

**JANELAS FALSAS E ILUMINAÇÃO CENTRADA NO SER HUMANO: UM ESTUDO DE CASO EM ESCRITÓRIOS SEM ILUMINAÇÃO NATURAL****ARTIFICIAL WINDOWS AND HUMAN-CENTRIC LIGHTING: A CASE STUDY IN OFFICES WITHOUT DAYLIGHTING****VENTANAS ARTIFICIALES E ILUMINACIÓN CENTRADA EN EL SER HUMANO: ESTUDIO DE CASO EN OFICINAS SIN ILUMINACIÓN NATURAL**

10.56238/revgeov17n1-052

**Cristiane Martins Baltar Pereira**

Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo

Instituição: Universidade de São Paulo, Fae

E-mail: cristianebaltpereira@gmail.com

**Paulo Sergio Scarazzato**

Doutor

Instituição: Universidade de São Paulo

E-mail: pasezato@usp.br

**RESUMO**

Ambientes de trabalho privados de iluminação natural dependem da iluminação elétrica para atender às demandas visuais e não visuais dos usuários, condição que pode comprometer o conforto, o bem-estar e a saúde. Tradicionalmente, o projeto de iluminação tem sido orientado por critérios fotópicos, associados ao desempenho visual. Entretanto, pesquisas em iluminação centrada no ser humano demonstram que a luz também influencia o sistema não visual, afetando o ritmo circadiano, o estado de alerta, o humor e a percepção de bem-estar. A insuficiência de estímulos luminosos adequados a esse sistema pode resultar na condição conhecida como “escuro biológico”, comum em ambientes enclausurados. Nesse contexto, este estudo analisa o potencial contributivo de sistemas artificiais de iluminação natural, ou janelas falsas, em escritórios sem acesso à luz natural. A pesquisa adotou um estudo de caso exploratório, integrando simulações computacionais de iluminação, medições de parâmetros fotópicos e melanópicos e a aplicação do questionário de bem-estar WHO-5 antes da instalação do sistema e após um período de uso da janela falsa. Os resultados indicaram que a combinação da iluminação artificial existente com a janela falsa promoveu aumento da iluminância vertical ao nível dos olhos e melhorias nos indicadores de estímulo circadiano, além de incremento estatisticamente significativo nos escores de bem-estar percebido. Os achados sugerem associações relevantes entre as condições luminosas analisadas e o bem-estar dos usuários, contribuindo para o debate sobre estratégias de iluminação centrada no ser humano e para a compreensão das potencialidades e limitações das janelas falsas em ambientes de trabalho sem janelas.

**Palavras-chave:** Iluminação Circadiana. Janelas Falsas. Iluminação Centrada no Ser Humano. Conforto Visual. Saúde.



**ABSTRACT**

Work environments without access to natural light rely entirely on electric lighting to meet users' visual and non-visual demands, a condition that may compromise comfort, well-being, and health. Traditionally, lighting design has been guided by photopic criteria associated with visual performance. However, research on human-centric lighting has shown that light also influences the non-visual system, affecting circadian rhythms, alertness, mood, and perceived well-being. Insufficient luminous stimulation of this system may lead to a condition known as "biological darkness," which is common in enclosed environments. In this context, this study analyzes the contributive potential of artificial natural lighting systems, or false windows, in office spaces without access daylighting. An exploratory case study was conducted, integrating computational lighting simulations, measurements of photopic and melanopic parameters, and the application of the WHO-5 Well-Being Index before the installation of the system and after a period of use of the false window. The results indicated that combining the existing artificial lighting with the false window increased vertical illuminance at eye level and improved indicators of circadian stimulation, in addition to a statistically significant increase in perceived well-being scores. These findings suggest relevant associations between the analyzed lighting conditions and user well-being, contributing to the discussion on human-centric lighting strategies and to the understanding of the potential and limitations of false windows in windowless work environments.

**Keywords:** Circadian Lighting. False Windows. Human-Centric Lighting. Visual Comfort. Health.

**RESUMEN**

Los entornos de trabajo sin acceso a iluminación natural dependen de la iluminación eléctrica para satisfacer las demandas visuales y no visuales de los usuarios, condición que puede comprometer el confort, el bienestar y la salud. Tradicionalmente, el diseño de iluminación se ha orientado por criterios fotópicos asociados al rendimiento visual. Sin embargo, las investigaciones en iluminación centrada en el ser humano han demostrado que la luz también influye en el sistema no visual, afectando el ritmo circadiano, el estado de alerta, el estado de ánimo y la percepción de bienestar. La insuficiencia de estímulos luminosos adecuados para este sistema puede dar lugar a la condición conocida como "oscuridad biológica", común en ambientes cerrados. En este contexto, este estudio analiza el potencial contributivo de sistemas artificiales de iluminación natural, o ventanas falsas, en oficinas sin acceso a luz natural. Se adoptó un estudio de caso exploratorio que integró simulaciones computacionales de iluminación, mediciones de parámetros fotópicos y melanópicos y la aplicación del cuestionario de bienestar WHO-5 antes de la instalación del sistema y tras un período de uso de la ventana falsa. Los resultados indicaron que la combinación de la iluminación artificial existente con la ventana falsa promovió un aumento de la iluminancia vertical a nivel de los ojos y mejoras en los indicadores de estimulación circadiana, además de un incremento estadísticamente significativo en los índices de bienestar percibido. Los hallazgos sugieren asociaciones relevantes entre las condiciones luminosas analizadas y el bienestar de los usuarios, contribuyendo al debate sobre estrategias de iluminación centrada en el ser humano y a la comprensión de las potencialidades y limitaciones de las ventanas falsas en entornos de trabajo sin ventanas.

**Palabras clave:** Iluminación Circadiana. Ventanas Falsas. Iluminación Centrada en el Ser Humano. Confort Visual. Salud.



## 1 INTRODUÇÃO

No ambiente de trabalho, particularmente em escritórios, o bem-estar dos trabalhadores é influenciado por fatores ambientais como iluminação, temperatura, ergonomia e acústica (Veitch, 2001). A iluminação, além de garantir condições adequadas para o desempenho visual, tem impacto direto na regulação do ritmo circadiano, afetando o estado de alerta, o humor, a qualidade do sono e o bem-estar geral dos ocupantes (Dumitriu *et al.*, 2025)

No campo da arquitetura e do conforto ambiental, a ausência de aberturas em edifícios representa um desafio que extrapola o desempenho técnico, envolvendo também a experiência espacial e o bem-estar dos usuários.

Nas últimas décadas, as transformações nos espaços de trabalho, associadas à intensificação das atividades em ambientes internos e à redução da iluminação natural, ampliaram o debate sobre os impactos da iluminação elétrica na saúde. Paralelamente, os avanços das pesquisas têm evidenciado que o projeto luminotécnico não deve atender apenas às exigências visuais associadas ao desempenho de tarefas, mas também considerar seus efeitos não visuais sobre o organismo humano.

