

O LUXÍMETRO

Estamos dando continuidade a nossa sequencia de artigos sobre instrumentação. Neste artigo vamos apresentar o luxímetro, este aparelho que é utilizado para medir a iluminância dos ambientes ou de fontes de luz. Largamente utilizado na Tecnologia de Sistemas Biomédicos.

A LUZ

Antes de apresentarmos o LUXÍMETRO, se faz necessário alguns conhecimentos rudimentares sobre a LUZ. A luz é uma onda eletromagnética, cujo comprimento de onda se inclui num determinado intervalo dentro do qual o olho humano é a ela sensível.

Trata-se, de outro modo, de uma radiação electromagnética que se situa entre a radiação infravermelha e a radiação ultravioleta.

As três grandezas físicas básicas da luz são herdadas das grandezas de toda e qualquer onda etromagnética: **intensidade (ou amplitude), frequência e polarização(ângulo de vibração)**. No caso específico da luz, a *intensidade* se identifica com o *brilho* e a *frequência* com a *cor*. Deve ser ressaltada também a dualidade onda-partícula, característica da luz como fenômeno físico, em que esta tem propriedades de onda e partículas, sendo válidas ambas as teorias sobre a natureza da *luz*.

Um *raio de luz* é a trajetória da luz em determinado espaço, e sua representação indica de onde a luz é criada (*fonte*) e para onde ela se dirige. O conceito de *raio de luz* foi introduzido por Alhazen. Propagando-se em *meio homogêneo*, a luz percorre trajetórias retilíneas; somente em meios não-homogêneos a luz pode descrever trajetórias curvas.

As seguintes quantidades e unidades são utilizadas para medir luz:

- 1 - Brilho, medida em watts/cm^2
- 2 - Iluminância ou iluminação (Unidade SI: lux)
- 3 - Fluxo luminoso (Unidade SI: lumen)
- 4 - Intensidade luminosa (Unidade SI: candela)

O LUXÍMETRO

É um aparelho destinado a medir o nível de iluminamento ou iluminância de uma superfície. A unidade de medida é o lux.



A iluminância de uma fonte luminosa pode ser prontamente lida posicionando - se a fotocélula no plano da medição e a iluminância em lux (lx) é lida em uma escala que geralmente varia de 1 lux a 20.000 lux, mas que pode chegar aos 200.000 lux dependendo do modelo.

O luxímetro é utilizado largamente na indústria pelos profissionais da área de higiene ocupacional e engenharia e visa principalmente o conforto do funcionário, adequando sua atividade (ou função) às exigências estabelecidas por norma ABNT específicas à medição de iluminância.

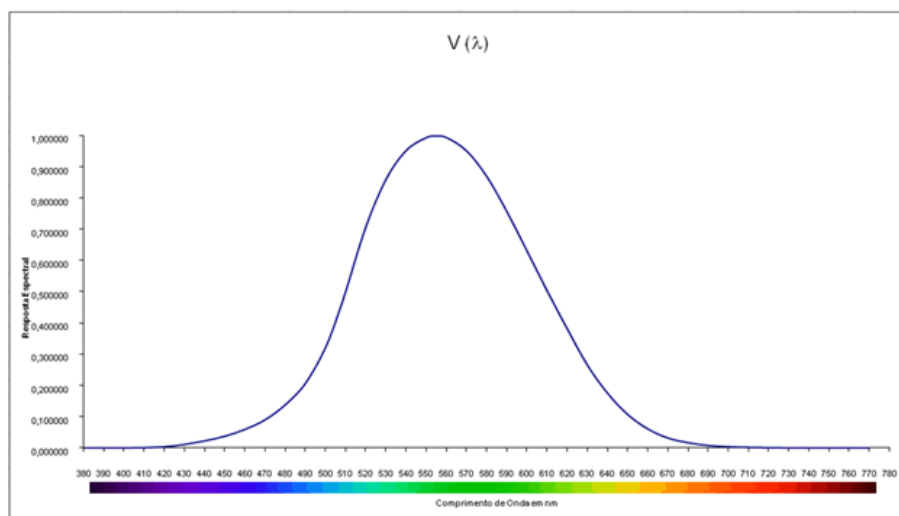
O cálculo correto leva em consideração além da função do trabalhador, o nível de iluminação, o tipo de lâmpada utilizada (incandescente, fluorescente, etc.), cor do teto, cor das paredes do ambiente de trabalho a leitura em lux do ambiente. Este procedimento pode ser encontrado facilmente em livros de engenharia elétrica que se referem a instalações elétricas.



