

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO TUBULARES FLUORESCENTES E A LED.

Lucas Antonio Campos Vieira e Sérgio Ferreira de Paula Silva

Laboratório de Eficiência Energética - LEFE
Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG
lucasacampos94@gmail.com, sergio@eletrica.ufu.br

Resumo - O presente trabalho apresenta um diagnóstico energético dos sistemas de iluminação mais utilizados nos setores comercial e público, as lâmpadas tubulares. A substituição (retrofit) das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 atualmente em operação por lâmpadas a LED, tecnologia moderna e com crescente demanda, é o foco principal deste artigo. Análises luminotécnicas, energéticas e econômicas foram realizadas em um edifício público de forma a subsidiar os profissionais da área sobre a viabilidade desta modernização.

Palavras-Chave - Eficiência Energética, lâmpadas fluorescentes tubulares, iluminação, LED, retorno financeiro e Dialux.

ENERGY DIAGNOSTIC OF FLUORESCENT AND LED LINEAR LAMPS

Abstract - This paper presents an energy diagnostic of the linear lamps, which are the most used illumination system in commercial and public areas. The focus of this paper is relate the replacement (also called retrofit) of fluorescent linear T8 by LED lamps, a modern technology that has been a growing demand. Lighting design, energy and economic analyses were conducted in a public building with the purpose of subsidize the professionals about the viability of this upgrading.

Keywords - Energy Efficiency, tubular fluorescent lamps, lighting, LED, financial return and Dialux.

I. INTRODUÇÃO

Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. A promoção da eficiência energética abrange a otimização das transformações, do transporte e do uso dos recursos energéticos, desde suas fontes primárias até seu aproveitamento. Adotam-se, como pressupostos básicos, a manutenção das condições de conforto, de segurança e de produtividade dos usuários, contribuindo, adicionalmente,

para a melhoria da qualidade dos serviços de energia e para a mitigação dos impactos ambientais.

De acordo com o balanço energético nacional (BEN, 2014) a principal fonte de geração de energia no Brasil é a energia hidráulica, que representa 70,6% do total das fontes disponíveis no país [1].

Desde 2001, devido à crise energética, estão surgindo medidas efetivas no âmbito das legislações para promover a eficiência energética no país. Dentre elas está o Procel Edifica, que é voltado à eficiência energética das edificações e ao conforto ambiental e, através do plano de ação para eficiência energética em edificações, estabelece, em uma das suas vertentes de ação, parâmetros para verificação do nível de eficiência energética das edificações.

Atualmente, o Brasil vive novamente uma importante crise energética em decorrência das condições climáticas adversas. A Figura 1 compara os níveis dos reservatórios atuais em relação ao ano de 2001, observa-se que de outubro em diante a situação está mais crítica em função da falta de chuva no período [2].

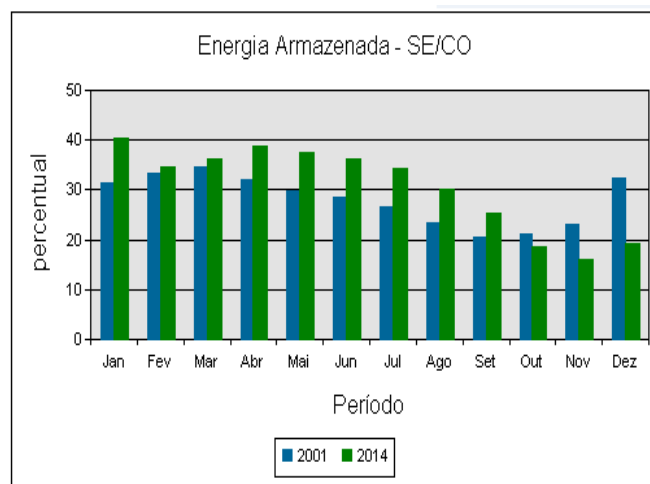


Fig. 1. Comparação dos níveis dos reservatórios entre os anos 2001 e 2014, segundo o Operador Nacional do Sistema (ONS).

Segundo o Balanço de Energia Útil (BEU) [3], nos setores comercial e público, as cargas de iluminação correspondem ao maior consumo de energia, representando 41,83% e 49,72%, respectivamente.

