



Associação Propagadora Esdeva
Centro Universitário UniAcademia
Curso de Engenharia Elétrica
Trabalho do Grupo de Estudos – Artigo

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA MEDIÇÃO LUMINOTÉCNICA

Leonardo de Moraes¹, Lyncoln Deolindo da Neiva ², Mateus Rocha L. Prazeres³,
Fernando José Nogueira⁴.

Linha de pesquisa: Eficiência Energética

RESUMO

Este artigo tem por objetivo mostrar os principais equipamentos utilizados para a medição de grandezas relacionadas à iluminação. O assunto foi estudado a partir de normas, catálogos de fabricantes, revistas e vários materiais didáticos, inclusive de outras universidades do país que foram encontrados na internet.

Serão estudados equipamentos como luxímetro (responsáveis por medir iluminância), luminômetro (equipamento capaz de medir luminância), goniofotômetro (equipamento responsável por fazer medição de diversos parâmetros fotométricos de luminárias), fotômetro e a esfera integradora (um dos poucos equipamentos capazes de medir fluxo luminoso das fontes luminosas). Também serão abordados os conceitos relacionados a estes equipamentos, assim como o seu funcionamento, visando demonstrar os conhecimentos teóricos necessários sobre cada equipamento.

Palavras-chave: Iluminação. Fotometria. Luxímetro. Luminômetro. Esfera Integradora.

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, e-mail: leonardomoraes1199@gmail.com

² Graduando em Engenharia Elétrica, e-mail: lyncoln-deolindo@hotmail.com

³ Graduando em Engenharia Elétrica; e-mail: mateusprazeres@hotmail.com

⁴ Professor, orientador, e-mail: fernandonogueira@uniacademia.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A iluminação ambiente adequada é importante em vários aspectos, desde os relacionados a conforto, até os princípios legais, como os trabalhistas. Um ambiente bem iluminado é aquele que segue normativas vigentes, com os níveis estabelecidos em norma. A medição de parâmetros luminotécnicos é realizada por meio de equipamentos específicos capazes de medir a luz.

Neste artigo serão mostrados os cinco principais equipamentos de medição de iluminação, seus conceitos básicos e funcionamento. Tais equipamentos são usados tanto para projetos relacionados à iluminação, como também para testes em laboratório de novas tecnologias de iluminação, ou mesmo para testes de qualidade de iluminação de lâmpadas e luminárias de diversos fabricantes, testes que no Brasil são efetuados pelo INMETRO (Carvalho, 2005).

O principal objetivo deste artigo é descrever de forma rápida e objetiva os principais conceitos relacionados a estes equipamentos, assim como o seu funcionamento, visando demonstrar os conhecimentos teóricos necessários sobre cada equipamento.

2. DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Nesta seção serão descritos os principais equipamentos utilizados para medição de parâmetros luminotécnicos, seu funcionamento e suas principais características

2.1 LUXÍMETRO

Antes de se começar a descrição do luxímetro, torna-se importante saber o conceito de Iluminância, que é a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma fonte luminosa e a área que recebe esta iluminação a uma determinada distância. A unidade de medida desta grandeza é o lux. É um conceito muito utilizado na luminotécnica, tendo a norma brasileira NBR-5410 da ABNT como responsável em determinar os níveis de iluminância adequados para diferentes tipos de ambientes levando em consideração as refletâncias das paredes, do chão e do teto, a idade dos usuários e o nível de precisão das atividades desenvolvidas (Rodrigues, 2009).

O Luxímetro (figura 1) é um instrumento utilizado para medir iluminância. A iluminância medida pelo luxímetro é diretamente proporcional à intensidade luminosa emitida pela fonte de luz e inversamente proporcional ao quadrado da distância que ele se encontra da fonte de luz (Pinto, 2004).

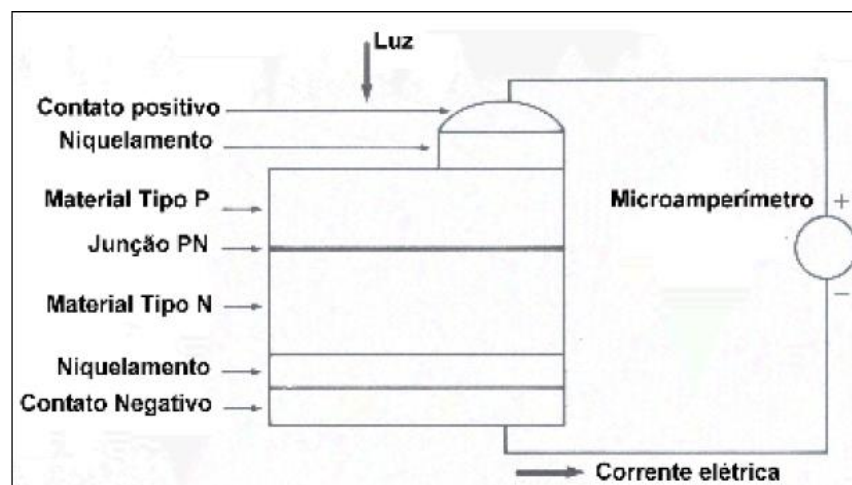
Figura 1: Luxímetro digital fabricado pela empresa Minipa



Fonte: Catálogo de Instrumentos Minipa, 2010.

O luxímetro faz uso do efeito fotoelétrico descoberto por Hertz em 1887, mais especificamente do efeito fotovoltaico (Pinto, 2004). Uma célula fotovoltaica é mostrada na figura 2.

Figura 2: Célula fotovoltaica.

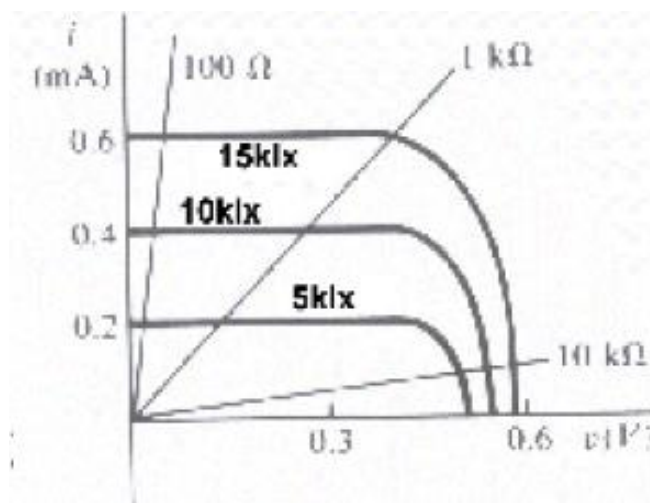


Fonte: Pinto, 2004.

