

INTERCOMPARAÇÃO LABORATORIAL DA FOTOMETRIA DE LUMINÁRIAS

*Oswaldo Sanchez Júnior*¹, *Antonio Augusto Resende Marques*², *Ricardo Ficara*³, *Michelle C. S. Siriaco*⁴

¹ IPT, São Paulo, Brasil, osanchez@ipt.br

² IPT, São Paulo, Brasil, amarques@ipt.br

³ CEPEL, Rio de Janeiro, Brasil, ricafica@cepel.br

⁴ CEPEL, Rio de Janeiro, Brasil, msiriaco@cepel.br

Resumo: este trabalho descreve e analisa o método e os resultados de uma intercomparação laboratorial para determinação da fotometria de uma luminária. Os resultados mostram razoável coerência entre dois métodos diferentes para realizar as medições.

Palavras chave: fotometria de luminárias, curva fotométrica, intercomparação de fotometria.

1. INTRODUÇÃO

O estudo das características fotométricas de uma luminária é necessária para o desenvolvimento de projetos de iluminação e até mesmo da própria luminária. Uma das técnicas mais poderosas e eficientes para este tipo de estudo é a goniofotometria.

A goniofotometria envolve a medição das características fotométricas, entre elas a determinação das curvas fotométricas de distribuição de intensidade luminosa da luminária (fonte luminosa) a ser estudada em relação a seu ângulo sólido.

Independentemente da instrumentação disponível, há três sistemas de planos muito utilizados para a determinação das curvas de intensidade luminosa da luminária: o sistema $\alpha\alpha$, o sistema $\beta\beta$ e o sistema $C\gamma$. O sistema $C\gamma$ é particularmente interessante para luminárias que normalmente são instaladas em estruturas altas e destinadas a iluminar planos baixos. Um esquema ilustrativo deste sistema pode ser visto na figura 1.

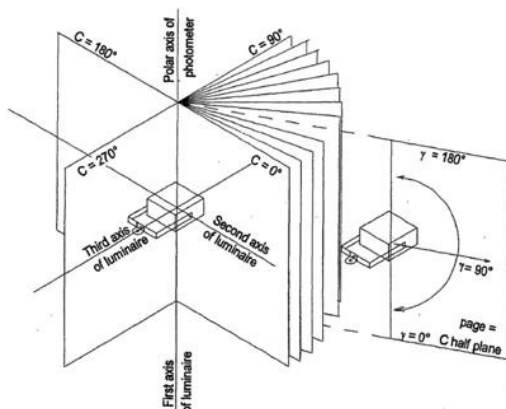


Figura 1 – Sistema $C\gamma$ para goniofotometria.

Dentre os tipos de goniofotômetro, dois específicos estão sendo estudados neste trabalho: o goniofotômetro de campo distante utilizando espelhos e o goniofotômetro de campo próximo^[1-3].

O princípio da goniofotometria de campo distante consiste em medir a intensidade luminosa em distâncias, em geral, 10 vezes maiores que o tamanho da fonte luminosa.

Os dados a partir das medições de campo distante podem ser utilizados para diversas finalidades. Uma das finalidades é medir o fluxo luminoso emitido pela fonte luminosa. Este método é geralmente utilizado para luminárias grandes (região emissora maior que 200mm), uma vez que as esferas integradoras capazes de medir tais luminárias seriam grandes e caras. A segunda finalidade é permitir simulações para projetos de iluminação a fim de garantir o nível de iluminação desejado para ambientes internos e externos às construções. Estas medidas também são frequentemente utilizadas para verificar se a fonte luminosa atende a determinadas especificações normativas.

Dentre os goniofotômetros utilizados para fotometria de campo de distante estão os goniofotômetros de espelho.. Nestes goniofotômetros, a fonte luminosa se move em torno de um eixo vertical e o arranjo de espelhos se move em torno de um eixo horizontal, enquanto que o sensor do fotômetro está posicionado em um lugar fixo. O aspecto geral deste aparelho está ilustrado na figura 2.

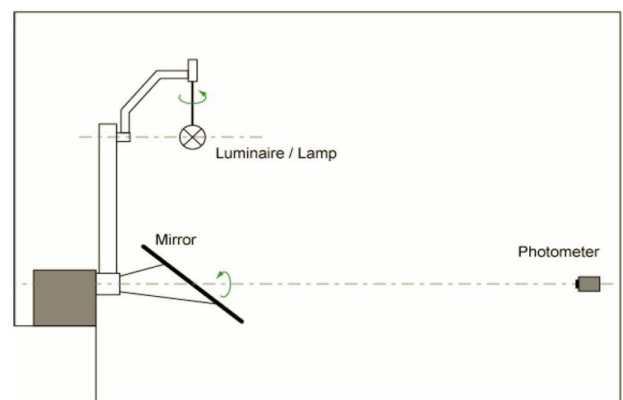


Figura 2 - Goniofotômetro de campo distante.

