

Iluminação de estado sólido, economia potencial de energia elétrica para o país

ANDRÉ ROSA FERREIRA

Faculdade de Tecnologia de Osasco - SP - Brasil
Universidade Federal do ABC - SP - Brasil
andre.rferreira@fatec.sp.gov.br

JORGE TOMIOKA

Universidade Federal do ABC - SP - Brasil
jorge.tomioka@ufabc.edu.br

Resumo - A iluminação no século XXI representa 20% do consumo global de eletricidade. Este artigo apresenta um estudo para a área de iluminação residencial. Utilizando a tecnologia de iluminação do estado sólido LED (diodos emissores de luz), tendo como objetivo de apresentar um comparativo entre as tecnologias de lâmpadas de uso residencial, trazendo uma solução mais eficiente para nossas residências e para o meio ambiente, inclusive diminuindo emissões de CO₂, produzindo impacto imediato na utilização de energia elétrica e podendo prorrogar os grandes investimentos em hidroelétricas no Brasil, impactando em gastos do dinheiro público.

Palavras-chave: Eficiência energética residencial, lâmpada de LED, iluminação do estado sólido, nova tecnologia de iluminação.

Abstract - *The lighting in the twenty-first century represents 20% of global electricity consumption. This article presents a study area for residential lighting. Using the technology of solid state lighting LED (light emitting diodes), aiming to present a comparison between the technologies lamps residential use, bringing a more efficient solution for our homes and the environment, including reducing emissions CO₂, producing immediate impact in the use of electricity and can extend the large investments in hydropower in Brazil, impacting spending public money.*

Keywords: *Residential Energy Efficiency, LED lamp, solid state materials, new lighting technology.*

1. Introdução

O Brasil faz parte dos países emergentes que se desponta para o mundo, necessitando trabalhar para o crescimento econômico e desenvolvimento social, investindo em planejamento de infraestruturas.

O investimento não planejado em infraestrutura pode ter um resultado de altíssimos gastos para a sociedade brasileira e iniciativa privada, e o retorno deste investimento é de longo prazo. Como exemplo as novas construções de usinas para geração de energia elétrica.

Este artigo abordará a eficiência energética, que pode ser aplicado em uma residência, utilizando soluções de iluminação mais eficiente e com tecnologia, empregando lâmpada de LED, produzindo assim um impacto imediato na economia de energia elétrica, inclusive diminuindo as emissões de CO₂¹ no meio ambiente e melhorando igualmente a qualidade da iluminação.

O consumo consciente de nossas fontes de energia são temas bastante discutidos atualmente, inclusive pela crescente preocupação da sociedade com a importância da sustentabilidade.

No século XI, a iluminação que havia era a produzida por combustão, as fogueiras, as tochas em um primeiro momento, depois vieram às lamparinas que utilizavam algum líquido inflamável, tornando a luz móvel (Creder, 2010).

A iluminação elétrica foi descoberta no início do século XIX, muito tempo depois por volta de 1870 foram realizadas as substituições dos dispositivos de iluminação de combustão pelos dispositivos de iluminação por eletricidade figura 1 (The Lighthouse Society of Great Britain, 2005).

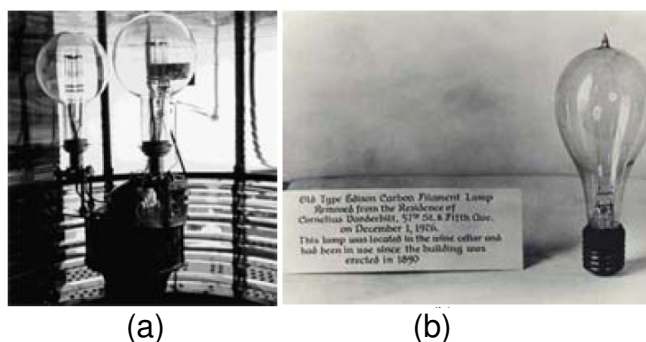


Figura 1 - Primeira lâmpada incandescente (a) versão de laboratório (b) versão comercial

A lâmpada incandescente é um dispositivo elétrico que transforma energia elétrica em energia luminosa e energia térmica. Thomas Edison construiu a primeira lâmpada incandescente utilizando uma haste de carvão (carbono) muito fina que, aquecida até próximo ao ponto de fusão, passa a emitir luz (Creder, 2010).