O material tipo P de Silício é dopado com o Boro e o tipo N com Arsênio. Quando a luz incide sobre o material tipo P, se geram pares de elétron-lacuna. As lacunas atravessam a junção até o material tipo P e os elétrons até o material tipo N. O desequilíbrio de portadores de cargas cria uma voltagem nos terminais do diodo (Pinto, 2004).

A figura 3 é uma curva característica de uma célula fotovoltaica. Percebe-se que a tensão de saída para circuito aberto varia de forma não linear com a iluminância, porém a corrente de curto-circuito e a corrente para cargas de baixa resistência variam linearmente com a iluminância. Estas características são usadas no luxímetro, isto é, a saída de corrente no amperímetro, que tem baixa resistência é diretamente proporcional ao nível de iluminância, podendo-se calibrar a escala do micro amperímetro em lux (Pinto, 2004).

Figura 3: Característica elétrica da célula fotovoltaica.



Fonte: Pinto, 2004.

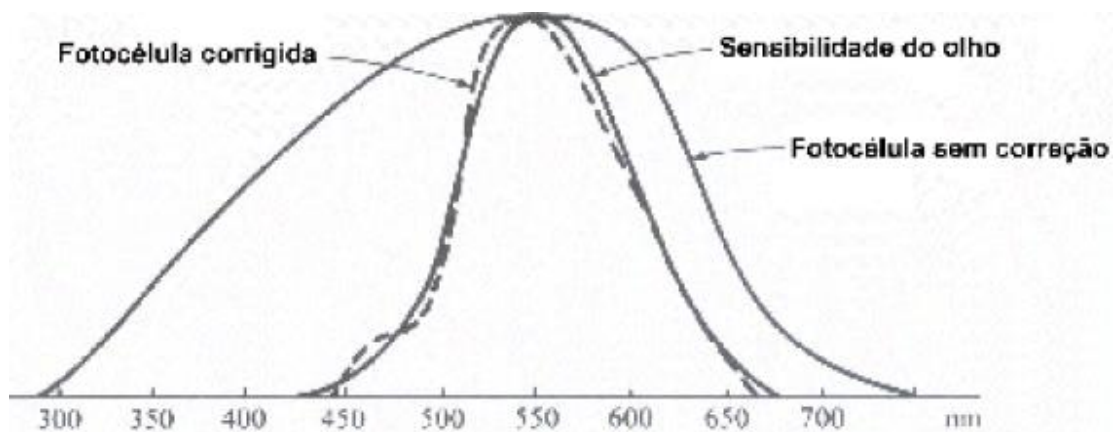
O primeiro luxímetro foi desenvolvido em 1931 e levou a indústria da iluminação a ter os primeiros medidores de iluminância portáteis e que foram usados principalmente em exposições fotográficas. Os luxímetros modernos apesar de mais sofisticados, utilizam o mesmo princípio, mas tais luxímetros usam materiais mais lineares e menos sensíveis a temperatura (Pinto, 2004).

Atualmente, luxímetros são comumente usados para medir níveis de iluminação nas escolas, hospitais, áreas industriais, laboratórios e corredores. Eles também são usados para monitorar quadros e documentos sensíveis a luz em museus, galerias de arte e salas de arquivos. Outro uso interessante para os luxímetros são em foto e vídeo. Sabendo o nível de luminosidade, os fotógrafos

podem ajustar melhor suas máquinas fotográficas e obter a melhor qualidade de imagem. O luxímetro também pode ser muito útil para filmar cenas externas de programas de televisão ou filmes a fim de se ter um melhor ajuste das câmeras e fazer cenas filmadas em diferentes níveis de luminosidade (LISTER, 2024).

A maioria dos medidores contemporâneos tem cor e cosseno corrigido, isto se deve ao fato de necessitarmos de um medidor de iluminância que avalie o fluxo luminoso como o olho humano. Logo, deve-se projetar um filtro que adapta a resposta da fotocélula a resposta do olho humano. Este ajuste não é perfeito. A diferença entre a situação ideal e a situação real gera um erro a resposta espectral. Na figura 4 tem-se uma comparação entre uma fotocélula de selênio sem correção, uma corrigida através de um filtro e o olho humano (Santos, 2009).

Figura 4: Correção de cor.



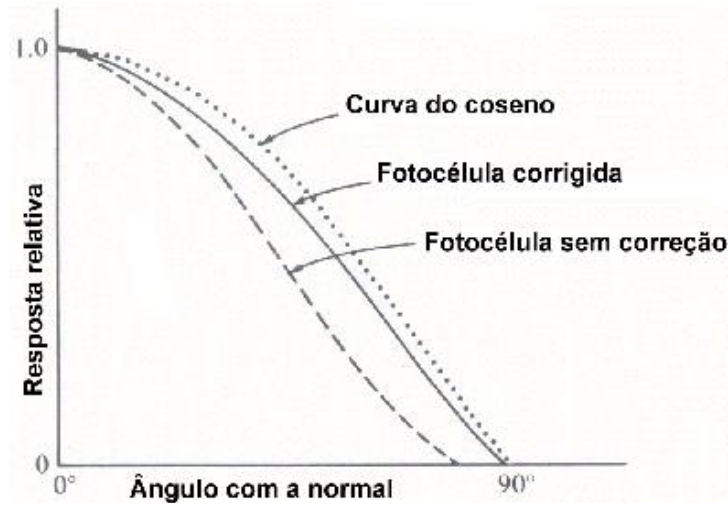
Fonte: Pinto, 2004.

Outro erro é devido ao cosseno do ângulo de incidência. Os raios de luz que incidem em ângulos próximos a 90° em relação à normal, são refletidos gerando erro na leitura.

Os instrumentos que têm cosseno corrigido têm um difusor de plástico branco, projetado de forma arredondada para que os raios que incidem de forma rasante sejam direcionados a fotocélula (Santos, 2009). A figura 5 demonstra a situação da correção de cosseno.

Os resultados serão mais próximos da realidade se o instrumento for calibrado em um laboratório que obedeça a padrões de qualidade nacionais ou internacionais. Com o tempo estes instrumentos podem apresentar desvios que só serão descobertos se o instrumento for calibrado periodicamente (Pinto, 2004).

