



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

cb3e.ufsc.br

Nota Técnica referente à eficiência luminosa de produtos LED encontrados no mercado brasileiro

João Lorenço Novaes Pessoa
EneDir Ghisi

Florianópolis, dezembro de 2013





RESUMO EXECUTIVO

A demanda por energia no Brasil está em crescimento constante. Uma boa parte da energia elétrica consumida em edificações é destinada à iluminação. Para suprir a crescente demanda por energia, é necessária a substituição de produtos ineficientes por produtos cada vez mais eficientes. Espera-se que a tecnologia LED se torne, em pouco tempo, a mais eficiente disponível no mercado, apresentando eficiências luminosas superiores às das lâmpadas fluorescentes.

Para averiguar a eficiência luminosa dos produtos LED no mercado brasileiro, realizou-se uma pesquisa em catálogos em endereços eletrônicos. Dentre os produtos LED disponíveis, considerando-se apenas lâmpadas tipo bulbo e tubulares que são utilizadas para iluminação geral em edificações, é possível encontrar eficiências luminosas semelhantes às encontradas em lâmpadas fluorescentes. Portanto, não é possível afirmar que o LED é sempre mais eficiente que a lâmpada fluorescente. Lâmpadas fluorescentes tubulares apresentam valores médios de eficiência luminosa na faixa de 75 a 95 lm/W. O maior valor de eficiência luminosa encontrado para LED nesta pesquisa foi de 113,7 lm/W. No entanto, valores baixos também foram encontrados, inclusive abaixo da eficiência média encontrada em lâmpadas fluorescentes. O menor valor encontrado foi 30 lm/W.

A qualidade da iluminação destes produtos é aceitável para os padrões de conforto luminoso humano. A desvantagem do LED em comparação com lâmpadas fluorescentes compactas é o baixo fluxo luminoso emitido, que é de cerca da metade do fluxo luminoso emitido normalmente por lâmpadas fluorescentes. Isso dificulta a substituição de um produto pelo outro. Alguns poucos produtos LED destinados à substituição de lâmpadas incandescentes e fluorescentes apresentam altos fluxos luminosos. As vantagens do LED são seus baixos impactos ambientais e sua longa vida útil. Espera-se que no curto e médio prazo a tecnologia LED superará a tecnologia das lâmpadas fluorescentes em termos de eficiência luminosa, com valores acima de 200 lm/W, bem como terá preços mais acessíveis.

Devem ser estabelecidos requisitos mínimos para a qualidade de iluminação do LED, pois apesar do fato de que os melhores produtos atendem às necessidades visuais humanas, isto não é observado no mercado como um todo. Deve ser estabelecido o controle sobre o IRC, a temperatura de cor, a dimerização, vida útil e direcionalidade do fecho luminoso. Para que a inserção do LED não repita os mesmos erros cometidos pela inserção das lâmpadas fluorescentes, recomenda-se que, neste momento inicial, os produtos sejam destinados a mercados de nicho, em que os benefícios são claros para o consumidor. Os problemas relativos à qualidade da iluminação devem ser priorizados e resolvidos antes da sua comercialização e antes da implementação de programas de eficiência energética. Recomenda-se ainda que a regulamentação seja feita de forma harmônica entre países exportadores e importadores, para que não existam conflitos que impossibilitem o atendimento de diferentes demandas.



NOTA TÉCNICA

EFICIÊNCIA LUMINOSA DE PRODUTOS LED ENCONTRADOS NO MERCADO BRASILEIRO.

Segundo a Agência Internacional de Energia (2006), o consumo de energia com iluminação é responsável por uma fatia de 19% de toda a energia elétrica gerada no mundo. Estima-se que a demanda por energia elétrica no Brasil deverá crescer 55% até 2020 (BRASIL, 2011). A última Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, realizada entre os anos de 2004 e 2006 pelo Procel (ELETROBRÁS, 2007), indica que, para o setor residencial, a iluminação representa cerca de 14% do consumo total de energia elétrica nos domicílios brasileiros. No setor comercial, a iluminação responde por 22% do consumo e no setor público por 23%.

Estes dados revelam a importância de que o crescimento do consumo de energia seja acompanhado pela eficiência energética dos produtos destinados à iluminação. Atualmente, as lâmpadas e luminárias LED apresentam índices de eficiência luminosa comparáveis aos das fluorescentes compactas. Além disso, os seus indicadores de qualidade de iluminação, medidos pela temperatura de cor e índice de reprodução de cores, também são elevados. O Programa Ambiental das Nações Unidas (2011) aponta a tecnologia LED como a alternativa que será mais eficiente energeticamente para iluminação no curto e médio prazo. O Departamento de Energia dos Estados Unidos (2012a) também considera a tecnologia LED como a alternativa mais viável para a substituição das fluorescentes compactas e investe em desenvolvimento e inserção do produto no mercado.

Segundo o Programa Ambiental das Nações Unidas (2011), a principal fonte de iluminação utilizada em edificações em todo o mundo é a lâmpada incandescente. Estas lâmpadas apresentam baixas eficiências luminosas e curto período de vida, causando um grande impacto ambiental. Se faz necessário, para suprir a demanda crescente por energia, a substituição das fontes de iluminação ineficientes por fontes cada vez mais eficientes. A tecnologia LED está em fase de desenvolvimento e espera-se que no curto prazo alcançará as maiores eficiências luminosas disponíveis no mercado.