Nesse sentido, a iluminação passou a ser reconhecida por seus efeitos visuais e não visuais – também denominados, efeitos fotópicos e circadianos –, que influenciam o comportamento, a produção hormonal e a sincronização do ritmo circadiano. Esses efeitos não visuais são mediados pelas células ganglionares retinianas intrinsecamente fotossensíveis (ipRGCs) (Lucas *et al.*, 2014; Rea; Figueiro; Bullough, 2002). Nesse contexto, a ausência da iluminação natural e a exposição prolongada a sistemas artificiais inadequados podem contribuir para desconforto visual, fadiga e distúrbios do sono, especialmente em ambientes de trabalho enclausurados (Veich, 2002)

No âmbito da iluminação centrada no ser humano, reconhece-se que a avaliação do ambiente luminoso não pode se restringir a métricas tradicionais baseadas exclusivamente em iluminância horizontal. Embora fundamentais para o desempenho visual, são insuficientes para representar a experiência luminosa humana em sua totalidade (Boyce, 2014). Abordagens centradas no usuário enfatizam a importância da distribuição de luminâncias no campo visual (Kim e Tzempelikos, 2022), destacando métricas como a iluminância vertical ao nível dos olhos, diretamente associada à ativação do sistema não visual e à regulação do ritmo circadiano (CIE, 2018; Figueiro e Rea, 2011).

Diante dessas condições, diferentes estratégias de projeto têm sido investigadas para qualificar as condições luminosas em espaços sem iluminação natural. Entre elas, destacam-se os sistemas artificiais de iluminação natural, também denominados sistemas virtuais de iluminação natural ou janelas falsas, que buscam simular características das janelas reais por meio de iluminação elétrica controlada, imagens de paisagens externas e variação temporal da intensidade e da distribuição da luz.

As Janelas Falsas configuram-se como elementos arquitetônicos que não estabelecem conexão visual direta com o exterior, mas procuram reproduzir aspectos visuais e luminosos associados às



aberturas naturais. A presença de janelas e vistas externas está associada à maior satisfação e bem-estar dos ocupantes em ambientes de trabalho, o que reforça o interesse por estratégias que mitiguem a ausência de janelas reais (Hellinga, 2013). Contudo, ainda são limitadas as investigações empíricas que avaliem de forma integrada os efeitos desses sistemas sobre parâmetros fotópicos, melanópicos e a percepção de bem-estar, especialmente em contextos reais de uso.

Nesse contexto, o presente artigo analisa o potencial contributivo de um sistema virtual de iluminação natural do tipo Janela Falsa em um ambiente de escritório sem iluminação natural, por meio de um estudo de caso de caráter exploratório. Os resultados são discutidos à luz das limitações metodológicas do estudo, contribuindo para o debate sobre estratégias de iluminação centradas no ser humano em ambientes de trabalho enclausurados, sem pretensão de estabelecer relações causais generalizáveis.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 RITMOS BIOLÓGICOS E ILUMINAÇÃO

A cronobiologia estuda os ritmos biológicos, como os ritmos circadianos, que regulam funções fisiológicas e comportamentais dos organismos. Esses ritmos são influenciados por estímulos externos, conhecidos como *zeitgebers*, tais como luz, alimentação, exercícios físicos, temperatura e ruído, os quais exercem impacto direto na saúde, estando associados a distúrbios do sono e a doenças crônicas (Foster, 2005)

A luz é uma forma de energia eletromagnética com comprimentos de onda compreendidos entre 380 e 780 nm, correspondentes ao espectro visível. A luz azul, com comprimento de onda predominantemente na faixa de 430 a 490 nm, é particularmente eficaz na estimulação das células ganglionares da retina intrinsecamente fotossensíveis (ipRGCs), que contêm melanopsina, fotopigmento sensível à radiação de comprimento de onda curtos, sendo responsáveis por sincronizar o relógio biológico interno com o ciclo claro-escuro ambiental. Os demais comprimentos de onda contribuem principalmente para a percepção visual das cores. Quando estimulados de forma equilibrada, os cones geram a percepção da luz branca, semelhante à luz solar ao meio-dia, que apresenta uma distribuição espectral relativamente uniforme Foster, 2005. A exposição adequada à luz durante o dia favorece a vigília e o estado de alerta, enquanto a exposição excessiva à luz durante a noite pode interferir na produção de melatonina e prejudicar a qualidade do sono (Lucas *et al.*, 2014)

Alterações ou desorganizações do ritmo circadiano, causadas por fatores como trabalho noturno, *jet lag* ou exposição inadequada à luz elétrica, podem impactar negativamente a saúde. A insuficiência de exposição luminosa, especialmente à luz natural, pode estar associada ao Transtorno Afetivo Sazonal (*Seasonal Affective Disorder* – SAD). Nesse contexto, a literatura aponta a iluminação natural como uma referência fisiologicamente adequada, uma vez que oferece um espectro contínuo



de radiação visível, abrangendo todos os comprimentos de onda, além de apresentar níveis de intensidade capazes de fornecer doses significativas de luz em curtos períodos de exposição. Ademais, a iluminação natural revela cores reais das coisas, sem cintilação perceptível, o que contribui para maior conforto, redução do estresse e qualificação do ambiente construído (Aires, 2005; Boyce et al., 2003)

Diante desses efeitos, torna-se essencial mensurar de forma diferenciada a influência da luz sobre o sistema visual e o sistema não visual humano. O impacto visual é avaliado por meio da iluminância fotópica (lux), enquanto os efeitos não visuais são relacionados à estimulação circadiana dependente da distribuição espectral, intensidade, duração e horário da exposição luminosa (Rea et al. 2005) De modo geral, a exposição diurna à luz intensa e enriquecida em comprimentos de onda curtos favorece o estado de alerta e a produtividade, enquanto a exposição noturna à luz de maiores comprimentos de onda contribui para a preservação da produção de melatonina e do descanso noturno (Rea et al. 2005)

Nesse contexto, diferentes métricas têm sido desenvolvidas para quantificar a iluminação voltada à ativação do sistema não visual humano - iluminação circadiana. O modelo proposto por Rea et al. (2005) baseia-se na relação entre a luz e a supressão noturna da melatonina, utilizando métricas como a Luz Circadiana (CLa) e o Estímulo Circadiano (CS) para avaliar a eficácia da luz na regulação do sistema circadiano. Tais métricas permitem estimular o impacto da luz sobre o relógio biológico humano, sendo especialmente relevantes para ambientes fechados, como escritórios e hospitais. Estudos indicam que valores de  $CS \geq 0,30$  durante o período diurno estão frequentemente associados a melhores níveis de alerta, qualidade do sono e humor (Figueiro et al., 2019)

De forma complementar ao modelo de estímulo circadiano proposto por Rea et al. (2005), Enezi et al. (2011) introduziram a métrica de iluminância melanópica, voltada à qualificação da eficácia espectral da luz na estimulação das células ganglionares retinianas intrinsecamente fotossensíveis (ipRGCs). Posteriormente, Lucas et al. (2014) consolidaram essa abordagem ao definir funções padronizadas de sensibilidade espectral melanópica, desenvolvendo o conceito de *Equivalent Melanopic Lux* (EML). Esse conjunto de fundamentos teóricos e métricos foi posteriormente incorporado pela Comissão Internacional de Iluminação, sendo padronizado na norma CIE S 026/E:2018, sob denominação de Melanopic Equivalent Daylight Illuminance (m-EDI), que estabelece os procedimentos para quantificação da estimulação melanópica da luz no nível dos olhos. Certificações aplicadas ao ambiente construído, como o *WELL Building Standard*, adotam critérios prescritivos com base nesses conceitos, sendo frequentemente utilizado o valor mínimo de 136 lx melanópicos ao nível dos olhos durante o período diurno de ocupação.

No que se refere à iluminação fotópica, a norma técnica ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 estabelece iluminância média mínima de 500 lux para escritórios, além de requisitos de índice de



reprodução de cor (IRC  $\geq 80$ ) e controle do ofuscamento (UGR  $\leq 19$ ), garantindo condições adequadas de conforto visual.

