

Qualidade de luz

Estão os LEDs prontos para substituir as fontes de luz tradicionais?

Vicente Scopacasa

Sempre que falamos sobre a tecnologia dos LEDs, nos vem à cabeça as principais vantagens como baixo consumo de energia e longa vida útil o que, na verdade, são vantagens significativas e que faz com que cada vez mais os LEDs sejam considerados em novos projetos.

Hoje, os LEDs apresentam maior eficácia (lúmen por watt) quando comparados com todas as outras fontes de luz além da alta vida útil em torno de 50.000 horas. Sem dúvida que o LED vem aumentando a sua participação no mercado pois além dos fatores já citados temos ainda uma constante redução no custo do lúmen resultando em retorno do investimento cada vez mais reduzidos.

Porem isso é só uma parte da história pois estamos falando somente de vantagens relativas a consumo de energia e tempo de vida. Outro fator também importante, e que devemos também levar em conta é quanto à qualidade da luz fornecida pelos LEDs. Em algumas aplicações, tais como, varejo, restaurantes, hotéis e residências dentre outras, a qualidade de luz é de vital importância. Dentre os parâmetros mais importantes da qualidade da luz podemos citar a reprodução e a consistência de cor, distância do ponto de cromaticidade com relação à curva do corpo negro além da manutenção da cor com o tempo.

Da mesma forma que comparamos os LEDs quanto ao consumo de energia e vida útil com as outras fontes de luz, é fundamental que façamos a mesma comparação com referência à qualidade da luz. Sabemos que os fabricantes de LEDs, por vários anos, priorizaram a eficácia e somente agora, em função de terem alcançado valores de eficácia da ordem de 200 a 210 lumens por watt, começam a disponibilizar componentes LEDs com melhor qualidade de luz.

Um dos objetivos desse artigo é o de reportar os resultados de testes realizados em vários tipos de fontes de luz, além de posicionar o estado atual da tecnologia dos LEDs e apresentar comparações entre algumas tecnologias enfatizando os seguintes parâmetros:

- Índice de Reprodução de Cor (IRC) tanto para valores de R_a e R_e . Subentende-se por R_a , o valor de IRC levando-se em consideração as 8 primeiras amostras de cores (R1 a R8) e R_e como sendo o valor de IRC considerando as 15 amostras de cores de teste (R1 a R15).
- Reprodução de cor conforme o procedimento IES TM30-15, procedimento esse não oficial, porém com forte tendência de vir a ser utilizado no futuro. Nesse caso, consideramos os valores de R_f e R_g além dos gráficos que facilitam a visualização e comparação dos resultados entre as fontes.
- Consistência de cor, aqui representada por SDCM (*Standard Deviation Color Matching*) que tem como base as elipses de MacAdam.
- D_{uv} , que indica a distância do ponto de cromaticidade da fonte de luz com relação à curva do corpo negro o que indica o grau de tingimento ou influências das cores contidas no branco gerado pela fonte de luz.

Para tal decidimos escolher 4 fontes de luz com tecnologias diferentes conforme abaixo:

- Lâmpada alógena, tipo dicroica
- Lâmpada do tipo CDM – PAR111
- Lâmpada fluorescente compacta
- Luminária com LEDs

As três lâmpadas em questão foram selecionadas de fabricantes tradicionais que são normalmente disponibilizadas no mercado há vários anos e, por questões éticas, aqui não identificadas. A luminária que foi considerada neste estudo é resultado de um desenvolvimento local feito pela Itaim Iluminação, onde foram utilizados LEDs com boa qualidade de luz também de um fabricante tradicional.

Todas as fontes de luz foram ensaiadas utilizando-se uma esfera integradora de 2m de diâmetro do fabricante Everfine, devidamente calibrada e adaptada para a realização de medições conforme a CIE Ra, Re e a IES TM30-15. Na figura 1, apresentamos as distribuições espectrais de potência para cada uma das fontes de luz ensaiadas.

