighting systems. USA, Maryland, 2010. [acesso em 01/08/2010]. 07 p.
- ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - PEA Laboratório de instalações elétricas. **Lâmpadas Elétricas**. Disponível em: [http://files.myopera.com/aquarits/blog/usp\\_lampada.pdf](http://files.myopera.com/aquarits/blog/usp_lampada.pdf) [acesso em 12/10/2010]. 47 p.
- CLAUDE, G. **Biography (1870-1960)**. Disponível em: <http://www.madehow.com/inventorbios/80/Georges-Claude.html> [acesso em 12/10/2010]. 01 p.
- GHISI, E. (1997). **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 246 p.
- GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Avaliação do potencial de conservação de energia elétrica através de estudo de retrofit no sistema de iluminação da UFSC**, 1997. Encac – Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído.
- IAEL. **Neon lighting – a professional advantage**. International Association of Electrical Inspectors. USA, Texas, 2006. 328 p.
- IESNA (2009). **Nomenclature and definitions for illuminating Engineering**. Illuminating Engineering of North America. USA, New York, 3 p.
- MARTAU, B.T. **A luz além da visão: Iluminação e sua relação com a saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e de shopping centers** em Porto Alegre. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2008.
- MATOS, M.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. **Estudo de melhoria no sistema de iluminação artificial da UFSC**, 2003. Encac - Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído.
- PHILIPS. **Lâmpadas fluorescentes tubulares TLD 90 de Luxe**. SPOT Serviço Philips de Orientação Técnica. Out, 2009. 2 p.
- TECNOLUX ITALIA. **n° 66 6500°K Triphosphor**. Sep. 2006. Disponível em: <http://www.ventanaluminosos.com.br/images/66.pdf> [acesso em 01/08/2010]. 01 p.
- RIBEIRO, Wankes L. **Como calcular a viabilidade de um projeto utilizando técnicas de análise de investimento: Payback Simples, VPL e TIR**. Disponível em: <http://www.wankesleandro.com> [acesso em 12/10/2010].



WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. **Estudo de viabilidade econômica de uma proposta de retrofit em um edifício comercial**, 1999. Encac – Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído.  
(YWASHIMA, L. A.; GRANJA, A. D.; ILHA, M. **Análise de sensibilidade para avaliação da viabilidade da instalação de tecnologias economizadoras de água**. Brasil - Campinas, SP. 2007. p. 1-10. V SIBRAGEC - Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção.

## **7. AGRADECIMENTOS**

A UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas e a FEC – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo por terem possibilitado o desenvolvimento desta pesquisa.