Em síntese, a integração dos efeitos da luz sobre a saúde e o bem-estar humano aos projetos de iluminação constitui um campo de investigação em expansão. Estratégias de Iluminação Centrada no Ser Humano (HCL), que consideram intensidade, espectro e dinamismo da luz, permitem atender simultaneamente às demandas do sistema visual e do sistema não visual, qualificando o ambiente construído e promovendo o bem-estar dos usuários.

## 2.2 SISTEMAS ARTIFICIAIS DE ILUMINAÇÃO NATURAL – JANELAS FALSAS

Apesar de diversos estudos indicarem a preferência dos usuários pela iluminação natural, em determinados contextos do ambiente construído sua presença pode ser inexistente ou limitada, em função de fatores como a geometria dos espaços excessivamente profundos, condições geográficas e climáticas desfavoráveis, obstruções externas causadas por edificações adjacentes ou vegetação, altura das aberturas, uso de vidros com alto fator de sombreamento ou baixo coeficiente de transmissão luminosa, presença de elementos externos, bem como a utilização de espaços subterrâneos ou adaptados para uso Aires, (2014; Veitch, 2005) Sob determinadas condições, a iluminação natural atinge uma profundidade limitada no interior dos ambientes, o que pode resultar em uma iluminação insuficiente, especialmente para ocupantes cujas estações de trabalho estejam localizadas a maiores distâncias das janelas (Mangkuto et al., 2011)

Existem estratégias tecnológicas amplamente conhecidas para minimizar a ausência de iluminação natural em ambientes internos, como tubos solares e fibras ópticas. Contudo, essas soluções não oferecem vistas externas, elemento frequentemente associado ao bem-estar psicológico dos ocupantes, além de apresentarem restrições técnicas e construtivas (Ulrich et al., 2005). Diante dessas limitações, a literatura recente tem investigado o uso de Sistemas Artificiais de Iluminação Natural, ou Janelas Falsas (JF), que buscam simular características da luz natural por meio de dispositivos que imitam uma janela, tanto em termos de distribuição luminosa e dinamismo temporal quanto de aparência visual. Para a adequada concepção desses sistemas, é fundamental considerar parâmetros específicos de projeto. Segundo Mangkuto et al. (2011) o desenvolvimento de sistemas artificiais de iluminação natural deve contemplar aspectos como intensidade luminosa, dinamicidade, simulação de vistas externas, disponibilidade espacial, conforto térmico e eficiência energética. Uma revisão realizada por Li et al. (2024) indica que determinadas configurações desses sistemas estão associadas a melhorias na percepção de bem-estar e à redução do estresse em ambientes sem iluminação natural, ainda que com limitações quanto à generalização dos resultados.

Os sistemas artificiais de iluminação natural podem ser classificados em dois grupos principais: aqueles que simulam janelas laterais e aqueles que simulam claraboias ou aberturas zenitais. Um



exemplo histórico de sistema artificial de iluminação natural lateral pode ser encontrado na Usina Hidrelétrica Governador Parigot de Souza, em Antonina – PR, onde, desde meados da década de 1970, lâmpadas fluorescentes têm sido utilizadas para simular a presença de iluminação natural (Figura 1). Essa solução foi concebida com o objetivo de reduzir a sensação de enclausuramento dos trabalhadores, considerando que permanecem durante todo o turno na casa de força da usina, localizada no interior da montanha, sem acesso à iluminação e ventilação naturais, com suprimento de oxigênio realizado por sistemas mecânicos.

Figura 1. Janelas falsas na parte superior da parede da casa de bambas da Usina Parigot de Souza, localizada no meio do morro em Antonina, litoral do Paraná



Fonte: Autores, 2023

Embora essa estratégia possa contribuir para atenuar o desconforto psicológico associado à ausência de iluminação natural, ela não reproduz integralmente os benefícios proporcionados por janelas reais, como a variação dinâmica da luz ao longo do dia e a oferta de vistas externas com profundidade e conteúdo variável.

Do ponto de vista conceitual, a relevância das vistas e da qualidade visual do ambiente construído para o bem-estar humano é amplamente discutida no campo do *Evidence-Based Design*. Ulrich *et al.* (2005) demonstram que características ambientais, como o acesso visual ao exterior e a presença de estímulos visuais positivos, contribuem para a redução do estresse e para a promoção do conforto psicológico nos espaços de trabalho.

Paralelamente, ainda em meados da década de 2000, os estudos de sistemas artificiais de iluminação natural passaram a incorporar, além dos efeitos psicológicos, aspectos fisiológicos associados ao sistema não visual humano. Nesse contexto, o estudo de Aires (2005) que propôs experimentos com painéis iluminados e luminárias pendentes, priorizando a distribuição da luz em planos verticais e a iluminação ao nível dos olhos, com o objetivo de ampliar a exposição ocular e estimular o sistema não visual.

Posteriormente, estudos conduzidos por Friedman (2008), indicaram que janelas de plasma associadas ao uso de câmeras podem proporcionar benefícios ao bem-estar psicológico dos usuários, embora não reproduzam os efeitos biológicos da luz solar direta. Os autores relataram preocupações



relacionadas à privacidade das imagens captadas, apontando uma limitação relevante para a aplicação desse tipo de sistema.

Em 2022, o Laboratório de Iluminação Arquitetônica da Universidade de Tsinghua investigou os efeitos de sistemas artificiais de iluminação sobre respostas fisiológicas e cognitivas dos ocupantes. Os resultados indicaram que vistas simuladas por janelas falsas favorecem processos de restauração psicológica, com melhorias no humor e na percepção de recuperação, sem alterações fisiológicas estatisticamente significativas, como frequência cardíaca ou atividade eletrodérmica. O estudo também evidenciou que características do conteúdo visual, como presença de elementos naturais, dinamismo e qualidade de renderização, influenciam os efeitos restaurativos observados (Zhang et al., 2024)

De forma semelhante, Gu *et al.* (Gu et al. 2023) analisaram o impacto de janelas falsas em ambientes subterrâneos e observaram melhora no bem-estar percebido e na sensação de conexão com o exterior, sem incremento no desempenho real das tarefas. Os autores destacam que o uso de iluminação de apoio e a ausência de avaliação do estímulo circadiano ao nível dos olhos limitam a interpretação fisiológica dos resultados.

Em síntese, as evidências indicam que as janelas falsas podem contribuir para a redução do estresse, a melhoria do humor e a percepção de bem-estar, sobretudo por favorecerem a conexão visual com o exterior. No entanto, esses sistemas ainda apresentam limitações significativas, uma vez que não reproduzem plenamente a profundidade visual, a dinâmica espectral e temporal da luz natural, nem não proporcionam ventilação natural (Tang, Zhang e Zhang, 2024)

Outros estudos voltaram-se à avaliação de claraboias artificiais. Yasukouchi *et al.* (Yasukouchi et al., 2019) observaram que ambientes iluminados por esse tipo de sistema apresentaram maior secreção noturna de melatonina e aumento da atividade parassimpática quando comparados à iluminação LED convencional, sugerindo potenciais benefícios fisiológicos em longo prazo. Em contrapartida, Cajochen *et al.* (Cajochen et al., 2019), não identificaram diferenças significativas na secreção de melatonina, embora tenham observado melhoria na eficiência do trabalho.

