

Capítulo III

Fotometria básica

Por Plinio Godoy*

A maneira como expressamos a forma que uma fonte de luz ou luminária projeta o fluxo luminoso no espaço, as direções e as intensidades é medida e expressa por meio de curvas e diagramas fotométricos. Entender a fotometria é fundamental para a boa utilização das informações na tomada de decisões de projeto.

Hoje em dia, com o advento dos sistemas Led, há uma gama de possibilidades que pode levar o projetista a bons resultados ou não, dependendo do tipo utilizado na solução do problema.

Apresentaremos de maneira resumida e prática os conceitos importantes relacionados à fotometria aplicada à iluminação. Alguns conceitos importantes devem ser compreendidos, pois são as ferramentas que utilizamos nas questões fotométricas.

De acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), temos:

INTENSIDADE LUMINOSA

- Unidade de medida: candela"
- Abreviação: cd"
- Símbolo: I"
- Fórmula: $I = \phi / \omega$ "
- A candela é a intensidade luminosa, em uma dada direção de uma fonte, que emite uma radiação monocromática de frequência 540 x 1012 hertz e cuja

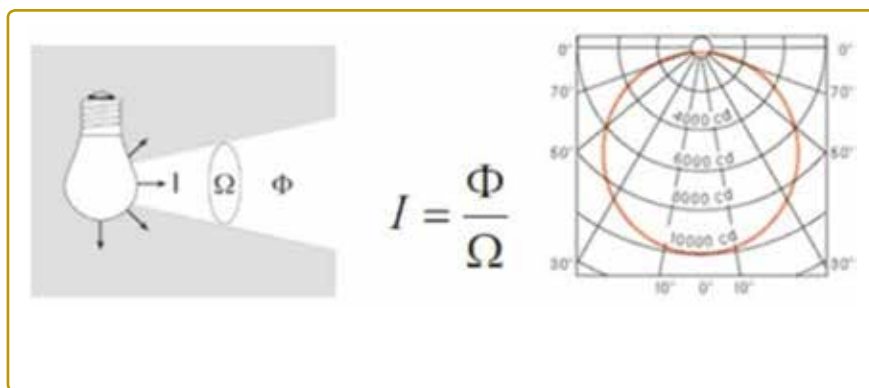


Figura 1 – Ilustração do conceito de intensidade luminosa.



Figura 2 – Relacionando o fluxo de água total que sai do chuveiro ao fluxo de luz total que sai da luminária, a intensidade luminosa seria o jato de água que sai de cada furinho do chuveiro.

intensidade energética nessa direção é 1/683 watt por esterradiano."Para entender o conceito, imaginemos um chuveiro no lugar de uma luminária:

A definição de luminância utiliza um conceito de intensidade luminosa (I)

medido em candela (cd). O conceito de intensidade luminosa pode ser descrito pela unidade de luz, que, quando somada, resulta no fluxo luminoso da fonte. Dessa forma, a integral de todas as intensidades luminosas emitidas por

uma fonte resulta no fluxo luminoso da fonte.

Por definição: intensidade luminosa (I) é a luz que se propaga em uma dada direção, dentro de um ângulo sólido unitário e sua unidade é lúmen / esferorradiano ou candela (cd). O ângulo sólido (w) é uma medida do espaço tridimensional, assim como o radiano é para o espaço bidimensional. O esferorradiano é a unidade de um ângulo sólido, ou seja, um ângulo no espaço tridimensional.

FLUXO LUMINOSO

Utilizando a explicação simples do chuveiro, entende-se que o fluxo luminoso é a soma das intensidades luminosas em uma superfície esférica que abrange o chuveiro (esferorradiano).

- Unidade de medida: lúmen
- Abreviação: lm
- Símbolo: ϕ
- Fluxo luminoso emitido por uma fonte puntiforme e invariável de 1 candela, de mesmo valor em todas as direções, no interior de um ângulo sólido de 1 esferorradiano.

Temos então dois conceitos importantes, a intensidade luminosa (cd) e o fluxo luminoso (Lm).

Em um plano tridimensional, a luz é projetada em várias direções. O exemplo a seguir mostra como a luz produzida por uma lâmpada incandescente comum é distribuída no espaço.

A questão então é como descrever esta distribuição espacial em tabelas ou de alguma forma que possa ser projetada.

