

Índice de Reprodução de Cor

Por Daniel Coelho Feldman

Limitações da Comissão Internationale de l'Eclairage

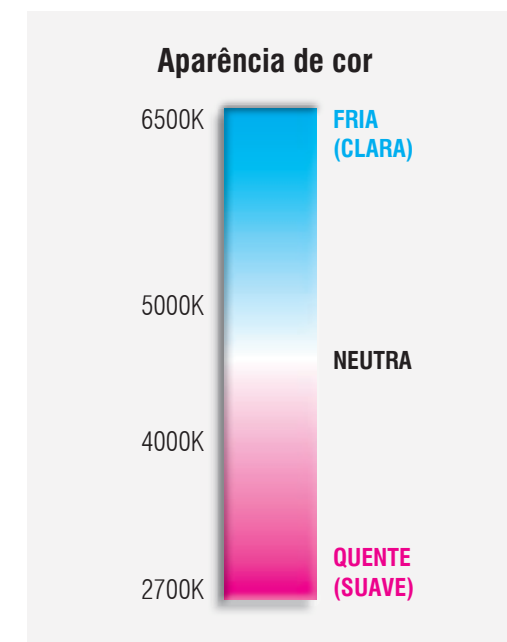


AS LIMITAÇÕES DESTES IMPORTANTE ASPECTO QUALITATIVO DA iluminação artificial que é o índice de reprodução de cores (IRC), originado em 1965 pela Comissão Internationale de l'Eclairage (CIE), têm sido motivo de diversos estudos para determinar outros modelos mais confiáveis ou precisos desde 1967. A décima edição do livro da IES (Illuminating Engineering Society of North America), The Lighting Handbook, apresenta mais de 10 métodos estudados que buscam ou buscaram suplantá-lo esse método do IRC que vigora até os dias de hoje. Entender com mais profundidade essas limitações e divulgar através de uma linguagem simples, porém estruturada nos conceitos de iluminação pertinentes ao tema, foi o maior desafio deste artigo. Em síntese, pode-se dizer que outros aspectos tais como:

Temperatura de Cor (Tc) e Curva de Distribuição Espectral (CDE), embora sejam características "independentes" das fontes de luz, devem ser julgadas conjuntamente para melhor entendimento do resultado esperado em termos de fidelidade das cores de um ambiente ou objeto iluminado. A dúvida, portanto, é se o conceito de IRC ainda é o mais adequado atualmente.

Antes de comentar sobre IRC, serão abordados outros dois aspectos qualitativos da iluminação artificial: Temperatura de Cor (Tc) e Curva de Distribuição Espectral (CDE).

Temperatura de cor: Expressa a aparência de cor da luz emitida pela fonte. Unidade de medida: Kelvin (K). Quanto mais alta a temperatura de cor na escala, mais azulada é a tonalidade de cor da luz e, quanto mais baixa, mais amarelada é essa tonalidade.



Escala de aparência de cor das lâmpadas convencionais entre 2700K (branco-amarelada) e 6500K (branco-azulada).
Fonte: Catálogo Philips

ção, é possível elencar algumas fontes artificiais de luz mais utilizadas em interiores e exteriores e que estão no mercado brasileiro basicamente nas seguintes temperaturas de cor:

Incandescentes: 2700K a 2900K;
Halógenas: 3000K a 4500K;
Fluorescentes: 2700K a 17000K;
Vapor de mercúrio: 3800K a 4500K;
Vapores metálicos: 2700K a 6500K;
Vapores de sódio: 1800K a 2300K;
LEDs: 2700K a 6500K