Mais recentemente, em 2023, a empresa Signify desenvolveu o sistema NatureConnect, que simula a aparência de um céu claro por meio do controle espectral da luz, buscando reproduzir variações típicas da iluminação diurna (Peeters, 2023) Em estudos de aplicação do sistema NatureConnect, foram avaliadas duas salas de reunião: uma equipada com iluminação convencional de escritórios, com 500 lux no plano horizontal, e outra com o sistema proposto. Enquanto a iluminação convencional gerou aproximadamente 65 lux ao nível dos olhos, o ambiente com o sistema NatureConnect atingiu cerca de 536 lux, indicando maior potencial de estímulo do sistema não visual (Peeters, 2023)



### 3 METODOLOGIA

Esse estudo foi delineado como um estudo de caso de caráter exploratório, com abordagem mista (qualitativa e quantitativa), voltado à análise das associações entre a introdução de um sistema artificial de iluminação natural do tipo Janela Falsa e indicadores de condições luminosas (fotópicas e melanópicas) e de bem-estar percebido em um escritório sem iluminação natural. Considerando a natureza do delineamento e as condições de campo, o estudo tem como objetivo produzir evidências empíricas preliminares e discutir possibilidades e limitações das estratégias investigadas.

A pesquisa combinou: (I) caracterização do ambiente e do sistema de iluminação existente; (II) desenvolvimento e instalação do protótipo de janela falsa; (III) simulações computacionais para comparação de cenários e estimativa de parâmetros fotópicos e melanópicos; e (IV) avaliação do bem-estar subjetivo por meio do questionário WHO-5, aplicado antes e após o período de uso da janela falsa.

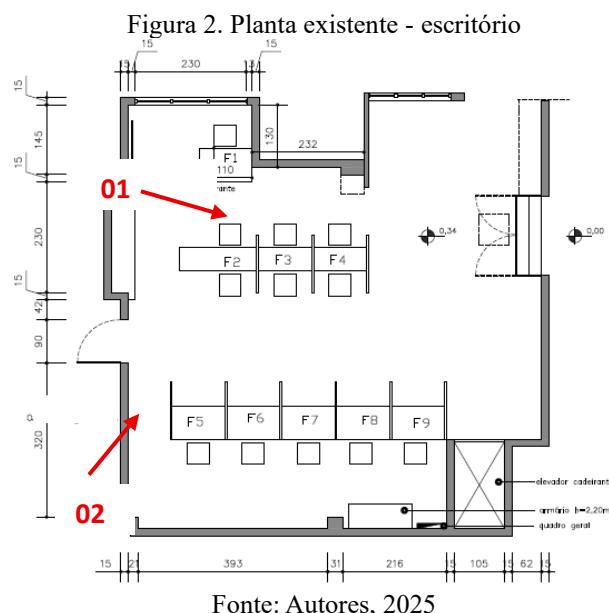
O Questionário de Bem-Estar WHO-5 (Well-Being Index), desenvolvido pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 1998), é um instrumento validado e amplamente utilizado para a avaliação do bem-estar subjetivo. O questionário é composto por cinco afirmações positivas relacionadas ao humor, vitalidade e interesse pela vida, avaliadas em uma escala de frequência de 0 (nunca) a 5 (sempre), considerando o período das duas semanas anteriores à aplicação. A versão validada para o português foi adotada por sua confiabilidade, simplicidade e adequação a estudos sobre saúde e qualidade de vida Souza; (Hidalgo, 2012)

Para a avaliação dos indicadores circadianos, os valores de iluminância vertical ao nível dos olhos foram utilizados em conjunto com as Distribuições Espectrais de Potência (DEP) das fontes luminosas, obtidas em ensaios laboratoriais. O cálculo do Estímulo Circadiano (CS) e da iluminância melanópica foi realizado por meio da plataforma Calculator CS 2.0 (CS Light and Health Docs), desenvolvida com base no modelo proposto por Rea et al. (2005), disponível em <https://cscalc.light-health.org/>.

#### 3.1 CONTEXTO DO ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE

O estudo foi realizado em um escritório sem janelas, localizado em Curitiba/PR ( $25^{\circ} 25' 40''$  S;  $49^{\circ} 16' 23''$  O), cuja ventilação ocorre por aberturas voltadas a um átrio interno, sem contribuição relevante de iluminação natural direta ou indireta. Assim, o ambiente depende integralmente de iluminação elétrica durante o expediente de trabalho. O escritório possui aproximadamente  $76\text{ m}^2$ , pé-direito de 2,35 m, nove postos de trabalho (F1 a F9) e superfícies internas com acabamentos predominantemente claros (paredes bege, forro branco e piso laminado) (Figura 2). O sistema de iluminação existente é composto por 17 luminárias embutidas com aletas metálicas, cada uma com quadro lâmpadas tubulares LED T8 (9W; 4.000 K). (Figura 3)





Fonte: Autores, 2025

Figura 3: Luminárias e superfícies existentes no local



Fonte: Autores, 2025

### 3.2 LEVANTAMENTO FÍSICO E MEDIÇÕES *IN LOCO*

Foram realizados levantamento físico e caracterização luminotécnica do ambiente para descrever as condições existentes antes da intervenção. As medições *in loco* tiveram como objetivo avaliar: (a) a iluminância no plano de trabalho (altura de 0,75 m), relacionada ao desempenho visual; e (b) a iluminância vertical na posição do usuário (altura de 1,20 m), representativa da exposição ao nível dos olhos, mais pertinente à avaliação de parâmetros melanópicos e circadianos. As medições foram realizadas nos nove postos, em pontos definidos no centro da área útil de trabalho e na posição do usuário.

### 3.3 DESENVOLVIMENTO E INSTALAÇÕES DO SISTEMA DE JANELA FALSA

Foi desenvolvido um protótipo uma Janela Falsa para simular, de forma controlada, características luminosas associadas a uma janela real. O sistema consistiu em uma estrutura de alumínio com tela tensionada impressa, retroiluminada por fitas de LED com duas temperaturas de cor correlata (2.500 K e 6.500 K), associada a um sistema de automação para variação temporal de intensidade luminosa e CCT, considerando horários de nascer e pôr do sol no período de inverno. O desenvolvimento contou com apoio técnico das empresas Alumiframe e Lumicenter.



A seleção da imagem impressa considerou referências que indicam a relevância de composições visuais estratificadas horizontalmente (céu, camada intermediária e solo), associadas a respostas psicológicas positivas e efeitos restaurativos de elementos naturais (Rodriguez, 2021) e características de renderização/dinamismo (Kaplan, 1995; Zhang et al., 2024). Ressalta-se que a imagem utilizada é estática, sendo as variações perceptivas obtidas exclusivamente pelo controle da intensidade luminosa e da CCT das fitas de LED, o que limita a reprodução de paralaxe e profundidade reais.

### 3.4 DENSAIOS FOTOMÉTRICOS DO PROTÓTIPO

Para parametrização do sistema e suporte às simulações computacionais, foram realizados ensaios labororiais na empresa Lumicenter, com objetivo de obter dados fotométricos da janela falsa em duas condições: tela impressa com paisagem e tela branca, sem impressão. Foram levantados parâmetros como fluxo luminoso, arquivo fotométrico no formato IES, Distribuição Espectral de Potência (DEP), curva de distribuição luminosa e Temperatura de Cor Correlata (TCC). As medições foram realizadas separadamente para cada fita de LED, com TCC nominal de 2.500 K e 6.500 K, permitindo a análise individuais e combinadas das fontes.