A lâmpada conhecida até hoje utilizando filamento de tungstênio cuja temperatura de trabalho chega a 3000 °C.

A eficiência energética é muito baixa, apenas 5% da energia elétrica consumida são transformado em luz, os outros 95% são transformados em calor (OSRAM, 2011). A lâmpada fluorescente foi criada por Nikola Tesla, ao contrário da lâmpada de filamento, possui uma eficiência energética chegando a 20%, por emitir mais energia eletromagnética em forma de luz do que calor, para o seu funcionamento é utilizado mercúrio que é encontrado no interior da lâmpada, criando um problema para o meio ambiente, podendo causar contaminação nos solos e lençóis freáticos (Cervelin, 2010).

¹ Dióxido de carbono

A lâmpada de LED (diodo emissor de luz), promete ser mais econômica entre todas as tecnologias apresentadas, e seu inventor foi Thomas Drummond, sua taxa de eficiência energética está entre 30 e 50% além disso, a sua vida útil é maior do que as outras lâmpadas incandescente e fluorescente, mais uma vantagem é a redução no consumo de energia elétrica trazendo uma economia residencial e para o país. Existem outros avanços importantes na fabricação dos LEDs, a criação do novo LED de alto desempenho, chegando a uma eficiência energética de 60% (Tomioka J., 2005) (Inês Lima Azevedo, 2009).

2. Referencial Teórico

No Brasil a capacidade instalada da geração de energia elétrica teve um aumento de por volta de 4% no de 2011 quando comparado com o ano anterior, atingindo a capacidade instalada de 117GW², esta capacidade instalada deverá evoluir para cerca de 171GW em 2020, com a priorização das fontes renováveis hidráulica, eólica e biomassa (BEN, 2010).

Segundo estudo do MME³ atualmente a participação das hidrelétricas responde por 67% da capacidade instalada, as termoeletricas com 27%, as PCH's⁴ com 3%, as usinas nucleares com 2%, as eólicas com 1% e centrais geradoras com menos de 1%.

A geração produzida por fonte de energia eólica será destaque, aumentando de 1% para 7%, no final do decênio a fatia de fontes renováveis se manterá em torno de 83% (EPE, 2012).

Com esta expansão o país terá investimentos da ordem de R\$190 bilhões. Pode ser ressaltado que grande parte dos investimentos refere-se a empreendimentos já autorizados, incluindo as usinas com contratos assinados nos leilões de energia elétrica nova.

O montante de R\$100 bilhões será o investimento em novas usinas que ainda não estão contratadas e muito menos autorizadas, sendo 55% em hidroelétricas e 45% no conjunto de outras fontes renováveis.

No Brasil existem mais de 500 empreendimentos, entre eles obras em construções e obras autorizadas que não iniciaram ainda que devem aumentar ainda mais a capacidade do parque gerador de energia elétrica do país, pode ser destacada ainda que o aumento da capacidade de geração de energia elétrica chegou a 50% nos últimos 10 anos (EPE, 2012).

Em 2001, o país viveu uma crise de abastecimento no setor elétrico por conta deste fato a população foi submetida há vários meses de racionamento de energia elétrica.

Um relatório elaborado pelo TCU⁵ lançou uma estimativa de que os prejuízos, entre 2001 e 2002, foram da ordem de R\$45 bilhões (Eletrobras/Procel, 2007).