Este artigo apresenta estudos de viabilidade técnico-financeira da substituição das lâmpadas tubulares (modelo mais difundido nos setores comercial e público), por lâmpadas tubulares a LED (*Light Emitting Diode* - diodo emissor de luz), comumente chamadas de TUBOLED. Todas as análises estão centradas em um estudo de caso realizado em edifício utilizado para fins educacionais, e composto, basicamente, por salas de aula em uma universidade.



XIII CEEL - ISSN 2178-8308
12 a 16 de Outubro de 2015
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

II. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DAS LÂMPADAS

A primeira tentativa de criação da tecnologia que hoje conhecemos como lâmpada foi apresentada em 1802 em Londres, pelo químico, Humphry Davy. A lâmpada de arco carbônico era composta por dois eletrodos de carbono – um pontiagudo e outro com uma cavidade que, em contato, produziam um ponto luminoso intenso com a passagem da corrente elétrica. A invenção chegou a ser usada em alguns pontos de iluminação pública da Inglaterra, mas logo foi abandonada pela falta de praticidade: todos os dias era preciso fazer manutenção com a troca dos eletrodos e limpeza de seu invólucro, pois a fuligem dos carbonos enegrecia o vidro[4].

Foi somente no final do século XIX que teve início o desenvolvimento tecnológico das lâmpadas que segue até hoje. Baseado em um experimento de 1860 do físico e químico Joseph Swan, Thomas Alva Edison criou a lâmpada incandescente em outubro de 1879. Edison substituiu o filamento composto por resíduo de carvão e alcatrão desenvolvido por Swan por um fio de algodão carbonizado e o colocou em um bulbo de vidro sem ar. O experimento gerou luz por dois dias, até que o filamento fosse totalmente consumido[4].

A lâmpada fluorescente foi criada em decorrência da necessidade de obtenção de sistemas mais eficientes. Seu funcionamento consiste em uma descarga elétrica em dois filamentos que lançam elétrons que, ao se chocarem, vaporizam o mercúrio contido no bulbo, produzindo um espectro luminoso pobre, formado basicamente por radiação ultravioleta, que é invisível ao olho humano. Porém, ao entrar em contato com a tinta de fósforo que reveste o bulbo de vidro das fluorescentes, a radiação se transforma em luz visível. Aliás, este é o motivo pelo qual por muito tempo ela foi chamada de lâmpada fosforescente. A lâmpada fluorescente é mais econômica que a incandescente, pois, aquecendo-se menos, dissipa menos energia em forma de calor [4]. Devido à sua eficiência, atualmente, estas lâmpadas dominam praticamente todos os tipos de edificações, seja na versão tubular ou na versão compacta.

A tecnologia mais recente é o LED, este é um componente eletrônico que emite luz através de eletroluminescência, transformando energia elétrica em radiação visível (luz). O LED existe desde 1962 e era apenas utilizado para sinalização devido ao seu baixo fluxo luminoso (emissão de luz), restrita gama de cores e baixa potência. Foi em meados da década de 1990, após muitas pesquisas e investimentos, que o Dr. Shuji Nakamura inventou o LED azul com alto fluxo luminoso que, juntamente com uma camada de fósforo, gera luz branca. Com isso possibilitou-se a utilização do LED na iluminação. Desde então novas pesquisas se seguiram visando melhorar alguns aspectos desta tecnologia, como por exemplo: dissipação de calor, eficiência energética, índice de reprodução de cor e fluxo luminoso. Hoje já há um grande avanço nestes e em outros aspectos e a previsão é de que isto continue evoluindo rapidamente [5].

III. COMPARAÇÃO ENTRE O LED E AS FLUORESCENTES

A. Índice de reprodução de cores (IRC)

O IRC é um índice utilizado para mensurar a qualidade de reprodução de cores de um objeto sob a incidência de uma fonte de luz artificial, comparada a uma situação determinada por um estudo que seria de aproximadamente um dia claro de verão por volta do meio-dia [5]. As lâmpadas LED tem um elevado índice de reprodução de cores (IRC), neste caso maior que 80% [6]. Já a lâmpada fluorescente tubular T8 apresenta IRC entre 60 e 70% [7].

