

ESTUDO DE COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO TÉCNICO E FINANCEIRO DA TECNOLOGIA LED COM AS FLUORESCENTES E INCANDESCENTES EM AMBIENTE RESIDENCIAL

*Daniel Austrigesilo Kuczynski¹
Gianfranco Muncinelli²*

RESUMO: Este trabalho demonstra como um sistema de iluminação eficiente utilizando a tecnologia de diodos emissores de luz (LEDs) pode ser economicamente viável, a médio e longo prazo. Como o consumo de energia em edifícios está a aumentar, em relação à estabilidade econômica. O objetivo é demonstrar uma comparação financeira com parâmetros técnicos entre as diferentes tecnologias utilizadas na iluminação em ambiente residencial e pode demonstrar como podemos melhorar a eficiência energética através de uma elevada eficácia luminosa e longa vida útil de substituição de sistemas de iluminação tradicionais, como lâmpadas incandescentes, lâmpadas fluorescentes ou lâmpadas fluorescentes compactas para LEDs sem alterar a instalação elétrica utilizando os conceitos de técnica iluminação.

Palavras-chave: Componente. Iluminação. Lâmpadas fluorescentes. Lâmpadas incandescentes. Lâmpadas LED. Eficiência energética. Meio ambiente residencial. Iluminação técnica.

STUDY OF COMPARISON OF CHARACTERISTICS OF PERFORMANCE TECHNICAL AND FINANCIAL OF TECHNOLOGY LED WITH FLUORESCENT AND INCANDESCENT IN RESIDENTIAL ENVIRONMENT

ABSTRACT: This work demonstrates how an efficient lighting system using the technology of light emitting diodes (LEDs) can be economically viable in the medium to long term. As the energy consumption in buildings is increasing, related to economic stability. The objective is demonstrate a financial comparison with technical parameters between the different technologies used in lighting in residential setting and can demonstrate how we can improve energy efficiency through a high luminous efficacy and long lifetime replacement of traditional lighting systems such as bulbs incandescent, fluorescent tubes or compact fluorescent bulbs for LEDs without changing the electrical installation using the concepts of lighting technique.

Keywords; Component. Lighting. Lamps fluorescent. Incandescent lamps. LED lamps. Energy efficiency. Residential environment. Lighting technique.

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica, UnC. Campus Canoinhas, Santa Catarina, Brasil. E-mail: daniel1sms@hotmail.com

² Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil (2006). Professor Convidado da Fundação Getúlio Vargas, Brasil. E-mail: gmunci@hotmail.com

INTRODUÇÃO

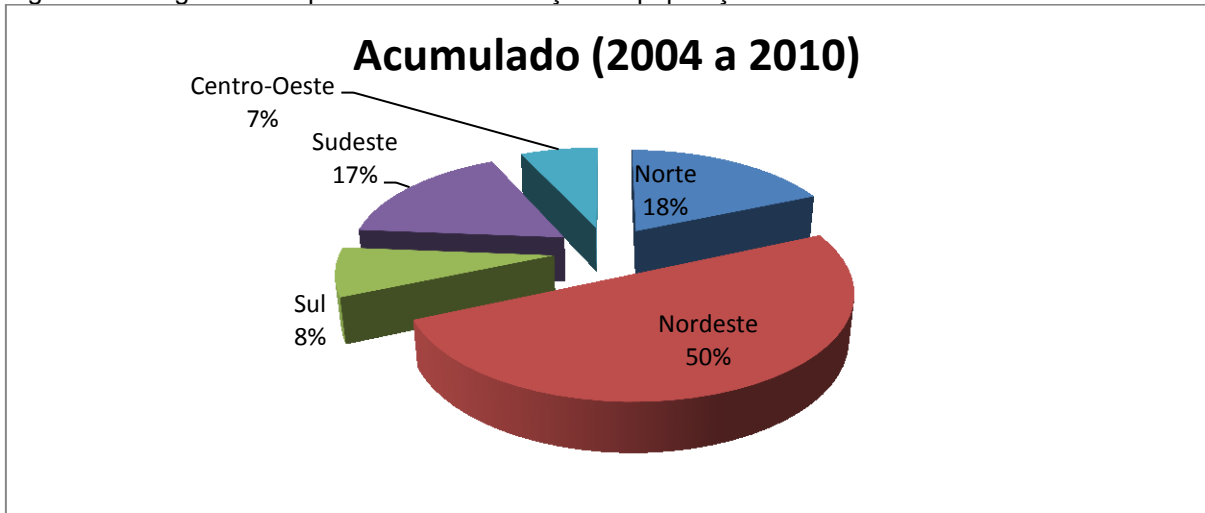
O consumo de energia elétrica no Brasil nas edificações residenciais, comerciais, industriais e públicas é bastante significativo, como visto na tabela 1 a seguir divulgado pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) do Ministério de Minas e Energia.

Tabela 1 – Consumo de energia elétrica no Brasil por Classe (GWh) EPE,2012

	2006	2007	2008	2009	2010	Δ % (2010/09)	Part. % (2010)
Total	262.616	273.441	289.210	295.295	309.962	5,0	100
Residencial	85.784	89.885	94.746	100.776	107.215	6,4	35
Industrial	72.771	74.391	80.439	76.836	78.790	2,5	25
Comercial	54.246	57.081	60.063	63.398	66.630	5,1	22
Rural	16.011	17.259	17.939	17.304	18.498	6,9	6
Poder Público	10.590	11.117	11.523	12.114	12.775	5,3	4
Iluminação Pública	10.975	11.083	11.429	11.782	12.051	2,3	4
Serviço Público	10.251	10.467	10.830	10.904	11.570	6,1	4
Próprio	1.987	2.158	2.240	2.182	2.453	12,4	1

A tendência de crescimento estimada é ainda maior, devido à estabilidade da economia, aliada a uma política de melhor distribuição de renda e os planos assistenciais do governo, como o programa luz para todos como mostra o gráfico da Figura 1.

Figura 1 – Programa Luz para Todos: distribuição da população estimada atendida.



Fonte: EPE (2012)

Isto permite o acesso da população aos confortos proporcionados pelas novas tecnologias. Soma-se a isto, a elevada taxa de urbanização e a expansão do setor de serviços. Estima-se que quase 50% da energia elétrica produzida no país sejam consumidas não só na operação e manutenção das edificações, como também nos sistemas artificiais, que proporcionam conforto ambiental para seus usuários, como iluminação, climatização e aquecimento de água (PROCEL, 2010).

Somado à tendência de aumento do consumo residencial está o fato de que aproximadamente 50% das lâmpadas instaladas no Brasil são incandescentes, ou seja, o perfil da carga utilizada para iluminação no Brasil ainda é bastante ineficiente, com um rendimento que pode chegar à ordem de 2,2% (CRICCI, 2010).

As lâmpadas incandescentes, que consome 10% da energia para gerar luz, desperdiçando os 90% restante para geração de calor, não atendem mais as demandas por eficiência e durabilidade (CRICCI, 2010)

Para agravar mais ainda o quadro atual, estima-se que 51% de todas as lâmpadas importadas para o Brasil no ano de 2006 (dados mais recentes), foram do tipo incandescente, que correspondeu a mais de 173 milhões de lâmpadas trazidas para nosso país nesse período citado, conforme relatório da Associação Brasileira de Importadores de Produtos de Iluminação (Abilumi), divulgado em setembro de 2008.