Adicionalmente, foram levantados o índice de ofuscamento unificado (UGR), e a eficiência luminosa do sistema (lm/W), considerando as diferenças decorrentes da presença ou não da impressão na tela, aspecto relevante para a avaliação do desempenho energético do sistema.

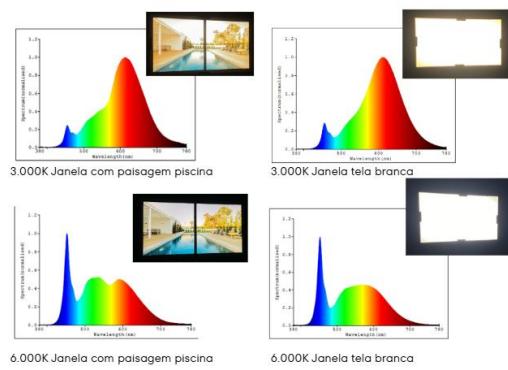
O dimensionamento do sistema baseou-se em recomendações da literatura quanto à proporção mínima da área da janela em relação à parede de inserção (Aires, 2005). A posição de instalação considerou o campo visual do usuário, especialmente a relação entre posição sentada e visibilidade do elemento luminoso (Aires, 2005; Suk, 2019), adotando-se peitoril a 0,90 m do piso e implantação perpendicular aos postos de trabalho.

Considerando que a fonte luminosa da janela falsa foi composta por 50% de fitas de LED com TCC nominal de 2.500 K e 50% com TCC nominal de 6.500 K, os dados fotométricos foram obtidos separadamente para cada fonte. O fluxo luminoso medido foi de 5.706 lúmens para a fita de 2.500 K e de 6.612,48 lúmens para a fita de 6.500 K.

A comparação entre os dados obtidos com e sem a impressão da paisagem indicou que a tela impressa alterou o espectro da fonte luminosa, reduzindo a TCC da fita de 2.500 K para 2.345 K e da fita de 6.500 K para 5.550 K (Figura 4). Essas alterações espectrais foram consideradas nas etapas subsequentes de simulação e cálculo das métricas circadianas.



Figura 4: Comparação dos espectros da Janela Falsa com paisagem urbana e natureza com piscina e tela branca em 2.500K e 6.500K



Fonte: Autores, 2025

No que se refere à eficiência energética, observou-se variação significativa entre as duas configurações de tela. Para a janela com tela branca e fita LED de 2.500 K, a eficiência foi de 79,25 lm/W, enquanto para a janela com tela impressa e fita de 2.500 K, a eficiência reduziu para 18,45 lm/W. De forma semelhante, para a fita de 6.500 K, a eficiência foi de 91,84 lm/W com tela branca e de 21,10 lm/W com tela paisagística. Esses resultados evidenciam o impacto da impressão da tela no desempenho energético do sistema, aspecto discutido posteriormente.

O tamanho da Janela Falsa foi definido com base nos estudos de Aires (2005), que estabelecem que a área da janela deve corresponder, no mínimo, a 10% da área da parede em que será inserida. Adicionalmente, a certificação Well, recomenda áreas de janela de 20% a 60% da área total da parede para ambientes de escritórios. Considerando esses referenciais, o sistema foi confeccionado com a dimensões finais de 178 x 90 cm (largura x altura).

Quanto à posição da janela, foram considerados os trabalhos de Aires (2005) e Suk (2019), que indicam que o usuário, ao estar sentado, deve ter visão paralela à janela. Dessa forma, a instalação foi realizada com peitoril de 0,90 m do piso, conforme o padrão usual, e posicionamento perpendicular aos postos de trabalho.

Após a montagem do sistema e a conclusão dos ensaios fotométricos, os dados de Distribuição Espectral de Potência (DPE) foram convertidos e organizados em planilhas eletrônicas, posteriormente utilizadas com dados de entrada para as simulações computacionais e para o cálculo das métricas circadianas.

### 3.5 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL E CENÁRIOS DE COMPARAÇÃO

Após o levantamento físico e de refletâncias do espaço, o ambiente foi modelado no software DIALux evo 13.1, incorporando o arquivo IES do protótipo. A janela falsa foi posicionada perpendicularmente e próxima às áreas dos postos F1, F5 e F9, conforme o layout existente. Foram simulados cinco cenários para estimar iluminâncias no plano horizontal (0,75 m) e vertical ao nível dos olhos (1,20 m), em cada posto de trabalho conforme descrito na figura 5.



Para a simulação de iluminação natural, foi considerada uma janela com condição de céu padrão conforme recomendações internacionais (CIE), com coordenadas de Curitiba. Na janela falsa, adotou-se a condição de 6.500 K [5] como referência para comparação com a luz diurna em período central do dia, reconhecendo-se que a TCC pode variar conforme clima e refletâncias externas.

Figura 5: Planta e perspectivas dos 5 cenários

Cenários	Descrição do cenário de Iluminação
Cenário 01	Existente no local (somente iluminação elétrica existente)
Cenário 02	Janela Real (JR) às 12 horas
Cenário 03	Janela Falsa TCC 5.500 K
Cenário 04	Luminárias existentes + Janela Falsa TCC 5.500 K
Cenário 05	Luminárias existentes + Janela Real às 12 horas







Cenário 01
Cenário 02
Cenário 03
Cenário 04
Cenário 05

Fonte: Autora, 2025

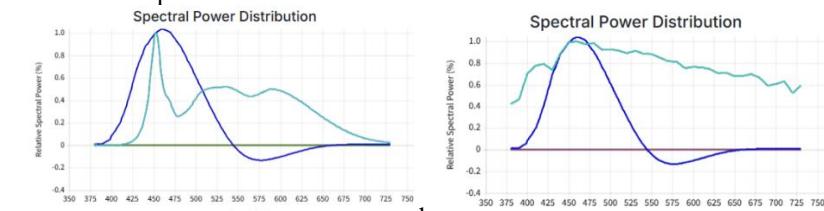
### 3.6 PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO DAS MÉTRICAS CIRCADIANAS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores de iluminância vertical ao nível dos olhos (1,20 m do piso), obtidos a partir das simulações computacionais, foram utilizados para o cálculo das métricas circadianas Estímulo circadiano (CS) e iluminância melanópica equivalente (m-EDI). Esses cálculos foram realizados com base no modelo proposto por Rea et al. (2005), amplamente empregado em estudos sobre iluminação centrada no ser humano.

Para o processamento dos dados, foi utilizada a plataforma online *Calculator CS 2.0 (CS Light and Health Docs)*, desenvolvida a partir dos modelos teóricos de Rea et al (2005). Como dados de entrada, foram inseridos os valores de iluminância vertical por posto de trabalho e por cenário, juntamente com as Distribuições Espectrais de Potência (DEP) das fontes luminosas, obtidas previamente nos ensaios fotométricos em laboratório e organizadas em planilhas eletrônicas.

A plataforma permite a visualização e a análise dos espectros das fontes luminosas, possibilitando a comparação entre o espectro da fonte luminosa da Janela Falsa, o espectro de uma fonte luminosa de referência para estímulo circadiano e o espectro da luz solar, caso estivesse presente no ambiente (Figura 6).

Figura 6: a. Curva da Distribuição Espectral de Potência para uma fonte de luz elétrica – azul claro – e para a curva do estímulo circadiano – azul escuro. b. Curva da Distribuição Espectral de Potência para luz do dia, D65 – azul claro – e para a curva do estímulo circadiano – azul escuro



Fonte: Autora, 2025

A ferramenta também possibilitou a combinação das contribuições espectrais das diferentes fontes de luz incidentes em cada posto de trabalho, permitindo o cálculo integrado das métricas CS e m-EDI para cada um dos cinco cenários de iluminação simulados. Dessa forma, foi possível estimar a exposição luminosa ao sistema não visual humano no nível dos olhos dos usuários nos nove postos de trabalho analisados (Figura 7).