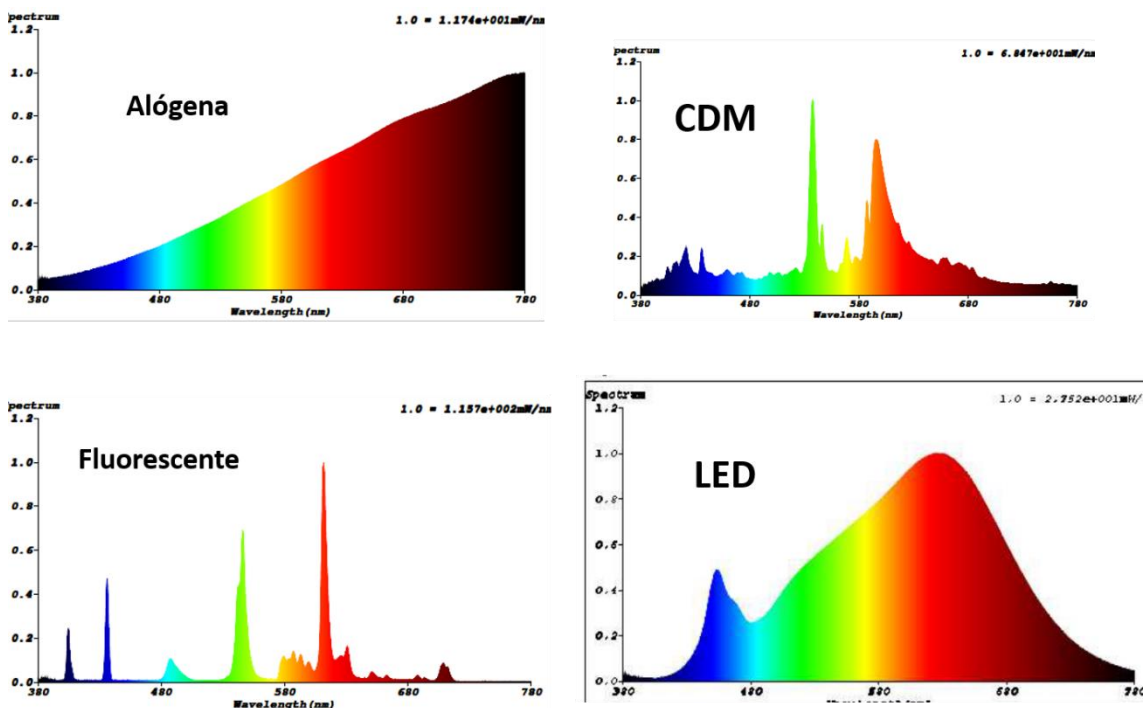


Figura 1 – Gráficos das distribuições espectrais de potência das fontes de luz ensaiadas

Observando as distribuições de potência podemos concluir que a lâmpada alógena é a que apresenta distribuição espectral com maior continuidade sendo seguido de perto pela distribuição da luminária LED. Ao contrário, as distribuições tanto da lâmpada fluorescente compacta como da CDM, é composta de picos de energia em determinados comprimentos de onda comprometendo a continuidade da distribuição do espectro.

Essas diferenças são de suma importância e serão abordadas com mais detalhes a seguir. Na tabela da Figura 2, temos o quadro resumo com os resultados das medições dos parâmetros selecionados.