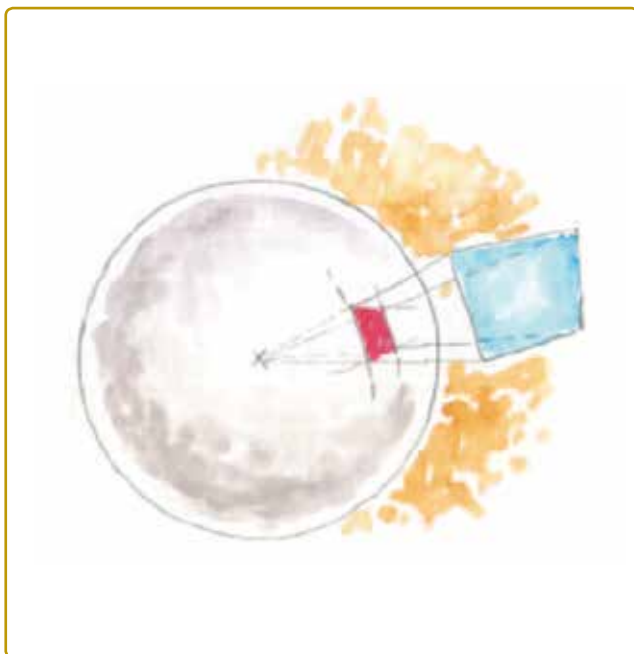


Figura 3 – Esferorradiano.



Figura 4 - Ilustração da distribuição da luz gerada por uma lâmpada incandescente.

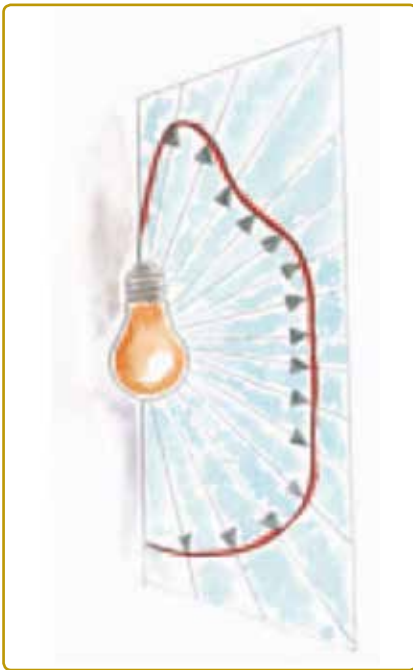


Figura 5 - Corte tridimensional da luz.

O que fazemos é cortar esta distribuição tridimensional por planos e, neste plano específico, temos a distribuição de luz (Figura 5).

Entendemos então que se utilizarmos, por exemplo, um plano somente temos uma quantidade de informação suficiente da emissão da luz da lâmpada “se” esta emissão for simétrica, ou seja, emissão igual em qualquer plano de análise. Porém, na vida real, a simetria ocorre em poucos casos,