² Giga watt

³ Ministério de Minas e Energia

⁴ Pequena central hidrelétrica

⁵ Tribunal de contas da união

3. Metodologia

O ponto principal deste artigo é de avaliar o impacto na utilização da lâmpada de LED em larga escala.

Para avaliar a substituição das lâmpadas incandescentes e fluorescentes pelas lâmpadas de LEDs, houve a necessidade do levantamento de alguns parâmetros de especificações de lâmpada, utilizado em luminotécnica⁶.

Os parâmetros de especificações escolhidos para comparação dos testes foram: consumo de potência, fluxo luminoso (lm), eficiência (lm/W), vida útil média (h) e viabilidade econômica.

Para auxiliar na execução do experimento foi montada uma bancada para as tomadas de medições no laboratório de automação industrial nas dependências da Fatec-Osasco⁷. Com o auxílio desta bancada foram realizados ensaios com alguns equipamentos que são: goniofotômetro, voltímetro, wattímetro, amperímetro, multímetro, luxímetro e osciloscópio.

Foram adquiridos no mercado alguns tipos de lâmpadas equivalentes para este experimento: lâmpada incandescente (LI) de 40W⁸, fluorescente compacta (LFC) de 11W, LED de 8W.

3.1. Teste de eficiência luminosa

Os testes de fluxo luminoso (lm)⁹ foi feito com o auxílio de um equipamento chamado goniofotômetro, realizado em uma multinacional fabricante de lâmpadas, pois o equipamento não se encontrava na faculdade por ser um equipamento dedicado a um seguimento de iluminação a tabela 1 mostra os resultados.

Para a tomada dos parâmetros de corrente (mA)¹⁰ e eficiência luminosa (lm/W)¹¹, foi utilizados os seguintes equipamentos: fonte de tensão variável para regulagem da tensão da rede em 127V, multímetro ligado em paralelo para a medição da tensão do circuito e um amperímetro ligado em série para medição da corrente.

Com os dados da potência da lâmpada e fluxo luminoso, foi calculada a eficiência luminosa, na tabela 1 mostra os resultados obtidos das 10 amostras de cada tecnologia de lâmpada sendo destacada a média das medições.

Um conceito que deve ser entendido é que a eficiência da lâmpada é medida em (lm/W), quanto maior a eficiência luminosa, maior será a eficiência da lâmpada.

4. Resultados e Discussão

Realizados os testes na bancada, foram medidas algumas grandezas tais como: corrente, fluxo luminoso, e eficiência luminosa, a tabela 1 mostra o comparativo entre as tecnologias de lâmpadas.

⁶ Estudo da aplicação de iluminação artificial em ambientes internos e externos

⁷ Faculdade de tecnologia de Osasco

⁸ Potência nominal da lâmpada em W

⁹ lúmen

¹⁰ miliampare

¹¹ lúmen/Watt

Tabela 1 - Comparativo entre as lâmpadas LI X LFC x LED

Tipo de Lâmpada	Corrente (mA)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa lm/W
Incandescente 40W	315	463	11,57
Fluorescente 11W	87	524	47,63
LED 8W	63	470	58,75

Tensão: 127V

4.1. Comparativo do tempo de retorno do investimento

Para a simulação abaixo utilizou um dos métodos mais simples para avaliação de projetos pay back, onde é definido o tempo de recuperação necessário para que o projeto compense o seu investimento inicial (Harrison, 1976) (Garrison, 2007).

É muito comum escalar o tempo em que o investimento leva para se pagar. O pay back e o espaço de tempo entre o início do projeto até o momento em que o fluxo de caixa acumulado passa a ser positivo. Pode estabelecer uma escala determinando o período de recuperação que pode ser em horas, meses ou anos (Procel, 2010).