Utilizou-se o exemplo das lâmpadas para demonstrar que apesar de todos os esforços que estão sendo feitos pelo governo brasileiro no sentido de buscar meios para se melhorar o uso da energia elétrica, pois 51% de todas as lâmpadas

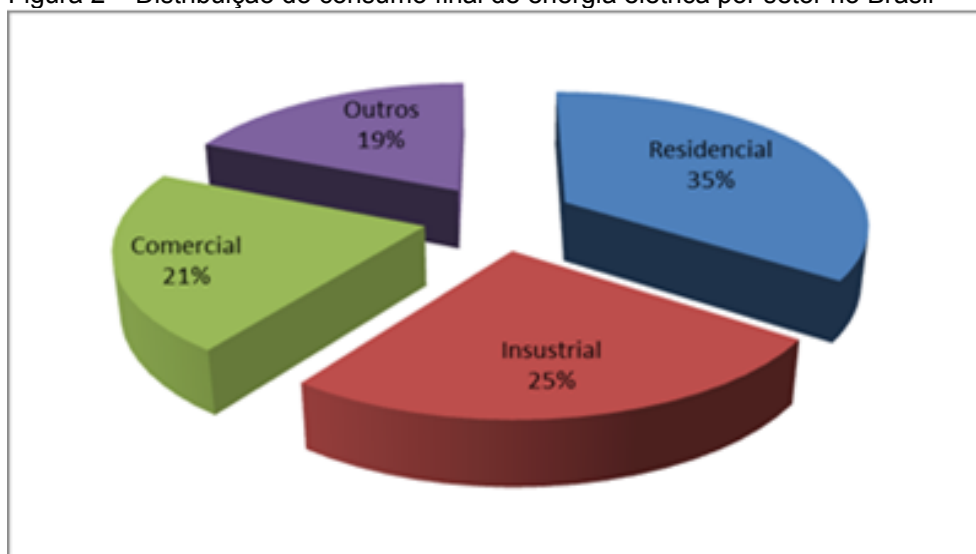
importadas pelo Brasil são do tipo incandescentes, neste contexto o assunto da iluminação artificial deve ser estudado, principalmente, porque o setor residencial é o que mais se utiliza desse tipo de lâmpada e que portanto, é o setor que mais sofre com o uso de sistemas de iluminação artificial pouco eficientes. De acordo com o estudo da Abilumi, a média no Brasil é de quatro lâmpadas incandescentes/domicílio, sendo que, a região Centro-Oeste está um pouco acima da média nacional, com aproximadamente 4,5 lâmpadas incandescentes/domicílio (ABILUMI, 2008).

A Eletrobrás e o Inmetro lançaram, em julho de 2009, a primeira Etiqueta de Eficiência Energética em Edificações para edifícios comerciais, de serviços e públicos. As edificações desses setores são responsáveis por aproximadamente 21,5% do consumo de energia elétrica no Brasil (ELETROBRAS, 2009).

Apesar de toda luz produzida artificialmente, estima-se que as incandescentes têm uma participação de apenas 20% em relação ao total mundial de luz produzida por todas as lâmpadas (ABILUMI, 2008).

A iluminação artificial é responsável por 17% do consumo final de energia elétrica no Brasil, sendo que o setor residencial é responsável por aproximadamente 34,6% do consumo nacional de energia elétrica. Isso representa mais de 100.000GWh/a, conforme Figura 2.

Figura 2 – Distribuição do consumo final de energia elétrica por setor no Brasil



Fonte: EPE (2012)

Então é possível dizer que, se o setor residencial é o que mais se utiliza de sistemas de iluminação ineficientes, esse setor é o que tem o maior potencial para se realizar estudos de eficiência energética na área de iluminação com resultados muito promissores.

No Brasil, as barreiras que impedem o acesso das pessoas a tecnologia estão caindo cada vez mais, isso traz um resultado enorme para o uso de soluções energeticamente mais eficientes e automatizadas nos processos residenciais.

É nesse contexto de crescimento do consumo de energia elétrica do setor residencial, no entendimento de que atualmente os sistemas de iluminação residenciais ainda são bastante ineficientes energeticamente falando - mas com uma participação bastante considerável no cenário do consumo nacional - e na democratização do acesso das pessoas as tecnologias, é que esse estudo torna-se interessante pelo fato de se ter a oportunidade de conhecer um pouco mais sobre a iluminação residencial olhando do ponto de vista da eficiência energética.

OBJETIVOS

Realizar um estudo comparativo entre as características de desempenho técnico e financeiro das tecnologias LED com as fluorescentes e incandescentes em ambiente residencial.

METODOLOGIA

- 1) Identificar as características das lâmpadas mais utilizadas (Incandescentes, fluorescentes e LED), no ambiente residencial;
- 2) Descrever o ambiente residencial;
- 3) Definir os parâmetros de comparação entre as tecnologias aplicadas;
- 4) Realizar simulação financeira entre a tecnologia LED e as outras tecnologias aplicadas;
- 5) Analisar a viabilidade econômica das luminárias a LED em comparação com os outros tipos de iluminação.

PARÂMETROS DE DESEMPENHO

1) *Potência Total Instalada (ou Fluxo Energético)*: É a somatória da potência de todos os aparelhos instalados na iluminação. Trata-se aqui da potência da lâmpada, multiplicada pela quantidade de unidades utilizadas (n), somado à potência consumida de todos os reatores, transformadores e/ou ignitores, quanto maior a potência de uma lâmpada maior seu fluxo luminoso. Uma vez que os valores resultantes são elevados, a Potência Total Instalada é expressa em quilowatts

2) *Fluxo luminoso*: Fluxo Luminoso é a radiação total da fonte luminosa entre os limites de comprimento de onda (380 μm e 780 μm). O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens, na tensão nominal de funcionamento. O fluxo luminoso é por norma utilizado como medida objetiva de potência útil emitida por uma fonte de luz, sendo frequentemente (mas não obrigatoriamente) apresentado nos parâmetros técnicos das lâmpadas. Os consumidores mais atentos ao consumo de energia destes dispositivos comparam o fluxo luminoso de diferentes modelos, uma vez que este dá uma estimativa da quantidade aparente de luz que a lâmpada vai produzir. É também útil comparar a eficácia luminosa das lâmpadas incandescentes e das lâmpadas compactas fluorescentes. O fluxo luminoso não pode ser utilizado para comparar o brilho, uma vez que este é uma percepção subjetiva que varia de acordo com a distância de que se está da fonte de luz.

É chamado também de “pacote de luz”

3) *Eficiência luminosa*: Podemos dizer que eficiência luminosa de uma fonte luminosa é o quociente entre o fluxo luminoso emitido em lúmens, pela potência consumida em watts. Em outras palavras, esta grandeza retrata a quantidade de "luz" que uma fonte luminosa pode produzir a partir da potência elétrica de 1 watt.

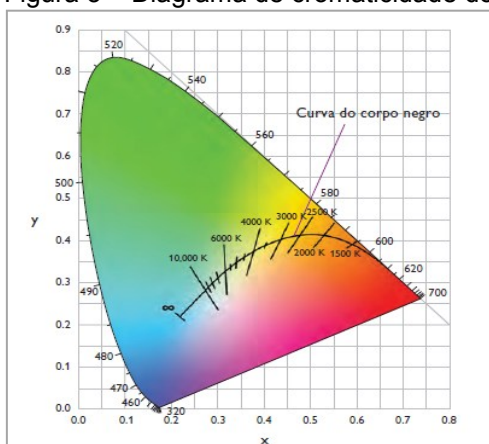
A eficiência de uma lâmpada está diretamente ligada com a quantidade de energia por ela consumida para gerar um determinado nível de fluxo luminoso. Portanto, quanto menos energia uma lâmpada consumir para gerar o fluxo luminoso necessário, mais eficiente ela será.

4) *Vida útil*: É o número de horas decorrido quando se atinge 70% da quantidade de luz inicial devido à depreciação do fluxo luminoso de cada lâmpada, somado ao efeito das respectivas queimas ocorridas no período, ou seja, 30% de redução da quantidade de luz inicial.