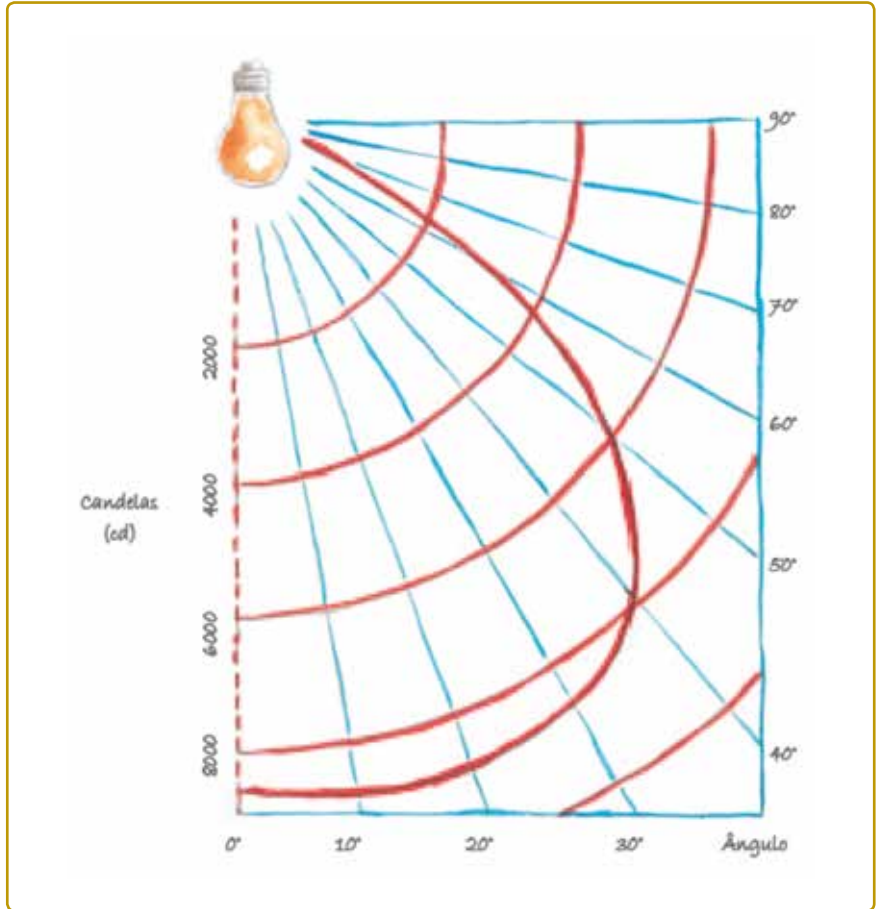


Figura 6 - Curva de intensidade luminosa.

o que, normalmente, acontece são curvas assimétricas que precisam então de muitos planos de corte para expressar a distribuição da luz no espaço de maneira fidedigna.

Aproveitando a imagem, notamos que, se criarmos uma curva que conecte todas

as intensidades para cada ângulo no plano, temos uma curva de intensidade luminosa.

A Figura 6 mostra uma curva de uma lâmpada incandescente refletora. Este tipo de curva também é chamada de “curva de distribuição polar”.

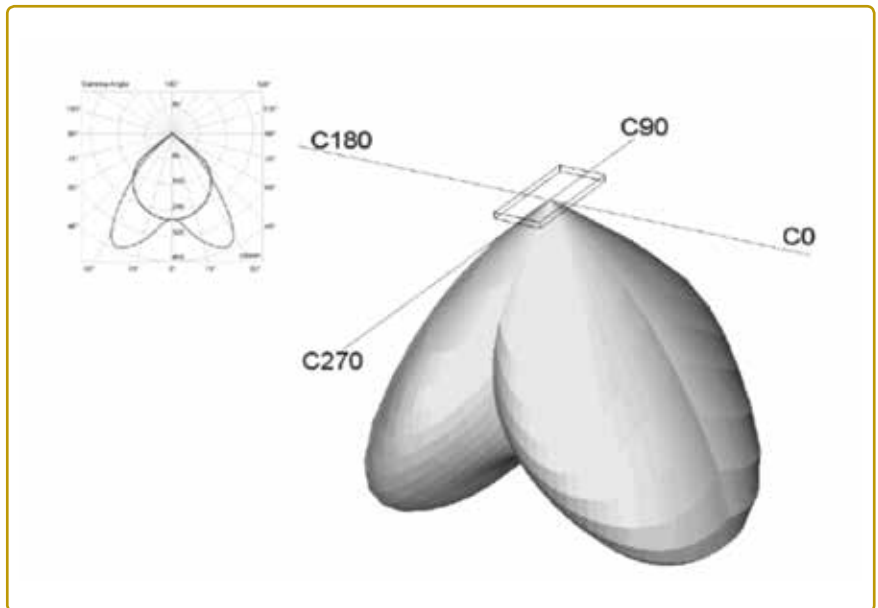


Figura 7 - Fotometria criada com PhotoView. Fonte: OxyTech.