Figura 5: Correção de Cosseno



Fonte: Pinto, 2004.

Na prática, devem-se tomar cuidados a fim de se obter uma leitura correta dos níveis de iluminamento (Santos, 2009):

- As medidas devem começar a ser feitas 10 minutos após o luxímetro estar ligado para que a fotocélula esteja estabilizada;
- A leitura do nível de iluminamento deve ser efetuada na altura do campo de trabalho, ou quando este não for definido, a 75 cm de altura em relação ao piso;
- A fotocélula deve ficar em um plano perpendicular a incidência da luz;
- O operador do luxímetro deve se posicionar de forma a não criar sombras sobre o aparelho e evitar a utilização de roupas claras durante as medições evitando com isso a reflexão da luz sobre a fotocélula;
- As avaliações devem ser realizadas nas circunstâncias mais desfavoráveis, ou seja, em dias escuros e nublados, para que a iluminação natural não influencie os resultados;
- Havendo atividades noturnas no ambiente analisado, as avaliações devem ser realizadas no período noturno.

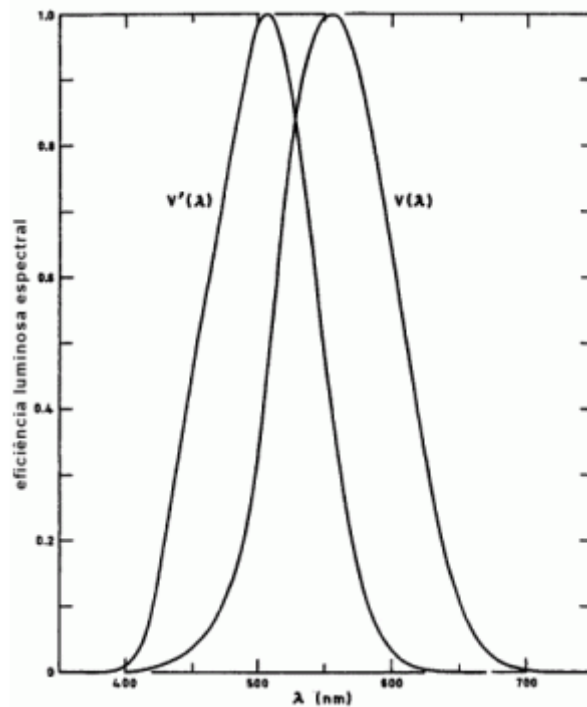
2.2 FOTÔMETRO

Antes de se começar a descrição do fotômetro, torna-se importante saber o conceito da Curva $V(\lambda)$ (Pinto, 2004). Para que as medições fotométricas de

instrumentos tivessem validade era necessário que estes tivessem uma resposta semelhante a do olho humano. Assim foram criadas curvas de resposta do observador padrão (figura 6):

- Curva de visão fotópica (alta luminância) denominada $V(\lambda)$.
- Curva de visão escotópica (baixa luminância) denominada $V'(\lambda)$.

Figura 6: Curva $V(\lambda)$ e $V'(\lambda)$



Fonte: Pinto, 2004.

A função $V(\lambda)$ para visão fotópica é baseada em medições de eficiência espectral luminosa que foram publicadas por vários pesquisadores, entre 1912 e 1923. Nas experiências, cada observador ajustava a densidade de potência de uma fonte de luz de um dado comprimento de onda até que a sua luminância se igualasse a outra fonte de luz com comprimento de onda com 10 nm de diferença. Em 1924 foi adotado 10nm para $V(\lambda)$.

Os instrumentos utilizados para medições fotométricas consistem, em geral, de um detector, um amplificador para o sinal detectado, um método para mostrar ou armazenar a medição e um sistema ótico para coletar a quantidade a ser medida. O equipamento para medição fotométrica é um fotômetro, que não passa de um radiômetro (instrumento que mede grandezas radiométricas) que tem a resposta do detector adaptada a curva $V(\lambda)$, sendo assim capaz de medir grandezas

fotométricas. Existem fotômetros com resposta de acordo com a curva $V'(\lambda)$ também (Pinto, 2004).

Logo, em um amplo sentido, um fotômetro (figura 7) é qualquer instrumento usado para medições fotométricas. Fotômetros são usados para medir (Wikipedia, 2024; Halepis, 2004):

- Intensidade de dispersão de luz
- Iluminância
- Irradiação
- Absorção luminosa
- Dispersão luminosa
- Reflexão luminosa
- Fluorescência
- Fotofluorescência
- Luminescência

Figura 7: Fotômetro



Fonte: Sekonic, 2024.

Os fotômetros antigos eram aparelhos comparadores, que avaliavam uma grandeza óptica mediante a utilização de um padrão. Os fotômetros atuais são fotoelétricos. Os fotômetros fotoelétricos constam de uma célula fotoelétrica, que transformam variações de fluxo luminoso em variações de grandezas elétricas. Os

princípios básicos de funcionamento são três: fotoemissão, efeito fotovoltaico e fotocondução (Pinto, 2004; Moreira, 2005).

A fotoemissão consiste na remoção de elétrons da superfície de um sólido causada pela incidência de energia luminosa. A célula fotoemissiva tem um cátodo recoberto de material fotoemissivo que emite elétrons em incidência de luz e um ânodo que atrai os elétrons se polarizado por uma fonte CC. A circulação desta corrente pode ser relacionada com a intensidade luminosa incidente (Moreira, 2005).

O efeito fotovoltaico se obtém quando um de dois eletrodos imersos em um eletrólito é iluminado, aparecendo uma diferença de potencial entre os eletrodos. As células fotovoltaicas transformam diretamente a energia radiante incidente em energia elétrica (Moreira, 2005).

A fotocondução é a alteração da resistividade elétrica de um sólido pela incidência da luz. Os dispositivos fotocondutores podem ser semicondutores fotoresistivos ou de fotojunção. Deve-se tomar cuidado com a temperatura quando se utilizam os fotômetros. A corrente gerada por uma fotocélula varia com a temperatura (Pinto, 2004; Moreira, 2005).

2.3 LUMINANCÍMETRO

Antes de se começar a descrição do luminancímetro, torna-se importante saber o conceito de luminância, que é a sensação de claridade transmitida aos olhos. É a razão entre a intensidade luminosa que emana de uma dada superfície e a área desta superfície. A unidade de medida da luminância no sistema internacional é cd/m^2 (Rodrigues, 2009).

