



# AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS DIFUSORES NA SAÍDA DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL DO TIPO DUTOS DE LUZ

**Palavras-Chave:** Iluminação natural, Dutos de luz, Materiais difusores

**Autores:**

**Arthur de Souza Pera FECFAU**

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lucila Chebel Labaki (orientadora) FECFAU**

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Bruna Luz (coorientadora) FECFAU**

---

## INTRODUÇÃO:

A iluminação natural, na arquitetura, não é simplesmente uma questão estética, mas também econômico-social e ambiental. Solucionar antigos problemas e inovar no aproveitamento deste recurso faz parte da preocupação e discussão tanto da sociedade como dos profissionais e pesquisadores do ambiente construído.

As soluções mais simples de utilização da luz natural na arquitetura são as janelas laterais e as aberturas zenitais. Nas aberturas laterais, o rendimento diminui à medida que se afasta da janela (ANDER, 1995), sendo necessária a complementação através da iluminação artificial. Nas aberturas zenitais observa-se problemas de aumento da carga térmica. Com os sistemas convencionais é difícil levar a luz natural para o subsolo e para o fundo dos ambientes. Com soluções que utilizam sistemas ópticos no transporte e condução da luz do meio externo para o interior dos edifícios, através de dutos, tirando partido dos princípios físicos da reflexão, difração e refração, torna-se possível levar a luz natural aos ambientes nos quais, recentemente, só era possível de modo artificial. Atualmente os sistemas ópticos contam com lentes, prismas, espelhos e fibra óptica.

A luminosidade proveniente do sol apresenta alguns problemas: calor indesejado, brilhos, contrastes excessivos e ofuscamento, sendo necessário seu controle (CIE173, 2006). Assim, no campo da inovação tecnológica existem diversos estudos e iniciativas voltadas para o aproveitamento da luz natural, desde as soluções mais simples, como as garrafas pet com água, utilizadas como lâmpadas naturais, até os sofisticados dutos espelhados de luz compostos por um sistema complexo que consistem em uma seção de transporte de luz no qual a ponta externa possui algum dispositivo coletor de luz natural e a ponta interna um difusor de luz para o interior. (CIE 173:2006)

O sistema da Solatube International, Inc., o mais difundido mundialmente, são dutos de luz com alta performance, prometendo 99,7% de refletância interna aos condutores. Estes podem ser retos ou apresentar curvas. No Brasil estes dutos estão sendo comercializados pela Naturalux. Os sistemas são compostos de captadores com seleção angular e reflexão das faixas de infravermelho, os condutores são dutos altamente reflexivos e para a difusão estão disponíveis diversos controles ópticos que espalham a luz pelo ambiente e barram a radiação ultravioleta, podendo ser lentes, prismas ou materiais difusores. No entanto, não disponibilizam dados fotométricos do produto comercializado.

Kocifaj & Petržala (2019) enfatizam que a luz emitida por dutos depende das propriedades óticas do material ou elemento acoplado na saída do sistema de iluminação. Reforça o completamente transparente por apresentar o maior nível de iluminância e por ter como características indesejáveis os 'hotspots' e ofuscamentos; e, em contrapartida, os elementos difusores lambertianos, com aspectos homogêneos, podem representar uma redução severamente desfavorável, com queda para até 10% do fluxo total.

## **OBJETO:**

Esta pesquisa tem por objeto de estudo o elemento difusor na saída do sistema de iluminação natural do tipo duto de luz. Para tanto, será comparado o fluxo emitido por um duto sem difusor, situação de referência, com o fluxo emitido por dutos de luz quando estão com um material difusor acoplado a sua saída. Serão escolhidos três tipos de difusores para serem estudados o efeito de atenuação do fluxo luminoso emitido. Esta pesquisa conta com o apoio da LUMINAE, empresa fabricante de luminárias, que forneceu os dutos de luz, em escala 1:10, confeccionados em alumínio polido com refletância interna de 95%.