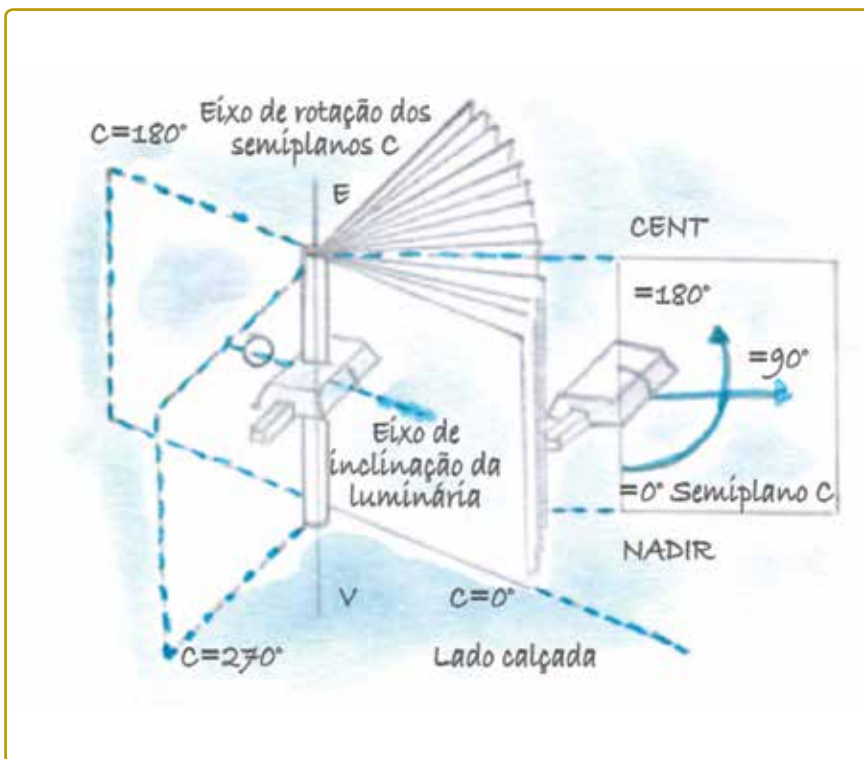


Figura 8 – Planos para o levantamento da curva fotométrica.

Assim, para o levantamento de curvas fotométricas profissionais, ou seja, que demonstrem com exatidão como a luz é projetada pelo sistema “fonte de luz + luminária”, definimos os planos a seguir:

Uma boa curva fotométrica utiliza para suas medições pelo menos 360 planos, ou seja, um plano para cada grau.

Concretamente, na iluminação pública, são empregadas lâmpadas a vapor de mercúrio, a vapor metálico e a vapor de sódio de alta pressão. Já as

luminárias possuem diversas formas, ainda que na iluminação pública predominem as de fluxo assimétrico para uma melhor distribuição da superfície iluminada sobre a calçada.

Para estabelecer a distribuição luminosa de uma luminária utilizada na iluminação pública no espaço, estabeleceu-se um sistema de referência fotométrica da luminária.

Utilizam-se os semiplanos verticais coordenados por ângulos horizontais C.

Todos os semiplanos C têm como eixo comum o eixo vertical FV, que passa pelo centro fotométrico da luminária. Sobre cada semiplano C e com origem no centro fotométrico da luminária se fixam as distintas direções coordenadas por ângulos verticais gama (γ).

Os semiplanos C de referência são os semiplanos C 0° e o C 180° e os semiplanos C 90° e C 270°. Para localizar os semiplanos C de referência em relação à luminária, considere as duas direções principais da rua a iluminar, que são perpendiculares entre si. A direção longitudinal e a direção transversal têm dois sentidos para a calçada. Ou seja, para frente e para trás do centro fotométrico da luminária.

Para o centro do sentido da rua se faz um correspondente, o semiplano C 90° e para o centro do semiplano da calçada, o semiplano C = 270°. Então, determina-se o sentido do semiplano C = 0°, tomando como sentido de giro o anti-horário, o semiplano C = 0° posicionado 90° em atraso em relação ao semiplano C = 90°.

Todos os valores levantados em um laboratório são utilizados em processos computacionais, porém, para a apresentação gráfica das curvas, selecionamos somente alguns planos que expressam de maneira resumida como a luz é distribuída por uma determinada luminária. Veja o exemplo:

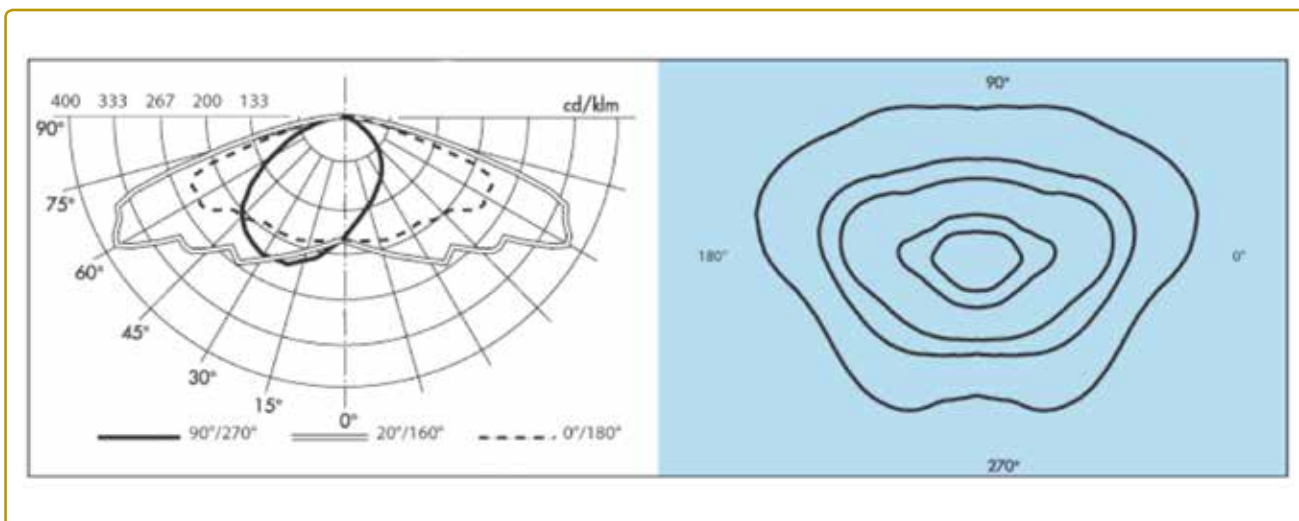


Figura 9 – Curva polar para três planos, 90°-270°, 20°-160° e 0°-180°.

A curva 20°-160° foi estabelecida, pois é neste plano que está a máxima intensidade da distribuição de luz desta luminária específica.

Notem que há uma indicação na parte superior direita da curva “cd/klm”, o que indica que os valores de intensidade que aparecem na curva devem ser multiplicados pelos quilolúmens produzidos pela lâmpada utilizada. Assim, para uma lâmpada com 22.000 lm, o valor da curva deve ser multiplicado por 22.

Esta técnica é utilizada quando uma luminária pode utilizar várias lâmpadas de potências diferentes.

Com o advento do Led, as curvas fotométricas utilizam o conceito de fotometria absoluta, ou seja, cada curva fotométrica é utilizada para um conjunto de led + lentes + luminária, ou seja, somente expressa aquela montagem específica, não podendo ser equivalente a nenhuma outra medição.

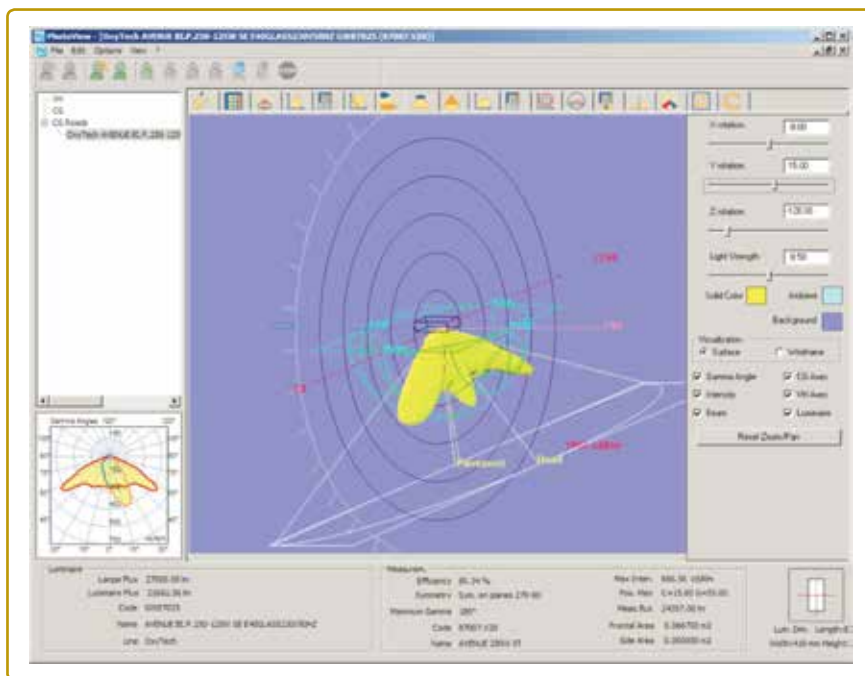


Figura 10 – Curva no plano tridimensional expressa no plano bidimensional.