A medida da luminância realiza-se por meio de um aparelho chamado de luminancímetro (figura 8).

O luminancímetro se baseia em dois sistemas ópticos: um de direção e outro de medição. Em relação à direção, o aparelho se orienta de forma a que a imagem se coincida com o ponto a ser medido. Após orientado, a luz que chega ao luminancímetro é convertida em corrente elétrica e medida de forma analógica ou digital (Teixeira, 2012).

Figura 8: Luminancímetro



Fonte: TM STRUMENTS 2024.

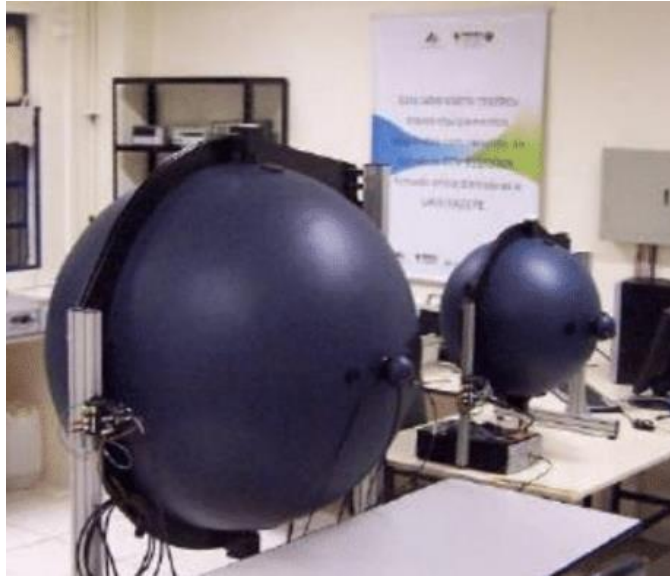
Estes aparelhos determinam a intensidade luminosa de qualquer tipo de fonte de luz (lâmpadas incandescentes ou fluorescentes, ecrãs de televisão, projetores vídeo, LEDs, etc) assim como qualquer superfície refletora.

O luminancímetro é responsável pela formação da imagem sobre a fotocélula. Geralmente existe um visor onde se vê a área que é medida e em seu entorno existe um círculo que focaliza a área que está sendo considerada para efetuar a medição. Os luminancímetros antigos exigiam que o usuário fizesse uma comparação visual entre uma lâmpada padrão incandescente no interior do luminancímetro e o objeto a ser medido. Essas comparações eram difíceis de serem realizadas devido às diferenças de temperatura de cor correlata entre o objeto e a lâmpada, além das variações das medições tanto para um mesmo observador quanto para observadores diferentes. Um luminancímetro é suscetível aos mesmos erros de um luxímetro e a erros provenientes de sujeiras no dispositivo óptico (Pinto, 2004).

2.4. ESFERA INTEGRADORA

A esfera integradora ou esfera de Ulbricht (figura 9) é uma esfera oca com a parede interna pintada por uma tinta branca especial de alta refletância. Numa das paredes existe uma janela onde é colocada uma fotocélula. Em frente a esta janela existe um anteparo que evita radiação direta da fonte de luz sobre a fotocélula. Também existe uma janela oposta a primeira, que também possui um anteparo e atrás dela um compartimento onde é instalado a lâmpada auxiliar (Pinto, 2004).

Figura 9: Esfera de Ulbricht.



Fonte: Nogueira, 2012.

Tal instrumento é capaz de medir o fluxo luminoso total de uma fonte de luz. A teoria da esfera integradora assume que a parte interna da esfera é um difusor perfeito, ou seja, é uma superfície Lambertiana sem refletância seletiva onde para qualquer comprimento de onda se tem o mesmo índice de refletância, resultando que todo ponto no interior da esfera refletirá luz para outros pontos (Pinto, 2004).

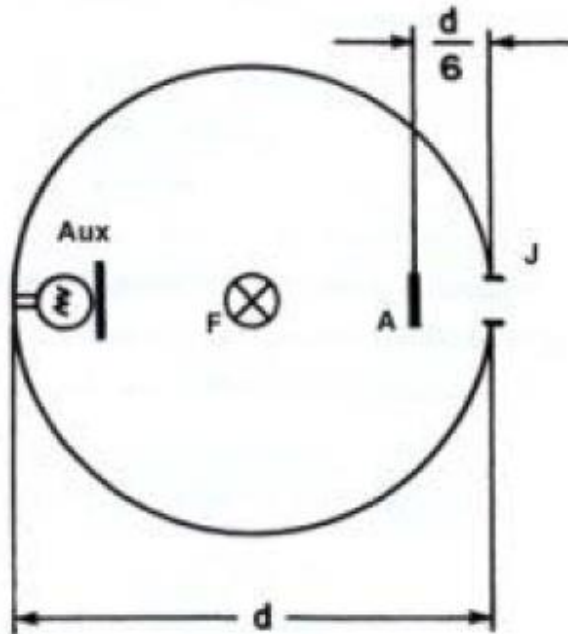
A iluminância em um ponto dentro da esfera é composta por dois componentes: um direto proveniente da fonte e outro devido à reflexão do fluxo luminoso em outros pontos da esfera. Assim sendo, têm-se iluminância e luminância provenientes da luz refletida, em qualquer ponto da parede interna, proporcional ao fluxo luminoso, independente da distribuição da fonte (Pinto, 2004).

Uma vista em corte de uma esfera integradora com seus componentes internos pode ser observada na figura 10.

Os componentes internos são os seguintes:

- F: fonte de luz;
- A: anteparo;
- J: janela para a fotocélula;
- Aux: lâmpada auxiliar com anteparo;
- d: diâmetro da esfera;

Figura 10: Esfera Integradora e seus componentes internos.



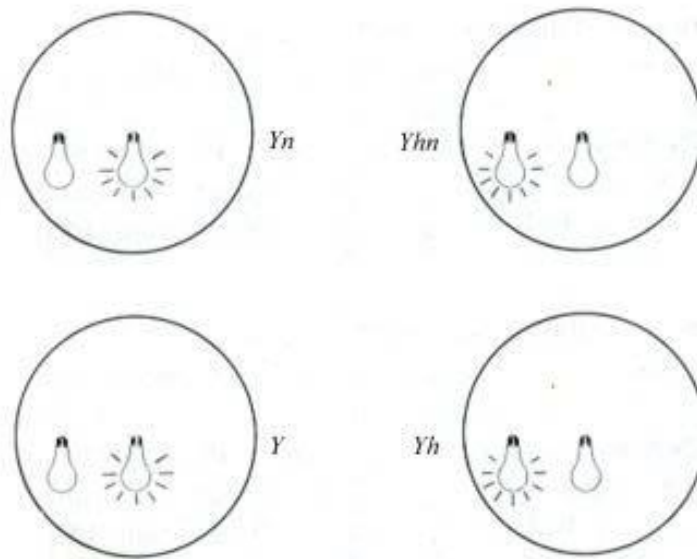
Fonte: Pinto, 2004.