5) *Custo*: Custo das lâmpadas é o valor monetário expresso numericamente associado a uma mercadoria, serviço ou patrimônio. No Brasil é expresso em Reais, que é a moeda oficial do País. Ele varia de acordo com o produto utilizado, tecnologia empregada, etc.

6) *Temperatura de cor*: Tecnicamente falando, quando se trata de temperatura de cor, apesar da utilização do termo “temperatura” ele não está associado diretamente a calor ou frio trazida pela lâmpada ao ambiente. O termo vem da radiação de um corpo negro - a luz emitida pelo objeto sólido com certas propriedades, aquecido até atingir o ponto de incandescência. À medida que o corpo negro aquece, a luz que ele emite passa por uma sequência de cores, que vai do vermelho ao laranja e daí para amarelo, branco e azul. É muito semelhante com o que acontece com uma barra de ferro aquecida na forja de um ferreiro, ou a ponta de um maçarico. A sequência de cores descreve uma curva em um espaço de cor. Como mostrado na figura 3.

Figura 3 – Diagrama de cromaticidade do corpo negro



Fonte: Philips (2010)

Nas lâmpadas esta temperatura de cor é medida em graus Kelvin (K) e quanto maior for o número, mais fria é a cor da lâmpada. Ex.: uma lâmpada de temperatura de cor de 2700K tem tonalidade quente, uma de 7000K tem tonalidade muito fria. O ideal em uma residência é variar entre 2700K e 5000K.

Os efeitos que a temperatura de cor causa nas pessoas variam de acordo com sua tonalidade.

- 6.500K – Lâmpadas com aparência de cor azulada passam a sensação de ambiente frio, dinâmico e limpo.
- 4.000K – Lâmpadas com aparência de cor branca iluminam o ambiente de forma natural, sem influenciar na aparência de cor do local.
- 2.000K – Lâmpadas com aparência de cor amarelada passam a sensação de ambiente quente, aconchegante e calmo.

Numa casa, as áreas sociais e dormitórios, devem ter o tom mais quente ou neutro chamando ao relaxamento e ao aconchego. Já as áreas de serviços, cozinhas, banheiros, home-office e salas de estudos devem ter tom neutro ou frio, induzindo maior atividade.

Tabela 2 – Efeitos na aplicação da temperatura de cor nos ambientes

Efeito, clima e aplicação por temperatura de cor					
Temperatura de cor	Quente 2700 K	Quente 3000 K	Neutra 3500 K	Fria 4100 K	Luz do dia 5000 K - 6500 K
Efeitos e climas	Quente Aconchegante Aberto	Amigável Íntimo Pessoal Exclusivo	Amigável Convidativo Não intimidante	Asseado Limpo Eficiente	Brilhante Alerta Coloração exigente
Aplicações	Restaurante Saguões de hotel Boutiques Casas	Bibliotecas Áreas em escritórios Lojas de varejo	Showrooms Livrarias Áreas em escritórios	Salas de aula Áreas em escritórios Grandes varejistas Hospitais	Galerias Museus Joalherias Áreas de exames médicos

Fonte: Osram (2011)

Hoje estão disponíveis no mercado lâmpadas com novas tecnologias, que permite apresentar várias temperaturas de cor. Antes elas só existiam em tom frios e, como estas lâmpadas emitem menos calor, são chamadas de lâmpadas frias. Atualmente já são usadas na casa inteira e com grande efeito decorativo.

Kelvin - É a grandeza que expressa a aparência de cor de uma luz. Sua unidade é o Kelvin (K). Quanto mais alta for a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz emitida. A luz "quente" de aparência amarelada tem | aproximadamente 3000K, a luz "fria" de aparência azul violeta tem temperatura de cor maior que

6000K, já a luz branca natural, emitida pelo sol em céu aberto ao meio-dia, tem temperatura de cor próxima de 5800K.

7) *IRC – Índice de Reprodução de Cores*: A reprodução de cores de uma lâmpada é medida por uma escala chamada IRC (Índice de Reprodução de Cores). Quanto mais próximo este índice for ao IRC100 (dado à luz solar), mais fielmente as cores serão vistas na decoração (OSRAM, 2010). Isto ocorre porque, na verdade, o que enxergamos é o reflexo da luz que ilumina os objetos, já que no escuro não vemos as cores.

A luz é composta pelas sete cores do arco-íris e os pigmentos contidos nos objetos têm a capacidade de absorver determinadas cores e refletir outras. Portanto, a qualidade de reprodução das cores da lâmpada utilizada vai influir diretamente nas cores da decoração, alterando ou mantendo as cores escolhidas.

Um exemplo claro disto é quando compramos um objeto exposto a uma determinada iluminação em uma loja. Ao colocarmos esse mesmo objeto em outro ambiente com iluminação diferente, poderemos ter a sensação de alterações de cores.

A capacidade das lâmpadas reproduzirem bem as cores (IRC) independe de sua temperatura de cor (°K). Existem tipos de lâmpadas com três temperaturas de cor diferentes e o mesmo IRC. Para Silva (2009), recomenda-se em uma residência a utilização de lâmpadas com boa reprodução de cores (IRC acima de 80).

ESTUDO DE CASO

Ao se iniciar um projeto luminotécnico devem-se realizar um levantamento de dados preliminar, ou seja, escolher o tipo de iluminação mais adequada (incandescente, fluorescente, etc) o tipo de luminária (direta, semi-direta, etc), sendo que estas opções envolvem aspectos de decoração, tipo do local (sala, escritório, loja, etc) e as atividades que serão desenvolvidas (trabalho bruto de maquinaria, montagem, leitura, etc).

Para se obter respostas que ajudem a analisar a escolha ou substituição de um sistema de iluminação por outro, os profissionais devem estudar cada caso e avaliar o tempo de retorno do investimento.

Existem alguns métodos para a seleção dos sistemas de iluminação a ser implantado, neste trabalho utilizaremos o método dos Lumens, ou método do Fluxo Luminoso, que consiste em determinar a quantidade de fluxo luminoso (lumens) necessário para determinado recinto baseado no tipo de atividade desenvolvida, cores das paredes e teto e do tipo de lâmpada-luminária escolhidos.

Quando um projeto é feito de forma coerente e técnica, o seu resultado: funcionalidade e beleza: com ele é possível criar diversas sensações nos usuários, destacar detalhes ou até mesmo proporcionar segurança. Quando se fala em iluminação residencial, não se pode pensar em um espaço que não é único, pois conta com diversos ambientes (SILVA, 2009).

Para se chegar ao níveis de iluminação adequado em cada ambiente utilizou-se a NBR 5413 que trata do índice de iluminação do local como mostra a tabela abaixo.

Tabela 3 – Índice de iluminação do local (LUX)

Ambiente	Direcionamento	Mín.	Méd.	Máx.
Quarto	Geral	100	150	200
	Local (Cama/espelho)	200	300	500
Living/Sala de estar	Geral	100	150	200
	Local (Leitura/escrita/bordado)	300	500	750
Cozinha	Geral	100	150	200
	Local (Fogão/Pia/Mesa)	200	300	500
Banheiro	Geral	100	150	200
	Local (Espelhos)	200	300	500
Hall/Escadas/Garagem	Geral	75	100	150
	Local	200	300	500

Fonte: ABNT (1992)

Existem alguns métodos para a seleção dos sistemas de iluminação a ser implantado, neste trabalho utilizou-se o método dos Lumens, verificando cada tipo de iluminação em cada ambiente, utilizando as tecnologias LED, incandescentes e fluorescentes.

Para um melhor entendimento deste trabalho, considera-se uma planta baixa residencial típica com aproximadamente 75 m², contendo 03 quartos, sala, cozinha, 02 banheiros, sala de tv e garagem, como demonstrado na figura 4.

