

Iluminação externa

Por José Luiz Pimenta e David Speer

Avaliação da poluição luminosa pelo método da Pseudocor

A POLUIÇÃO LUMINOSA É UM PROBLEMA QUE VEM crescendo rapidamente e adquirindo grande importância como parâmetro de qualidade de instalações de iluminação externa. A ONG International Dark-Sky Association (IDA) vem, desde 1988, empenhando esforços para proteger o meio ambiente e preservar a escuridão do céu noturno, através do estabelecimento de padrões de qualidade para as instalações de iluminação externa.

A principal preocupação da IDA diz respeito à crescente ameaça ao meio ambiente noturno, provocada pelas instalações de iluminação externa, devido ao ofuscamento, à invasão de luz, à confusão causada pelas diversas fontes de luz no ambiente urbano, ao desperdício de energia e à produção do halo luminoso celeste.

Até recentemente, a avaliação da poluição luminosa era

realizada de modo subjetivo. Com o rápido desenvolvimento da tecnologia da informática, este tipo de poluição pode ser agora quantificado, graças a programas de computador que possibilitam ao projetista a análise do aspecto do ambiente iluminado durante a fase de projeto.

A técnica de análise gráfica pelo método da Pseudocor é atualmente utilizada em diversos campos da ciência, caracterizando-se como uma poderosa ferramenta para avaliar também alguns tipos de poluição luminosa, produzidos por instalações de iluminação externa. Entre elas, estão as relacionadas com os valores excessivos da iluminância vertical, em edifícios localizados em áreas vizinhas às instalações (luz invasora), e com a luminância média elevada das superfícies das fachadas de edifícios e de outdoors.

Critérios para o projeto luminotécnico

A publicação da CIE (sigla em francês para Comissão Internacional de Iluminação) N° 150:2003 estabelece valores-limites dos parâmetros a serem considerados em projetos de iluminação externa, de acordo com quatro zonas urbanas de controle ambiental: E1, E2, E3 e E4, sob o aspecto da iluminação artificial. Esses limites são definidos para dois períodos noturnos – anterior e posterior a um horário predefinido denominado “toque de recolher” (curfew). Na Tabela 1 são definidas as zonas ambientais e os valores-limites a serem considerados no projeto luminotécnico para a iluminância vertical (E_v) nas propriedades vizinhas à instalação (invasão de luz), e para a luminância média das superfícies de fachadas de edifícios (L_b) e cartazes iluminados (L_s).

Ferramentas computacionais

Via de regra, um projeto luminotécnico requer a elaboração de cálculos de complexidade elevada para a determinação dos valores dos parâmetros luminotécnicos (iluminância e luminância) em grades de pontos definidos sobre as diversas superfícies do modelo. Esta tarefa, antes extremamente trabalhosa e demorada, passou a ser realizada de modo mais rápido e preciso, graças à utilização de modernos programas computacionais, que oferecem interfaces gráficas com recursos para modelagem tridimensional e

de apresentação (rendering). Suas tecnologias permitem a construção de sofisticados modelos virtuais para a representação, visualização e análise dos projetos durante a sua elaboração.

Renderização

A geometria do modelo a ser construído para a elaboração e análise do projeto luminotécnico pode ser criada no próprio software ou importada de um sistema 3D-CAD. Para cada superfície do modelo é definida uma cor ou um coeficiente de refletância.

Com o uso de métodos de cálculo e de rendering para visualização do modelo, pelo processo da radiosidade (radiosity) ou do rastreamento de raios (raytrace), é possível determinar a luminância de todas as superfícies do modelo. Essas superfícies são consideradas como do tipo Lambertiana (difusora ideal), possuindo valores constantes de radiância ou luminância, independentemente do ângulo de observação.

Conhecidas as luminâncias de todas as superfícies, podem ser facilmente determinadas as iluminâncias devido à luz incidente nas mesmas. Os resultados do processo são normalmente obtidos na forma de grades de pontos, com a indicação numérica dos valores calculados ou de imagens padrão RGB para visualização.

Todavia, a apresentação de imagens pelo método Pseudocor é o processo mais apropriado para uma avaliação quantitativa da poluição

Tabela 1 - Valores máximos recomendados para os parâmetros luminotécnicos de acordo com a Publicação CIE n° 150:2003

Zonas de controle ambiental sob o aspecto da iluminação artificial	Características da região nos arredores da instalação e do ambiente	Iluminância das propriedades vizinhas*		Luminância das fachadas dos edifícios e dos cartazes iluminados	
		E_v (lx)		L_b (cd. m ⁻²)	L_s (cd. m ⁻²)
		Antes do toque de recolher	Após o toque de recolher	Fachadas	Cartazes
E1	Região natural: ambiente intrinsecamente escuro (Ex: parques e reservas naturais ou áreas protegidas)	2	0	0	50
E2	Região rural: baixos níveis de iluminação (Ex: área rural do tipo industrial ou residencial)	5	1	5	400
E3	Região de subúrbio: níveis médios de iluminação (Ex: área suburbana do tipo industrial ou residencial)	10	2	10	800
E4	Região urbana: níveis elevados de iluminação (Ex: áreas urbanas centrais e áreas comerciais)	25	5	25	1000