O segundo método de caracterização é a goniofotometria de campo próximo. Diferente do método de campo distante que mede a distribuição de intensidade luminosa, a

goniofotometria de campo próximo mede a luminância da fonte luminosa em diferentes direções. Além disso, uma medição de campo próximo pode ser feita com o fotômetro posicionado a qualquer distância da fonte luminosa, e normalmente é feita com o sensor bem próximo à fonte luminosa. Em geral, este goniofotômetro conta com uma câmera CCD (de matriz bidimensional) com sensores calibrados para registrar as medições de luminância em toda região emissora de luz.

A medição de campo próximo pode gerar uma distribuição de intensidade luminosa de campo distante através do método de Ray-tracing.

A câmera com CCD, para medida de luminância, é movida ao redor da superfície esférica da luminária medida, e os campos de luminância são capturados continuamente durante o movimento. Conhecida a lente da câmera, é possível calcular a direção da luz para cada pixel emissor.

O aspecto geral do goniofotômetro de campo próximo pode ser visto na figura 3, que mostra a captura dos campos de luminância.

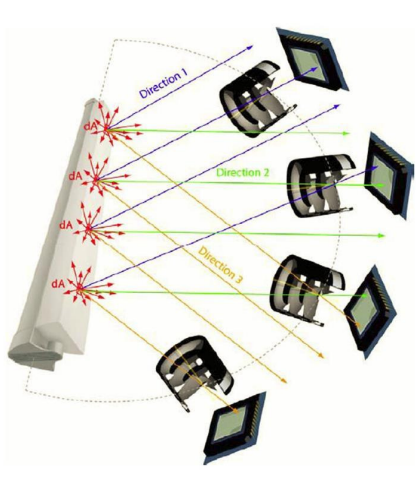


Figura 3 – Goniofotômetro de campo próximo.

É interessante verificar e comparar as vantagens e desvantagens conhecidas entre os dois métodos, pois estes servirão de base para comparação final dos resultados.

Para o goniofotômetro de campo distante (com espelho), dentre as desvantagens podemos citar o fato deste equipamento ser de grande porte e alto custo, os espelhos são partes sensíveis e há um movimento da luminária durante a medida o que gera imprecisão para as medidas finais (ainda que ela permaneça na posição nominal de instalação). No entanto, uma das vantagens da goniofotometria de campo distante é que este é um método de medida simples e direto, não demandando processamento computacional.

Uma desvantagem do goniofotômetro de campo próximo é a sua dependência de processamento de imagens (CCD e objetivas são pontos sensíveis) e processamento de dados. No entanto, dentre as vantagens podemos citar:

- Dimensão reduzida: pode ser instalado em locais facilmente adaptáveis;

- O objeto a ser caracterizado não se move o que permite oferecer condições estáveis de emissão para as lâmpadas;
- Processo de medida muito rápido: 25 minutos para resolução $2.5^\circ \times 2.5^\circ$;
- Permite alta resolução de passo: até $0.1^\circ \times 0.1^\circ$;
- Permite obter vários parâmetros a partir do arquivo de dados de imagens;
- Não é necessário considerar o centróide da luminária;

É importante ressaltar que, mesmo que existam diferenças, espera-se que ambos os métodos sejam eficientes para determinação tanto da curva fotométrica da luminária tanto para o fluxo luminoso e outras características fotométricas de interesse.

2. MÉTODO EXPERIMENTAL

Para fazer uma comparação laboratorial entre os sistemas de medida, utilizou-se como amostra um projetor com lâmpada halógena. A escolha da lâmpada a ser utilizada na luminária foi feita após sazonalidade de 30 horas, onde foram monitoradas as condições de alimentação de lâmpada (tensão e corrente), além da iluminância medida a um metro em ambiente escuro.

Esta escolha deve-se ao fato deste tipo de luminária apresentar uma emissão estável e de fácil controle (pela corrente de alimentação). O aspecto geral da luminária pode ser verificado na figura 4.