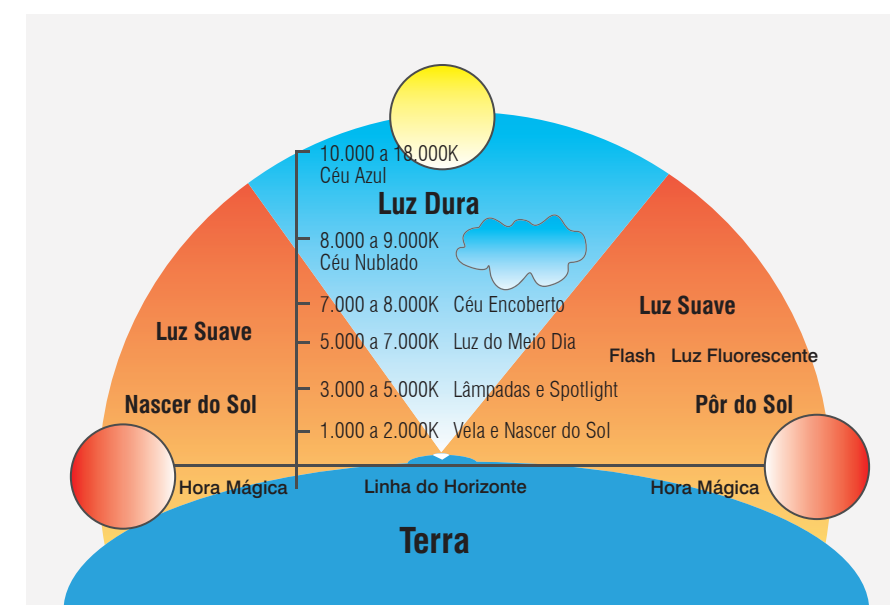
A luz do Sol varia em Tc ao longo do dia. Ao amanhecer e no pôr do sol, a cor da luz natural está compreendida entre 1000K e 2000K. Próximo ao período de transição diurno para o vespertino, a Tc fica em uma faixa intermediária compreendida entre 5000K e 7000K.

Essa mudança de cor e de luminosidade da luz natural ao longo do dia lhe confere uma característica de luz dinâmica e suave, ou seja, modifica-se em velocidade lenta. Esta variação é agradável, pois não existem transformações bruscas, quer seja de cor ou de intensidade, esquecendo-se as nuvens.

Ao pesquisar catálogos de duas grandes empresas multinacionais do ramo de ilumina-

Curva de Distribuição Espectral: A luz comporta-se como um trem de ondas geradas num campo eletromagnético, propagando-se uniformemente em todas as direções a partir da fonte geradora. A distância de uma fonte até outra é chamada de comprimento de onda, cuja medição é o nanômetro (nm). A extensão de radiação visível fica entre 380 a 780 nm. Comprimentos de ondas diferentes apresentam impressões de cores diferentes (vermelho, próximo a 780nm, até o violeta, próximo a 380nm).

Uma breve pesquisa bibliográfica a fim de elucidar questões inerentes ao conceito de fidelidade de reprodução de cores, quando utilizadas fontes artificiais de luz, é ilustrada a seguir.



Variação da aparência de cor da luz do Sol ao longo do dia. Mais amarelado ao nascer e pôr do Sol e mais azulado próximo ao meio-dia.

PHILIPS – Manual de Iluminação – p.247

– IRC: A fim de poder comparar as características de cor de vários tipos de fontes de luz, o conceito de um índice de reprodução de cor, baseado na aparência de um número de cores de testes sob diferentes iluminantes, foi introduzido pela Comissão Internationale de l’Eclairage (CIE). O médio das diferenças de cor, ocorrendo quando as cores de teste são alternadamente iluminadas, primeiro pela lâmpada sob teste e depois pela fonte de referência, providencia uma boa medida das características de reprodução de cor da fonte sob teste.

O índice tem um valor máximo de 100, que ocorre quando as distribuições espectrais da fonte sob teste e da fonte de referência são idênticas. A fonte de referência, usada para fontes com uma temperatura de cor correlata de 5000K e mais baixa, é um radiador absoluto de uma temperatura de cor mais próxima. Acima de 5000K, a fonte de referência usada proporciona luz do dia simulada ou reconstituída da temperatura de cor apropriada.

Alguns tipos de lâmpadas de descarga têm distribuição de energia espectral muito próxima à da fonte padrão. A reprodução de cor dessas lâmpadas é, portanto, muito boa, não obstante a sua eficácia muito baixa. Outras têm distribuição espectral de energia tão diferente da fonte padrão, que a sua reprodução de cor ou é muito pobre ou nem poderá ser especificada, porém, a sua eficácia é alta.