Já é possível encontrar no mercado brasileiro, uma variedade de produtos LED que podem substituir lâmpadas incandescentes e fluorescentes. A pesquisa em catálogos dos principais fabricantes de LED no mercado brasileiro demonstra eficiências luminosas, em sua grande maioria, na faixa de 50 a 110 lm/W. Os produtos pesquisados são dos fabricantes Philips, Osram, LG e Samsung. Os produtos selecionados para esta análise se restringiram às lâmpadas tipo bulbo e tubulares, usadas para iluminação geral em edificações. Produtos destinados à iluminação para exposição de produtos comerciais, iluminação pública, iluminação de fachadas, iluminação industrial, entre outros, não são contemplados neste trabalho. As Tabelas 1 a 4 apresentam os fluxos luminosos, potências e eficiências luminosas de cada produto selecionado. A amostra contém os produtos LED considerados mais significativos para a substituição de lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas, o que, no entanto, não representa todos os produtos disponíveis no mercado brasileiro.



Tabela 1. Fluxo luminoso, potência e eficiência luminosa dos produtos do fabricante Philips.

Nome do Produto	Eficiência Luminosa (lm/W)	Fluxo Luminoso (lm)	Potência (W)
Philips Master LED Spot PAR	78,9	750	9,5
Philips LED Candle	62,5	250	4,0
Philips Master LED Bulb	81,0	1055	13,0
Philips LED Luster	62,5	250	4,0
Philips Master LED Lamp	64,0	800	12,5
Philips Essential LEDtube 600mm	80,0	800	10,0
Philips CorePRO LEDtube 1500mm	80,0	2000	25,0
Philips Essential LEDtube 1200mm	75,0	1500	20,0
Philips Master LEDtube 1200mm	86,8	1650	19,0
Philips Master TL5 High Efficiency Eco	108,0	1350	12,5
Philips TL-D Standard Colours	58,3	1050	18,0
Philips Master TL5 High Efficiency Xtra Eco	98,0	2450	25
Philips Master TL5 High Output Eco	95,7	7000	73,1
Philips Master TL5 High Output Eco Plus	107,3	4400	41,0
Philips Master TL5 High Efficiency Xtra Eco	113,7	3650	32,1

Fonte: Koninklijke Philips (2013).

A pesquisa em catálogos permite a análise da relação entre fluxo luminoso e eficiência luminosa representada nas Figuras 1 a 3. A partir do gráfico de dispersão representado na Figura 1 é possível aferir que as eficiências luminosas tendem a aumentar em produtos que emitem maior fluxo luminoso. As Figuras 2 e 3 apresentam as eficiências luminosas, respectivamente, das lâmpadas LED tubulares e bulbo. As maiores eficiências são encontradas nas lâmpadas LED tubulares, geralmente destinadas à substituição de fluorescentes compactas tubulares. Estes modelos emitem um alto fluxo luminoso. A maior eficiência encontrada foi de 113,7 lm/W. No caso das lâmpadas LED tipo bulbo, a maior eficiência encontrada foi de 81,0 lm/W.



Tabela 2. Fluxo luminoso, potência e eficiência luminosa dos produtos do fabricante Samsung.

Nome do Produto	Eficiência Luminosa (lm/W)	Fluxo Luminoso (lm)	Potência (W)
Samsung B12 Candle LED Bulb	50,0	160	3,2
Samsung B12 Candle LED Bulb	57,6	300	5,2
Samsung A19 LED Light Bulb	55,0	550	10,0
Samsung A19 LED Light Bulb	75,0	810	10,8
Samsung PAR20 LED Light Bulb	57,1	400	7,0
Samsung PAR30 LED Light Bulb	64,0	960	15,0

Fonte: Samsung (2013).

Tabela 3. Fluxo luminoso, potência e eficiência luminosa dos produtos do fabricante Osram.

Nome do Produto	Eficiência Luminosa (lm/W)	Fluxo Luminoso (lm)	Potência (W)
Osram LED Star Classic A	68,0	136	2,0
Osram LED Superstar Classic A Advanced	78,3	470	6,0
Osram LED Superstar Classic B Advanced	65,7	250	3,8
LED Superstar Classic P Advanced	55,5	250	4,5
Osram Ledtron Classic A	67,5	810	12,0
Osram LEDtron PAR	33,3	350	10,5
Osram substiTUBE Advanced – 4000K	110,0	1100	10,0
Osram substiTUBE Advanced – 3000K	100,0	1000	10,0
Osram substiTUBE Basic-6500K	100,0	900	9,0
Osram substiTUBE Basic-4000K	100,0	900	9,0
Osram substiTUBE Basic-3000K	88,8	800	9,0

Fonte: Osram (2013).

Tabela 4. Fluxo luminoso, potência e eficiência luminosa dos produtos do fabricante LG.

Nome do Produto	Eficiência Luminosa (lm/W)	Fluxo Luminoso (lm)	Potência (W)
LG LED Bulb 14W	60,7	850	14,0
LG LED Bulb 12.8W	63,2	810	12,8
LED Bulb 7.5W	60,0	450	7,5
LG LED Tube 4000K	79,5	1750	22,0
LG LED TUBE 5,000K	81,8	1800	22,0

Fonte: LG (2013).