Graficamente, podemos analisar as curvas (Figura 10) e entender como a luminária projeta luz no espaço, porém, como utilizamos estas informações para

desenvolver cálculos computacionais?

Existem padrões de inclusão de dados, como ângulos, intensidades, planos, fluxo luminoso, potência do

```

IESNA:LM-63-1995
[TEST] ABC1234 ABC Laboratories
[MANUFAC] Aardvark Lighting Inc.
[LUMCAT] SKYVIEW 123-XYZ-abs-400
[LUMINAIRE] Wide beam flood to be used without tilt
[LAMPCAT] MH-400-CLEAR
[LAMP] Metal Halide 400 watt
[BALLASTCAT] Global 16G6031-17R
[BALLAST] 400W 277V MH
[MAINTCAT] 4
[OTHER] This luminaire is useful as an indirect flood
[MORE] and to reduce light pollution in down light
[MORE] applications.
[SEARCH] POLLUTION SPORTS INDIRECT
[BLOCK]
    
```

Figura 11 – Exemplo de conteúdo de um arquivo IES.

```

[LUMCAT] TENNISVIEW 123-XYZ-abc-400
[LUMINAIRE] Wide beam flood for indirect applications.
[ENDBLOCK]
TILT=INCLUDE
1
13
0 15 30 45 60 75 90 105 120 135 150 165 180
1.0 .95 .94 .90 .88 .87 .98 .87 .88 .90 .94 .95 1.0
1 50000 1 5 3 1 1 .5 .6 0
1.0 1.0 495
0 22.5 45 67.5 90
0 45 90
10000 50000 25000 10000 5000
10000 35000 16000 8000 3000
10000 20000 10000 5000 1000
    
```

Figura 12 – Informações fotométricas relacionadas no software.

conjunto, dimensões do elemento iluminante, fatores de correções, etc. Os mais utilizados são os padrões norte-americanos (IES) e o padrão europeu (Eulumdat).

O padrão IES segue a normativa IES LM-63-95 Photometric Data File Format. Já o padrão Eulumdat segue o padrão Eulumdat Photometric Data File Format.

É importante conhecer qual padrão de arquivo fotométrico o software de cálculo utilizado considera para análise dos dados. Por exemplo, o software AGI32 utiliza o padrão IES LM-63-95, mas também consegue ler e interpretar o padrão Eulumdat.

A seguir, o conteúdo de um arquivo IES:

Até esta parte do arquivo, o fabricante apresenta a luminária, suas características e outras observações. O software entende que as informações fotométricas se encontram nesta parte do arquivo (veja a Figura 12).

Para conhecer a fundo os dados que compõem um arquivo IES, é recomendável uma pesquisa no site www.iesna.org sobre como montar o arquivo.

O importante deste tipo de arquivo é que todo fabricante deve apresentar as curvas fotométricas das suas luminárias levantadas em laboratórios independentes ou em laboratórios acreditados internacionalmente e pelo Inmetro.

Com a curva fotométrica do fabricante, procure saber qual o padrão utilizado e desenvolva alguns cálculos para verificar como a luz se distribui e se o plano “zero” equivale ao plano transversal ou longitudinal da luminária.