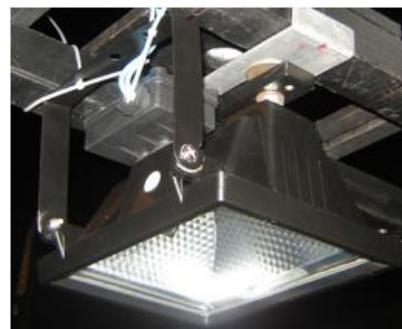


Figura 4 – Aspecto geral da luminária ensaiada.

Quanto ao sistema de medidas, optou-se pela utilização do sistema $C\gamma$ com aparelhos de princípio de funcionamento diferentes (goniofotômetro de campo distante, do CEPEL e o goniofotômetro de campo próximo, do IPT), tendo como base o método CIE 121.

3. RESULTADOS

O fluxo luminoso total emitido pela luminária foi a primeira característica a ser medida com os diferentes métodos de goniofotometria.

Os principais resultados comparativos estão apresentados na tabela 1 a seguir, que considera também as condições de alimentação do refletor.

Tabela 1 – Condições de ensaio

<i>Grandezas</i>	<i>IPT</i>	<i>CEPEL</i>
Corrente (A)	2,5	2,5
Tensão (volts)	130,9	130,06
Potência (watts)	327	325
Fluxo luminoso (lm)	4401,3	4321,7

A seguir serão apresentados os resultados para a distribuição de intensidade luminosa, também denominada curva fotométrica da luminária.

Para facilitar a comparação, as duas curvas fotométricas obtidas são exibidas por meio do programa Lumdat© da Peters Research Ltd, que permite a importação de dados de intensidade luminosa em diferentes unidades (por exemplo, arquivos IES com curvas em cd ou cd/klm) e a sua comparação numa mesma unidade de medida.

A figura 5 ilustra a curva fotométrica no plano (C20°) de maior intensidade luminosa obtida pelo goniofotômetro do CEPEL, que utilizou a resolução de 5°. As medidas de intensidade luminosa são exibidas em candelas.

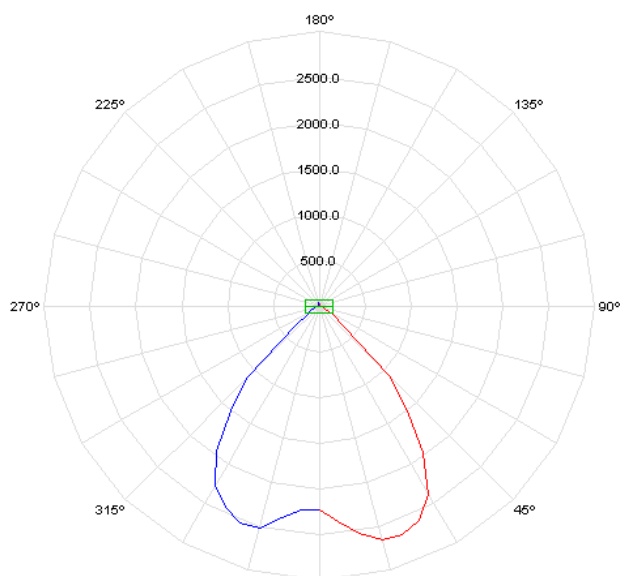


Figura 5 – Curva típica obtida pelo aparelho de CEPEL

A figura 6 ilustra a curva fotométrica no plano (C21°) de maior intensidade luminosa obtida pelo goniofotômetro do IPT, que utilizou a resolução de 1°. As medidas de intensidade luminosa são exibidas em candelas.

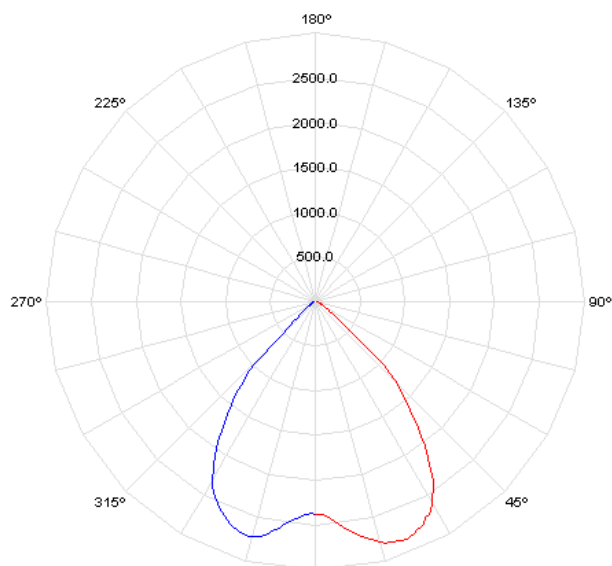


Figura 6 – Curva típica obtida pelo aparelho do IPT

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A tabela 2 apresenta a variação entre as principais grandezas medidas na intercomparação laboratorial.