O Luxímetro ideal é aquele que além do cabo de extensão maior ou igual a 1m (um metro) pelo simples fato de prover meios que minimizem a interferência do corpo humano nas leituras de campo e possuir características descritas abaixo como resposta ao efeito coseno e resposta espectral.

Qualidade dos luxímetros pode ser determinada através dos seguintes fatores:

a) Resposta espectral: O sensor deve estar corrigido para apresentar uma sensibilidade espectral próxima à curva de sensibilidade do olho humano. Abaixo, mostra a curva óptica padrão do olho humano proposta pela CIE. Como se pode perceber, o olho humano não responde igualmente a todos os comprimentos de onda da faixa visível do espectro luminoso. A máxima sensibilidade encontra-se numa faixa entre o verde e o amarelo (550 nm), sendo bastante baixa para o violeta e o vermelho.



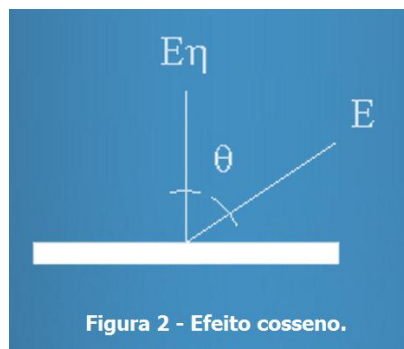
b) Sensibilidade à temperatura: A sensibilidade das fotocélulas à variação de temperatura é influenciada pela resistência do circuito associado a elas. Quando a resistência é alta, as variações de temperatura podem causar erros nas medidas. Desta forma, recomenda-se que as fotocélulas sejam utilizadas em ambientes com

temperatura em torno de 25 °C, devendo-se evitar o seu uso em ambientes com temperatura abaixo de 15 °C e acima de 50 °C, salvo recomendações específicas do fabricante.

NOTA: As fotocélulas de selênio são consideradas mais sensíveis à temperatura do que as de silício.

c) Resposta ao efeito cosseno: É a resposta do medidor para luz incidente na fotocélula em diferentes ângulos. Desta forma, a iluminância é fornecida por uma fonte de luz incidente que forma um ângulo θ com a normal h à fotocélula deve ser dada pela expressão 1, conforme mostra a figura 2. Os medidores que, eventualmente, não apresentem esta correção constituem uma fonte de erros quando usados para medir iluminância produzida por um fluxo luminoso vindo de várias direções. Para a luz incidente em ângulos θ que se afastam muito da normal, a refletividade dos materiais tende a aumentar, provocando a distorção de leitura. Erro máximo admitido conforme tabela 1.

$$E = E_h \cdot \cos\theta$$



d) Resposta à linearidade: quanto maior a resistência do circuito associado à fotocélula, maior será a não-linearidade de resposta para iluminâncias elevadas.

e) Acurácia: caracteriza o erro total associado ao instrumento e deve ser de, no máximo, 10%, conforme indicado na tabela 1. A tabela 1, indica os erros máximos aceitáveis para os cinco fatores determinantes da qualidade dos instrumentos. Estes erros caracterizam instrumentos de qualidade intermediária e devem ser verificados através de catálogos ou diretamente com os fabricantes.

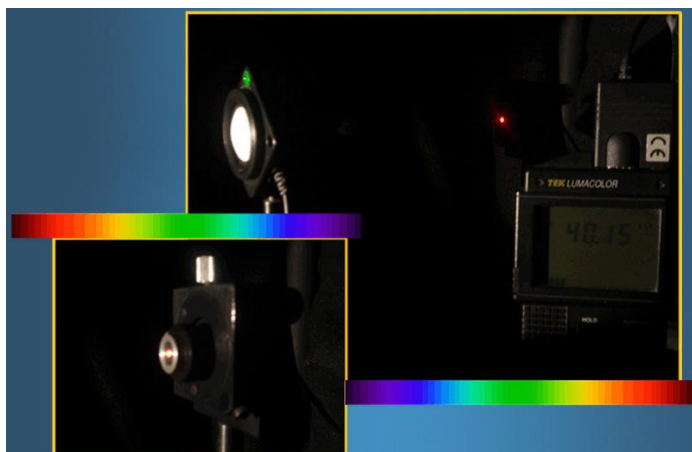
Tabela 1 - Erros máximos aceitáveis².