A fotocélula é instalada junto à parede externa da esfera e recebe luz através de uma janela. A esfera pode ser calibrada através de uma lâmpada de fluxo conhecido, geralmente fornecida pelo fabricante da esfera e passando por um rigoroso padrão de seleção. O diâmetro da esfera deve ter uma distância suficiente entre a fonte e a parede da esfera de forma que possam ocorrer as múltiplas reflexões de luz dentro da esfera, sem interferência da própria fonte. A lâmpada auxiliar é posicionada no lado oposto da fotocélula, conforme Figura 10. O anteparo se destina a que a lâmpada auxiliar ilumine a esfera de uma forma difusa (Pinto, 2004).

Para determinar o fluxo luminoso, uma lâmpada padrão, de fluxo Φ_{vn} é acesa dentro da esfera e mede-se o valor de Y_n indicado pela luxímetro. A lâmpada padrão é apagada e acende-se a lâmpada auxiliar e mede-se o valor de Y_{hn} . A lâmpada que se quer determinar o fluxo luminoso é colocada dentro da esfera. Acende-se a lâmpada auxiliar e mede-se Y_h . Em seguida é acesa a lâmpada cujo fluxo se quer determinar, com a lâmpada auxiliar apagada, e mede-se Y . Todo o processo é demonstrado na figura 11. O fluxo luminoso Φ_v é determinado pela expressão [1]:

$$\Phi_v = \Phi_{vn} \cdot (Y/Y_n) \cdot (Y_{hn}/Y_h) \quad [1]$$

Figura 11: Medição de fluxo luminoso de uma lâmpada através de uma esfera integradora.



Fonte: Pinto, 2004.

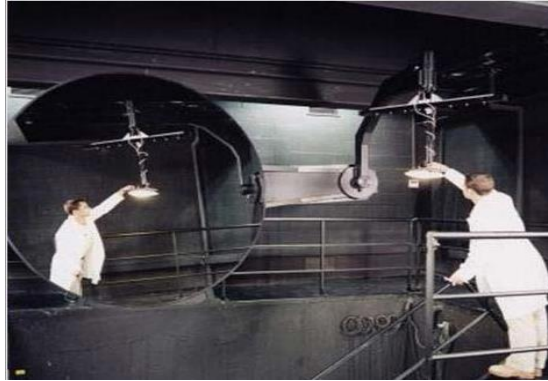
As esferas integradoras são usadas para uma variedade de medidas ópticas, fotométricas ou radiométricas, tais como:

- Quantificar o total de luz emitida em todas as direções a partir de uma lâmpada.
- Medição de refletâncias difusas em superfícies.
- Criar uma fonte de luz com intensidade aparente uniforme.
- Medir com precisão a soma de toda a luz ambiente incidente em uma pequena abertura circular.
- Medição da potência no feixe a laser
- Medição de fluxo e espectro de Leds

2.5. GONIOFOTÔMETRO

O goniofotômetro (ou fotogoniômetro) é um sistema de medição composto por um goniômetro e um luxímetro. Existem vários tipos de Goniofotômetro: os de espelho, os que movem a luminária em torno de uma posição fixa da fotocélula, os que movem a fotocélula em torno da luminária etc. Seu princípio básico consiste em obter qualquer posicionamento entre fotocélula e luminária, a fim de determinar a intensidade luminosa em qualquer direção (Pinto, 2004). A figura 12 é um goniofotômetro de espelho móvel com sistema computadorizado para obtenção de curvas de distribuição de intensidade luminosa.

Figura 12: Goniôfotômetro de espelho móvel



Fonte: Wikipedia, 2024.

Um goniôfotômetro serve para caracterizar uma fonte luminosa do ponto de vista de distribuição de intensidades. Existem vários tipos de goniôfotômetro os quais se destacam o de detector simples e os que possuem várias fotocélulas em sua disposição.

2.5.1. Goniômetro e um detector simples

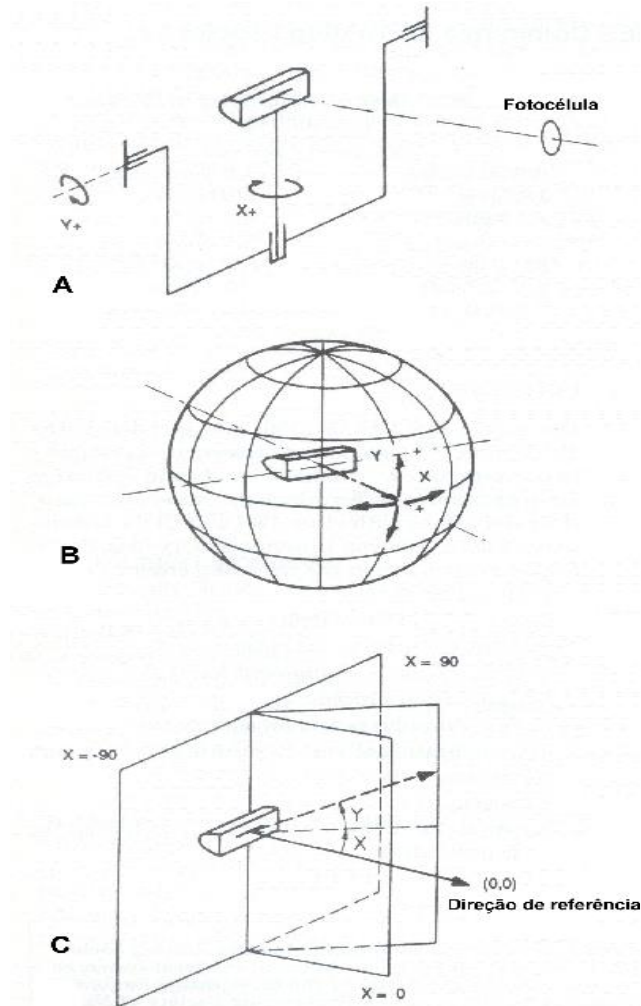
Neste goniôfotômetro, a fonte de luz é montada no goniômetro e girada em torno de um eixo vertical e um eixo horizontal. A iluminância é medida por uma fotocélula fixa posicionada a uma determinada distância do goniômetro.