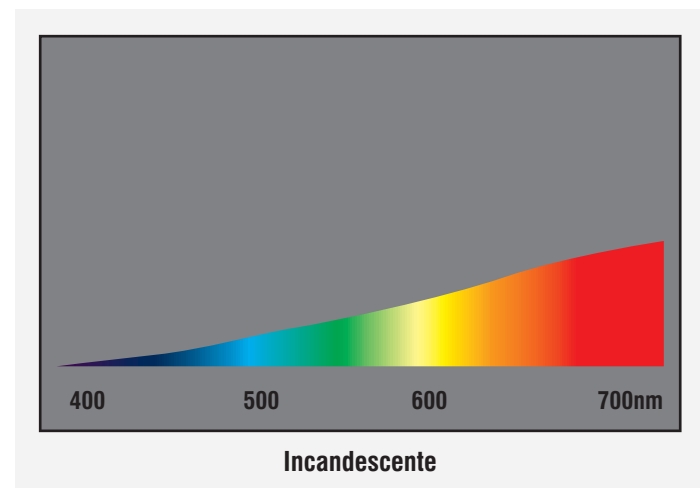
Lâmpadas incandescentes têm uma distribuição espectral de energia quase idêntica à da fonte padrão e, portanto, têm uma reprodução de cor excelente. A eficácia dessas lâmpadas, no entanto, é muito baixa.

Em relação às lâmpadas fluorescentes, pensou-se durante muito tempo que uma boa reprodução de cor somente poderia ser obtida a custo da eficácia e fazendo-se a fonte radiar a gama de cores completa do espectro visual. Sabe-se, agora, que isto não é necessariamente o caso e que existem lâmpadas fluorescentes cuja emissão se concentra em três comprimentos de onda muito bem definidos para dar uma boa reprodução de cor combinada à alta eficácia.

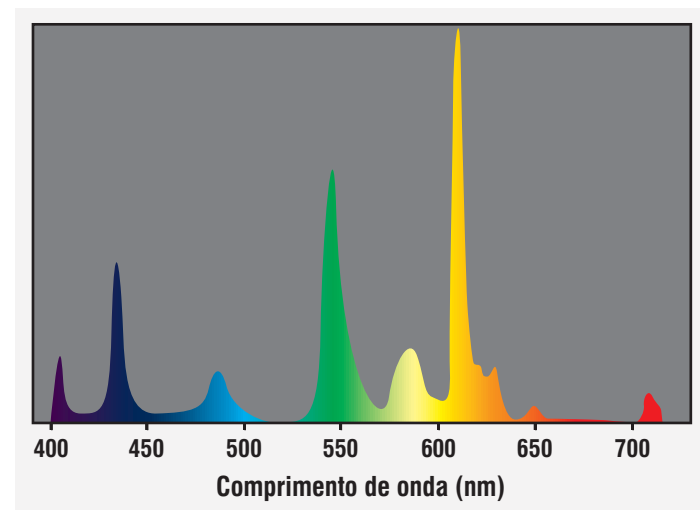
ILUMINAÇÃO ECONÔMICA, p.261 (IRC)

– “Antes de mais nada é importante saber que a

CDE da lâmpada incandescente. Mais energia próxima aos 780 nanômetros.
Fonte: Catálogo Osram

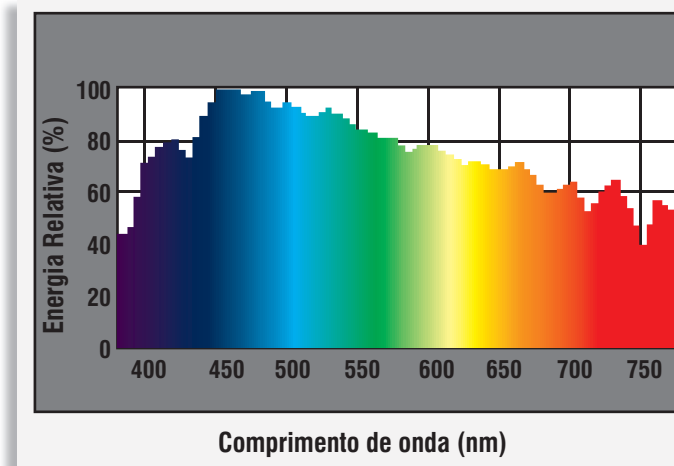


cor somente existe na mente do observador, isto é, não há instrumento que permita mensurar o que os olhos detectam e a respectiva tradução da realidade no cérebro. GALILEO, referindo-se a cores, dizia que 'estava inclinado a pensar que gostos, cheiros, cores, em relação aos objetos, nada mais são do que meros nomes que existem na parte sensível do corpo; estas qualidades desaparecem quando o ser humano é removido'. Pode-se argumentar que existem indivíduos daltônicos, ou seja, indivíduos que não veem as cores como na realidade são, mas a medida do grau de daltonismo é grosseira e não permite definir o seu grau exato, apenas as deficiências de visão para uma ou mais cores. Portanto, quando se trata da mente, as questões



CDE de uma determinada lâmpada fluorescente: descontinuidade de energia em diversos comprimentos de onda.