Para o cálculo da simulação abaixo foi utilizada três análise comparativas com as seguintes lâmpadas:

- Lâmpada incandescente (LI) de 40W a um custo de R\$ 2,90;
- Lâmpada fluorescentes (LFC) LFC de 11W a um custo de R\$ 13,90;
- Lâmpada LED (LED) de 8W a um custo de R\$ 55,90.

Tarifa de energia elétrica utilizada foi de R\$ 0,3866, cada lâmpada teve que se submeter em média a 10 horas de trabalho por dia (Procel, 2010).

A base de cálculo foi tomada como referência a lâmpada de LED com 25.000 horas de vida útil.

1º Análise

Para a primeira análise, foi comparada uma lâmpada de LI de 40W com uma lâmpada de LFC de 11W conforme tabela 2, na figura 2 mostra o tempo de retorno do investimento.

Tabela 2 - Comparativo entre as lâmpadas LI X LFC

LAMPADAS	LI	LFC
INVESTIMENTO INICIAL	R\$ 2,90	R\$ 13,90
POTÊNCIA DA LÂMPADA	40W	11W
VIDA UTIL MÉDIA	750	8000
QUANTIDADE DE LÂMPADA	10,67	1
GASTO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MÊS	R\$ 4,64	R\$ 1,27
DIFERENÇA MÊS		R\$ 3,36
GASTO DE ENERGIA ELÉTRICA POR ANO	R\$ 55,67	R\$ 15,31
DIFERENÇA ANO		R\$ 40,36
TAXA DE RETORNO (HORAS)		760

Comparativo LI x LFC

Y-axis: R\$ 0, 100,00, 200,00, 300,00, 400,00, 500,00, 600,00

X-axis: 0, 3600, 7200, 10800, 14400, 18000, 21600, 25200

Legend: — CUSTO LFC (blue), — CUSTO LI (red)

Figura 2 - Gráfico de análise de retorno entre as lâmpadas LI x LFC

2º Análise

Para a segunda análise foi comparada uma lâmpada de LI de 40W com uma lâmpada de LED de 8W conforme tabela 3, na figura 3 mostra o tempo de retorno do investimento.

Tabela 3 - Comparativo entre as Lâmpadas LI x LED

LAMPADAS	LI	LED
INVESTIMENTO INICIAL	R\$ 2,90	R\$ 55,90
POTÊNCIA DA LÂMPADA	40W	8W
VIDA UTIL MÉDIA	750	25000
QUANTIDADE DE LÂMPADA	33,3	1
GASTO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MÊS	R\$ 4,64	R\$ 0,93
DIFERENÇA MÊS		R\$ 3,71
GASTO DE ENERGIA ELÉTRICA POR ANO	R\$ 55,67	R\$ 11,13
DIFERENÇA ANO		R\$ 44,54
TAXA DE RETORNO (HORAS)		2700

Figura 3 - Gráfico de análise de retorno entre as Lâmpadas LI x LED

3º Análise

Para a terceira análise foi comparada uma lâmpada de LED de 8W com uma lâmpada de LFC de 11W conforme tabela 4, na figura 4 mostra o tempo de retorno do investimento.

Tabela 4 - Comparativo entre as lâmpadas LFC x LED

LAMPADAS	LFC	LED
INVESTIMENTO INICIAL	R\$ 13,90	R\$ 55,90
POTÊNCIA DA LÂMPADA	11W	8W
VIDA UTIL MÉDIA	8000	25000
QUANTIDADE DE LÂMPADA	3	1
GASTO DE ENERGIA ELÉTRICA POR MÊS	R\$ 1,28	R\$ 0,93
DIFERENÇA MÊS		R\$ 0,35
GASTO DE ENERGIA ELÉTRICA POR ANO	R\$ 15,31	R\$ 11,13
DIFERENÇA ANO		R\$ 4,18
TAXA DE RETORNO (HORAS)		16.000

Figura 4 - Gráfico de análise de retorno entre as lâmpadas LED x LFC

As lâmpadas incandescentes de potência menor ou igual a 40W permanecerão no mercado consumidor até 2016, após esta data só serão permitidas lâmpadas de 25W. Atualmente as lâmpadas acima de 60W estão proibidas de fabricar e comercializar no país segundo PBE¹² (MME, 2010) (Procel, 2010).