Os três principais tipos de goniôfotômetros compostos por um goniômetro e um detector simples são os goniômetros de tipo A, B e C.

a) Goniôfotômetro Tipo A

A figura 13a representa goniôfotômetro do tipo A. Ele possui o eixo horizontal fixo sobre o eixo vertical móvel. O eixo vertical acompanha a rotação do eixo horizontal, mudando sua direção conforme a rotação do outro eixo. Assim, se obtém a malha descrita na figura 13b e o sistema de planos da figura 13c.

Figura 13: Goniôfotômetro Tipo A



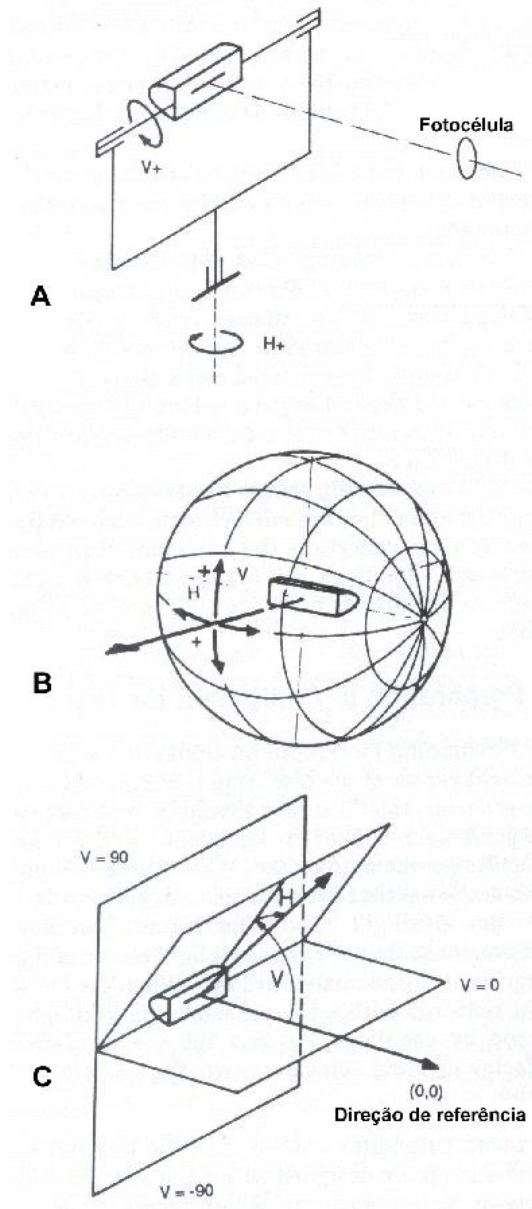
a) Goniôfotômetro; b) Representação na esfera; c) Sistema de coordenadas

Fonte: Pinto, 2004.

b) Goniôfotômetro Tipo B

Na figura 14a representa um goniôfotômetro do tipo B. Ele possui um eixo vertical fixo, sobre o eixo horizontal móvel. O eixo horizontal acompanha a rotação do eixo vertical, mudando sua direção conforme a rotação do outro eixo. Desta forma obtemos a malha descrita na figura 14b e o sistema de planos da figura 14c.

Figura 14: Goniofotômetro Tipo B



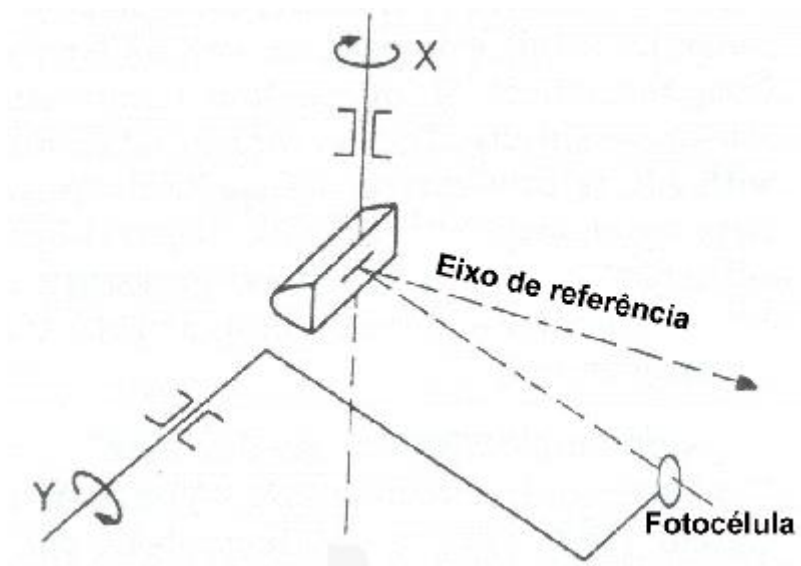
a) Goniofotômetro; b) Representação na esfera; c) Sistema de coordenadas

Fonte: Pinto, 2004.

c) Goniofotômetro Tipo C

A figura 15 representa o goniofotômetro Tipo C. Ele possui uma fotocélula ou espelho que se movem em torno de um eixo horizontal, sendo caracterizado por ter uma luminária suspensa em uma orientação fixa no espaço, movendo-se só em torno de um eixo vertical. A fotocélula ou espelho é girada em torno da luminária num plano vertical.

Figura 15: Goniofotômetro Tipo C

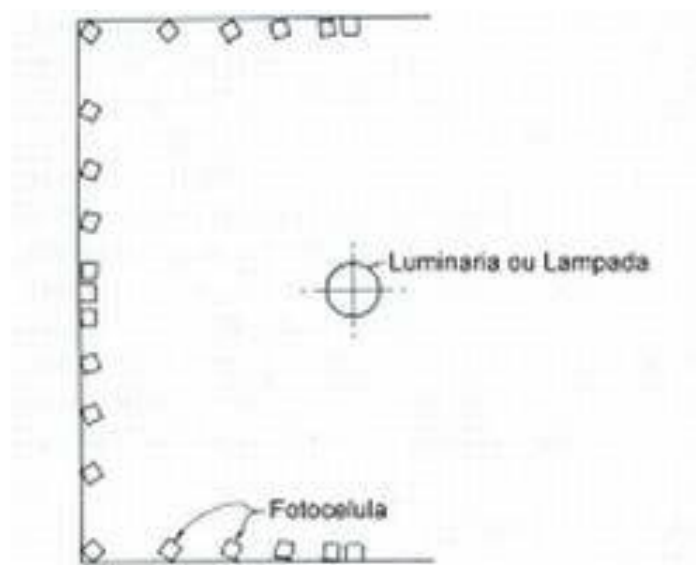


Fonte: Pinto, 2004.