Figura 7: Valores de Iluminância obtidos no plano horizontal, centro do posto de trabalho a uma altura de 0,75 m, e no plano vertical, 1,2 m de altura, para cada cenário.

POSIÇÃO Posto de Trabalho	ILUMINÂNCIA									
	Cenário 1 (somente iluminação elétrica existente)		Cenário 02 (Luz janela Real simulação 12:00H)		Cenário 03 - Janela Falsa		Cenário 04 (Luminárias existentes + Janela Falsa)		Cenário 05 (Luminárias existentes + Janela Real)	
	HORIZ.	VERTICAL	HORIZ.	VERTICAL	HORIZ.	VERTICAL	HORIZ.	VERTICAL	HORIZ.	VERTICAL
F1	444 lx	207 lx	134 lx	98 lx	151 lx	97,9 lx	586 lx	298 lx	590 lx	309 lx
F2	534 lx	174 lx	65,7 lx	92 lx	56,7 lx	54,2 lx	585 lx	222 lx	587 lx	276 lx
F3	549 lx	198 lx	43 lx	111 lx	33,3 lx	55,9 lx	578 lx	248 lx	591 lx	324 lx
F4	507 lx	190 lx	53,5 lx	104 lx	27,6 lx	54,1 lx	531 lx	238 lx	551 lx	320 lx
F5	566 lx	264 lx	107 lx	126 lx	148 lx	124 lx	702 lx	378 lx	666 lx	379 lx
F6	551 lx	265 lx	56 lx	73,2 lx	67,5 lx	68,8 lx	613 lx	328 lx	596 lx	333 lx
F7	602 lx	280 lx	78,5 lx	83,6 lx	57,4 lx	75,2 lx	653 lx	346 lx	687 lx	384 lx
F8	578 lx	278 lx	179 lx	242 lx	108 lx	143 lx	664 lx	399 lx	745 lx	526 lx
F9	525 lx	262 lx	605 lx	386 lx	218 lx	244 lx	655 lx	433 lx	585 lx	1028 lx

Fonte: Aurora, 2025

Todos os espectros das fontes luminosas existentes nos postos de trabalho foram combinados aos valores de iluminância vertical obtidos nas simulações realizadas no software DIALux Evo, permitindo a obtenção dos valores de Estímulo Circadiano (CS) e de iluminância melanópica equivalente (m-EDI) correspondentes à exposição luminosa de cada usuário em cada cenário analisado (Figura 8).

Figura 8: Valores de Iluminância obtidos em cada cenário para cada posto de trabalho

POSIÇÃO Posto de Trabalho	Cenário 1 (somente iluminação elétrica existente)		Cenário 02 (Luz janela Real simulação 12:00H)		Cenário 03 - Janela Falsa		Cenário 04 (Luminárias existentes + Janela Falsa)		Cenário 05 (Luminárias existentes + Janela Real)	
	CS	m-EML	CS	m-EML	CS	m-EML	CS	m-EML	CS	m-EML
F1	0,28	162	0,18	98	0,151	82	0,3	190	0,319	206
F2	0,24	136	0,17	92	0,08	46	0,29	182	0,36	228
F3	0,09	47	0,20	111	0,09	47	0,31	202	0,37	266
F4	0,26	148	0,19	104	0,08	46	0,31	194	0,25	150
F5	0,32	206	0,22	126	0,18	105	0,4	311	0,46	332
F6	0,32	207	0,14	73	0,11	58	0,37	265	0,38	280
F7	0,33	219	0,16	84	0,12	64	0,38	282	0,39	302
F8	0,33	217	0,34	242	0,20	121	0,41	338	0,47	459
F9	0,32	204	0,43	382	0,3	207	0,44	412	0,51	586

Fonte: Autora, 2025

Para a análise estatística dos dados provenientes das simulações, foi aplicado o teste de Kruskal–Wallis, método não paramétrico indicado para comparações entre múltiplos grupos com distribuições não normais, tendo como variável de interesse a iluminância melanópica equivalente (m-EDI) nos diferentes cenários de iluminação. O nível de significância adotado foi de 5% ( $p \leq 0,05$ ).

Já os dados referentes ao bem-estar percebido, obtidos por meio do questionário WHO-5, foram analisados por meio do teste t pareado, apropriado para comparar medidas repetidas no mesmo grupo antes e após a intervenção. Também foram realizadas análises descritivas, incluindo média, desvio padrão e erro padrão, com o objetivo de caracterizar a distribuição dos escores de bem-estar nos dois momentos de avaliação.

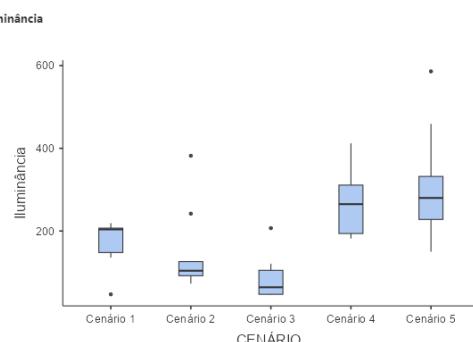
#### 4 RESULTADOS DAS MÉTRICAS CIRCADANAS: SIMULAÇÕES

Para a iluminação fotópica, observou-se que o sistema de iluminação existente atende aos valores estabelecidos pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 no plano horizontal de trabalho em todos os postos, com exceção do posto F1. Com a inserção da janela falsa, verificou-se aumento dos níveis de iluminância horizontal, com variação entre 19% e 30%, a depender do posto analisado.

No que se refere aos parâmetros associados ao sistema não visual, considerando-se como valores de referência  $CS \geq 0,30$  e  $m\text{-EDI} \geq 136$  lux, verificou-se que o cenário 1 (somente iluminação existente) não atende aos valores mínimos recomendados nos postos F1, F2, F3 e F4. Nos cenários 2 e 3, correspondentes exclusivamente à iluminação proveniente de uma janela real ou da janela falsa, apenas um posto de trabalho apresentou valores compatíveis com os limites adotados.

Por outro lado, os cenários 4 e 5 — que combinam a iluminação existente com a janela falsa ou com a janela real — apresentaram melhor desempenho global, atendendo aos valores de referência em aproximadamente 88% dos postos de trabalho. A aplicação do teste de Kruskal–Wallis indicou diferença estatisticamente significativa entre os cinco cenários analisados ( $p < 0,001$ ) (Figura 9).

Figura 9: Gráfico da iluminância dos 5 cenários de luz.



Fonte: Autora, 2025

Embora os cenários 4 e 5 tenham apresentado os melhores resultados médios para iluminância melanópica e estímulo circadiano, o cenário 5 apresentou valores ligeiramente superiores ao cenário



4, sem diferença estatisticamente significativa, sugerindo que, nas condições simuladas, a janela falsa pode aproximar-se do desempenho luminotécnico de uma janela real com céu médio.

De forma geral, os resultados indicaram que a introdução de sistemas artificiais de iluminação natural do tipo janela falsa esteve associada ao aumento dos níveis de iluminância melanópica e de estímulo circadiano nos postos de trabalho, em função da emissão de luz no plano vertical ao nível dos olhos. Observou-se ainda que, embora a maioria dos postos tenha atendido aos valores normativos de iluminância fotópica no plano horizontal, apenas cinco dos nove postos apresentaram valores de CS superiores a 0,30, valor de referência para atividades diurnas.