4.2. Projeção de energia elétrica consumida

Com os dados levantados da PROCEL¹³, o Brasil utiliza em média quatro lâmpadas por residências, com um tempo de funcionamento de 10 horas diárias em um período de 30 dias (1 mês).

A tabela 5 mostra um comparativo de consumo de energia elétrica final entre as três tecnologias utilizadas em um mês e a projeção até o final de um ano de trabalho (Procel, 2010).

Tabela 5 - Energia elétrica consumida (kWh/ano)

TECNOLOGIA	POTÊNCIA DE LÂMPADAS (W)	kW ¹⁴	QUANTIDADE DE LÂMPADAS	ENERGIA ELÉTRICA (kWh/mês)	ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA/ ANO (kWh/ano)
LI	40	0,040	4	48	576
LFC	11	0,011	4	13,2	158,4
LED	8	0,008	4	9,6	115,2

10 horas por dia; 30 dias por mês.

Obtendo a energia elétrica consumida anual, foi calculado o custo total gasto no período de um ano conforme tabela 6.

Tabela 6 - Custo total anual gasto em energia

TECNOLOGIA	ENERGIA CONSUMIDA/ ANO (kW/ano)	TAXA DE ENERGIA	CUSTO TOTAL / ANO
LI	576	R\$ 0,3866	R\$ 222,70
LFC	158,4		R\$ 61,24
LED	115,2		R\$ 44,54

¹² Programa brasileiro de eficiência

¹³ Programa Nacional de Conservação Energia Elétrica

¹⁴ Kilo Watt

4.3. Panorama sobre a energia elétrica no Brasil em 2021

A projeção para Brasil no ano de 2021 com o consumo de energia elétrica será em torno de 736TWh¹⁵ sendo 24% aplicado no consumo residencial, equivalente a 177TWh, 20% é consumido somente para iluminação artificial, por volta de 35TWh (EPE, 2012).

Considerando que 80% das lâmpadas utilizadas são LI teremos 28TWh de energia elétrica consumida utilizada na iluminação residencial (Eletrobras/Procel, 2007).

Analisando que as LI equivalente a 5% convertem energia elétrica em luz que dá 1TWh os outros 95% 27TWh de potência é transformada em calor, ou seja, resíduo térmico (Pansi, 2006).

Realizando uma estimativa de projeção do consumo de energia elétrica foram executadas duas propostas de simulações do consumo de energia elétrica para o país, a primeira proposta foi utilizada a tecnologia de LFC e a segunda com a tecnologia de LED, sendo comparadas com a tecnologia LI.

Na tabela 7 mostra as simulações utilizando às tecnologias de LI, LFC e LED.

Tabela 7 - Situação do consumo de energia elétrica em 2021

SITUAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL EM 2021 (ESTIMATIVA)		
Utilizando a tecnologia de LI		
Itens	Quantidade	Unidade
Consumo de energia elétrica no país	736	TWh
Distribuição de energia elétrica por setor (24% - residencial)	177	TWh
Estimativa de consumo de energia elétrica em iluminação residencial (20%)	35	TWh
Consumo de energia elétrica do país utilizando lâmpada LI é de 80%	28	TWh
Estimativa de potência transformada em calor (95%)	27	TWh
Estimativa de potência transformada em luz (5%)	1	TWh
Proposta - I de melhoria utilizando tecnologia de LFC		
Consumo de energia elétrica no país	736	TWh
Distribuição de energia elétrica por setor (24% - residencial)	177	TWh
Estimativa de consumo de energia elétrica em iluminação residencial (20%)	35	TWh
Economia do consumo de energia elétrica (LFCxLI)	73	%
Consumo de energia elétrica do país utilizando lâmpada LFC é de 80%	7,85	TWh
Economia de energia elétrica com a utilização de novas tecnologias (28LI – 7,85LFC)	20,2	TWh
Proposta - II de melhoria utilizando tecnologia de LED		
Consumo de energia elétrica no país	736	TWh