Figura 4 – Planta básica residencial



Primeiramente verifica-se a utilização de um sistema de iluminação contendo somente lâmpadas incandescentes que conforme demonstrado no primeiro capítulo ainda são utilizados por mais de 50% das residências no Brasil.

Observa-se um levantamento de dados de todos os recintos separadamente, uma vez que este método de cálculo leva em consideração a área a ser instalada e a iluminação a ser obtida em lux.

Nesse trabalho serão verificados confrontos entre os diversos tipos de lâmpadas usadas em interiores, como por exemplo, as incandescentes e fluorescentes com a tecnologia LED, comparando custos de instalação, custos de reposição de lâmpadas e o custo do consumo em energia elétrica, nos demonstrando financeiramente o gasto com energia no ambiente.

Na Tabela 4 verifica-se os dados do ambiente a ser estudado para efeito de comparação entre as tecnologias aplicadas a este trabalho.

Tabela 4 – Dados do ambiente para cálculo de iluminação

Dados do ambiente											
Nº	Compartimento	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m ²)	Nível Ilum. Pret.	Factor manut.	Altura útil (m)	Índice de local	Teto	Parede	Plan. Trab.
1	Suite	3,5	2,4	8,40	300	0,9	2,6	0,82	80	50	70
2	Quarto 01	3,8	2,3	8,74	300	0,9	2,6	0,83	80	50	60
3	Quarto 02	3,8	2,3	8,74	300	0,9	2,6	0,83	80	50	60
4	Banheiro suite	1,6	1,6	2,56	300	0,9	2,6	0,46	80	50	70
5	Banheiro	1,6	1,6	2,56	300	0,9	2,6	0,46	80	50	70
6	Sala TV	2,4	1,84	4,42	300	0,9	2,6	0,60	80	50	70
7	Sala Jantar	2,4	2,4	5,76	500	0,9	2,6	0,69	80	50	70
8	Cozinha	2,4	2,4	5,76	300	0,9	2,6	0,69	80	50	70
9	Lavabo	2,4	1,5	3,60	300	0,9	2,6	0,53	80	50	70
10	Garagem	2,5	4,5	11,25	300	0,9	2,6	0,93	80	50	70
11	Corredor	2,3	0,9	2,07	150	0,9	2,6	0,37	80	50	70

Observa-se na tabela 5 os cálculos adquiridos utilizando-se do método de lúmens na instalação de lâmpadas incandescentes no ambiente residencial

Tabela 5 – Dados do ambiente e cálculo de iluminação para lâmpadas incandescentes

LÂMPADAS INCANDESCENTES									
Nº	Compartimento	Potência	Fluxo lm	Factor manut.	Fator Utilização	Nº Lampad. Calculado	Nº Lampad. instalad.	Potência instalada W	Nível Ilum. Instalado lux
1	Suite	100	1620	0,9	0,43	4,0	1	100	74,6
2	Quarto 01	100	1620	0,9	0,43	4,2	1	100	71,7
3	Quarto 02	100	1620	0,9	0,43	4,2	1	100	71,7
4	Banheiro suite	60	864	0,9	0,31	3,2	1	60	94,2
5	Banheiro	60	864	0,9	0,31	3,2	1	60	94,2
6	Sala TV	100	1620	0,9	0,36	2,5	1	100	118,9
7	Sala Jantar	100	1620	0,9	0,36	5,5	1	100	91,1
8	Cozinha	100	1620	0,9	0,36	3,3	1	100	91,1
9	Lavabo	100	1620	0,9	0,36	2,1	1	100	145,8
10	Garagem	100	1620	0,9	0,43	5,4	2	200	111,5
11	Corredor	60	864	0,9	0,36	1,1	1	60	135,2

Utilizam-se o mínimo de lâmpadas instaladas em cada ambiente, uma vez que pelo projeto luminotécnico, cada residência poderia utilizar mais de uma luminária por ambiente, isto varia de acordo com que cada usuário define em sua instalação.

Primeiramente verifica-se a comparação com a tecnologia LED que é o intuito do presente trabalho, utilizou dados da NBR 5413 e as tabelas com os dados dos ambientes do projeto realizados conforme a tabela 6.

Tabela 6 – Dados do ambiente e cálculo de iluminação para lâmpadas LED

LÂMPADAS LED									
Nº	Compartimento	Potência	Fluxo lm	Factor manut.	Fator Utilização	Nº Lampad. Calculado	Nº Lampad. instalad	Potência instalada W	Nível Ilum. Instalado lux
1	Suite	22	3000	0,9	0,8	12	1	22	257,1
2	Quarto 01	22	3000	0,9	0,8	12	1	22	247,1
3	Quarto 02	22	3000	0,9	0,8	12	1	22	247,1
4	Banheiro suite	12	806	0,9	0,8	13	1	12	226,7
5	Banheiro	12	806	0,9	0,8	13	1	12	226,7
6	Sala TV	12	806	0,9	0,8	2,3	1	12	131,4
7	Sala Jantar	22	3000	0,9	0,8	13	1	22	375,0
8	Cozinha	22	3000	0,9	0,8	0,8	1	22	375,0
9	Lavabo	11	1500	0,9	0,8	10	1	11	300,0
10	Garagem	22	3000	0,9	0,8	16	2	44	384,0
11	Corredor	11	1500	0,9	0,8	0,3	1	11	521,7

Verifica-se a utilização das tabelas 7 e 8, que dizem respeito com as tecnologias de lâmpadas fluorescentes tubulares e fluorescentes compactas respectivamente, para realizar a comparação entre as tecnologias citadas.

Tabela 7 – Dados do ambiente e cálculo de iluminação para lâmpadas fluorescentes tubulares.

LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES									
Nº	Compartimento	Potência	Fluxo lm	Factor manut.	Fator Utilização	Nº Lampad. Calculado	Nº Lampad. instalad	Potência instalada W	Nível Ilum. Instalado lux
1	Suite	80	5200	0,9	0,55	1,0	1	80	306,4
2	Quarto 01	80	5200	0,9	0,55	1,0	1	80	294,5
3	Quarto 02	80	5200	0,9	0,55	1,0	1	80	294,5
4	Banheiro suite	40	2200	0,9	0,39	1,0	1	40	301,6
5	Banheiro	40	2200	0,9	0,39	1,0	1	40	301,6
6	Sala TV	80	5200	0,9	0,39	0,7	1	80	413,3
7	Sala Jantar	80	5200	0,9	0,48	1,3	1	80	390,0
8	Cozinha	80	5200	0,9	0,48	0,8	1	80	390,0
9	Lavabo	40	2200	0,9	0,55	1,0	1	40	302,5
10	Garagem	80	5200	0,9	0,55	1,3	1	80	228,8
11	Corredor	40	2200	0,9	0,55	0,3	1	40	526,1

Tabela 8 – Dados do ambiente e cálculo de iluminação para lâmpadas fluorescentes compactas.

LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS									
Nº	Compartimento	Potência	Fluxo	Factor	Fator	Nº Lampad.	Nº	Potência	Nível lum.
			lm	manut.	Utilização	Calculado	Lampad. instalad	instalada W	Instalado lux
1	Suite	23	1400	0,9	0,8	2,5	1	23	120,0
2	Quarto 01	23	1400	0,9	0,8	2,6	1	23	115,3
3	Quarto 02	23	1400	0,9	0,8	2,6	1	23	115,3
4	Banheiro suite	15	810	0,9	0,8	1,3	1	15	227,8
5	Banheiro	15	810	0,9	0,8	1,3	1	15	227,8
6	Sala TV	15	810	0,9	0,8	2,3	1	15	132,1
7	Sala Jantar	23	1400	0,9	0,8	2,9	1	23	175,0
8	Cozinha	23	1400	0,9	0,8	1,7	1	23	175,0
9	Lavabo	15	810	0,9	0,8	1,9	1	15	162,0
10	Garagem	23	1400	0,9	0,8	3,3	1	23	89,6
11	Corredor	15	810	0,9	0,8	0,5	1	15	281,7

As lâmpadas são bem diferentes com relação à sua vida útil, para calcular o tempo total de uso, assim faz-se o uso do MMC para encontrar os valores de vida média das lâmpadas. Então, a razão entre o tempo de uso pelo tempo de vida média das lâmpadas, o resultado menos um (que é a lâmpada de instalação) demonstra a quantidade de vezes que tende a fazer as reposições, assim calculando o valor do custo. Tais valores de custo de cada lâmpada é demonstrado na tabela 9 a seguir:

Tabela 9 – Tabela do custo das diversas lâmpadas.