O duto a ser estudado é composto por um tubo de alumínio polido confeccionado em escala por chapa dobrada, dotado de material difusor na extremidade inferior (saída) e não tem fechamento algum na entrada.

## **OBJETIVO:**

Esta pesquisa tem por objetivo verificar a atenuação no rendimento do fluxo luminoso emitido por dutos de luz em escala reduzida, quando o sistema é composto por materiais difusores na saída do duto.

## **METODOLOGIA:**

O método adotado na pesquisa é empírico indutivo com análise comparativa dos resultados. Para tanto, foi montado um experimento com dutos de luz em escala reduzida 1:10, seguindo as recomendações de ensaio do Technical Report CIE 173:2006. Os ensaios serão realizados no ambiente da Sala Negra para Ensaios Fotométricos de Iluminação, a qual foi construída na área de Estudos Experimentais da FECFAU/Unicamp.

Este trabalho está sendo desenvolvido em quatro etapas: revisão bibliográfica, construção dos modelos, planejamento e realização dos ensaios e avaliação dos resultados.

Na primeira etapa, foi feita a revisão bibliográfica, na qual foram levantados e estudados os fenômenos físicos relativos à luz natural e seu comportamento na iluminação de espaços construídos.

Na segunda etapa foram preparados os modelos em escala reduzida para os ensaios e realizada a calibragem dos equipamentos. A escala do modelo é 1:10, devido às restrições do sensor disponível. Os dutos confeccionados e doados pela LUMINAE foram revestidos de fita isolante para evitar vazamento de luz ao longo do duto, os difusores precisam ser escolhidos e acoplado aos dutos para então se realizar o piloto do ensaio, que ainda não foi executado devido à pandemia do Covid-19. Essa execução será providenciada após a abertura das atividades no campus (provavelmente após o dia 13 de Setembro de 2021).

Na terceira etapa será definido o número de ensaios necessários, resultando numa planilha de planejamento. Os ensaios serão realizados em laboratório, com fonte artificial permitindo e facilitando a visualização e comparação dos resultados visto que a fonte artificial é constante. Serão utilizados sensores (fotocélulas Li-Cor ou Luxímetro Minolta) para a verificação dos valores de iluminância na entrada e na saída do duto para fins de cálculo da eficiência do duto na condução da luz.

Na quarta etapa, a análise dos dados coletados procederá por meio da comparação entre os resultados obtidos nos dutos ensaiados com difusor com os resultados obtidos com o duto sem o difusor. Serão produzidos gráficos relacionando a área de seção do duto com o comprimento dos mesmos. Os registros fotográficos obtidos nos ensaios serão tratados e apresentados como suporte para o entendimento e visualização das situações estudadas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

Os resultados obtidos até o momento foram o levantamento bibliográfico e o estado da arte sobre dutos de luz tendo assim uma boa base de referência para a parte prática (segunda, terceira e quarta etapa) que ainda não foi realizada devido ao período de quarentena e a inacessibilidades da Sala Negra para Ensaios Fotométricos de Iluminação na Unicamp.

O levantamento bibliográfico foi embasado na *NBR 15215-1. Iluminação Natural* e nos livros e manuais de iluminação natural internacionais como: *Daylighting: Performance and Design*, *Tubular Daylight Guidance Systems*, *IES Lighting Handbook: Reference and Application*, produzindo assim um documento em português com as principais definições físicas que são importantes para o desenvolvimento do projeto.

O estado da arte sobre dutos de luz foi feito com dez artigos científicos internacionais publicados nos últimos 7 anos mostrando assim que a pesquisa em dutos de luz é escassa no Brasil e no estudo de materiais difusores na saída dos sistema duto de luz.

## **CONCLUSÕES:**

Com as condições presentes e a situação pandêmica é impossível se concluir o objetivo proposto da pesquisa já que não foi possível obter os resultados dos difusores na saídas dos dutos de luz. Porém o estado da arte levantado será complementado e publicado para a fomentação dos estudos em sistemas de iluminação do tipo duto de luz em português, visto que muito das publicações são em inglês.