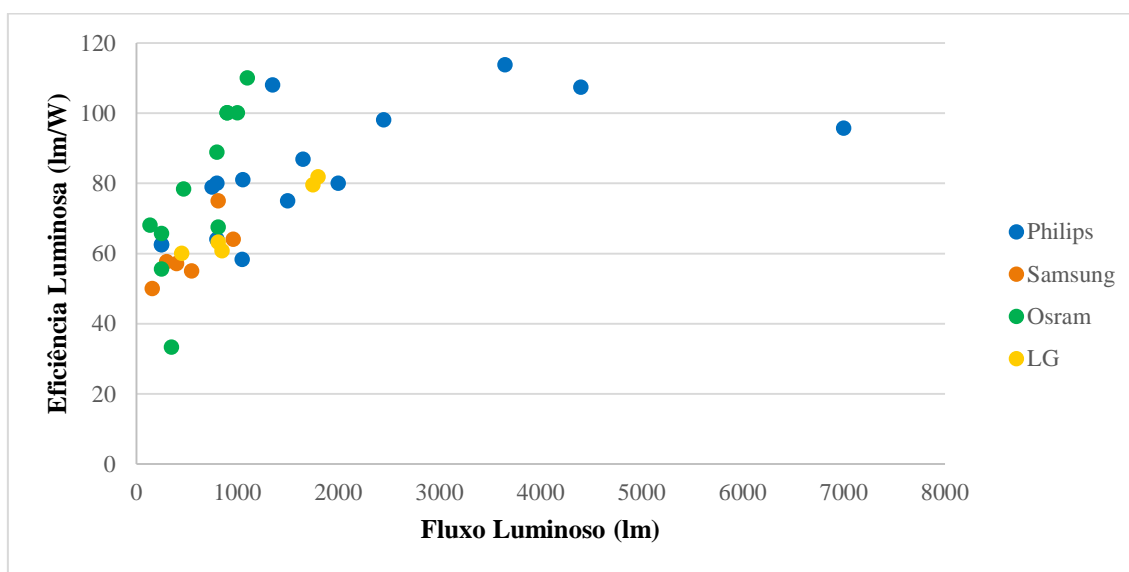


Figura 1. Relação entre fluxo luminoso e eficiência luminosa dos produtos LED encontrados no mercado brasileiro.

Fontes: Samsung (2013), Koninklijke Philips (2013), LG (2013), Osram (2013).

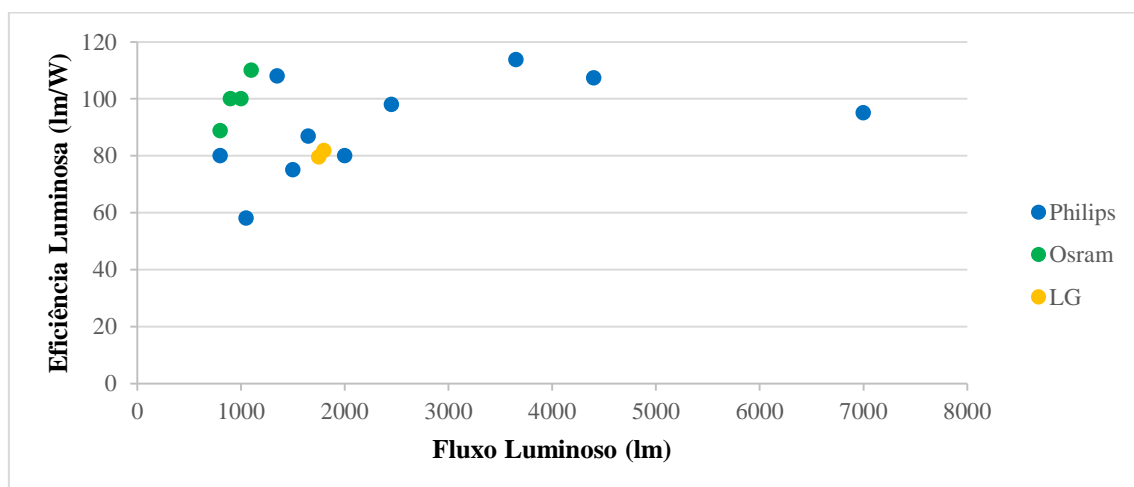


Figura 2. Relação entre fluxo luminoso e eficiência luminosa dos produtos LED tubulares encontrados no mercado brasileiro.

Fontes: Koninklijke Philips (2013), LG (2013), Osram (2013).