CDE da luz natural: maior quantidade de energia próximo aos 480 nanômetros. A diferença de energia entre todos os comprimentos de onda visíveis não é tão acentuada quanto nas lâmpadas incandescentes.



são muito complexas, e os processos de medição ou são subjetivos ou ainda falta muito para um ajuste fino. Felizmente, as novas tecnologias, tais como ressonância magnética, aliadas a softwares modernos e cada vez mais poderosos, estão permitindo que aos poucos o cérebro se torne mais conhecido, sobretudo quanto à capacidade de percepção do indivíduo”.

ILUMINAÇÃO ELÉTRICA, p.22 - (IRC ou Ra) – “É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma fonte de luz. Corresponde a um número abstrato, variando de 0 a 100, que indica aproximadamente como a iluminação artificial permite ao olho humano perceber as cores com maior

ou menor fidelidade. Lâmpadas com IRC próximo de 100 reproduzem as cores com fidelidade e previsão”.

ILUMINAÇÃO E ARQUITETURA, p.72 – (IRC)

– “Um objeto ou uma superfície exposto a diferentes fontes de luminosidade é percebido visualmente em diferentes tonalidades. Essa variação está relacionada com as diferentes capacidades das lâmpadas de reproduzirem diferentemente as cores dos objetos. Desse fenômeno, assume-se que sem luz não há cor. Para a capacidade da luz incidente em reproduzir cores, adotou-se o conceito de reprodução de cor e uma escala qualitativa de 0 a 100, ou índice de reprodução de cores (IRC)”.

Obviamente, o índice de reprodução de cor possui uma relação direta com a reprodução de cores obtida com a luz natural. A luz artificial, como regra, deve se aproximar ao máximo das características da luz natural (referência 100) à qual o olho humano está naturalmente adaptado. A percepção mais correta das cores é aquela que temos quando colocamos um objeto sob o efeito da luz natural.

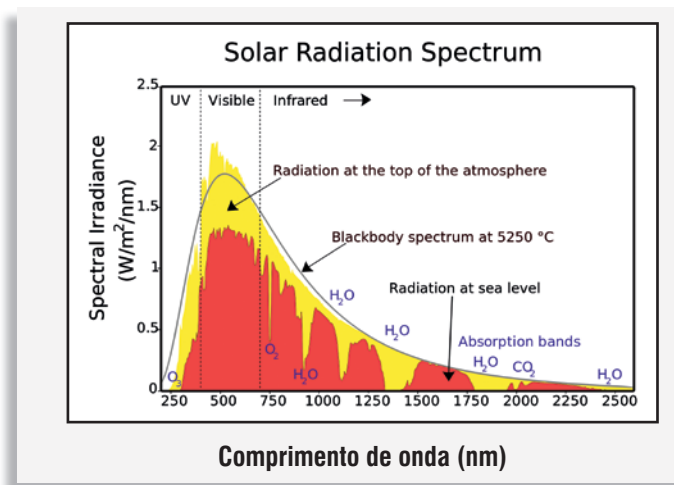
O IRC é dado através de um método internacionalmente aceito e determinado pela CIE. Através do método CIE, mede-se a luz da fonte comparando-a com a luz do dia. Coloca-se a luz a ser testada sob o efeito de 8 cores, mede-se o desvio para cada cor e dá-se um valor em porcentagem (quanto maior o desvio menor o índice).

Os índices de reprodução de cor (IRC) são assim classificados: 50 – 80, reprodução de cor razoável; 80 – 90, reprodução de cor boa; e 90 – 100, reprodução de cor muito boa.

Diante de todas as definições de IRC retiradas de diversas fontes bibliográficas e citadas acima, será realmente que o IRC é um aspecto qualitativo independente de outros? Ou seja, será mesmo que o IRC não sofre nenhuma influência dos outros dois aspectos também abordados: Tc e CDE?