Fluorescentes tubulares		Incandescentes	
Potencia (W)	Custo Médio (R\$)	Potencia (W)	Custo Médio (R\$)
20	4,00	40	R\$ 1,60
32	6,00	60	R\$ 1,70
36	6,60	75	R\$ 1,70
40	4,50	100	R\$ 1,90
Fluorescentes compactas		LED	
Potencia (W)	Custo Médio (R\$)	Potencia (W)	Custo Médio (R\$)
9	9,80	9	R\$ 78,00
15	10,70	12	R\$ 90,00
20	11,60	22	R\$ 230,00
23	22,20	11	R\$ 206,00

Fonte: Eletronor, Cassol (2012)

Outra observação importante a se fazer é o preço do kWh usado nas contas do consumo. De acordo com a Copel (Companhia de Energia Elétrica do Paraná) o

valor da tarifa no Paraná para uma faixa de consumo residencial, já com impostos é de aproximadamente R\$ 0,455 centavos por kWh.

Comparando todos os dados levantados pelo problema, é possível utilizar da tabela 10 para estudo do problema.

A qualidade de luz produzida por essas duas lâmpadas é bem parecida, ambas de Temperatura de Cor Correlata quente e de IRC acima de 80, que atende os requisitos de iluminação.

Tabela 10 – Comparação de consumo entre as lâmpadas incandescentes e LED

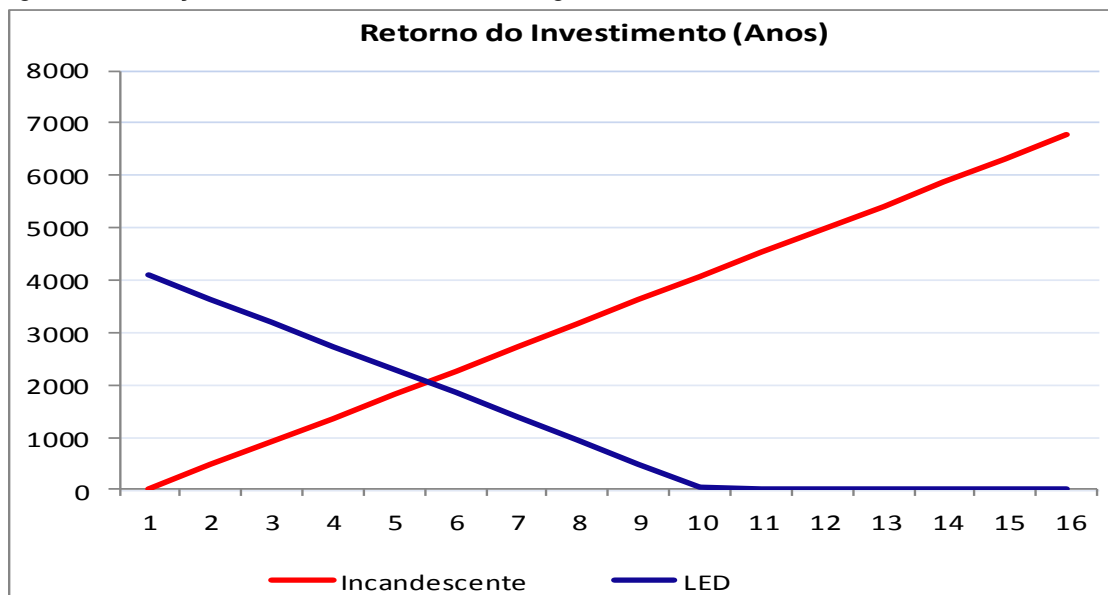
DADOS					
Tipo de lâmpada	Incandescente		LED		
Potência (W)	100	60	22	11	12
Custo Total da Lâmpada (R\$)	1,90	1,70	250,00	206,00	90,00
Número de Lâmpadas	8	3	12	4	3
Número de horas de utilização por dia	6	6	6	6	6
Número de dias de utilização por ano	365	365	365	365	365
Vida útil de cada lâmpada (horas)	750	750	40000	40000	30000
Custo kWh (R\$)	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456
Custo de reposição de Lâmpadas (R\$)	100,70	66,30	-	-	-
Custo total de reposição (R\$)	167,00				
Custo de aquisição do sistema (R\$)	15,20	5,10	3000,00	824,00	270,00
Total custo de aquisição (R\$)	20,30		4094,00		
Consumo anual de energia (KWh)	1752,000	394,200	578,160	96,360	78,840
Total consumo anual de energia (KWh)	2146,200		753,360		
Consumo anual de energia (R\$)	798,04	179,56	263,35	43,89	35,91
Total consumo anual de energia (R\$)	977,59		343,16		
RESULTADOS					
Gasto energia (R\$)	15808,51		5490,49		
Economia Total (R\$)	10318,02				
Economia Total %	65,27				
Tempo de retorno do investimento (ANOS)	5,6				
Vida útil do sistema (ANOS)	16				

Nesta comparação, verificamos uma enorme diferença em favor da iluminação LED.

A vida útil do sistema LED é bastante considerável, em torno de 16 anos, uma vez que o retorno do investimento se dá em até 5,6 anos, nos chegando numa

economia de até 65%. Uma vez que o custo inicial da tecnologia LED é muito superior à incandescente. A seguir na figura 5 verifica-se o tempo de retorno do investimento entre as lâmpadas incandescentes e fluorescentes.

Figura 5 – Relação custo benefício das tecnologias LED x Incandescente



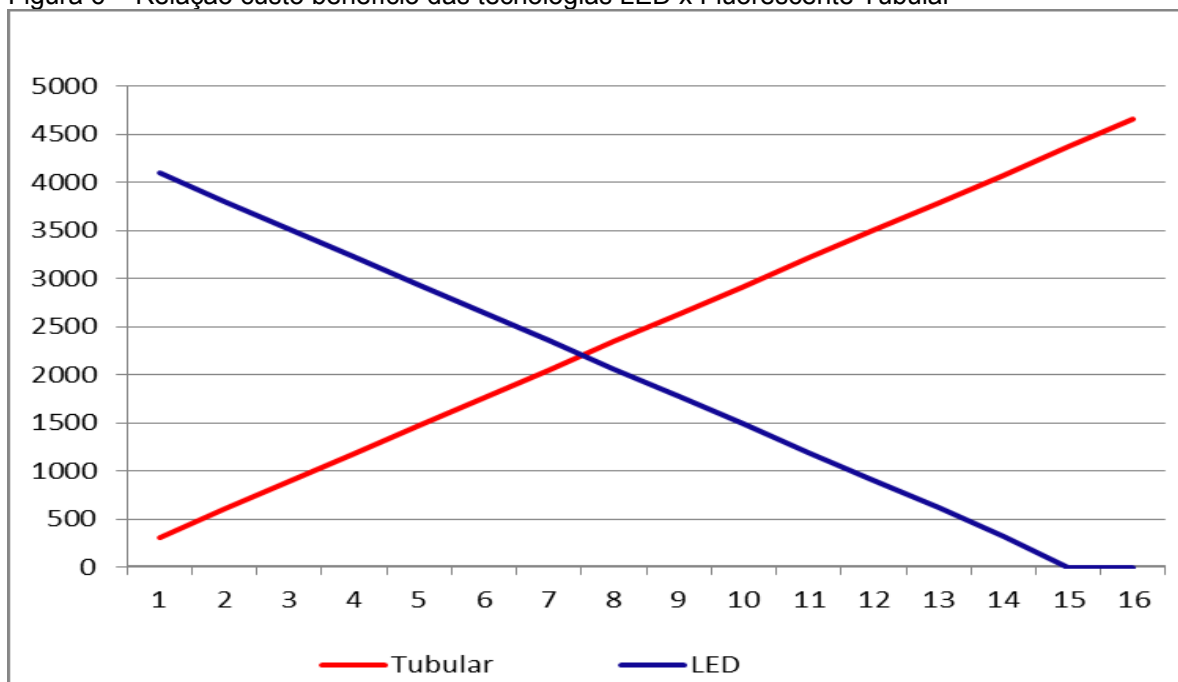
A seguir verifica-se um estudo comparativo com o sistema de iluminação utilizando lâmpadas fluorescentes tubulares com relação à tecnologia LED, conforme descrito na tabela 11. Qualitativamente as duas lâmpadas são bem parecidas. A fluorescente tubular apresenta temperatura de cor fria, em comparação com a LED tubular, de temperatura de cor neutra, sendo o Índice de Reprodução de Cor das duas lâmpadas bem parecido