Dessa forma, também, espera-se a retomada das atividades de pesquisa no campus para que se realizem os estudos necessários para a finalização da pesquisa.

---

## **BIBLIOGRAFIA**

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-1. Iluminação Natural – Parte 1: Conceitos Básicos e Definições.** Rio de Janeiro, 2005. 5 p.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-2. Iluminação Natural – Parte 2 – Procedimentos de Cálculo para a Estimativa da Disponibilidade de Luz Natural.** Rio de Janeiro, 2005. 17 p.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-3. Iluminação natural – Parte 3 – Procedimento de Cálculo para a Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos.** Rio de Janeiro, 2005. 33 p.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-4. Iluminação Natural – Parte 4 – Verificação Experimental das Condições de Iluminação Interna de Edificações – Método de Medição.** Rio de Janeiro, 2005. 13 p.

ANDER, G.A. **Daylighting. Performance and Design.** New York, Van Nostrand Reinhold, 1995.

CIE – Commission Internationale de L'Eclairage. Technical Report. CIE 173:2006. **Tubular Daylight Guidance Systems.**

EGAN, M. J. **Concepts in Architectural Lighting.** New York, McGraw-Hill, 1983.

IEA - International Energy Agency. **Daylight in Buildings: A source book on daylight systems and componentes.** July 2000.

Illumination Engineering Society – I.E.S. **IES Lighting Handbook: Reference and Application.** IES of North America, New York, 2011.

MOURA, Norberto Corrêa da Silva. **Segurança, eficiência energética e conforto visual em emboques de túneis rodoviários: soluções arquitetônicas.** 2007. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, [S. /], 2007.

BAGLIVO, Cristina; BONOMOLO, Marina; CONGREGO, Paolo Maria. Modeling of Light Pipes for the Optimal Disposition in Buildings. **Energies**, [s. l.], 13 nov. 2019.

BISHT, D.S.; GARG, H.; KUMAR, R.R. Shravana; KARAR, V. Enhancing the performance of a passive tubular daylighting device using a parabolic-profile collector. **Lighting Res. Technol**, [s. l.], 2020.

BOCCIA, Oreste; ZAZZINI, Paolo. Daylight in buildings equipped with traditional or innovative sources: A critical analysis on the use of the scale model approach. **Energy and Buildings**, [s. l.], 2015.

GARCIA-HANSEN, Veronica; EDMONDS, Ian. Methods for the illumination of a multilevel buildings with vertical light pipes. **Solar Energy**, [s. l.], 2015.

GIL-MARTÍN, L.M.; PEÑA-GARCÍA, A.; JIMÉNEZ, A.; HERNÁNDEZ-MONTES, E. Study of light-pipes for the use of sunlight in road tunnels: From a scale model to real tunnels. **Tunneling and Underground Space Technology**, [s. l.], 2014.

HENG, C.Y.S; LIM, Yaik-Wah; OSSEN, Dilshan Remaz. Horizontal light pipe transporter for deep plan high-rise office daylighting in tropical climate. **Building and Environment**, [s. l.], 2020.

IKUZWE, A.; SEBITOSI, A.B. A novel design of a daylighting system for a classroom in rural South Africa. **Solar Energy**, [s. l.], 2015.

KENNEDY, David M.; O'ROURKE, Fergal. Experimental analysis of a scaled, multi-aperture, light-pipe, daylighting system. **Solar Energy**, [s. l.], 2015.

KOCIFAJ, Miroslav; PETRZALA, Jaromír. Designing of light-pipe diffuser through its computed optical properties: A novel solution technique and some consequences. **Solar Energy**, [s. l.], 2019.

MALET-DAMOUR, Bruno; GUICHARD, Stéphane; BIGOT, Dimitri; BOYER, Harry. Study of tubular daylight guide system in buildings: Experimentation, modeling and validation. **Energy and Buildings**, [s. l.], 2016.