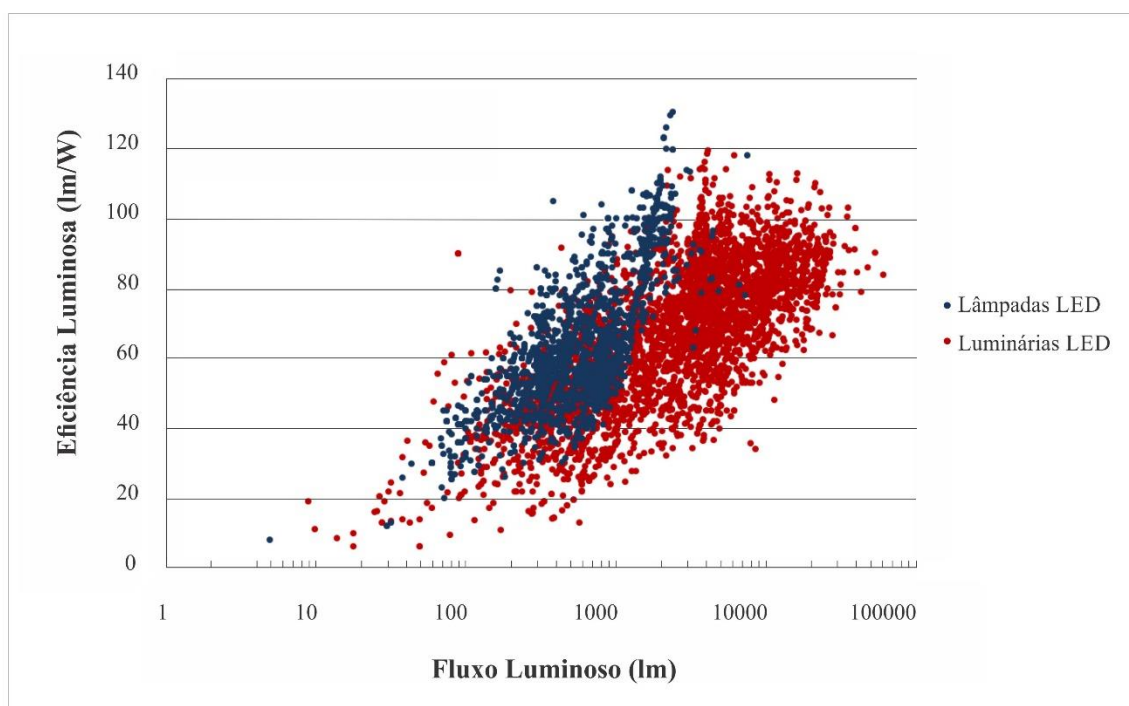


Figura 4. Relação entre fluxo luminoso e eficiência luminosa de produtos LED catalogados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos.

Fonte: Departamento de Energia dos Estados Unidos (2013).

Apesar de apresentarem eficiências luminosas semelhantes, o uso de LED ainda pode ser vantajoso se forem considerados todos os impactos ambientais e a vida útil do produto. O Departamento de Energia dos Estados Unidos (2012b), concluiu que os impactos ambientais de lâmpadas LED encontradas em 2012 no mercado eram cerca de 20% menores que os impactos causados por lâmpadas fluorescentes compactas. Os produtos LED apresentam a vantagem de não usarem materiais tóxicos em sua composição, como o mercúrio usado em lâmpadas fluorescentes compactas.

O desenvolvimento da tecnologia LED é rápido, e as eficiências aumentam a cada ano. Na Figura 5 é possível observar o aumento das eficiências luminosas dos produtos LED mais eficientes nos últimos anos. Segundo o Departamento de Energia dos Estados Unidos (2013, p.01, tradução nossa), “existem dois métodos para gerar luz branca com LED: através da conversão com fósforo e através da combinação de outras cores”. Estas possibilidades interferem na eficiência luminosa dos produtos, bem como a temperatura de cor e outros diversos fatores. Na Figura 5, observa-se como a obtenção da luz branca através da combinação de cores (CC) ou conversão com fósforo (F), e a temperatura de cor diferenciam os produtos em relação às suas eficiências. São ditas temperaturas quentes aquelas abaixo de 3000K, e temperaturas frias, acima de 5000K. Espera-se que as diferenças entre eficiências luminosas devidas à temperatura de cor diminuam progressivamente. Espera-se também, que luminárias LED alcancem eficiências luminosas maiores que 200 lm/W até 2015 (DEPARTAMENTO DE ENERGIA DOS ESTADOS UNIDOS, 2013).

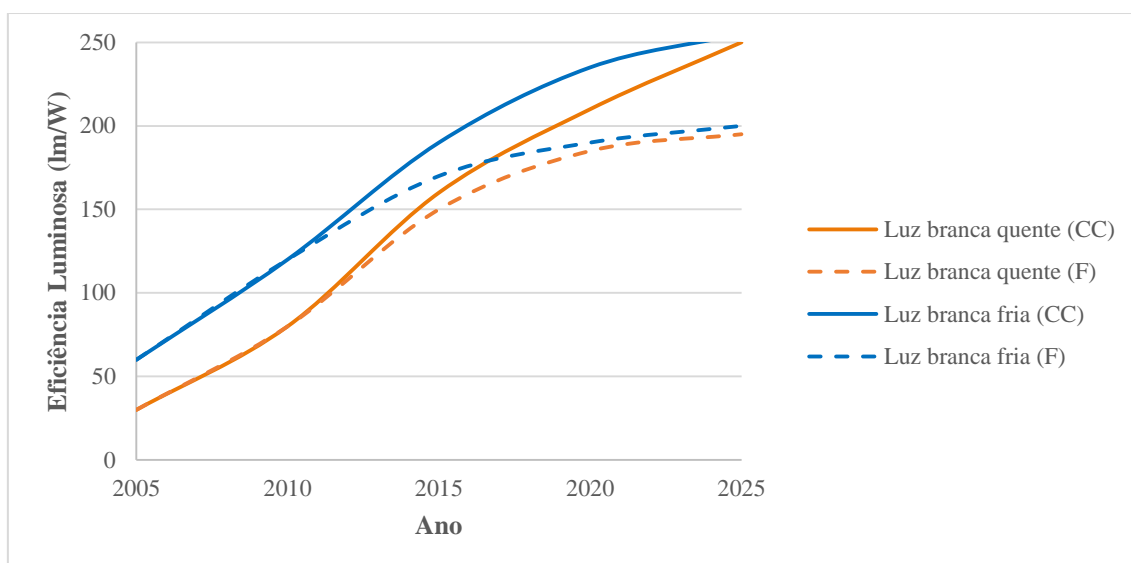


Figura 5. Eficiências atuais e projetadas para os produtos LED mais eficientes.