2.5.2. Goniofotômetro com várias fotocélulas fixas

A figura 16 representa este tipo de goniofotômetro. São várias fotocélulas dispostas de forma que a incidência de luz forme um ângulo normal sobre elas.

Figura 16: Goniofotômetro com fotocélulas fixas.

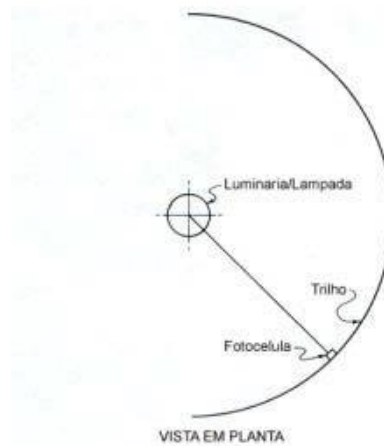


Fonte: Pinto, 2004.

2.5.3. Goniofotômetro com fotocélula que se move em torno da fonte

A figura 17 representa este tipo de goniofotômetro. A fotocélula se move em torno da fonte de luz por meio de um trilho, formando um arco.

Figura 17: Goniofotômetro com fotocélula móvel.

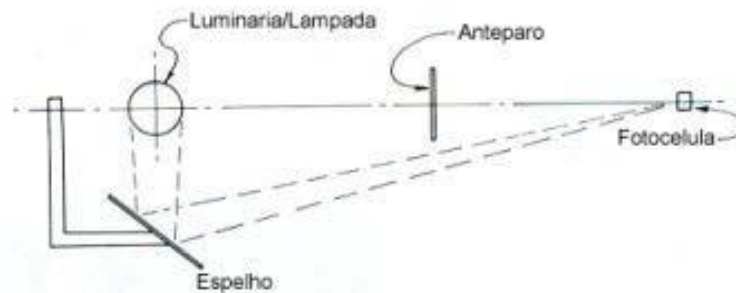


Fonte: Pinto, 2004.

2.5.4. Goniofotômetro com espelho móvel

A figura 18 representa este tipo de goniofotômetro que é do tipo C. Um espelho se move em torno da fonte de luz, refletindo a luz sobre a fotocélula.

Figura 18: Goniofotômetro com espelho móvel



Fonte: Pinto, 2004.

Quanto a utilização, o goniofotômetro é utilizado principalmente para medições de luminárias, podendo fornecer as seguintes informações (Raunilo, 2006):

- Curvas de variação de iluminâncias (lux);
- Tabelas de coeficientes de utilização e luminâncias;
- Avaliação do ofuscamento direto;
- Espaçamento e altura de montagem;

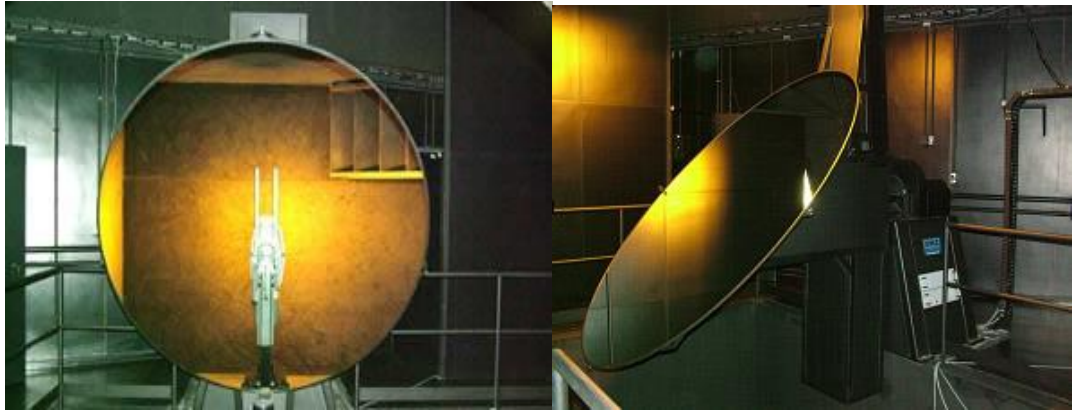
No Brasil, o CEPEL e o INMETRO são as únicas instituições a possuir um goniofotômetro de grande porte, capaz de avaliar luminárias de até 50 kg. O equipamento mede a intensidade da iluminação e mapeia, ângulo a ângulo, a distribuição da luz no ambiente, contribuindo para tornar mais eficientes os sistemas de iluminação reduzindo o consumo de energia. O equipamento adquirido pelo CEPEL e INMETRO trata-se de um goniofotômetro com espelho giratório, com sistema computadorizado para levantar as características fotométricas de lâmpadas e luminárias como: luminárias de iluminação pública, projetores, luminárias industriais, luminárias para interior e exterior, luminárias decorativas etc. (Carvalho, 2005).

As medições fotométricas com o goniofotômetro permitem determinar o fluxo luminoso da lâmpada e da luminária. Sobretudo as medições de intensidade luminosa em função dos ângulos de emissão de certa luminária, fornecem as informações necessárias para avaliar a utilidade e qualificação desta luminária em dado projeto luminotécnico. Os dados fotométricos podem ser prontamente apresentados em diagramas e tabelas, tais como:

- Diagramas polares de intensidade em função do ângulo vertical,
- Diagrama do fluxo relativo,
- Diagrama de coeficiente de utilização,
- Diagrama de isointensidade (ou diagrama isocandela),
- Diagrama de isoiluminância para determinada altura de montagem.

Este conjunto de informações possibilita classificar uma luminária de acordo com as normas nacionais e internacionais. O custo deste equipamento é em torno de 1,3 milhões de dólares. Uma imagem do goniofotômetro existente no INMETRO e CEPEL segue na figura 19.

Figura 19: Modelo do Goniofotômetro do INMETRO e CEPEL.