A seguir, uma figura que mostra a CDE da luz natural. É fácil notar que a maior energia está compreendida na faixa próxima dos 480nm (cor azul do espectro).

Diante de todos esses três aspectos qualitativos, é possível colocar-se diante da seguinte hipótese: vamos iluminar um ambiente predominantemente composto por um mobiliário e pinturas nos tons azuis e violetas, por exemplo, e que apenas



“Solar Radiation”. CDE da luz natural: maior quantidade de energia nos comprimentos de ondas menores dentro da faixa de radiação visível.
Fonte: Wikipedia, “Sunlight”

dois tipos de lâmpadas estão disponíveis para escolha – a incandescente (curva de distribuição espectral contínua, assim como a luz natural) e um modelo de fluorescente compacta específico (curva de distribuição espectral descontínua, neste caso com vários picos de energia nos comprimentos de ondas menores, e temperatura de cor de 6500K). O IRC da incandescente é igual a 100 e o da fluorescente compacta é 85. Pode-se despertar os seguintes questionamentos:

- É possível iluminar este ambiente com fluorescente e obter uma reprodução de cor mais fiel se comparado à incandescente?
- Quaisquer que sejam as cores do ambiente, a reprodução de cor será sempre melhor utilizando incandescentes? Ou será sempre melhor com fluorescentes?
- Na questão de reprodução fiel das cores, é correto olhar isoladamente o IRC das fontes de luz e não conjugar essa característica com a Tc e a CDL desta fonte?

Se para responder a primeira pergunta considerarmos apenas o conceito de IRC, tal qual ele é ensinado nas diversas fontes bibliográficas, a resposta quase que instantânea será negativa, ou seja, se o IRC de uma lâmpada é igual a 100,

ela sempre será melhor em termos de reprodução fiel de cores. Mas isto é um engano. Uma lâmpada de espectro descontínuo tem por definição IRC inferior a 100, contudo, isso não significa que esta fonte de luz será sempre menos fiel quanto à reprodução de todas as cores. O fato é que a CDE dessa fonte artificial deve ser cuidadosamente analisada no sentido de verificar se existe mais energia naquele comprimento de onda específico referente às cores do ambiente ou objeto que está sendo iluminado. O ambiente citado acima consiste de cores predominantes “frias”, azuis e violetas. As lâmpadas incandescentes e halógenas, espectro contínuo, IRC igual a 100, privilegiam muito mais as cores quentes (vermelhos e laranjas) do que as cores frias (azuis e violetas). Desta forma, se uma lâmpada fluorescente apresentar uma energia maior que a incandescente em um determinado comprimento de onda, coincidentemente que mais valoriza as cores frias do ambiente, esta fonte pode sim reproduzir melhor as cores para esta situação específica. Acreditem, isso também pode ocorrer em cores intermediárias ou quentes.

Desta forma, respondendo a segunda pergunta, não é correto afirmar que quaisquer que sejam as cores do ambiente a reprodução de

cor será sempre melhor utilizando incandescentes. Sempre haverá de se conjugar essa informação com a Tc e a CDL da fonte de luz utilizada.

A tabela 1 apresenta os diversos métodos até então estudados no mundo para tentar colaborar com os estudos sobre reprodução fiel de cores no cenário da iluminação artificial.

- A décima edição do Lighting Handbook da Illuminating Engineering Society pg. 6.24 - IES apresenta uma série de nove diferentes limitações sobre o IRC, escritas em língua inglesa. Fazendo uma tradução simples temos:
- a) Média das mudanças de cor (Averaging the color shifts)
 - b) Amostras de Cores de Teste (Test color samples)
 - c) Espaço de cor (Color Space)
 - d) Penalidades para todas as cromaticidades (Penalties for All Chromaticity Shifts)
 - e) Todas as CCTs são tratadas igualmente (All CCTs are treated equally)
 - f) Dependência de CCT (Dependence upon CCT)
 - g) Adaptação Cromática (Chromatic adaptation)
 - h) Índice de número único (Single number index)
 - i) Descontinuidade em 5000K (Discontinuity at 5000K)