Fonte: Departamento de Energia dos Estados Unidos (2013).

As Tabelas 5 a 8 apresentam informações acerca da qualidade de iluminação dos produtos LED analisados. Os produtos apresentam uma boa qualidade para temperatura de cor e índice de reprodução de cores. O fabricante Samsung não apresenta valores para índice de reprodução de cores, apenas temperatura de cor.

Tabela 5. Temperatura de cor dos produtos analisados do fabricante Samsung.

Nome do Produto	Índice de reprodução de cores (adimensional)	Temperatura de cor (K)
Samsung B12 Candle LED Bulb	-	2725
Samsung B12 Candle LED Bulb	-	2725
Samsung A19 LED Light Bulb	-	3000
Samsung A19 LED Light Bulb	-	2725
Samsung PAR20 LED Light Bulb	-	3045
Samsung PAR30 LED Light Bulb	-	3000

Fonte: Samsung (2013).

Apesar da boa qualidade de iluminação apresentada por estes produtos, que representam os principais fabricantes de LED do mercado, a qualidade da iluminação varia muito quando analisado todo o estoque. O Centro de Tecnologia da Iluminação da Califórnia (CLTC) está, atualmente, à frente do debate sobre a regulamentação de requisitos mínimos para a qualidade de iluminação LED nos Estados Unidos. Procura-se evitar a combinação entre uma regulamentação que exija apenas eficiência energética com o esforço do mercado para reduzir custos, produzindo produtos incapazes de satisfazer a função primordial de iluminar o ambiente com qualidade. Neste caso, os consumidores poderiam perder a confiança no LED neste momento crucial de inserção no mercado (CRELLY; KERLIN, 2013).



Tabela 6. Índice de reprodução de cores e temperatura de cor dos produtos analisados do fabricante Philips.

Nome do Produto	Índice de reprodução de cores (adimensional)	Temperatura de cor (K)
Philips Master LED Spot PAR	80	4000
Philips LED Candle	80	2700
Philips Master LED Bulb	80	2700
Philips LED Lustre	80	2700
Philips Master LED Lamp	80	2700
Philips LEDtube 600mm	80	4000
Philips LEDtube 1500mm	80	4000
Philips Essential LEDtube 1200mm	80	3000
Philips Master LEDtube 1200mm	83	6500
Philips Master TL5 High Efficiency Eco	84	3000
Philips TL-D Standard Colours 600mm	72	6200
Philips Master TL5 High Efficiency Xtra Eco	85	3000
Philips Master TL5 High Output Eco	85	3000
Philips Master TL5 High Output Eco Plus	82	3000
Philips Master TL5 High Efficiency Xtra Eco	85	3000

Fonte: Koninklijke Philips (2013).

Tabela 7. Índice de reprodução de cores e temperatura de cor dos produtos analisados do fabricante Osram.

Nome do Produto	Índice de reprodução de cores (adimensional)	Temperatura de cor (K)
Osram LED Star Classic A	82	2700
Osram LED Superstar Classic A Advanced	80	2700
Osram LED Superstar Classic B Advanced	80	2700
LED Superstar Classic P Advanced	80	2700
Osram Ledtron Classic A	80	2700
Osram LEDtron PAR	80	2700
Osram substiTUBE Advanced – 4000K	80	4000
Osram substiTUBE Advanced – 3000K	80	3000

Fonte: Osram (2013).



Tabela 8. Índice de reprodução de cores e temperatura de cor dos produtos analisados do fabricante LG.

Nome do Produto	Índice de reprodução de cores (adimensional)	Temperatura de cor (K)
LG LED Bulb 14W	83	2700
LG LED Bulb 12.8W	83	2700
LED Bulb 7.5W	81	2700
LG LED Tube 4000K	83	4000
LG LED Tube 5000K	83	5000

Fonte: LG (2013).

A Universidade da Califórnia (CALIFORNIA ENERGY COMMISSION, 2013), elaborou recentemente uma proposta de regulamentação para a qualidade da iluminação para LED, que teria efeito na Califórnia apenas, bem como recomendações para a inserção do produto no mercado. O objetivo é incitar o debate e a tomada de ação visando não repetir os mesmos erros cometidos quando da substituição de incandescentes por fluorescentes. As lâmpadas fluorescentes tiveram problemas de aceitação na sua fase de inserção no mercado por problemas de qualidade da cor e vida útil. As recomendações foram feitas a partir de um estudo elaborado pelo *Pacific Northwest National Laboratory*. Com base na experiência com a inserção das fluorescentes, recomenda-se:

Introduzir o produto primeiramente no mercado de nicho, em que os benefícios são claros e consistentes com as necessidades do consumidor [...]

Evitar programas de distribuição gratuita que obscureçam o preço de mercado, causando espanto no consumidor quando este tiver que comprar novamente [...]

Incentivos são mais efetivos quando direcionados aos fabricantes [...]

Os requisitos de desempenho e qualidade devem ser precisos. Os produtos não devem ser lançados antes que problemas de desempenho sejam resolvidos [...]

Programas de eficiência energética devem ser implementados quando o produto estiver disponível, mas não devem ser iniciados antes que os produtos estejam preparados (PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY, 2006, p.5-6, tradução nossa).