Tabela 11 – Comparação de consumo entre as lâmpadas fluorescente tubular e LED

DADOS					
Tipo de lâmpada	Fluorescente Tubular		LED		
Potência (W)	40	20	22	11	12
Custo Total da Lâmpada (R\$)	4,5	4	250	206	90
Custo Total do reator (R\$)	22	15			
Número de Lâmpadas	14	8	12	4	3
Número de reatores	7	4			
Número de horas de utilização por dia	6	6	6	6	6
Número de dias de utilização por ano	365	365	365	365	365
Vida útil de cada lâmpada (horas)	5000	5000	40000	40000	30000
Custo kWh (R\$)	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456
Custo de reposição de Lâmpadas (R\$)	36,00	32,00	-	-	-
Custo total de reposição (R\$)	68,00		-		
Custo de aquisição do sistema (R\$)	217,00	92,00	3000,00	824,00	270,00
Total custo de aquisição (R\$)	309,00		4094,00		
Consumo anual de energia (KWh)	1226,400	350,400	578,160	96,360	78,840
Total consumo anual de energia (KWh)	1576,800		753,360		
Consumo anual de energia (R\$)	558,63	159,61	263,35	43,89	35,91
Total consumo anual de energia (R\$)	718,23		343,16		
RESULTADOS					
Gasto energia (R\$)	11559,72		5490,49		
Economia Total (R\$)	6069,23				
Economia Total %	52,50				
Tempo de retorno do investimento (ANOS)	7,6				
Vida útil do sistema (ANOS)	16				

Nesta comparação, o tempo de retorno do investimento ficou em torno de 7,6 anos, ainda bastante considerável, uma vez que a economia poderá chegar em torno de 52,5% somente em consumo e o custo de instalação é bastante considerável.. Verica-se o tempo de retorno do investimento na figura 6.

Figura 6 – Relação custo benefício das tecnologias LED x Fluorescente Tubular



Utilizando o mesmo raciocínio, verifica-se as tecnologias com lâmpadas fluorescentes compactas, com a tecnologia LED conforme descrito na tabela 12. As duas lâmpadas são bem diferentes, a fluorescente apresenta fator de potência baixíssimo, que é uma característica das lâmpadas fluorescentes, temperatura de cor fria em comparação com a LED de temperatura de cor quente e que proporciona uma sensação de conforto ao ambiente. Os Índices de Reprodução de Cor das duas lâmpadas são bem próximos.

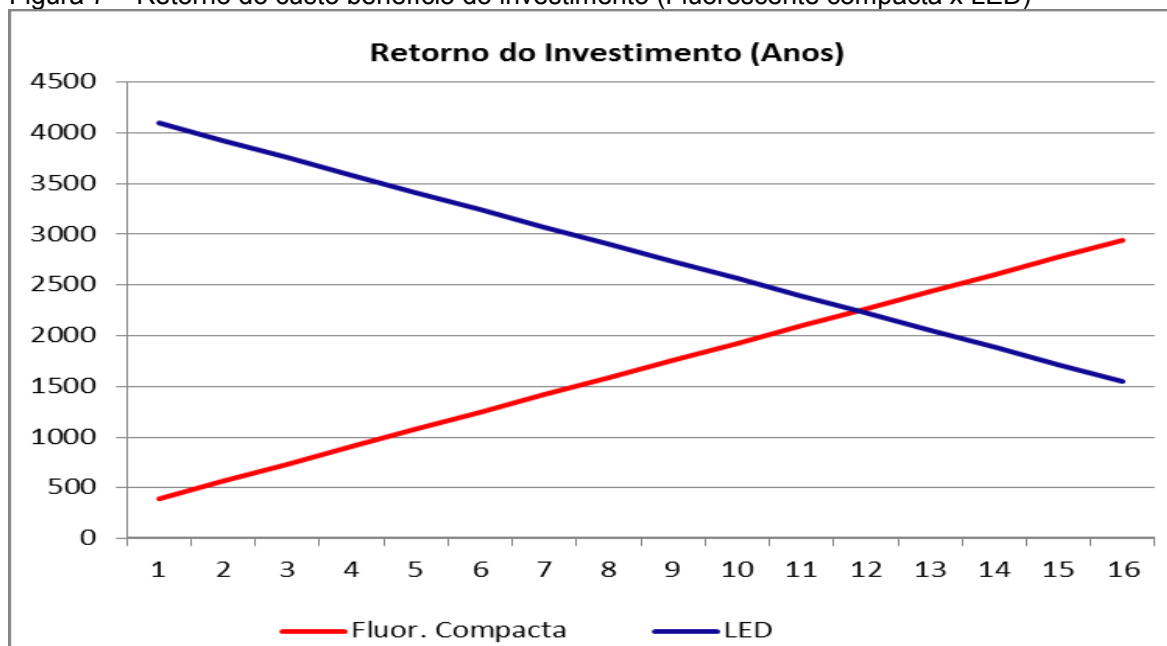
Tabela 12 – Comparação de consumo entre as lâmpadas fluorescentes compactas e LED

DADOS					
Tipo de lâmpada	Fluorescente Compacta		LED		
Potência (W)	23	15	22	11	12
Custo Total da Lâmpada (R\$)	22,2	10,7	250	206	90
Número de Lâmpadas	14	8	12	4	3
Número de horas de utilização por dia	6	6	6	6	6
Número de dias de utilização por ano	365	365	365	365	365
Vida útil de cada lâmpada (horas)	8000	8000	40000	40000	30000
Custo kWh (R\$)	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456
Custo de reposição de Lâmpadas (R\$)	177,60	85,60	-	-	-
Custo total de reposição (R\$)	263,20		-		
Custo de aquisição do sistema (R\$)	310,80	85,60	3000,00	824,00	270,00
Total custo de aquisição (R\$)	396,40		4094,00		
Consumo anual de energia (KWh)	705,180	262,800	578,160	96,360	78,840
Total consumo anual de energia (KWh)	967,980		753,360		
Consumo anual de energia (R\$)	321,21	119,71	263,35	43,89	35,91
Total consumo anual de energia (R\$)	440,91		343,16		
RESULTADOS					
Gasto energia (R\$)	7317,84		5490,49		
Economia Total (R\$)	1827,35				
Economia Total %	24,97				
Tempo de retorno do investimento (ANOS)	12,0				
Vida útil do sistema (ANOS)	16				

Esta comparação nos mostra uma pequena diferença entre as duas tecnologias, nos indicando que a tecnologia LED está tomando cada dia mais o espaço das fluorescentes compactas com maior qualidade e economia.