B. Eficiência Energética

Eficiência energética (K), correlaciona a potência luminosa, dada em lúmens (lm) com a potência elétrica, em Watts (W), conforme indicado em (1).

$$K = lm/W \quad (1)$$

Este fator é útil para apurar se um determinado tipo de lâmpada é mais ou menos eficiente do que outra. Valores maiores de K são desejados, pois indicam que para produzir um mesmo fluxo luminoso é consumido menos energia elétrica.

A tabela abaixo apresenta a eficiência energética de dois tipos de lâmpadas equivalentes, ou seja, de tamanho (aproximadamente 60 cm) e utilização semelhantes. Estas lâmpadas serão utilizadas no estudo de caso.

Tabela I - Tamanhos e tipos de letras utilizadas no texto

Tipo	lm	W	K
Fluorescente T8* [4]	1050	16	68,75
LED T8 [5]	1029	9	114,30

* Indica o diâmetro da lâmpada: T8 = 8/8"

Do ponto de vista da eficiência energética a LED T8 (mais moderna) é superior à fluorescente T8 (modelo mais antigo), portanto apresenta melhor consumo energético.

C. Impacto Ambiental

As lâmpadas LEDs apresentam vantagens ambientais em relação as outras tecnologias, pois não contêm metais pesados em sua composição, possuem elevada vida útil e não emitem radiação ultravioleta e infravermelha [5]. As fluorescentes apresentam mercúrio em sua composição e, portanto, não são compatíveis com o meio e necessitam de descarte apropriado. A luz emitida pelas fluorescentes possui radiação ultravioleta, prejudicial tanto ao ser humano quanto aos objetos iluminados pois “desbotam” os mesmos.

D. Potência

Os LEDs são característicos por sua baixa potência, consequência de sua grande eficiência energética. Este fator contribui para diminuição da bitola dos cabos, reduzindo os gastos com a instalação elétrica [5] e, principalmente, reduz os custos com energia elétrica. As fluorescentes também apresentam um baixo consumo, mas ainda superior ao LED.

E. Acionamento

Os LEDs possuem rápido acionamento e não são sensíveis a altos ciclos de acendimento como as lâmpadas fluorescentes. Estas demoram para atingir o fluxo luminoso total após seu acionamento e caso a quantidade de acendimentos seja superior a 8 diários sua durabilidade diminuirá[5]. Esta condição aliada à sua tecnologia atribuem às lâmpadas a LED uma elevada vida útil (cerca de 3 vezes a vida útil das fluorescentes) reduzindo os custos com manutenção.

IV. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso envolve um edifício público de quatro pavimentos, totalizando composto por 26 salas de salas de aula. Apesar de algumas salas possuírem áreas ligeiramente diferentes, todas possuem sistemas de iluminação idênticos.

As características da iluminação são de suma importância, pois, reflete diretamente no rendimento dos alunos e professores.

Para os cálculos luminotécnicos foi utilizado o Dialux, prático software para estudos luminotécnicos, o mesmo é completo e versátil, pois oferece recursos inovadores que automatizam o processo de dimensionamento de sistemas de iluminação. Projetado para realizar operações dinâmicas e eficientes, o Dialux possibilita a aplicação de vários modelos de luminárias em um mesmo ambiente e o desenvolvimento de projetos mais originais e sofisticados.

A NBR ISO/CIE 8995 [9] indica um nível de iluminamento equivalente a 300 [lm] para uma sala de aula. Todas as salas possuem 9 luminárias com 4 lâmpadas tubulares (de 60 cm), totalizando 36 lâmpadas, por sala. A Figura 2 apresenta a planta baixa modelada no Dialux, Os retângulos na cor azul correspondem às luminárias. Devido a aspectos construtivos do forro, observa-se que as luminárias não estão uniformemente distribuídas.

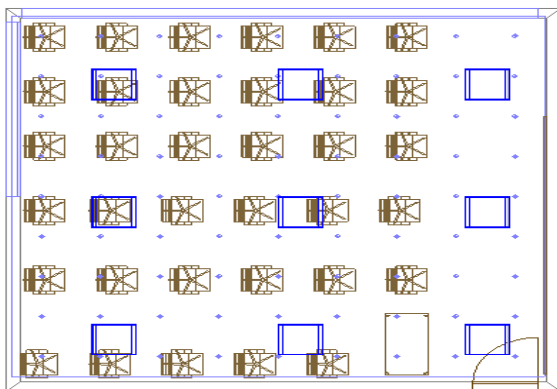


Fig. 2. Planta baixa da sala de aula.