Fator	Erro
Resposta espectral	6%
Sensibilidade à temperatura	1%/ K
Resposta ao efeito cosseno	3%
Resposta à linearidade	2%
Acurácia	10%

Recomendações de utilização:

Para garantir a precisão e a continuidade das medições, as seguintes recomendações, relativas aos instrumentos, devem ser observadas:

- a)** Calibrar periodicamente ;
- b)** Evitar choques de qualquer natureza ;
- c)** Não expor às intempéries e aos limites de umidade e temperatura recomendados pelo fabricante;
- d)** Guardar os instrumentos em seus estojos, após a utilização, certificando-se que estejam desligados e sem bateria.



Método de Calibração

O método baseado no detector resume-se a calibração comparativa devida vantagens apresentadas na calibração de iluminância em relação aos demais métodos possíveis.

A calibração consiste basicamente na climatização de uma sala especial totalmente escura equipada com banco óptico que é responsável pelo perfeito posicionamento das fotocélulas dos luxímetros calibrados e da fotocélula padrão, determina-se o plano de referência de ambas fotocélulas e com a lâmpada padrão garantindo a iluminação no iluminante A, iniciamos a calibração na faixa até 1.600 lux nos pontos de 200lux, 400lux, 600lux, 800lux, 1000lux, 1200lux, 1400lux e 1600lux ou nos pontos especificados pelo cliente desde que esteja dentro da faixa oferecida e acreditada pelo laboratório alterando-se a distância em relação a lâmpada padrão.

O ILUMINAMENTO

Iluminamento, intensidade de iluminação ou iluminância é uma grandeza de luminosidade, representada pela letra E, que faz a relação entre o fluxo luminoso que incide na direção perpendicular a uma superfície e a sua área. Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente. Da mesma forma que o fluxo luminoso, não é distribuído uniformemente, de maneira que ao ser medida, não terá o mesmo valor em todos os pontos da área em questão.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) descreve iluminância como sendo o "limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero." (NBR 5413/1992)

CÁUCULOS LUMINOTÉCNICOS

Fluxo luminoso – Energia radiante luminosa instantânea, emitida entre as frequências de 380 a 780 nm (nanômetros) por uma fonte primária. A unidade internacional de medida (SI) que se utiliza é o **Lúmen (lm)**, que mede, então, a quantidade de energia luminosa emitida num instante por um corpo luminoso na gama de frequências que vai dos 380nm (violeta) aos 780nm (vermelho).

A equivalência de uma vela comum acesa colocada no centro de uma esfera oca ilumina a superfície interna da esfera com uma energia de 12,6 lúmens (daí que se toma aproximadamente 1 vela = 12 lúmens. Não interessa neste caso o diâmetro da esfera, uma vez que quanto maior este for, estarão mais dispersos os raios emitidos pela vela e, portanto, menos intensa será a energia radiante por unidade de área. Porém, como a área é maior, a quantidade total de energia radiada é constante).

Intensidade luminosa - É parte do fluxo luminoso de uma fonte monocromática, emitida numa determinada direção definida pelo ângulo espacial (ou sólido) expresso em esteroradianes. A unidade internacional utilizada (SI) é a **Candela (cd)**, ou seja, lumens por unidade de esterroradian.

Iluminância ou iluminamento - É o fluxo que incide numa determinada superfície expressa em m². A unidade internacional de medida (SI) que se utiliza é o **Lux (lx)**, que equivale a 1 lúmen por metro quadrado.

De maneira aproximada, podemos, teoricamente, dividir a esfera utilizada na definição de **Lúmen** em 12,6 partes iguais (como hipotéticas fatias de uma bola esférica), desta forma as fatias tem o aspecto de cones com suas bases no formato de uma superfície curva hexagonal (como a bola de futebol). Desta forma, quanto maior o diâmetro desta esfera, maior também as superfícies desses hexágonos. Quando esses hexágonos atingem 1 metro quadrado se tem um iluminamento nessa superfície de **1 Lux**. Nos países anglo-saxões se usam a unidade **Footcandle (fc)**, que equivale a **10,76 Lux**, já que utiliza como unidade de superfície o square foot (1 foot (pé) = 30,48 m, assim $10,76 = 1 / (0,3048 \times 0,3048)$), tomando-se aproximadamente $10 \text{ lx} = 1 \text{ fc}$

A seguir algumas equivalências e valores característicos:

1 vela (candela) = 12,6 lúmens

1 micro candela = 0,0126 lúmens

1 lux = 1 lúmen por metro quadrado 10,76 lux = 1 FC (footcandle).