¹⁵ Terawatt-hora

Distribuição de energia elétrica por setor (24% - residencial)	177	TWh
Estimativa de consumo de energia elétrica em iluminação residencial (20%)	35	TWh
Economia do consumo de energia elétrica (LEDxLI)	80	%
Consumo de energia elétrica do país utilizando lâmpada LED é de 80% (CE - 80%)	5,6	TWh
Economia de energia elétrica com a utilização de novas tecnologias (28LI – 5,6LED)	22,4	TWh
Observação Itaipu tem um total de 14.000 MW com 20 unidades geradoras de 700 MW		

Devido à expectativa do crescimento econômico do PIB¹⁶ brasileiro serão necessário mais investimento na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

5. Análise dos resultados

Pode ser observado que a taxa de retorno empregando a tecnologia de LED substituindo a tecnologia de LFC foi a maior entre as simulações levando 16.000 horas.

A menor taxa de retorno foi o comparativo entre a tecnologia de LFC substituindo a tecnologia de LI levando 760 horas. Considerado que a lâmpada permanece em média 10 horas ligada por dia.

Comparando o consumo de energia elétrica das três tecnologias de lâmpadas, a economia alcançada pela tecnologia de LED teve o melhor desempenho, chegando a uma economia de 80% quando comparada com a tecnologia de LI e 27,5% quando comparada com a tecnologia de LFC conforme mostra a tabela 5.

Outra vantagem mostrada na análise foi o comparativo de custo da tecnologia de LED atingindo 72% menor quando comparada a tecnologia de LI e 11% menor do que a tecnologia de LFC.

Na simulação da tabela 7 mostra que a tecnologia de LED se for utilizada em 80% da iluminação residencial do país, a potência consumida chega a 5,6TWh de energia elétrica, sendo aproximadamente 5 vezes menor do que a potência consumida pela tecnologia de LI. A potência transformada em calor da tecnologia LI, isto é o desperdício, chega a 27TWh, somente 1TWh é utilizado para iluminação. Ao comparar com a tecnologia LFC a potência consumida chega a 7,8TWh de energia elétrica, sendo aproximadamente 3 vezes menor do que a tecnologia LI.

Outro aspecto muito importante foi, com a diminuição da potência consumida diminui emissão de CO₂ no meio ambiente impactando no efeito estufa, cada 1kWh economizado deixamos de produzir 4kWh.

A economia encontrada com utilização da tecnologia de LED pode deixar de despejar 525.000 kg de CO₂ emitido na atmosfera. Atualmente no mundo a iluminação representa 20% do consumo de energia elétrica, sendo 2/3 de toda a iluminação possui uma tecnologia antiga e de alto consumo de energia elétrica (Inês Lima Azevedo, 2009).

¹⁶ Produto interno bruto

Fazendo uma analogia atual à estimativa de geração de energia elétrica anual que será produzida pela usina nuclear de Angra III que ainda está em construção irá gerar 11TWh (Eletrobras/Procel,2007), podemos perceber que a economia de energia elétrica utilizando tecnologia de LED são de duas usinas nucleares do mesmo porte, chegando a uma economia de 21TWh como mostra a tabela 7.

6. Conclusão

Este artigo foi apresentado um cenário brasileiro para 2021 com a possibilidade de ter iluminação com tecnologia moderna e eficiente a um custo acessível. Os estudos realizados podem ser apresentados às concessionárias e geradoras de energia elétrica, centros de pesquisas, fabricantes de lâmpadas e programas de eficiência energética entre outros, como uma oportunidade de negócios.