O sistema de iluminação atualmente utilizado é composto por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 (ver Tabela I), supridas por reatores de baixo custo que possuem um fator de fluxo luminoso igual a 0,9. Esta característica reduz o fluxo luminoso emitido por cada lâmpada para 945 [lm] (1050·0,9).

As representações dos objetos contidos no interior do ambiente são de suma importância para realização da simulação, pois, influenciam no resultado da iluminação

como, por exemplo, as paredes, de acordo com a variação de cor das mesmas a sua tonalidade pode interferir diretamente no local a ser analisado. De acordo com a necessidade foi modelado um ambiente que mais se aproxima da realidade.

A Figura 3 apresenta uma vista frontal do ambiente de estudo.



Fig. 3. Sala de aula criada no simulador.

O fator de manutenção utilizando nas simulações computacionais corresponde a 0,67. De acordo com [9], este fator corresponde a um ambiente com uma carga de poluição normal, ciclo de manutenção de 3 anos 2000h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 12000 [horas].

Para averiguar a exatidão dos resultados obtidos foram realizadas medições in loco. Foram necessários 81 pontos de medição, distribuídos uniformemente de acordo com a trama de cálculo indicada em [9]. Os valores medidos (parte inferior de cada célula) e os resultados da simulação (parte superior da célula) são apresentados pela Tabela II. A disposição dos elementos da sala (porta, fundo da sala, frente da sala) da Tabela II são apresentados de acordo com a Figura 2.

TABELA II - COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES SIMULADOS E MEDIDOS.

153	197	210	218	222	224	228	233	243
156	176	211	215	211	209	240	215	214
219	302	309	310	331	327	321	341	361
224	272	294	334	305	318	352	320	290
224	297	313	320	328	328	328	331	322
248	277	347	352	304	332	353	326	301
224	284	304	313	312	314	318	304	272
268	251	343	369	307	301	377	302	270
292	355	353	351	368	364	354	350	320
321	311	402	428	353	382	423	342	295
319	354	350	350	363	359	351	342	311
329	302	403	400	352	368	404	348	283
296	317	324	331	327	326	327	306	273
297	293	391	393	301	340	400	327	272
327	371	367	365	376	369	357	349	315
364	335	388	397	364	332	392	360	300
330	384	375	367	387	379	362	360	320
349	330	401	403	377	336	402	350	273

O valor médio simulado resultou em 317 [lux], enquanto que o valor médio medido foi de 323 [lux]. A proximidade entre os valores contidos na tabela acima e entre os valores médios indica que a modelagem está coerente com a realidade observada no ambiente estudado.

A. Lâmpadas tubulares LED T8

De forma a avaliar a aplicabilidade das lâmpadas TUBOLED, estas foram modeladas no Dialux em substituição às T8 já instaladas, mantendo a mesma luminária. Estas lâmpadas possuem um fluxo luminoso inferior às fluorescentes, 1.029 lúmens, frente aos 1.050 da T8. No entanto, como os LEDs não necessitam de reator o fluxo luminoso resultante é mantido. A Tabela III mostra os valores obtidos para esta nova configuração.

TABELA III - COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES SIMULADOS PARA LED (SUPERIOR) E T8 (INFERIOR).

171	233	239	241	263	258	250	269	270
153	197	210	218	222	224	228	233	243
242	352	351	344	388	381	354	392	406
219	302	309	310	331	327	321	341	361
254	353	360	360	392	385	366	385	366
224	297	313	320	328	328	328	331	322
255	344	352	354	378	370	355	358	313
224	284	304	313	312	314	318	304	272
330	421	405	398	438	430	397	409	370
292	355	353	351	368	364	354	350	320
364	421	403	398	434	424	394	402	360
319	354	350	350	363	359	351	342	311
338	383	377	375	395	386	367	362	316
296	317	324	331	327	326	327	306	273
372	438	423	412	447	434	402	408	364
327	371	367	365	376	369	357	349	315
375	450	430	414	456	443	406	420	369
330	384	375	367	387	379	362	360	320

Neste caso, o valor médio correspondeu a 366 [lx], valor 15% superior ao obtido com a T8.