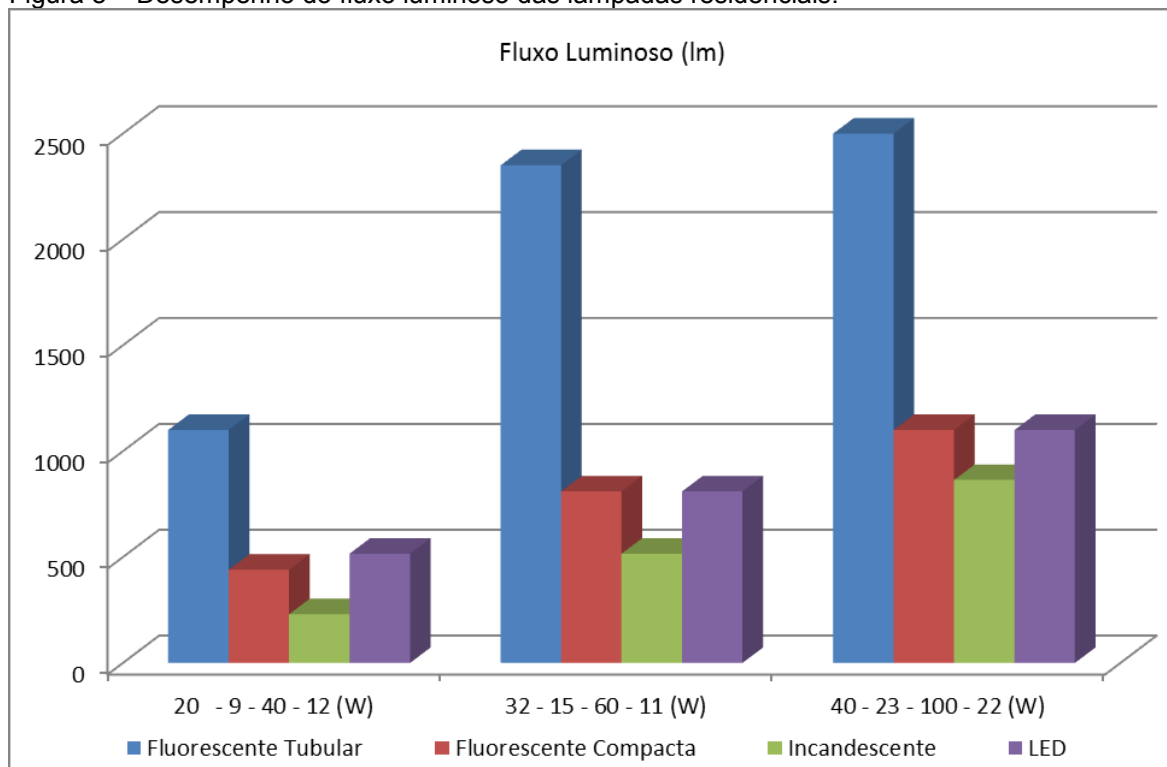
Ainda assim mostra que a tecnologia LED ainda é superior a todas as tecnologias aqui apresentadas, pois o tempo de retorno ficou em torno de 12 anos, comparando com a vida útil do LED, mesmo sendo uma pequena diferença ainda vale em consideração a utilização do LED. Como demonstrado na figura 7 demonstrando o tempo de retorno do investimento

Figura 7 – Retorno do custo benefício do investimento (Fluorescente compacta x LED)



A figura 8 demonstra as características de desempenho do fluxo luminoso das tecnologias, levando-se em consideração as potências utilizadas.

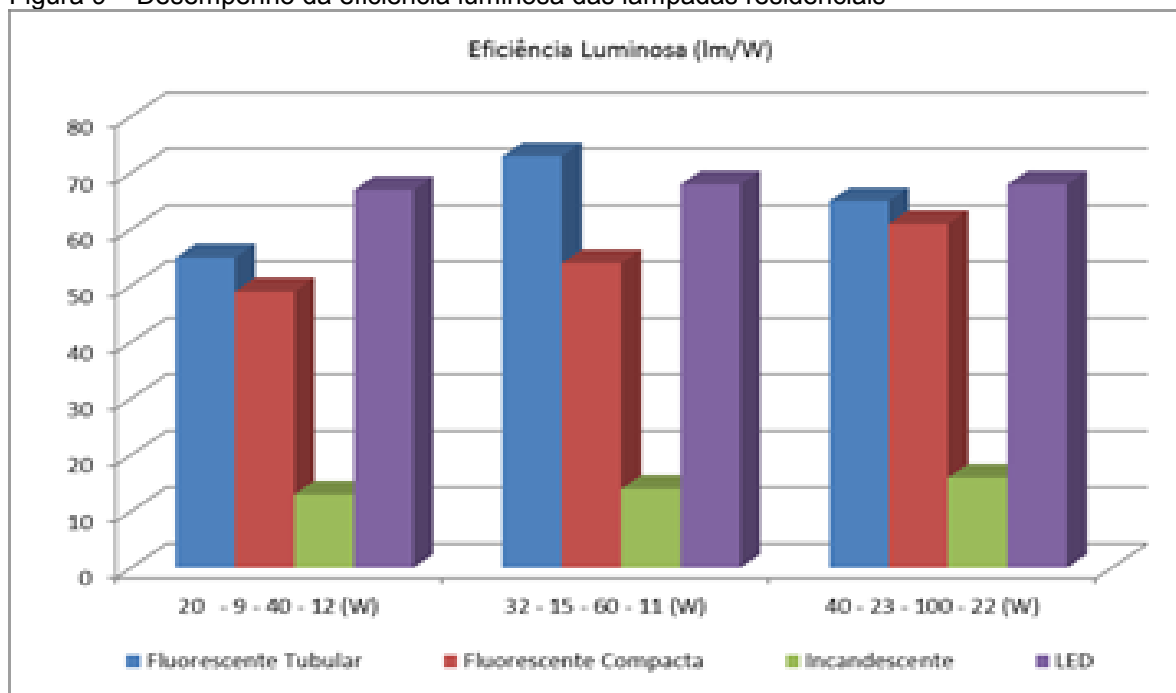
Figura 8 – Desempenho do fluxo luminoso das lâmpadas residenciais.



Fonte: Philips, Osram (2010)

A figura 9 demonstra as características de desempenho de eficiência luminosa das diversas tecnologias utilizadas no presente trabalho, levando-se em consideração as potências utilizadas.

Figura 9 – Desempenho da eficiência luminosa das lâmpadas residenciais



Fonte: Philips, Osram (2010)