Tabela 2 - Razão Percentual (%) das medições

<i>Grandezas</i>	<i>Varição (%)</i>
Corrente (mA)	<0,1
Tensão (volts)	0,6
Potência (watts)	0,5
Fluxo luminoso (lm)	1,8
Intensidade luminosa máxima (cd)	6,9

Pode-se observar que as diferenças percentuais das principais grandezas envolvidas encontram-se dentro da faixa limite estabelecida para a sistemática de comparação laboratorial. Pode-se verificar que as condições laboratoriais são muito próximas (abaixo de 2% com exceção da intensidade luminosa máxima), o que garante que a comparação entre os métodos possa ser realizada.

Resta então analisar de forma mais clara, o quão compatíveis são as medidas realizadas por dois diferentes equipamentos, e para isto a análise deve ser mais elaborada.

Para melhor entendimento do comportamento das curvas fotométricas e também para qualificar a análise comparativa entre os dois métodos de goniofotometria foi construído o gráfico abaixo.

Neste gráfico, observa-se o plano transversal da região em que foi medido o maior valor de intensidade luminosa com os dois tipos de goniofotômetro. As intensidades luminosas são apresentadas em candelas.

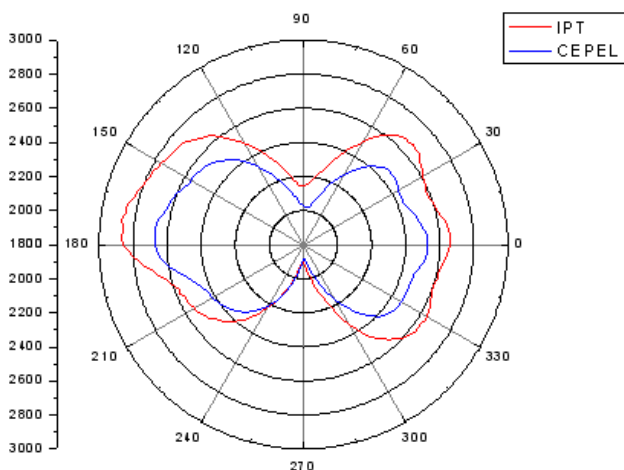


Figura 7 – Comparação das medidas da máxima intensidade luminosa

As curvas fotométricas apresentaram variação em média de 5,5%, com variância dos dados menor do que 0,1%. O perfil da curva para o plano de maior intensidade, a menos da diferença nos valores, tem o mesmo formato mostrando total compatibilidade. A diferença nos valores é significativa, no entanto, as curvas foram obtidas com protocolos diferentes, a partir de dados obtidos de diferentes resoluções. É razoável esperar esta diferença na medida em que o alinhamento angular inicial (na instalação da luminária) leva a diferenças na determinação do ângulo de maior intensidade e o processo de cálculo dos valores intermediários por interpolação depende das resoluções utilizadas (a escolha da resolução pode excluir determinados picos de intensidade que não são computados na interpolação).

4. CONCLUSÕES

Através da intercomparação laboratorial foram estudadas duas técnicas de goniofotometria: a goniofotometria com espelho e a de campo próximo. Levando em consideração as medidas realizadas de fluxo luminoso e a distribuição das intensidades luminosas, que estão entre as principais características de uma luminária, podemos verificar que as medidas feitas são compatíveis entre si, o que é expresso principalmente pela pequena variação (1,8%) do fluxo luminoso total emitido pela luminária e no formato das curvas obtidas. Num próximo estudo visando intercomparação, recomenda-se melhorar a resolução das curvas obtidas de ambos os aparelhos (sugere-se pelo menos 0,5°), ampliar o número de laboratórios participantes e adotar critérios uniformes para alinhamento da luminária quando da sua instalação no aparelho

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Finep, pela viabilização do investimento no laboratório do IPT e à Eletrobrás – Programa GDE pela viabilização do investimento no Cepel.

REFERÊNCIAS

- [1] Commission Internationale de l'Eclairage, The Photometry and Goniophotometry of Luminaires, CIE121/1996;
- [2] Commission Internationale de l'Eclairage, The Measurement of Absolute Luminous Intensity Distributions, CIE 70-1 987.[18];
- [3] Commission Internationale de l'Eclairage, Photometry of Floodlights, CIE 43-1979.