Nota-se na Tabela I que a tecnologia LED utilizada em lâmpadas tubulares possui maior eficiência energética (K) que as lâmpadas fluorescentes tubulares T8.

Nas lâmpadas fluorescentes tubulares, o fluxo luminoso é produzido em todas as direções, sendo a luminária responsável por refletir o fluxo direcionado ao plano superior (teto) para o plano inferior (pisso), neste processo boa parte do fluxo luminoso é perdido, seja pelo coeficiente de reflexão do material utilizado ou até mesmo pela poeira depositada sobre as lâmpadas e luminária. Na tecnologia TUBOLED o fluxo luminoso é totalmente direcionado para o plano inferior, minimizando estas perdas, conforme ilustrado na figura 4.

Por conseguinte, além da vantagem da eficiência energética, a tecnologia LED empregada em lâmpadas tubulares não possui perdas de fluxo luminoso. Portanto

mesmo com a potência elétrica reduzida as lâmpadas tubulares a LED são capazes de reproduzir o mesmo, ou maior, nível de iluminação em relação às lâmpadas de maior potência.

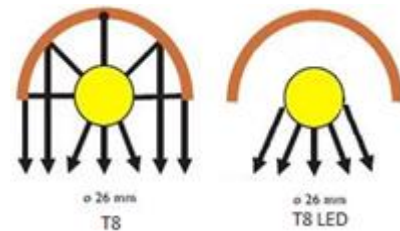


Fig. 4. Reflexão do fluxo luminoso nos modelos considerados.

V. ANÁLISE FINANCEIRA

A definição de qual sistema utilizar, além de considerar os aspectos técnicos, deve-se observar os resultados financeiros dos mesmos.

Os cálculos apresentados na sequência consideram a substituição de 936 lâmpadas (total do edifício) e, também, consideram os custos relativos ao consumo e à manutenção de ambos os sistemas empregados.

O edifício é alimentado em média tensão, assim, o faturamento considera tanto a energia consumida quanto a demanda. As tarifas utilizadas foram obtidas do faturamento do mês de maio de 2015 e, considerando os impostos, correspondem a:

- Energia – Fora de ponta – R\$ 0,38594578/kWh;
- Demanda – Fora de ponta – R\$ 9,40436175/kW;
- Energia – Ponta – R\$ 0,53450739/kWh,
- Demanda – Ponta – R\$ 32,48525418/kW.

Para contabilizar os custos de manutenção, quando da queima, considerou-se um custo estimado de R\$ 6,00 por lâmpada, valor praticado na região (considerando a troca de todas as lâmpadas do edifício).

As lâmpadas fluorescentes possuem metais pesados em sua composição e, portanto, carecem de um descarte apropriado. O custo estimado por lâmpada foi de R\$ 1,50.

O tempo de funcionamento diário das lâmpadas é de 15h, sendo 12 horas no período fora de ponta e 3 horas na ponta. Em média, as salas de aula funcionam 20 dias por mês, por nove meses, totalizando 2.700 horas de funcionamento anuais, sendo 2.160h no período fora de ponta e 540h na ponta.

O cálculo do custo da energia anual de cada lâmpada é dado pelas equações abaixo:

$$CEAFP = \left[\left(\frac{N \times PL}{1000} \times 2.160 \right) \times TAFP \right] \quad (2)$$

$$CEAP = \left[\left(\frac{N \times PL}{1000} \times 540 \right) \times TAP \right] \quad (3)$$

$$DFP = \left(\frac{N \times PL}{1000} \right) \times TDFP \times 12 \quad (4)$$

$$DP = \left(\frac{N \times PL}{1000} \right) \times TDP \times 12 \quad (5)$$

$$CEA = CEAFP + CEAP + DP + DFP \quad (6)$$

Onde:

- CEAFP - custo da energia anual, fora de ponta [R\$].
- CEAP - custo da energia anual, horário de ponta [R\$].
- CEA - custo anual total da energia elétrica [R\$].
- DP - custo da demanda na ponta [R\$].
- TAFP - tarifa energia fora de ponta [R\$/kWh].
- TAP - tarifa energia na ponta [R\$/kWh].
- TDP - tarifa de demanda na ponta [R\$/kW].
- DFP - custo da demanda fora de ponta [R\$].
- TDFP - tarifa de demanda fora de ponta [R\$/kW].
- PL - potência de cada lâmpada [W].
- N - número total de lâmpadas.