* Os limites se aplicam as superfícies (parciais ou totais) de edifícios residenciais situados (ou a serem construídos) nas proximidades da instalação, especialmente onde se localizam as janelas

luminosa, pois permite ao usuário melhores condições para analisar a estrutura dos dados do modelo ou para realizar a comunicação de aspectos inerentes a esta estrutura de dados, por meio de imagens.

Método Pseudocor

A análise pela técnica da Pseudocor é realizada a partir da atribuição de cores a um conjunto de valores calculados de parâmetros associados às superfícies de um modelo tridimensional. Este recurso, disponível em alguns programas para cálculo luminotécnico, permite a geração de vistas do modelo iluminado em uma escala, para a qual cada valor de luminância ou iluminância é atribuída uma cor baseada no chamado mapa de cores do arco-íris (rainbow colormap). Neste mapa de cores, o azul é atribuído ao valor-limite inferior, e o vermelho ao superior do parâmetro considerado.

Aos demais valores são atribuídas cores intermediárias através da interpolação contínua no espaço vermelho-verde-azul, conforme o espectro de cores do arco-íris. Quando esta gama de cores é mapeada sobre um conjunto de dados numéricos, o usuário está conceitualmente mapeando uma escala linear de cores sobre uma variável escalar.

Alternativamente podem ser também utilizadas escalas não-lineares, especialmente nos casos em que se deseja exibir os detalhes de uma imagem renderizada, na qual uma faixa muito grande de valores de luminância ou iluminância está situada nas proximidades do limite inferior dessas grandezas.

Escalas baseadas em variáveis com potências 2 (quadrática), 3 (cúbica) ou superiores possibilitam a expansão do conjunto de valores próximos ao limite inferior das mesmas, permitindo a sua exibição com maior nível de detalhes (valores menores da grandeza escalar são distribuídos

numa região mais ampla da escala de cores). Este tipo de escala é particularmente útil quando uma quantidade reduzida de superfícies do modelo possui valores muito elevados de luminância ou iluminância, enquanto as demais possuem valores reduzidos destas grandezas.

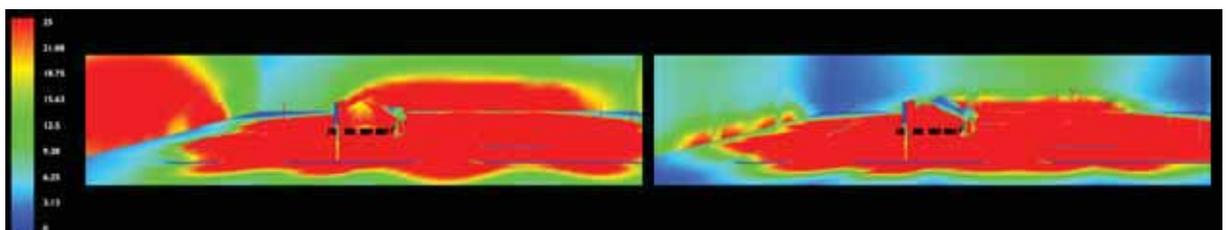
O resultado deste processo é uma imagem colorida, que representa o retrato detalhado e absoluto da distribuição da luz no modelo, sem a necessidade de grades de pontos com a indicação dos valores dos parâmetros luminotécnicos calculados. A análise pelo método Pseudocor tem também a vantagem de apresentar a distribuição das iluminâncias (luz incidente) ou luminâncias do modelo virtual, exibindo o significado das cores e refletâncias das superfícies coloridas tal como os observadores perceberão no ambiente real.

A visualização tridimensional de um modelo em Pseudocor possibilita uma análise bem mais detalhada, em relação à análise pelo método ponto a ponto tradicional, pois a luminância é conhecida para todas as superfícies do modelo, e não apenas para aquelas nas quais os pontos de cálculo estão presentes.

Os programas computacionais, baseados no método da radiosidade (radiosity), oferecem ainda a vantagem adicional de manipular interativamente o modelo tridimensional após a etapa de cálculo. A exibição na tela do computador pode ser ajustada de tal modo que qualquer superfície seja visualizada, utilizando comandos de navegação, como Orbit (Orbitar), Pan (Arrastar), Rotate (Rotacionar) e Walk (Caminhar).