Fonte: Carvalho, 2005.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os alunos do grupo de estudos estudaram os principais equipamentos responsáveis por realizar medidas em projetos luminotécnicos. Aprenderam o funcionamento teórico desses equipamentos e suas relações com normativas nacionais e internacionais. Também foi possível ver na prática como um desses equipamentos funciona, uma vez que há luxímetros nos Laboratórios de Eletrônica do UniAcademia. Além disso, os alunos puderam aprender diversos conceitos luminotécnicos, tais quais fluxo luminoso, iluminância, luminância, entre outros.

4. CONCLUSÕES

Este artigo tinha por objetivo agrupar todos os principais conceitos necessários para o aprendizado dos principais equipamentos para medição de iluminação, a fim de que os profissionais dessa área possam entender e interpretar os procedimentos práticos realizados com esses equipamentos.

Para a conclusão deste trabalho foi necessária uma ampla pesquisa em livros, catálogos, internet e inclusive em sites estrangeiros para reunir o conteúdo necessário para uma conceituação básica de cada equipamento.

Finalmente, podemos dizer que este trabalho proporcionou a oportunidade de aprofundar os conhecimentos na área de iluminação, mostrando os principais equipamentos utilizados por técnicos e engenheiros que trabalham em projetos luminotécnicos

ABSTRACT

This paper aims to present the main equipment used for measuring quantities related to lighting. The topic was studied through standards, manufacturer catalogs, journals, and various educational materials, including those from other universities in the country, which were found on the internet.

Equipment such as luxmeters (responsible for measuring illuminance), luminance meters (devices capable of measuring luminance), goniophotometers (equipment used to measure various photometric parameters of luminaires), photometers, and integrating spheres (one of the few devices capable of measuring luminous flux of light sources) will be studied. The concepts related to these devices, as well as their operation, will also be addressed, aiming to demonstrate the theoretical knowledge required for each piece of equipment.

Keywords: Lighting, Photometry, Luxmeter, Luminance Meter, Integrating Sphere.

REFERÊNCIAS

CARVALLO, Cláudia. *Goniofotômetro: Teoria e Prática*, 2005. Disponível em <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed16/ed_16_Ponto.pdf>. Acesso em: 19 out. 2024.

HALEPIS, Harriette. What is a photometer?, 2024. Disponível em: <<http://www.wisegeek.com/what-is-a-photometer.htm>> Acesso em: 18 out. 2024.

LISTER, John. What is a lux meter?. EasyTechJunkie, 2024. Disponível em: <<http://www.wisegeek.com/what-is-a-lux-meter.htm>> Acesso em: 18 out. 2024.

MINIPA. Catálogo de instrumentos Minipa, 2010. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/catalogo-instrumentos-de-medicao-pdf-parte-2-pdf-a36191.html>> Acesso em: 19 out. 2024.

MOREIRA, Vicente Delgado. Experimento: fotometria, 2005. Disponível em: <<http://www.dee.ufcg.edu.br/~edson/downloads/ISOLUX-03072005.pdf>> Acesso em: 19 out. 2024.

NOGUEIRA, F.J. “Avaliação Experimental de Luminárias Empregando LEDs Orientadas à Iluminação pública”. Dissertação de Mestrado UFJF 2013.

PINTO, Rinaldo C. *Curso de fotometria on-line aula 2*. Lumière/IEE, 2004. Disponível em: Disponível em: <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2004/Artigos%20de%20Periodicos/rinaldo_aula2.pdf> Acesso em: 18 out. 2024.

PINTO, Rinaldo C. *Curso de fotometria on-line, aula 4*. Lumière/IEE, 2004. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2004/Artigos%20de%20Periodicos/rinaldo_aula4.pdf> acesso em: 18 out. 2024.

PINTO, Rinaldo C. *Curso de fotometria on-line, aula 5*. Lumière/IEE, 2004. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2004/Artigos%20de%20Periodicos/rinaldo_aula5.pdf> Acesso em: 18 out. 2024.

PINTO, Rinaldo C. *Curso de fotometria on-line, aula 6*. Lumière/IEE, 2004. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2004/Artigos%20de%20Periodicos/rinaldo_aula6.pdf> Acesso em: 18 out. 2024.

PINTO, Rinaldo C. *Curso de fotometria on-line, aula 7*. Lumière/IEE, 2004. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2004/Artigos%20de%20Periodicos/rinaldo_aula7.pdf> Acesso em: 18 out. 2024.

PINTO, Rinaldo C. *Luminárias para Interiores e suas fotometrias*, 2004. Disponível em <http://lumearquitetura.com.br/pdf/ed15/ed_15_Aula.pdf> Acesso em: 18 out. 2024.

RAUNILO, H. V. Júnior. Análise do potencial de conservação de energia elétrica em hospitais públicos de pequeno porte no brasil: *sistemas de iluminação e ar-condicionado do tipo janela*, 2006. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/vargasjuniorrh.pdf>> Acesso em: 21 out. 2024.

RODRIGUES, Cláudio R. B. S. Reator eletrônico ressonante orientado ao teste dimerizado de lâmpadas de vapor de mercúrio e vapor de sódio em alta pressão, 2009. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/ppee/files/2010/06/Dissertação-Cláudio.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2024.

SANTOS, Paulo H. Iluminação, 2009. Disponível em: <http://www.paulo-henrique.com/site2/index.php?option=com_content&view=article&id=431&Itemid=142> Acesso em: 19 out. 2024.

SEKONIC PHOTOMETER. 2024. Disponível em < <https://sekonic.com/>> Acesso em 18 set. 2024.

SOLOSTOCKS. Luminancímetro, 2010. Disponível em: <<http://www.solostocks.pt/venda-produtos/instrumentos-medicao-analise/medidores/luminancimetro-modelo-ls-100-592978>> Acesso em: 18 out. 2024.

TEIXEIRA, Armindo. Eficiência Energética das Instalações de Iluminação. 2012. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~arminio/EFIC_ENERGET_INST_ILUM.pdf> Acesso em: 19 out. 2024.

TM INSTRUMENTS Luminancímetro, 2024. Disponível em: <<https://www.tminstruments.com.br/tm/enews/News2010/Luminanc%C3%ADmetro.htm>> Acesso em: 22 out. 2024.

WIKIPEDIA. Integrating sphere, 2024. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Integrating_sphere> Acesso em: 19 out. 2024.

WIKIPEDIA. Photometer, 2013. Disponível em <<http://en.wikipedia.org/wiki/Photometer>> Acesso em: 19. out. 2024.