Os valores de CTL, CS e CD são calculados de acordo com a expectativa de vida da lâmpada. Assim, a vida útil esperada para a fluorescente T8 é de 12.000 horas e o tempo de operação anual é de 2700 horas, em cada ano o valor de CTL será 2.700/12.000 multiplicado pelo custo de aquisição. Cálculo semelhante é realizado para os demais parâmetros.

O custo de aquisição das lâmpadas e reatores foram obtidos por meio de pesquisas de preços em empresas especializadas em iluminação, tanto com lojas físicas quanto lojas virtuais (vendas pela internet). Para a fluorescente T8, o custo encontrado foi de R\$ 4,00 por lâmpada e R\$ 23,00 para o reator (aciona duas lâmpadas simultaneamente) e para a LED, R\$ 44,00 de custo final, pois esta não necessita de reator externo. A Tabela IV sintetiza os custos anuais resultantes.

TABELA IV - CUSTOS DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Lâmpada	T8	LED
Vida útil	12.000h	50.000h
Preço total das lâmpadas	R\$ 3.744,00	R\$ 41.184,00
Preço total dos reatores	R\$ 10.764,00	R\$ -
Custo implantação	R\$ 14.508,00	R\$ 41.184,00
Custo da energia anual	R\$ 24.335,27	R\$ 13.688,58
Custo substituição/ano	R\$ 1.263,60	R\$ 303,26
Custo de descarte/ano	R\$ 315,90	R\$ 75,81
Custo anual	R\$ 25.914,77	R\$ 14.067,65
Custo ao final do 1º ano	R\$ 40.422,77	R\$ 55.251,65
Custo ao final do 2º ano	R\$ 66.337,54	R\$ 69.319,30
Custo ao final do 3º ano	R\$ 92.252,31	R\$ 83.386,95
Custo ao final do 4º ano	R\$118.167,08	R\$ 97.454,60

Mesmo não considerando os juros e o aumento do custo da energia no tempo, a tabela evidencia as vantagens das lâmpadas LED ao final do 3º ano.

O investimento necessário (ΔC) para a substituição é dado pela diferença de preço do conjunto reator e lâmpada, portanto:

$$\Delta C = R\$41.184,00 - R\$14.508,00 = R\$26.676,00 \quad (7)$$

A economia de energia anual é de R\$ 10.646,70 ou R\$ 887,22 mensais (ver Tabela IV). A diferença entre os custos de substituição e descarte é de R\$ 789,75.

De acordo com o acompanhamento do mercado a taxa de juros foi considerada 1% ao mês, 12,25% ao ano [11]. A taxa de aumento da energia elétrica foi estipulada em 0,8% ao mês e para os custos dos serviços e de descarte a taxa de aumento utilizada foi de 6% ao ano. Estes percentuais resultam em uma taxa de aumento do custo total mensal equivalente a 0,63%.

O tempo de retorno capitalizado considerando o aumento dos custos é dado por (9), mas antes é necessário encontrar uma taxa líquida de juros, utilizando (8), [12]:

$$il = \left[\left(\frac{1 + \frac{i}{100}}{1 + \frac{ie}{100}} \right) - 1 \right] \times 100 = 0,3664\% \quad (8)$$

$$Trc = \frac{\log \left(\frac{ECON}{ECON - \Delta C \times \frac{il}{100}} \right)}{\log \left(1 + \frac{il}{100} \right)} = 31,91 \text{ meses} \quad (9)$$

Onde:

- TRC - tempo de retorno capitalizado em meses;
- ECON - economia mensal [R\$].
- I - taxa de juros [%].
- il - taxa líquida de juros [%];
- ie - taxa de aumento no custo da energia, substituição e descarte [%].

O resultado indica um tempo inferior a 3 anos, condizente com a Tabela IV.