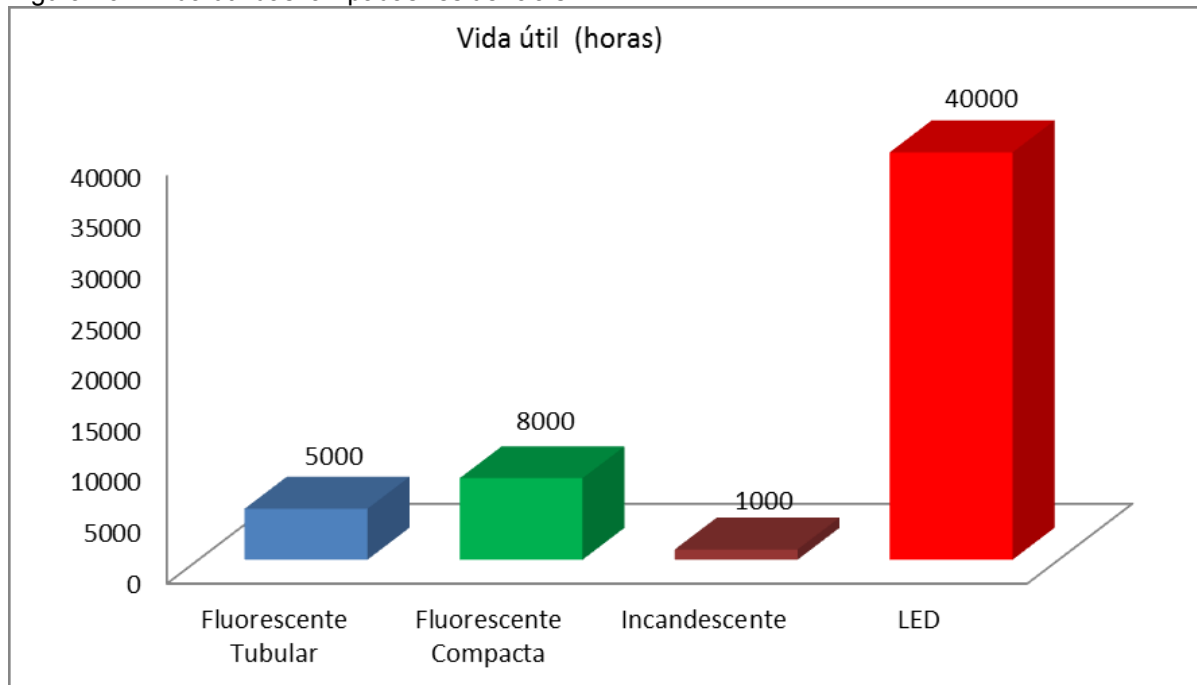
Na tabela 13 verifica-se as características de desempenho técnico utilizando-se da temperatura de cor das diversas tecnologias utilizadas no presente trabalho, verificando assim como pode ser feito a escolha de cada produto com relação ao ambiente a ser utilizado. Nas várias tecnologias, nota-se a limitação entre as lâmpadas incandescentes e fluorescentes tubulares apresentados

Tabela 13 – Comparação de utilização das diversas tecnologias utilizando-se da temperatura de cor

Fontes de luz e suas temperaturas de cor				
Temperatura de cor	Incandescente	Fluorescente Tubular	Fluorescente Compacta	LED
Quente 2700 K	x		x	x
Quente 3000 K			x	x
Neutra 3500 K			x	x
Fria 4100 K			x	x
Luz do dia 5000 K - 6500 K		x	x	x

Na figura 10, observa-se a vida útil de cada tipo de lâmpada utilizada no presente trabalho para a conclusão dos resultados financeiros obtidos.

Figura 10 – Vida útil das lâmpadas residenciais



Fonte: Philips, Osram (2010)

CONCLUSÃO

O trabalho cumpriu os seus objetivos, que eram de oferecer uma publicação com informações básicas sobre os conceitos de apoio e utilização na área de iluminação de interiores sobre a nova tendência que é a tecnologia de iluminação LED, ainda pouco explorada pelos projetistas e usuários de sistemas de iluminação.

É relevante o fato de que as fontes de iluminação estão evoluindo e em breve poderão surgir lâmpadas mais eficientes. Estar sempre atualizado é uma vantagem para utilizar a tecnologia correta para a atividade certa com eficiência luminosa.

Outra questão não mencionada no trabalho e que não entra no cálculo é a questão ambiental. O LED não contém materiais tóxicos e sua vida longa diminui muito na contribuição de resíduos ao meio ambiente, ao contrário de outras lâmpadas que precisam ser trocadas frequentemente, aumentando a contribuição de resíduos tóxicos ao meio ambiente, como é o caso das lâmpadas fluorescentes, que possuem mercúrio, o sobre os quais, os órgãos ambientais estão aumentando cada vez mais a fiscalização de descarte dessas lâmpadas. Ficando como incentivo a

trabalhos futuros. Assim como um programa de banimento das tecnologias não eficientes como a incandescente.

Considerando as ideias acima foram feitas comparações com outros tipos de lâmpadas (incandescente, fluorescente tubular e fluorescente compacta), com as quais se conseguiu mostrar as vantagens técnica e econômica das lâmpadas LED, chegando a uma economia de até 65% comparando com as lâmpadas incandescentes tendo um retorno de investimento em até 5 anos e meio.

Os LEDs são apontados como o futuro da iluminação, eles já são parte integrantes do mercado e a tendência é de um crescimento maior no próximos anos. Contando com suas características e benefícios, os LEDs trazem consigo novos conceitos e possibilidades de utilização. Suas características como fonte de luz ajudam para auxiliar na solução dos principais desafios tecnológicos da atualidade: eficiência energética, conservação de energia, preservação de energia e resíduos sólidos. Assim com o avanço da tecnologia esse produto tende a diminuir o custo de aquisição, vindo a ficar mais acessível a população.

Verifica-se a preocupação atual com a utilização de tecnologias sustentáveis, evidenciando a preocupação com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IMPORTADORES DE PRODUTOS DE ILUMINAÇÃO (ABILUMI). **Abilumi na Imprensa**. Material técnico para consulta. 2010. Disponível em: <http://www.abilumi.org.br/abilumi/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=34>. Acesso em: 01 mar. 2012.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (AIE). **Phase out of incandescent lamps**. Implications for international supply and demand for regulatory compliant lamps. Paris, 2010.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5413**. Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

COPEL. **Companhia Paranaense de Energia Elétrica**.

CREDER, Hélio. **Instalações elétricas**. 14.ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: LTC. 2002. p 177-207.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**, 2010. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20EI%C3%A9trica/EP%20Elan%C3%A7aprimeiraedi%C3%A7%C3%A3odoAnu%C3%A1rioEstat%C3%ADsticodeEnergiaEI%C3%A9trica.aspx>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

FUPAI. **Conservação de energia**: eficiência energética de equipamentos e instalações. 3.ed. Itajubá. 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA (INMETRO). **Qualidade e Tecnologia**, 2012. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/incandecente.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2012

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, 2010. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Balanço de energia útil. Premissas e diretrizes. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/PlanoNacEfiEnergetica.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

OSRAM. **Iluminação residencial interiores e exteriores**. 2010. Disponível em: <http://www.osram.com.br/osram_br/Profissional/Iluminacao_Geral/Lampadas_Halogenas/Aplicacoes/Iluminacao_residencial/index.html>. Acesso em: 20 mar. 2012.

OSRAM. **Manual técnico Iluminação**: Conceitos e Projetos 2010. Modelo de documento digital. Disponível em: <http://www.br.osram.info/download/manual/manual_lumi01.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2012.

PHILIPS. **Catálogo, manual técnico de produtos**. 2010. Disponível em <http://www.lighting.philips.com.br/connect/tools_literature/index.wpd>. Acesso em: 12 mar. 2012.

PHILIPS. **Manual técnico, guia de compra de produtos**. 2010. Disponível em: <http://www.lighting.philips.com/pwc_li/br_pt/lightcommunity/assets/Broch-MASTER-LED.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2012.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, 2010. **Critérios para a concessão do Selo Procel de economia de energia a lâmpadas fluorescentes compactas com reator integrado**, 2010. Disponível em: <<http://www.eletronbras.gov.br/ELB/procel/main.asp?TeamID={2DEB4057-D085-49A8-A66E-5D946249DC56}>>. Acesso em: 17 mar. 2012.

CRICCI, Ricardo. **Lâmpada ou aquecedor**. Rio de Janeiro: Revista Fator Brasil. 2010.

SILVA, Mauri Luiz da. **Iluminação**: Simplificando o Projeto. Rio de Janeiro: Ciência Moderna. 2009

VIANNA. Nelson Solano: GONÇALVES. Joana Carla Soares. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Geros, 2004.

Artigo recebido em: 14/12/2012

Artigo aprovado em: 27/05/2015