A análise comparativa entre os cinco cenários simulados mostrou que as combinações da iluminação existente com a janela falsa (cenário 4) e com a janela real (cenário 5) apresentaram os maiores valores médios de iluminância melanópica, atendendo de forma mais consistente aos limites adotados como referência.

#### 4.1 AVALIAÇÃO DE BEM-ESTAR PERCEBIDO

Os resultados do questionário WHO-5 indicaram que a média de pontuação antes da intervenção foi de 15,33, correspondente a 61,32% do escore máximo possível. Após duas semanas de uso da janela falsa, a pontuação média aumentou para 18,88, equivalente a 75,52%. [10].

Figura 10: Pontuação no questionário de WHO-5 para cada posto de trabalho

POSIÇÃO Posto de Trabalho	SEMANA BASE		Após Intervenção	
	PONTUAÇÃO	Porcentagem	PONTUAÇÃO	Porcentagem
F1	8	32%	15	60%
F2	16	64%	20	80%
F3	19	76%	19	76%
F4	12	48%	15	60%
F5	15	60%	15	60%
F6	18	72%	22	88%
F7	13	52%	21	84%
F8	15	60%	19	76%
F9	22	88%	24	96%

Fonte: 2025

A análise estatística por meio do teste t pareado indicou diferença estatisticamente significativa entre os escores pré e pós-intervenção ( $t = -3,89$ ;  $gl = 8$ ;  $p \leq 0,005$ ). A diferença média observada foi de -3,56 pontos, com intervalo de confiança de 95% variando entre -5,66 e -1,45.

A análise descritiva mostrou ainda que o desvio padrão diminuiu de 4,12 para 3,30, indicando menor variabilidade das respostas após a intervenção. Os erros padrão relativamente baixos (1,37 antes e 1,10 após a intervenção) sugerem boa estabilidade das médias estimadas.

Esses resultados indicam associação entre o período de uso da janela falsa e o aumento do bem-estar subjetivo percebido pelos participantes, em consonância com evidências da literatura sobre os efeitos da exposição luminosa adequada ao sistema não visual humano.



## 5 DISCUSSÕES

Os resultados indicam que a introdução de uma janela falsa, combinada à iluminação existente, está associada a melhorias nos parâmetros do sistema não visual humano, especialmente na iluminância melanópica e no estímulo circadiano ao nível dos olhos. Esses achados reforçam que a avaliação da iluminação em ambientes de trabalho não deve se restringir à iluminância horizontal, sendo estratégias híbridas, com luz no plano vertical, potencialmente mais eficazes, embora não equivalentes às janelas reais.

Os escores do WHO-5 apresentaram aumento significativo após o uso da janela falsa, sugerindo associação positiva entre as condições luminosas analisadas e o bem-estar percebido. Entretanto, a natureza multifatorial da percepção da luz exige cautela na interpretação dos resultados. Observou-se ainda redução da eficiência luminosa no sistema com tela impressa, evidenciando um equilíbrio entre desempenho energético e qualificação perceptiva. Considerando o caráter exploratório do estudo, os achados devem ser interpretados como evidências preliminares, indicando a necessidade de investigações futuras.

## 6 CONCLUSÕES

Este estudo avaliou o potencial de uma janela falsa em um escritório sem iluminação natural, por meio de abordagem exploratória com simulações luminotécnicas, métricas fotópicas e melanópicas e avaliação do bem-estar percebido. Os resultados indicaram que a integração da janela falsa à iluminação existente melhorou a exposição luminosa ao nível dos olhos, evidenciando que a conformidade com valores fotópicos no plano de trabalho não garante estímulo adequado ao sistema não visual e que janelas falsas podem mitigar condições de “escuro biológico”.

Observou-se aumento significativo dos escores do WHO-5 após o uso da janela falsa, sugerindo associação positiva com o bem-estar percebido. Embora sem inferências causais, os achados contribuem para o debate sobre iluminação centrada no ser humano e reforçam a importância de considerar a exposição luminosa ao nível dos olhos em ambientes de trabalho enclausurados.



## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de normas técnicas. ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho, Parte 1: Interior, 2013. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.46p.

ACOSTA, I.; LESLIE, RP; FIGUEIRO, MG. Analysis of circadian stimulus allowed by daylighting in hospital rooms. *Lighting Research & Technology*, v. 49, n. 1, p. 49–61, fev. 2015. DOI: 10.1177/1477153515592948. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1477153515592948?utm>. Acesso em: 8 jan. 2025

AIRES M. Human lighting demands : healthy lighting in an office environment. 2005. 106 p. Tese Doutorado—Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2005. DOI: DOI: 10.6100/IR594257. Acesso em: 10 jan. 2025

AIRES. M, Mangkuto. R. A, Loenen E. J. V. ,. Hensen. JLM. Simulation of virtual natural lighting solutions with a simplified view. *Lighting Res. Technol*, v. 46, n. 2, p. 198–218, 2014, abr. 2014. DOI: 10.1177/1477153513476875. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1477153513476875?utm>. Acesso em: 6 mar. 2025

BOYCE, Peter R. Human factors in lighting. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/328250960\\_Human\\_factors\\_in\\_lighting\\_third\\_edition](https://www.researchgate.net/publication/328250960_Human_factors_in_lighting_third_edition)> Acesso em: 02.nov.2025

CAJOCHECHEN, C. ;. FREYBURGER, M. ;. BASISHVILI, T. ;. GARBAZZA, C. ;. RUDZIK, F. ;. RENZ, C. ;. KOBAYASHI, K. ;. SHIRAKAWA, Y. ;. STEFANI, O. ;. WEIBEL, J. Effect of daylight LED on visual comfort, melatonin, mood, waking performance and sleep. *Lighting Research & Technology*, v. 51, n. 7, p. 1044–1062, 2019. DOI: 10.1177/1477153519828419. Disponível em: <https://edoc.unibas.ch/entities/publication/425d1859-104e-48d0-9c7e-024fe04fa65d?utm>. Acesso em: 15 abr. 2025

CIE – International commission on illumination. User Guide to the □-opicToolbox for implementing CIE S 026/E:2018. CIE Division 6, v. 1.049a. 2020.

CIE – Commission Internationale de l'éclairage. CIE S 026/2018: CIE System for Metrology of Optical Radiation for Iprgc-Influenced Responses to light, 2018. Vienna: CIE, 2018, 32p.