A. Análise de Resultados

Observa-se que a utilização de lâmpadas tubulares LED é vantajosa tanto no aspecto técnico (por apresentar uma melhor distribuição de fluxo luminoso, e maior eficiência energética) quanto no aspecto econômico. Os resultados expostos mostraram que o retorno, no caso da substituição da T8 pela de LED, acontece em aproximadamente 3 anos, podendo ser ainda mais breve, pois os cálculos não consideraram as perdas nos reatores das lâmpadas fluorescentes e a redução de sua vida útil em função das condições de acionamento. Futuramente a tendência é a redução nos custos de fabricação dos LEDs, acelerando o retorno do investimento e aumentando a viabilidade técnico-econômica.

VI. CONCLUSÕES

Atualmente a preocupação com as condições climáticas e ambientais vem crescendo, em função disso a geração de energia elétrica também tem sido uma problemática para muitos países que dependem principalmente da água das chuvas para a maior parte da geração de energia elétrica. Portanto a economia de energia e a eficiência energética dos equipamentos elétricos e de iluminação são de grande importância para amenizar o problema.

Neste cenário, conforme demonstrado nos cálculos, as lâmpadas tubulares a LED são uma excelente opção para substituição das lâmpadas tubulares T8 que atualmente dominam as instalações comerciais e públicas. Estas, apresentam comportamento luminotécnico semelhante e consomem, aproximadamente, 38% menos energia. Além dos aspectos técnicos, os LEDs apresentam vantagens ambientais favoráveis, como ausência de metais pesados e elevada vida útil.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressão seus agradecimentos à CAPES, à FAPEMIG e ao CNPQ pelo suporte financeiro concedido, e ao Laboratório de Eficiência Energética (LEFE) da Universidade Federal de Uberlândia que disponibilizou sua estrutura para a realização da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] Empresa de Pesquisa Energética, “Balanço energético nacional 2014: Ano base 2013”, *Ministério de Minas e Energia*, Rio de Janeiro – RJ, 288 p., 2014.
- [2] Operador do sistema nacional, “Energia Armazenada”, disponível em: http://www.ons.org.br/historico/energia_armazenada_0ut.aspx. Acesso em: 13 de Janeiro de 2015.
- [3] Ministério de Minas e Energia, “Balanço de Energia Útil 2005: ano base 2004”, Brasília-DF, disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme>. Acesso em 13 de Janeiro de 2015.
- [4] GOEKING, Weruska. Lâmpadas e Leds. O Setor Elétrico. São Paulo, v. 46, nov. 2009. Disponível em: < <http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/58-artigos-e-materias-relacionadas/176-lampadas-e-leds.html>>. Acesso em: 10 de Abril de 2015.
- [5] BERGMANN, Francis Bley. LEDs versus Lâmpadas convencionais. Maio de 2012. Disponível em: <http://www.businessstur.com.br/uploads/arquivos/9892c8941ef4a84c8c47d8a8ccdfda57.pdf>. Acesso em 10 de Abril de 2015.
- [6] SUNLAB, “ECO TUBE - Tubular LED”, disponível em <http://www.sunlab.com.br/Econotube.htm>. Acesso em 25 de Janeiro de 2015.
- [7] OSRAM, “Catálogos de produtos OSRAM 2014 – Lâmpadas fluorescentes”, *Modelo F016W/640*, disponível em <http://www.osram.com.br>. Acesso em 05 de Janeiro de 2015.
- [8] DIAL GmbH, “DIALUX 4.12.0.1”, disponível em <http://www.dial.de>, Acesso em: 05 de Janeiro de 2015.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, “NBR ISO/CIE 8995-1:2013: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior”. ABNT, Rio de Janeiro-RJ, 46 p.,2013.
- [10] ABREU FILHO, José Carlos Franco et al. “Finanças corporativas”. Editora FGV, ISBN: 978-85-225-0675-0, Rio de Janeiro, 149 p., 2011.
- [11] BANCO CENTRAL DO BRASIL, “Metodologia da aplicação com Depósitos Regulares”, disponível em: <http://www.bcb.gov.br>. Acesso em: 25 de Janeiro de 2015.
- [12] BELINOVSKI, Kleber David. “Uma Contribuição ao Estudo de Eficiência Energética em sistemas industriais de ventilação”, 128 f., Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2011.