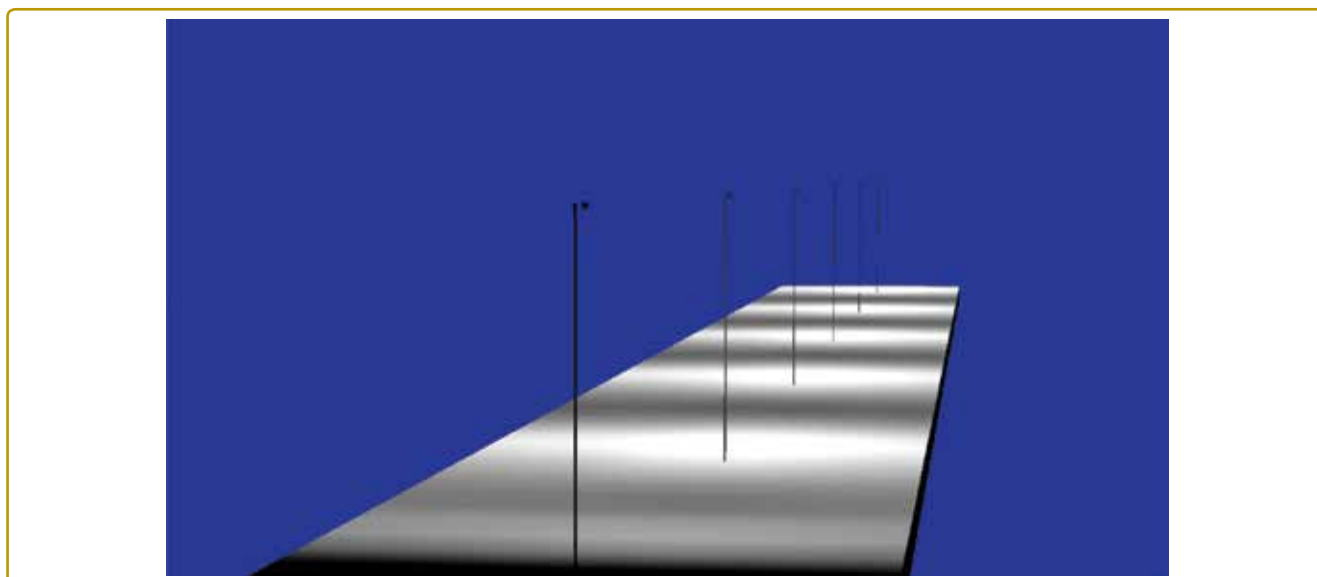


Figura 13 – Cálculos permitem iluminação transversal da calçada.

Esta questão pode fazer seu cálculo utilizar a luminária corretamente, iluminando transversalmente, criando linhas de luz transversais no plano.

Ou iluminando longitudinalmente a via, criando o plano da via e calçada corretamente.

Uma dica interessante é desenvolver os cálculos com o seu software luminotécnico e checar estes cálculos com o fabricante da luminária, considerando a mesma situação de montagem:

- Altura de montagem;
- Distância entre postes;
- Comprimento do braço;
- Ângulo de inclinação vertical (TILT).

Assim, você “calibra” seu cálculo baseando-se no cálculo fornecido, atestando que está utilizando a curva de maneira correta.

Este curso visa apresentar os conceitos e questões sensíveis quando você trabalha com curvas fotométricas, por isso, sugiro buscar um aprofundamento nestas questões por meio de bibliografia específica.

** Plinio Godoy é engenheiro eletricista especializado em lighting design. É consultor e lighting designer sênior da CityLights.*

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para redacao@atitudeeditorial.com.br

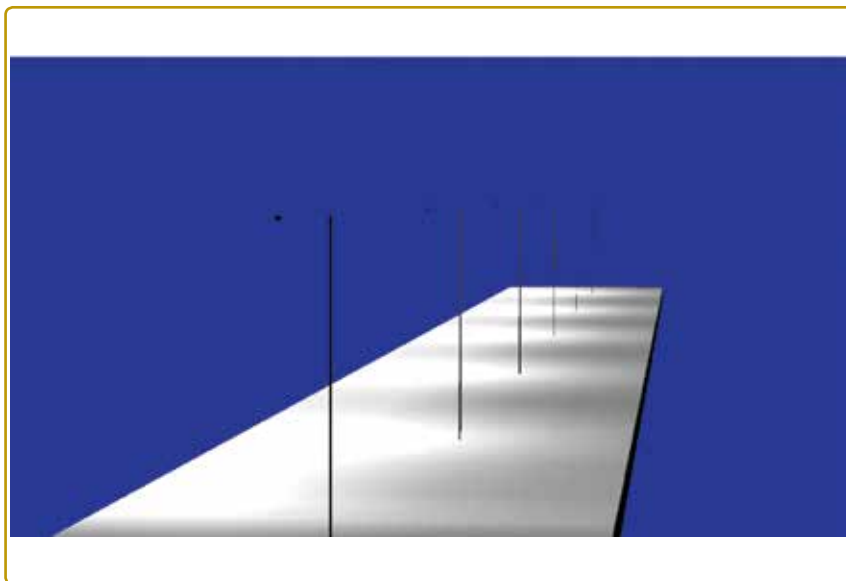


Figura 14 – Cálculos permitem iluminação longitudinal da calçada.