A Universidade da Califórnia propõe requisitos para controlar a qualidade de iluminação do LED e garantir que sejam dimerizáveis e tenham longa vida-útil. As formas de medir a qualidade da iluminação, propostas pela regulamentação voluntária são a temperatura de cor, o índice de reprodução de cores (IRC) e a direcionalidade do fecho luminoso. Fontes de luz com temperaturas de cor acima de 5000 K emitem luz branca azulada, enquanto fontes de luz com temperaturas abaixo de 4000 K emitem luz amarelada, semelhante às lâmpadas incandescentes. Não existe uma temperatura de cor ideal, mas diferentes temperaturas apropriadas para diferentes funções. O uso



predominante de baixas temperaturas de cor no setor residencial é influenciado por séculos de uso de outras fontes luminosas com esta característica (CALIFORNIA ENERGY COMMISSION, 2013).

O IRC é medido em uma escala de 0 a 100, em que 100 corresponde à iluminação de uma fonte de referência. Fontes típicas de referência são a luz do dia e lâmpadas incandescentes. A medição do IRC é feita por observadores humanos e, portanto, subjetiva. Valores baixos de índice de reprodução de cores podem significar que as cores estão pouco saturadas (com aspecto pálido) ou muito saturadas (com aspecto vívido). Valores próximos de 100 indicam que mesmo cores próximas uma da outra no espectro luminoso (como o vermelho e laranja) possam ser distinguidas. O código voluntário em questão estabelece um IRC mínimo de 90 para o LED. Por fim, a especificação quanto à direcionalidade das lâmpadas deve ser clara. Sabe-se que muitas lâmpadas LED emitem feixes de luz em um ângulo reduzido e ainda assim são vendidos como omnidirecionais, isto é, que emitem luz em todas as direções. O código voluntário em questão estabelece que os produtos LED sejam classificados como omnidirecionais, projetores (*floodlight*) ou *spotlight*, e nestes dois últimos casos tenham o ângulo de iluminação especificado (CALIFORNIA ENERGY COMMISSION, 2013).

Por outro lado, existe a pressão exercida pelos financiadores para que o produto seja comercializado e traga retornos para o investidor. O Departamento de Energia dos Estados Unidos (2012a) é um grande investidor na pesquisa, desenvolvimento e inserção no mercado da tecnologia LED, financiando os trabalhos através das leis de reinvestimento sobre a arrecadação das distribuidoras de energia. Ele estima que até 2030 as lâmpadas e luminárias LED corresponderão a 70% do estoque americano, em lúmens-hora consumidos. Isto possibilitaria 67% de economia de energia no setor de iluminação, em comparação a um cenário sem LED.

O código voluntário elaborado pela Universidade da Califórnia dialoga com o programa *Energy Star*, vigente em todo o país. O Programa Ambiental das Nações Unidas (2011) atenta para o fato de que a regulamentação da qualidade e da eficiência dos produtos deva ser feita de forma harmônica internacionalmente. Ele incentiva que os países adotem requisitos mínimos de qualidade para os produtos, mas recomenda que os escopos e critérios de qualidade sejam discutidos entre países fabricantes e importadores internacionalmente, para que tenham sintonia. Para lâmpadas fluorescentes, existem atualmente 48 normatizações de qualidade com efeito nacional em diversos países, cada qual com escopos e limitações diferentes e frequentemente entrando em conflito. Apesar disso, mais de 80% das lâmpadas fluorescentes são produzidas na China, país em que a legislação não é acompanhada por uma fiscalização eficiente.

Logo, a legislação em cada país importador tem apenas efeito indireto sobre os produtos. Como estas legislações são conflitantes, tornam muito mais complicado para os fabricantes atenderem aos diferentes requisitos. Para atender a diferentes regulamentos, os fabricantes teriam mais despesas sobre os custos de produção sobre volume, que poderiam chegar a 5% do custo total. Ainda assim, até hoje não existe uma regulamentação global para lâmpadas fluorescentes amplamente aceita. Iniciativas como a *Asia Lighting Compact*, *International CFL Harmonization Initiative*, *US/EC Cooperation*, *4E SSL Research* e *SEAD* têm por objetivo encontrar consenso e harmonização entre os requisitos de qualidade e desempenho em diferentes países, mas até o momento isto não é realidade. Verifica-se que ao menos os procedimentos para



teste em laboratório são harmônicos entre a maioria das regulamentações para lâmpadas fluorescentes, baseando-se em grande medida no *International Electrotechnical Commission* (PROGRAMA AMBIENTAL DAS NAÇÕES UNIDAS, 2011).

A eficiência da iluminação LED pode ser alavancada com a ajuda de controles de automação. Companhias como Philips, Marvell e Bridgelux estão desenvolvendo produtos com drivers wi-fi, que permitem que as luminárias LED sejam controladas remotamente. Produtos como este já existem no mercado, mas ainda têm altos custos para os consumidores. A expectativa é de que esta tecnologia seja adotada primeiramente no setor comercial, em que a possibilidade de reduzir o consumo de energia em grande escala é atrativa. Estas luminárias têm a vantagem de permitirem o controle da cor, intensidade da iluminação e a medição do consumo de energia (LAMONICA, 2013).