1 lâmpada incandescente de 100W, numa superfície de 9 m² = 100 lux

Luz do luar = 1 lux

Vela a 30cm de distância = 10 lux

Vela a 5cm de distância = 100 lux

Isqueiro a 30cm de distância = 15 lux

Flash comum a 1 metro de distância = 250 lux

Dia claro, uma hora após o pôr do Sol = 1000 lux

Dia nublado, uma hora depois do nascer do Sol = 2000 lux

Refletores de uma sala cirúrgica = 10.000 lux

Dia nublado às 10 horas da manhã = 25.000 lux

Luz do Sol em dia claro = 100.000 lux

Desta forma:

1.000 mcd = 12,6 lúmens

12,6 lúmens por metro quadrado = 12,6 lux

Podemos assim, facilmente verificar que um LED de 4.500 **mcd** equivale a uma lâmpada incandescente de 56,7**w** (praticamente 60w), porém, não devemos nos esquecer do ângulo sólido em que essa energia luminosa é irradiada. Então, se colocarmos uma lâmpada de 60 watts dentro de uma caixa e fizermos um pequeno furo nela, a luminosidade emitida é a mesma luminosidade de um LED de 4.500 **mcd**, pois esse pequeno furo tem um ângulo aproximadamente sólido, igual ao que o LED possui.

Acredito que a segunda parte de seu questionamento se refere ao que, em luminotécnica, denomina-se **eficiência luminosa** ou **rendimento luminoso**, que é a relação entre o fluxo luminoso de uma fonte e a potência aplicada (W) para obter tal fluxo. A unidade é **lúmen / watt (lm/w)**.

Nem toda a energia consumida por uma fonte de luz artificial se transforma em luz visível, parte se transforma em outras radiações (invisíveis, calóricas, etc).

A seguir alguns valores característicos de eficiência luminosa de algumas fontes:

Lâmpada incandescente = 10 a 15 lm/w

Lâmpada halógena = 15 a 25 lm/w

Lâmpada fluorescente compacta = 60 a 80 lm/w

Lâmpada de mercúrio a alta pressão = 50 a 90 lm/w

Lâmpada fluorescente tubular = 60 a 100 lm/w

LED's = 85 a 98 lm/w (estes valores estão se majorando permanentemente)

Lâmpada de sódio em baixa pressão NA = 150 a 200 lm/w

COMO APLICAR A TECNOLOGIA DE SISTEMAS BIOMÉDICOS?

Há uma larga faixa de aplicação deste aparelho na Tecnologia de Sistemas Biomédicos, a começar pela medição da LUZ em aparelhos como **FOTOTERAPIA, FOCO CIRÚRGICO, LASER** de diversos aparelhos, **ESTROBOSCÓPIO, ETC.**

Há ainda a aplicação deste na arquitetura hospitalar, é claro, que foge um pouco dos sistemas biomédicos, mas a iluminação das salas, corredores, ect, dos ambientes hospitalares são essenciais para o conforto humano e para a realização de determinados procedimentos clínicos e técnicos.

OUTROS ARTIGOS

1 - Como usar um Luxímetro?

(http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arg_urbanismo/disciplinas/aut0213/022_Cecace_2006_como_Usar_o_Luximetro.pdf)

2 - Maiores detalhes sobre um Luxímetro

(<http://www.medicao.instrutemp.com.br/luximetro.php>)

3 – Manual de Instruções do Luxímetro ICEL-MANAUS

(<http://www.icel-manaus.com.br/produtos.php?cat=11>)

4 – Esquema e Montagem de um Luxímetro (muito boa)

(<http://www.marcotomas.eu/electronica/medi10.htm>)

FONTES

http://www.minipa.com.br/Caracteristicas.aspx?ID_Sub_Categoria=23&ID=359

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Iluminamento>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Luz>

<http://www.areaseg.com/im/>

http://www.chrompack.net/index.php?page=luximetros_des

<http://www.fbpsistemas.com.br/luminotecnica.htm>

COMPILADO POR: Eliab Rodrigues

DATA: 03/06/2012

CONTATO: eliab@tecinmed.com / eliab.rodrigues@hotmail.com