Os recursos para caminhar através do modelo (walk-through) permitem que o projetista e o cliente realizem a sua visualização completa do projeto, para uma melhor apreciação dos resultados. Desta forma, as áreas com níveis de iluminação não compatíveis com os limites estabelecidos pela CIE, podem ser rapidamente identificadas de maneira simples e precisa.

Figura 1
Análise quantitativa da luz incidente em um plano vertical localizado a 15 metros de um estabelecimento comercial iluminado com 2 diferentes tipos de luminárias. As áreas vermelhas indicam níveis de iluminância iguais ou superiores a 20 lx.



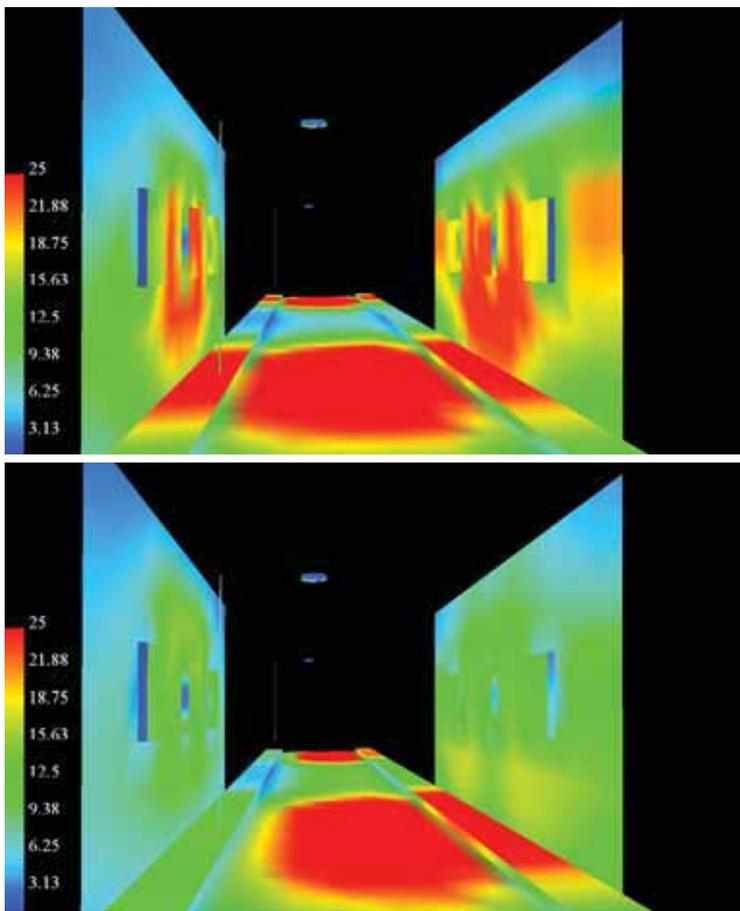


Figura 2
Invasão de luz produzida por unidades de iluminação pública. Flagrante de um caso real e simulações com dois tipos de luminárias. Na última simulação, a luminária utilizada não infringe os limites estabelecidos pela Publicação CIE 150:2003 para o limite de 25 lx.

Estudos de casos

Para demonstrar a eficácia da análise pelo método da Pseudocor, foram construídos três modelos com o emprego do software AGI32. No primeiro, um restaurante contendo um pátio de estacionamento, os valores limites da iluminância vertical nas fachadas dos edifícios existentes nas proximidades das instalações foram considerados conforme indicado nas colunas 3 e 4 da Tabela 1. Este modelo é aplicável a shoppings, estádios e postos de gasolina, localizados em áreas ambientais dos tipos E3 e E4, nas quais os valores

de Ev devem ser mantidos dentro dos limites correspondentes, durante os períodos anterior e posterior ao toque de recolher.

No segundo modelo, foi analisada a invasão de luz oriunda das instalações de iluminação pública, em uma residência localizada numa pa-cata rua residencial de uma cidade no interior de Minas Gerais.

Num terceiro modelo, foram verificados os valores de luminância da fachada de um edifício, considerando-se os limites da coluna 5, da Tabela 1. Este é o caso típico de edifício iluminado, localizado em uma área urbana, para a qual o projeto luminotécnico deve levar em consideração as refletâncias dos materiais utilizados em sua construção, a fim de manter os níveis de luminância abaixo dos limites correspondentes estabelecidos pela CIE.

Resultados

A Figura 1 (pág. 66) mostra as imagens renderizadas do estabelecimento comercial, pelo processo da Pseudocor. O limite superior de 25 lx foi ajustado para todos os planos verticais, localizados a uma distância média de 15 metros, a partir da linha divisória da propriedade onde se situa a instalação. Notam-se as diferenças entre as imagens correspondentes aos dois tipos de luminárias consideradas. A análise pelo método da Pseudocor mostra, claramente, as áreas em vermelho com valores de iluminância iguais ou superiores a 25 lx nas superfícies verticais.