DUMITRIU, S.; BOCEAN, C.G.; VARZARU, A.A.; AL-FLOAREI, A.T.; SPERDEA, N.M.; POPESCU, F.L.; BALOI, I.C. The Role of the Workplace Environment in Shaping Employees' Well-Being. *Sustainability*, v. 17, n. 6, p. 2613, 16 mar. 2025. DOI: 10.3390/su17062613. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/6/2613?utm> Acesso em: jun. 2025

ENEZI, M. ;. THIEME, C. D. ;. BLANCHARD, J. F. ;. FIGUEIRO, M. B. D. ;. REA, M. Circadian photoreception: The impact of light on human circadian rhythms. *Sleep Medicine Reviews*, v. 15, n. 4, p. 281–287, 2011. DOI: 10.1016/j.smrv.2010.08.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1087079210000936?via%3Dihub>. Acesso em: fev. 2025

FIGUEIRO, M.G.; REA, M.S; BOYCE, P.; WHITE, R; KOLBERG, K. Circadian-effective light and its impact on alertness in office works. *Light Res Technol*, v.51, n.2, p.171-183, 219. DOI: <https://doi.org/10.1177/1477153517750006>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1477153517750006>. Acesso em: fev. 2025



FOSTER, R. G. Bright blue times. *Nature*, v. 433, p. 698-699, 2005. DOI: 10.1038/433698a.  
Disponível em: <https://www.nature.com/articles/433698a>. Acesso em: fev. 2025

FRIEDMAN, B.; KAHN JR., P. H.; GILL, B.; HAGMAN, J.; SEVERSON, R. L.; FREIER, N. G.; FELDMAN, E. N.; CARRERE, S.; STOLYAR, A. A plasma display window—the shifting baseline problem in a technologically mediated natural world. *Journal of Environmental Psychology*, Amsterdam, v. 28, n. 2, p. 192–199, 2008. DOI: 10.1016/j.jenvp.2007.10.008. Acesso em: 16 jan. 2025.

GU J, LI, N. YONGGA A. Influence of artificial windows in simulated underground spaces on thermal and light perceptions, physiological and work performance. *Energy and Buildings*, v. 297, p. 113440, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113440>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778823006709?via%3Dihub>. Acesso em: jun. 2025

HELLINGA, H. I. Daylight and View The Influence of Windows on the Visual Quality of Indoor Spaces, 2013. 353 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Netherlands: e Technische Universiteit Delft, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4233/uuid:2daeb534-9572-4c85-bf8f-308f3f6825fd> Disponível em: <https://repository.tudelft.nl/record/uuid:2daeb534-9572-4c85-bf8f-308f3f6825fd>. Acesso em: mar. 2025

KAPLAN, R. The Nature of the View from Home: Psychological Benefits. *Environment and Behavior*, v. 33, n. 4, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1177/00139160121973115>

LI, H.; Tian. Z, Zhang S, Zou. M. Using artificial windows to influence occupants' mood and task performance in windowless spaces - A review. *ScienceDirect*, p. 111655, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.111655>.

LUCAS, R. J.; Peirson, S. N.; BERSON, D. M.; BROWN, T.M.; COOPER, H. M.; CZEISLER, C.A.; FIGUEIRO, M.G.; GAMLIN, P. D.; LOCKLEY, S. W.; O'HAGAN, J. B.; PRICE, L. L. A.; PROVENCIO, I.; SKENE, D. J.; BRAINARD, G. C. Measuring and using light in the melanopsin age. *Trends in Neurosciences*, v. 37, n. 1, p. 1–9, jan. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tins.2013.10.004>.

MANGKUTO, R. A.; OCHOA M.; Carlos E.; ARIES, M. B. C.; LOENEN, EVERT J.V.; HENSEN, J. L. M. Review of Modelling Approaches for Developing Virtual Natural Lighting SolutionsIBPSA Australasia & AIRAH. Sydney, Austrália, p. 2643–2650, 14–16 nov. 2011 Disponível em: <https://pure.tue.nl/ws/files/3612528/731202129839938.pdf>. Acesso em: 8 out. 2025.

PEETERS, S. The positive impact of NatureConnect in meeting rooms with no natural daylight. 2023. Disponível em: <https://www.assets.signify.com/is/content/Signify/Assets/signify/global/20240425-study-2-the-positive-impact-of-natureconnect-in-meeting-rooms-with-no-natural-daylight.pdf>. Acesso em: 8 out. 2024.

RADIKOVIC, A. S.; LEGGETT, J. J.; KEYSER, J.; ULRICH, R. S. Artificial window view of nature. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Portland, Oregon, EUA, 2–7 abr. 2005. p. 1087–1090. DOI: <https://doi.org/10.1145/1056808.1057075>.

REA, M. S. ; FIGUEIRO, M. G. ; BIERMAN, A. ; HAMNER, R. Modelling the spectral sensitivity of the human circadian system . *Light Res Technol*, v. 44, n. 4, p. 386–396, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1177/1477153511430474>



REA, M. S.; FIGUEIRO, M. G.; BULLOUGH, J. D. Circadian photobiology: An emerging framework for lighting practice and research. *Lighting Research & Technology*, v. 34, n. 3, p. 177–187, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1191/1365782802lt057oa>

REA, Mark S. et al. A model of phototransduction by the human circadian system. *Brain Research Reviews*, v. 50, n. 2, p. 213–228, dez. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2005.07.002>

RODRIGUEZ, F.; GARCIA, V; ALLAN, G.; ISOARDI, G. Subjective responses toward daylight changes in window views: Assessing dynamic environmental attributes in an immersive experiment. *Sciencedirect*, v. 195, p. 107720, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107720>

SOUZA, C. M. ; HIDALGO, M. P. L. World Health Organization 5-item well-being index: validation of the Brazilian Portuguese version. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*. Heidelberg, v. 262, n. 3, p. 239–244, 2012. DOI: [10.1007/s00406-011-0260-x](https://doi.org/10.1007/s00406-011-0260-x)

SUK, J. Y. Luminance and vertical eye illuminance thresholds for occupants visual comfort in daylit office environments. *Building and Environment*, v. 148, p. 107–115, 15 jan. 2019. DOI: [10.1016/j.buildenv.2018.11.002](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.11.002).

TANG, B.; ZHANG, X.; ZHANG, X. Comparative study on human responses in isolated and confined offices with an artificial window. *Building and Environment*, v. 265, 1 nov. 2024. . DOI: [10.1016/j.buildenv.2024.112016](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112016)

VEITCH, J. A. Psychological processes influencing lighting quality. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, v. 30, n. 1, p. 124-142, 2001. DOI: [10.1080/00994480.2001.10748782](https://doi.org/10.1080/00994480.2001.10748782).

VEITCH, J. A. Light, lighting, and health: Issues for consideration. *LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America*, v. 2, n. 2, p. 85-96, 2005. DOI: [10.1080/15502724.2005.10748057](https://doi.org/10.1080/15502724.2005.10748057).

VEITCH JENNIFER A., C. K. E. ,. D.C. L. Open-Plan Office Density and Environmental Satisfaction. *IRC*, National Research Council Canada, p. 2–22, 2002.

YASUKOUCHI, A. ; MAEDA, T. ;. HARA, K. ;. FURUUNE, H. Non-visual effects of diurnal exposure to an artificial skylight, including nocturnal melatonin suppression. *Journal of Physiological Anthropology*, v. 38, n. 1, p. 10, 2019. DOI: [10.1186/s40101-019-0191-2](https://doi.org/10.1186/s40101-019-0191-2).

WELL BUILDING INSTITUTE. WELL Building Standard: versão V2 Q1-Q3 de 2023. [S. l.]: WELL, 2023. Disponível em: <https://v2.wellcertified.com/en/wellv2-23q1q2q3/light/feature/3>. Acesso em: 8 jan. 2025.

ZHANG, Y.; TANG, Y.; WANG., X., TAN, Y.; The Effects of Natural Window Views in Classrooms on College Students' Mood and Learning Efficiency. *Buildings*, v. 14, n. 6, 1 jun. 2024. DOI: [10.3390/buildings14061557](https://doi.org/10.3390/buildings14061557).

KIM, J.; TZEMPELIKOS, A. Performance evaluation of non-intrusive luminance mapping towards human-centered daylighting control. *Building and Environment*, Oxford, v. 207, p. 108430, 2022. DOI: [10.1016/j.buildenv.2021.108430](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108430).