	Alógena	CDM	Fluorescente	LED
TCC(K)	2834	3065	2861	2973
Ra(Re)	99.7(99.6)	82(77)	82(71)	94(91)
R_g	99	0	2	68
R_g	100	99	104	100
R_f	100	77	70	92
Duv	2.43e-04	-1.67e-03	3.05e-03	-7,50e-04
SCDM	4.9	5.0	6.2	1.3

Figura 2 – Quadro resumo das medições dos parâmetros selecionados para as fontes de luz analisadas

Nesse ponto, já temos como apontar algumas conclusões importantes:

- Propositalmente, as fontes de luz escolhidas têm valores de temperatura de cor próximos. Os valores estão compreendidos entre 2834K (lâmpada alógena) e 3065K (lâmpada CDM). Ou seja, todas as fontes de luz selecionadas são consideradas como “branco quente”.
- Como era esperado, a lâmpada alógena apresentou o maior valor tanto de Ra como de Re e praticamente sem diferença entre eles. Em segundo lugar temos a luminária LED e também com pequena diferença entre os valores de Ra e Re. Ao analisarmos tanto a fluorescente compacta quanto a CDM notamos que os valores de reprodução de cor foram menores e com maiores diferenças entre os valores de Ra e Re.
- Para a reprodução da cor R_g, vermelho saturado, também como esperado a alógena teve a maior pontuação (99) seguido pela luminária LED (68). As outras fontes de luz apresentaram valores de R_g muito baixos o que compromete o valor total do índice de reprodução de cor além de penalizar a reprodução da cor vermelha.

Analisando a reprodução de cor sob o procedimento IES TM30-15, os valores de R_f, que avalia a fidelidade da cor, ou seja, como a reprodução de cor é fiel com relação a um padrão e o valor de R_g que determina a naturalidade da cor, da mesma forma com relação a um padrão. Diferentemente do procedimento de medida do IRC, a IES TM30-15 leva em consideração uma amostragem de 99 cores e um procedimento diferente de cálculo o que, de certa forma, aumenta a precisão da medida e conseqüentemente, da avaliação da reprodução de cor.

Na figura 3 apresentamos os gráficos obtidos para cada uma das fontes ressaltando os índices R_f e R_g além dos gráficos de saturação das fontes com relação ao padrão.

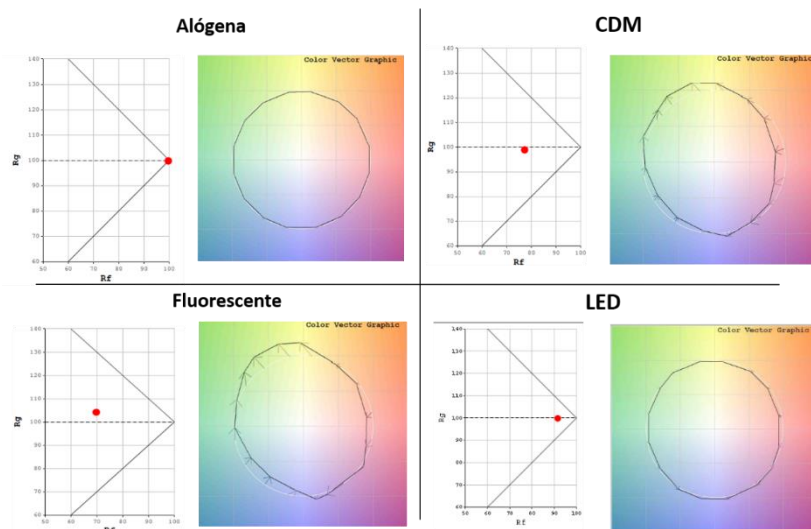


Figura 3 – Gráficos de reprodução de cor conforme o procedimento IES TM30-15

Desses gráficos podemos concluir que:

- A lâmpada alógena reproduz as cores com total fidelidade e naturalidade. Em segundo lugar temos a luminária LED com total naturalidade de reprodução, porém com fidelidade de 92 o consideramos bastante razoável.
- As demais fontes de luz apresentam fidelidade bem abaixo do normal e naturalidades acima e abaixo do padrão.
- Para melhor visualização, a localização do ponto vermelho dos gráficos tem que estar mais próxima do vértice do triângulo com isso garantindo a boa qualidade de reprodução de cor da fonte de luz.
- Observando-se os gráficos de saturação de cor, notamos que tanto a lâmpada alógena quanto a luminária LED ficaram muito próximas do padrão (comparação do círculo branco com o círculo preto) ao passo que as outras apresentaram distorções significativas ora saturando ora não saturando as cores.