A Figura 2 demonstra que a invasão da luz em propriedades privadas é influenciada pela distribuição fotométrica das luminárias utilizadas nas instalações de iluminação pública.

A Figura 3 apresenta os resultados da análise da iluminação da fachada de um edifício, considerando-se o limite máximo de luminância de 25 cd/m², conforme requerido para edifícios localizados em zonas ambientais tipo E4. Observa-se nesta figura a existência de algumas manchas vermelhas na fachada, que correspondem às áreas em que os valores de luminância excedem o máximo permitido evidenciando o fato de que as lâmpadas utilizadas têm potências demasiadamente elevadas para as refletâncias dos materiais utilizados na construção da fachada do edifício. Este problema pode ser

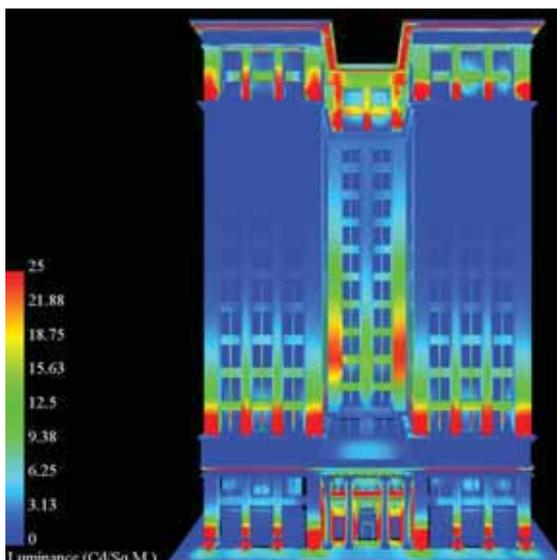


Figura 3
Luminância da fachada de um edifício. Nas áreas vermelhas este parâmetro excede o valor de 25 cd/m².

sanado mediante a utilização de projetores equipados com lâmpadas de potência reduzida. Isto significa que as lâmpadas têm potências demasiadamente elevadas para as refletâncias dos materiais utilizados na construção da fachada do edifício.

Conclusões

A análise pelo método da Pseudocor, proposta neste artigo, pode ser considerada uma ferramenta poderosa e expedita para que arquitetos e lighting designers verifiquem a conformidade dos seus projetos com as leis, decretos e normas aplicáveis, durante a fase de elaboração. A maioria dos modernos programas de computador, dotados de módulos para renderização, oferecem a possibilidade de geração de imagens de modelos em Pseudocor, capazes de provar que o projeto luminotécnico não viola as restrições predefinidas quanto à produção da poluição luminosa em áreas externas dotadas de iluminação artificial. ◀



José Luiz Pimenta

É consultor na área de iluminação externa, atuando em contratos de gestão da iluminação pública de municípios brasileiros. É membro e representante do Brasil na área de Iluminação Externa da Comissão Internacional de Iluminação (CIE) e coordenador do Comitê Brasileiro de Iluminação (CIE Brasil) nesta área; membro consultor do IES-NA – Sociedade Norte Americana de Engenheiros de Iluminação e da Comissão Brasileira de Normas CE.34.4 – Aplicações da Iluminação e Medições Fotométricas do COBEI - Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações.



David Speer

É bacharel em Engenharia e Arquitetura com ênfase em Iluminação e Eletricidade pela Universidade do Colorado e em 1984 fundou a Lighting Analysts Inc., empresa norte-americana que desenvolve e distribui o software AGi32 desde esta data. Desde 1979 é membro da Sociedade de Engenheiros de Iluminação (IES).

REFERÊNCIAS

- [1] International Dark-Sky Association (IDA), "An Introduction to Light Pollution", pág. 28.
- [2] CIE Pub. 150:2003 - "Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations".
- [3] Ashdown Ian, "Thinking Photometrically Part II", LIGHTFAIR 2001 Pre-Conference Workshop.
- [4] Ashdown Ian, "Photometry and Radiometry - A Tour Guide for Computer Graphics Enthusiasts" Ledalite Architectural Products, Inc.
- [5] Holzapfel Ernst, "Modeling and Rendering with AGI 32" http://www.agi32.com/Gallery/agi32_raytrace2004_contest_submissions.htm
- [6] Lloyd Treinish, et al., "Why Should Engineers and Scientists Be Worried About Color?" IBM Thomas J. Watson Research Center, Yorktown Heights, NY.
- [7] L. Bergman, B. Rogowitz and L. Treinish., "A Rule-based Tool for Assisting Colormap Selection", Proceedings of the IEEE Computer Society Visualization '95, pp. 118-125, Outubro 1995.
- [8] G. Abram and L. Treinish, "An Extended Data Flow Architecture for Data Analysis and Visualization", Proceedings IEEE Visualization '95, pp. 263-269, Outubro 1995