Conclusão

Todo índice baseado em uma média deve ser cuidadosamente avaliado. O trabalho não teve como objetivo descartar inteiramente o IRC, que tanto serviu de parâmetro e ainda serve para inúmeras pessoas que trabalham com iluminação. Por outro lado, é importante entender que este método tem suas limitações e que outros métodos podem representar melhor essa escala, na medida em que as fontes tradicionais com geração de luz pela incandescência ou descarga elétrica vêm dando lugar gradativamente aos LEDs. Várias escalas já foram desenvolvidas para medir a fidelidade de reprodução de cores quando iluminado por fontes artificiais. Consciente de que tanto o IRC (1965) quanto, por exemplo, o CQS são escalas desenvolvidas pelo homem e que todas têm seu grau de imprecisão, vale sempre lembrar que existem escalas complementares desenvolvidas para usuários mais experientes, ou seja, com abordagens mais simples, para atingir uma quantidade maior de pessoas que lidam com o assunto, e outras

escalas de maior complexidade de informações, para abordagens mais específicas.

Estudos pelo mundo, sobre o IRC, negativamente apontam deficiências dessa escala quando aplicados às fontes de luz baseados em LEDs. Justamente para resolver em parte os problemas da escala de IRC e incluir outras dimensões da qualidade da cor é que foram desenvolvidas diversas escalas ao longo do tempo, incluindo a escala de qualidade de cor CQS. Embora o CQS utilize muitos dos mesmos elementos do IRC, existe uma série de diferenças fundamentais. Assim como o IRC, o CQS é um método de amostras de ensaio que compara a aparência de uma série de amostras de reflexão quando iluminada pela lâmpada de teste para a sua aparência sob o iluminante referência. O CQS usa um conjunto maior de amostras reflexivas e combina as diferenças de cor das amostras com uma raiz quadrada da média, tornando-o assim com maior nível de precisão. Desta forma, é fundamental que um profissional de iluminação que ainda prefira trabalhar com a escala de IRC procure sempre complementar sua análise examinando também os dados referentes a temperatura de cor e curva de distribuição espectral da fonte utilizada. ◀



Daniel Coelho Feldman |

Possui graduação em Engenharia Elétrica - Eletrotécnica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ (1996); pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho CEFET/RJ (1997); mestrado (2001) e doutorado (2008) em Arquitetura pela UFRJ; e pós-graduação em Iluminação e Design de Interiores IPOG (2013). Atualmente trabalha na Lumicenter Lighting. Trabalhou por 11 anos na empresa de iluminação Casarão Lustres (1996-2007) e seis anos na Philips (2008-2013). Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Iluminação, atuando principalmente nos seguintes temas: iluminação artificial, produtos de iluminação, lâmpadas e controles de iluminação.

Referências:
Catálogo Geral Osram iluminação, 2012.
Catálogo Philips, Guia Prático Iluminação, 2012.
COSTA, Gilberto J. Iluminação Econômica: Cálculo e Avaliação. Porto Alegre: Edipucrs, 1998.
DILAURA, David. HOUSTER, Kevin. MISTRICK, Richard. STEFFY, Gary. The Lighting Handbook. New York. 2000.
Manual de Iluminação Philips, quarta edição, 1986.
MOREIRA, Vinicius de A. Iluminação Elétrica. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1999.
VIANNA, Nelson S; GONÇALVES, Joana C. S. Iluminação e Arquitetura. São Paulo. Geros s/c Ltda. 2001.

Tabela 1

ÍNDICE	SÍMBOLO OU ABREVIÇÃO	ANO
CIE TEST COLOR METHOD	CRI; Ra	1965
FLATTERY INDEX	Rf	1967
COLOR DISCRIMINATION INDEX	CDI	1972
COLOR PREFERENCE INDEX	CPI	1974
POINTER ´S INDEX	-	1986
COLOR RENDERING CAPACITY	CRC	1993
FEELING OF CONTRAST INDEX	FCI	1993
CONE SURFACE AREA	CSA	1997
PERCENT DEVIATION FORM DAYLIGHT	mm%Dxx	2004
FULL SPECTRUM COLOR INDEX	FSCI	2004
WORTHHEY ´S INDEX	-	2004
COLOR QUALITY SCALE	CQS; NIST-CRI	2005
HARMONY RENDERING INDEX	Rhr	2009

Vários índices de reprodução de cor estudados no mundo.
Fonte: The Lighting Handbook. IESNA. Pg6.24