Pode-se concluir que as eficiências luminosas apresentadas pelos LEDs são próximas às encontradas para lâmpadas fluorescentes compactas. A substituição de um produto por outro ainda é complicada, sendo necessária a análise caso a caso. É possível encontrar eficiências para LED abaixo dos valores médios encontrados para fluorescentes compactas, o que não permite que se afirme que o LED é necessariamente sempre mais eficiente. O fluxo luminoso emitido do LED é normalmente baixo se comparado ao fluxo luminoso emitido por fluorescentes, especialmente quando se trata de lâmpadas tipo bulbo. Isso implica que em uma substituição de um produto por outro seja necessária a instalação de mais pontos de luz para se obter o mesmo fluxo luminoso.

A qualidade de iluminação do LED é adequada aos parâmetros de conforto humano e comparável à qualidade das fluorescentes compactas, quando analisados os produtos de melhor qualidade. Isto indica que é possível que o LED satisfaça as necessidades visuais humanas, mas não significa que todos os produtos do mercado alcancem esta qualidade. Portanto, se faz necessária a regulamentação de requisitos mínimos de qualidade da iluminação, notavelmente o controle do IRC, temperatura de cor, vida útil, dimerização e direcionalidade do fecho de luz. Para que não sejam cometidos os mesmos erros cometidos quando da inserção das lâmpadas fluorescentes no mercado, que atrasaram sua aceitação pelos consumidores, são feitas recomendações. Dentre diversas medidas, recomenda-se que neste momento os produtos LED sejam direcionados a mercados de nicho e que não sejam implementados programas de eficiência energética antes que problemas de qualidade estejam resolvidos. Além disso, recomenda-se a harmonização dos requisitos de qualidade entre países exportadores e importadores a nível internacional. Isso evita que a diversidade de requisitos impossibilite a fabricação de produtos, que teriam que atender a todas as diferentes demandas.



REFERÊNCIAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Light's Labour's Lost. Policies for Energy-efficient Lighting.** France, 2006. Disponível em:
<<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/light2006.pdf>>. Acesso em 30 out. 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2011-2020).** Série Estudos de energia. Nota técnica DEA 03/11. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:
<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Série%20Estudos%20de%20Energia/20110222_1.pdf>. Acesso em 30 out. 2013.

CRELLY, A.; KERLIN, K. UC Davis lighting experts push for national quality standard for LEDs. **UC Davis.** Fevereiro, 2013. Disponível em:
<http://www.news.ucdavis.edu/search/news_detail.lasso?id=10483>. Acesso em 5 dez. 2013.

CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. **Voluntary California Quality Light-Emitting Diode (LED) Lamp Specification.** A Voluntary Minimum Specification for “California Quality” LED Lamps. Dezembro, 2012. Disponível em:
<<http://www.energy.ca.gov/2012publications/CEC-400-2012-016/CEC-400-2012-016-SF.pdf>>. Acesso em 05 dez. 2013.

DEPARTAMENTO DE ENERGIA DOS ESTADOS UNIDOS. **Energy Savings Potential of Solid-State Lighting in General Illumination Applications.** Janeiro, 2012a.

DEPARTAMENTO DE ENERGIA DOS ESTADOS UNIDOS. **Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts of LED Lighting Products.** Junho, 2012b. Disponível em:
<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/2012_led_lca-pt2.pdf>. Acesso em 04 out. 2013.

DEPARTAMENTO DE ENERGIA DOS ESTADOS UNIDOS. **Building Technologies Program. Solid-State lighting technology fact sheet.** Março, 2013. Disponível em:
<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/led_energy_efficiency.pdf>. Acesso em 23 nov. 2013.

ELETROBRÁS. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso. Ano Base 2005. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil.** Julho 2007.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. **MASTER LEDspot D 9.5-75W 840 PAR30S 25D.** Especificações técnicas. 2013. Disponível em:
<http://download.p4c.philips.com/14b/9/929000259002_eu/929000259002_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em: 29 out. 2013.



KONINKLIJKE PHILIPS N.V. MASTER LEDbulb D 13-75W E27 827 A67.

Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/929000242802_eu/929000242802_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 29 out. 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. MASTER LEDcandle D 4-25W E14 WW B35 FR.

Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/929000214402_eu/929000214402_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 29. out 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. MASTER LEDluster D 4-25W E14 WW P45 FR.

Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/929000214602_eu/929000214602_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 29 out. 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. MASTER LED 12.5W 2700K 110-130V A19 Dimm.

Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/929000188502_eu/929000188502_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 29 out. 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. ESSENTIAL LEDtube 600mm 10W740 T8 AP I.

Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/929000296808_eu/929000296808_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 29 out. 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. CorePro LEDtube 1500mm 25W 840 I.

Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/929000280102_eu/929000280102_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 29 out. 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. ESSENTIAL LEDtube 1200mm 20W830 T8 AP I.

Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/929000298008_eu/929000298008_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 22 nov. 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. Master LEDtube Internal Standard 1200mm.

Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/929000296008_eu/929000296008_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 22 nov. 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. Master LEDtube Internal Standard 1500mm.

Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/929000296108_eu/929000296108_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 22 nov. 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. Master TL5 High Output Eco. Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/927991884031_eu/927991884031_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 22 nov. 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. Master TL5 High Efficiency Eco. Especificações técnicas. 2013. Disponível em:



<http://download.p4c.philips.com/14b/9/927989883031_eu/927989883031_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 22 nov. 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. **Master TL-D Standard Colours**. Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/928048005440_eu/928048005440_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 22 nov. 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. **Master TL5 High Outoput Eco Plus**. Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/927995583031_eu/927995583031_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 22 nov. 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. **Master TL5 High Efficiency Xtra Eco**.

Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<http://download.p4c.philips.com/14b/9/927994583055_eu/927994583055_eu_pss_brpb_r.pdf>. Acesso em 22 nov. 2013.