Utilizando lâmpadas de LEDs teremos uma economia do consumo de energia elétrica, alta eficiência luminosa, maior ciclo de vida, conseqüentemente redução de emissão de CO₂ no meio ambiente, e a não contaminação de mercúrio nos lençóis freáticos.

O mercado de iluminação abrange ainda as áreas da indústria, comércio e iluminação pública, este artigo objetivou estudar somente a iluminação residencial, esta economia de energia elétrica pode ser ainda maior tendo uma abrangência envolvendo todas estas áreas.

O Brasil deve ter um planejamento do crescimento econômico e do desenvolvimento social, investido em infraestruturas tais como saúde, transporte, educação, habitação e energia elétrica.

A construção de novas usinas de geração de energia elétrica são investimentos que requer altíssimos gastos dos cofres públicos, para a sociedade e para as empresas privadas, sendo um retorno de longo prazo.

O planejamento de novas usinas além do grande investimento financeiro tem a questão de alteração do meio ambiente, tais como: inundações de grandes áreas para usinas hidroelétricas, desapropriação dessas áreas, aumento na emissão de CO₂ devido o uso de usinas térmicas e um nível de maior segurança para construção de usinas nucleares.

Pode ser destacado que para evitar o desperdício não é preciso racionar energia elétrica e não implica necessariamente em perda da qualidade de vida ou de comprometer a produtividade ou do desenvolvimento do país. O racionamento só acontece quando desrespeitamos a natureza e consumimos energia elétrica desnecessariamente, prejudicando nosso futuro e o futuro do planeta.

Conclui-se que iluminação do estado sólido aliado a uma política nacional de economia de energia elétrica, trará muitos benefícios para a população, e aos cofres públicos, gerando uma economia para todo o país em um curto espaço de tempo.

Referências

- BEN. 2010. Balanço Energético Nacional 2010. Rio de Janeiro: 2010.
- Cervelin, Geraldo Cavalim e Severino. 2010. Instalações Elétricas Prediais. São Paulo: Erica, 2010.
- CREDER, Hélio. 2010. Instalações Elétricas. 15^o. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- DOE. 2010. Energy Savings Potential of Solid-State Lighting in General Illumination Applications. USA: 2010.
- DOE. 2007. Solid States Ligting Brilliant Solutions For America´s Energy Future. USA: 2007.
- Eletrobras/Procel. 2007. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil - Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para Classe Residencial. Brasília: 2007.
- EPE. 2011. Balanço Energético Nacional. Rio de Janeiro: 2011.
- EPE. 2012. Projeção da Demanda de Energia Eletrica 2011-2020. Rio de Janeiro: 2012.
- EPE/ MME. 2007. Balanço Nacional de Energia 2030. Brasilia: 2007.
- GARRISON, Ray H. 2007. Contabilidade Gerencial. 9 edição. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2007.
- AZEVEDO, Inês Lima; MORGAN, M. Granger; MORGAN, Fritz. 2009. The Transition to Solid State Lighting. 2009, Vol. 97, 3.
- MME. 2010. Regulamentação Especifica que Define os Niveis Minimos de Eficiencia Energetica de Lampadas Incandescentes. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro: 2010.
- MME/EPE. 2011. Plano Decenal de Expansão de Energia 2020. Brasil: 2011.
- PANSI, André R. Quinteros. 2006. Fundamentos de Eficiencia Energética. São Paulo: Ensino Profissional, 2006.
- Procel, Eletrobras /. 2010. Programa Nacional de Conservação Nacional de Energia Elétrica. Brasil: 2010.
- The Lighthouse Society of Great Britain. 2005. The Lighthouse Encyclopaedia. Londres, Inglaterra: 2005.
- TSAO, Jeff Y. 2004. Solid State Lighting, Chips , and Materials for Tommorrow: IEEE Circuits & Devices Magazine, 2004.