O próximo parâmetro a ser comparado é o D_{uv} , parâmetro esse que mede a distância entre o ponto das coordenadas de cromaticidade da fonte de luz em relação à curva do corpo negro (BBL). Quanto maior for essa distância, maior influência de cores teremos no branco, fenômeno conhecido como tingimento. Essa distância pode ser positiva (o ponto de cromaticidade está situado acima da curva do corpo negro) ou negativa quando o ponto se situa abaixo da curva. Na figura abaixo apresentamos os valores e posicionamento do D_{uv} para as quatro fontes de luz ensaiadas.

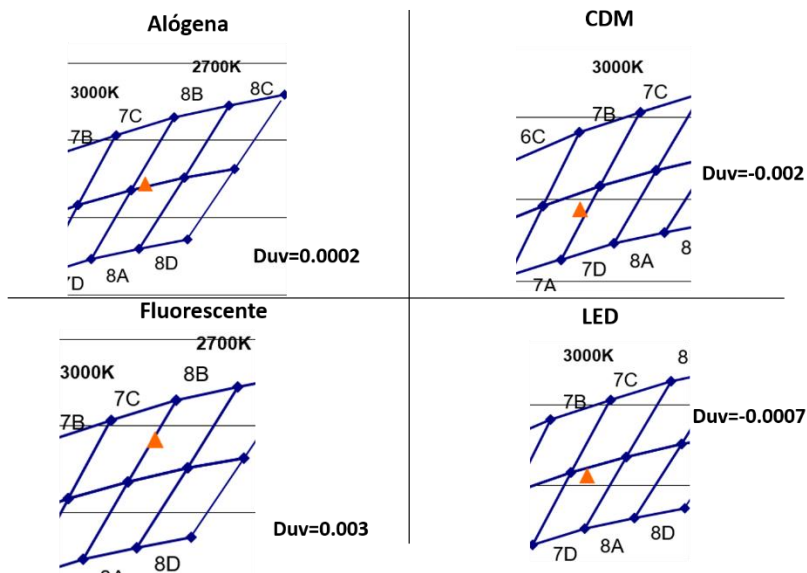


Figura 4 – Posicionamento das coordenadas de cromaticidade das fontes de luz ensaiadas

Mais uma vez a lâmpada alógena apresentou o menor valor de D_{uv} o qual está praticamente posicionado sobre a curva do corpo negro. A luminária LED apresentou o D_{uv} um pouco abaixo da curva sendo que a fluorescente e a CDM apresentaram valores relativamente distantes sendo acima e abaixo respectivamente.

Entende-se que, quanto mais próximo o ponto de cromaticidade estiver da curva do corpo negro, mais pura será a cor branca independente do valor da temperatura de cor.

Finalmente vamos analisar os valores de SDCM que nos indica a consistência de cor que, em muitas aplicações, pode vir a ser um fator determinante para a qualidade geral da iluminação do ambiente. Nesse caso, quanto menor for o valor de SDCM maior será a consistência de cor entre as fontes instaladas no ambiente. Esse parâmetro tem a ver com as elipses de MacAdam. Na figura 5, apresentamos os resultados:

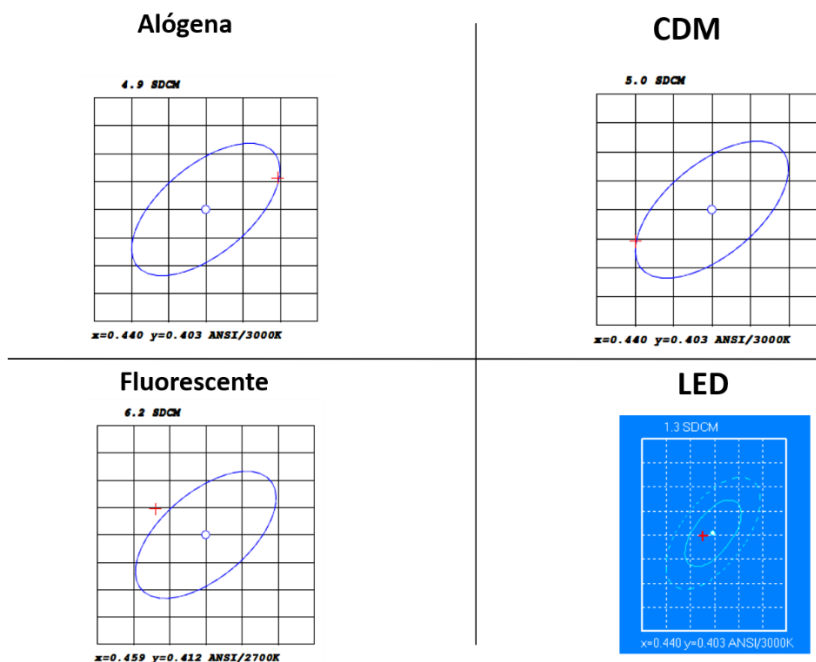


Figura 5 – Representação dos valores de SDCM das fontes de luz analisadas

Notamos, que diferentemente dos resultados obtidos anteriormente, nesse caso o melhor desempenho foi o da luminária LED que apresentou um SDCM de 1.3 enquanto as outras fontes de luz apresentaram valores acima de 3 SDCM, valor esse recomendado para projetos de interiores.

Como conclusões finais podemos citar:

- A melhor qualidade de luz obtida nos ensaios realizados é a da lâmpada alógena sendo seguida de perto pela luminária LED. Um ponto importante a se destacar é que a qualidade de luz tem relação direta com a distribuição espectral de potência. Quanto mais contínua for a distribuição, melhor a qualidade de luz da fonte.
- Podemos considerar que a tecnologia LED já esteja pronta para substituir as fontes de luz ora ensaiadas. Essa tecnologia ainda está em evolução e, portanto, espera-se que a qualidade de luz seja ainda maior nos próximos anos. A pergunta seria se hoje teríamos condições de desenvolver uma luminária LED com qualidade de luz compatível com a tecnologia alógena e a resposta seria sim. Pelo fato de termos vários LEDs compondo a luminária, a mescla adequada de LEDs quer sejam brancos e coloridos, pode resultar em produtos com qualidade de luz similar à alógena.
- Não foram notadas diferenças significativas quanto aos valores de R_f e R_a , porém o mesmo não aconteceu quando comparamos os valores de R_f e R_e . Isto pode ser um indicativo de que o procedimento atual de avaliação de reprodução de cor – IRC – tenha que ser revisto.

Cumpramos ressaltar que estas medições assim como esse documento foram gerados no ano de 2018 e podemos assegurar que a qualidade de luz dos LEDs evoluiu consideravelmente nestes últimos anos o que comprova o fato de que os LEDs em breve irão alcançar as lâmpadas alógenas em termos de melhor desempenho das características relativas aos parâmetros aqui levantados. Por outro lado, conforme uma das conclusões aqui apresentadas, a CIE lançou o documento CIE 2017 onde introduz índice R_f que, de certa forma, é compatível com o mesmo índice da IES TM-30-15 o que confirma as limitações apresentadas no índice CIE-Ra hoje largamente utilizado pela indústria de iluminação como sendo o parâmetro que avalia a reprodução de cores das fontes de luz.

Agradecimentos:

Agradecemos a Itaim Lighting Concept pela disponibilidade de equipamento e técnicos do laboratório o que tornou possível a realização desse estudo.

Referências:

- 1- IES TM-30-18 – IES Method for Evaluating Light Source Color Rendition
- 2- CIE 013.3-1995 – Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources
- 3- Technical Report CIE 2017 – Colour Fidelity Index for Accurate Scientific Use