LAMONICA, M. Already efficient, LED lights get smarter. **MIT Technology Review**.

Abril, 2013. Disponível em: <<http://www.technologyreview.com/view/513786/already-efficient-led-lights-get-smarter/>>. Acesso em 05 dez. 2013.

LG. **LED BULB 14W A1914GC0GG1.C0AAWAA**. Especificações técnicas. 2013.

Disponível em: <<http://www.lge.com/br/iluminacao/lg-A1914GC0GG1.C0AAWAA>>. Acesso em 29 out. 2013.

LG. **LED BULB 12.8W A1912GD0GEB.C0AASAA**. Especificações técnicas. 2013.

Disponível em: <<http://www.lge.com/br/iluminacao/lg-A1912GD0GEB.C0AASAA>>. Acesso em 29 out. 2013.

LG. **LED BULB 7.5W LB08E827L0A.E20JWE0**. Especificações técnicas. 2013.

Disponível em: <<http://www.lge.com/br/iluminacao/lg-LB08E827L0A.E20JWE0>>. Acesso em 29 out. 2013.

LG. **LED TUBE 4,000K T4B22BD3FEA.C0AAWAA**. Especificações técnicas. 2013.

Disponível em: <<http://www.lge.com/br/iluminacao/lg-T4B22BD3FEA.C0AAWAA>>. Acesso em 29 out. 2013.

LG. **LED TUBE 5,000K T4B22BD5FEA.C0AAWAA**. Especificações técnicas. 2013.

Disponível em: <<http://www.lge.com/br/iluminacao/lg-T4B22BD5FEA.C0AAWAA>>. Acesso em 29 out. 2013.

OSRAM. **LEDOTRON Product Description**. Especificações técnicas. 2013.

Disponível em: <<http://www.osram.com.br/media/resource/hires/345921/ledotron-gb.pdf>>. Acesso em 29 out. 2013.

OSRAM. **Product Information. LED STAR CLASSIC A15/B15/P15 clear**.

Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<<http://www.osram.com.br/media/resource/hires/350626/ti-sheet-led-star-classic-a15b15p15.pdf>>. Acesso em 29 out. 2013.



OSRAM. **SubstiTUBE® Advanced - ST8-HA2. Datasheet.** Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<<http://www.osram.com.br/media/resource/hires/383484/substitube-advanced---st8-ha2.pdf>>. Acesso em 29 out. 2013.

OSRAM. **SubstiTUBE® Basic - ST8-HB2. Datasheet.** Especificações técnicas. 2013. Disponível em: <<http://www.osram.com.br/media/resource/hires/349682/substitube-basic-st8-hb2-datasheet-gb.pdf>>. Acesso em 29 out. 2013.

PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY. **Compact Fluorescent Lighting in America: Lessons Learned on the Way to the Market.** Washington, Junho, 2006. Disponível em:

<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/cfl_lessons_learned_web.pdf>. Acesso em 06 dez. 2013.

PROGRAMA AMBIENTAL DAS NAÇÕES UNIDAS. **Assessment of Opportunities for Global Harmonization of Minimum Energy Performance Standards and Test Standards for Lighting Products.** Collaborative Labelling and Appliance Standards Program, 2011. Disponível em: <http://www.enlighten-initiative.org/portals/0/documents/Newsletter/newsletter3/062011_CLAS%20report.pdf>. Acesso em 30 out. 2013.

RYCKAERT, W.R.; SMET, K.A.G.; ROELANDTS, I.A.A.; VAN GILS, M.; HANSELAER, P. Linear LED tubes versus fluorescent lamps: An evaluation. **Energy and Buildings**, v. 49, p.429-436, 2012.

SAMSUNG. **B12 Candle LED Bulb (25W).** Especificações técnicas. 2013. Disponível em: <<http://www.samsung.com/us/appliances/led-lighting/SI-A8W031180US-specs>>. Acesso em 29 out. 2013.

SAMSUNG. **B12 Candle LED Bulb (40W).** Especificações técnicas. 2013. Disponível em: <<http://www.samsung.com/us/appliances/led-lighting/SI-A8W051180US-specs>>. Acesso em 29 out. 2013.

SAMSUNG. **A19 LED Light Bulb (40W).** Especificações técnicas. 2013. Disponível em: <<http://www.samsung.com/us/appliances/led-lighting/SI-I8V101180US-specs>>. Acesso em 29 out. 2013.

SAMSUNG. **A19 LED Light Bulb (40W).** Especificações técnicas. 2013. Disponível em: <<http://www.samsung.com/us/appliances/led-lighting/SI-I8V101180US-specs>>. Acesso em 29 out. 2013.

SAMSUNG. **A19 LED Light Bulb (60W).** Especificações técnicas. 2013. Disponível em: <<http://www.samsung.com/us/appliances/led-lighting/SI-I8W121140US-specs>>. Acesso em 29 out. 2013.

SAMSUNG. **PAR20 LED Light Bulb (50W).** Especificações técnicas. 2013. Disponível em:

<<http://www.samsung.com/us/appliances/led-lighting/SI-P8V072AB0US-specs>>. Acesso em 29 out. 2013.



SAMSUNG. PAR30 LED Light Bulb (15W). Especificações técnicas. 2013.

Disponível em:

<<http://www.samsung.com/us/appliances/led-lighting/SI-P8V152BB0US-specs>>.

Acesso em 29 out. 2013.