XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Análise do risco de ofuscamento em ambientes internos de três cidades paulistas na Zona Bioclimática 3B.

Análisis del riesgo de deslumbramiento en espacios interiores de tres ciudades paulistas en la Zona Bioclimática 3B.

Analysis of glare risk in indoor spaces in three cities in São Paulo within Bioclimatic Zone 3B.

Iluminação natural e artificial / *iluminación natural y artificial / daylight and electric lighting*

Matos, Jéssica Cristine da Silva Fonseca
Doutora, Professora Colaboradora da Universidade Estadual de Campinas - FECFAU, São Paulo, Brasil, jessica@jfm.arq.br

Resumo

A norma ABNT NBR 15220-3 classificou os municípios brasileiros com base em dados de temperatura e umidade, sem considerar a disponibilidade de luz do dia e seu controle. Este estudo busca complementar essas informações por meio da análise do risco de ofuscamento em ambientes internos nas cidades paulistas de Campinas, Bauru e São Carlos, todas inseridas na Zona Bioclimática 3B (mista e seca). A metodologia baseou-se em simulações computacionais com o software Rhinoceros e o plugin Climate Studio, considerando dois períodos do ano: primavera/verão e outono/inverno. Os resultados, apresentados por meio de gráficos e mapas visuais revelaram padrões semelhantes no comportamento da luz natural em relação ao ofuscamento. As conclusões destacam a importância da adoção de estratégias específicas para cada orientação das aberturas, com o objetivo de otimizar o controle da luz solar direta e minimizar o desconforto visual no interior dos ambientes.

Palavras-chave: Luz do dia. Ofuscamento. Zoneamento Bioclimático.

Resumen

La norma ABNT NBR 15220-3 clasificó los municipios brasileños en función de datos de temperatura y humedad, sin considerar la disponibilidad de luz natural ni su control. Este estudio tiene como objetivo complementar dicha información mediante el análisis del riesgo de deslumbramiento en ambientes interiores en las ciudades paulistas de Campinas, Bauru y São Carlos, todas ubicadas en la Zona Bioclimática 3B (mixta y seca). La metodología se basó en simulaciones computacionales realizadas con el software Rhinoceros y el complemento Climate Studio, considerando dos períodos del año: primavera/verano y otoño/invierno. Los resultados, presentados mediante gráficos y mapas visuales, revelaron patrones similares en el comportamiento de la luz natural en relación con el deslumbramiento. Las conclusiones destacan la importancia de adoptar estrategias específicas según la orientación de las aberturas, con el fin de optimizar el control de la luz solar directa y reducir el malestar visual en el interior de los espacios.

Palabras clave: Luz diurna. Deslumbramiento. Zonificación bioclimática.

Abstract

The ABNT NBR 15220-3 standard classified Brazilian municipalities based on temperature and humidity data, without considering daylight availability or its control. This study aims to complement that information by analysing the risk of glare in indoor environments in the São Paulo state cities of Campinas, Bauru, and São Carlos, all located in Bioclimatic Zone 3B (mixed and dry). The methodology was based on computational simulations conducted using Rhinoceros software and the Climate Studio plugin, considering two annual periods: spring/summer and autumn/winter. The results, presented through visual graphs and maps, revealed similar patterns in natural light behaviour with respect to glare. The findings highlight the importance of adopting orientation-specific design strategies to optimise the control of direct sunlight and reduce visual discomfort within indoor environments.

Keywords: Daylight. Glare. Bioclimatic zoning.

1. Introdução

O ofuscamento é um fator determinante na qualidade da iluminação natural em ambientes internos, sendo amplamente reconhecido em normas e padrões de conforto visual. Segundo Quek et al. (2023), a prevenção do ofuscamento desconfortável é essencial para garantir espaços internos que promovam o bem-estar dos ocupantes, sendo um critério fundamental em diretrizes de projeto e regulamentações vigentes.

O sistema visual humano possui uma capacidade de adaptação a diferentes níveis de iluminação, desde a luz solar intensa até condições de baixa luminosidade, como a luz do luar. No entanto, essa adaptação ocorre dentro de uma faixa limitada de luminâncias. Quando a diferença de brilho em uma cena ultrapassa essa capacidade de adaptação, podem surgir desconforto e comprometimento da percepção visual. O ofuscamento desconfortável ocorre quando há regiões excessivamente brilhantes no campo de visão, impactando a experiência visual sem necessariamente comprometer a capacidade de enxergar detalhes ou objetos. A Comissão Internacional de Iluminação (CIE – Commission Internationale de l'Éclairage) define o ofuscamento como uma condição em que há desconforto ou redução na capacidade visual devido à distribuição inadequada de luminância ou a contrastes extremos (CIE, 1995). Além disso, distingue-se entre ofuscamento de desconforto, que causa incômodo sem prejudicar a visão, e ofuscamento incapacitante, que reduz a visibilidade dos objetos (FOTIOS e KENT, 2021).

No contexto brasileiro, a norma NBR 15215-3 estabelece critérios para a avaliação da iluminação natural em ambientes internos, incluindo a proteção contra o ofuscamento. A norma propõe o uso da métrica Daylight Glare Probability (DGP) para quantificar o desconforto causado pelo brilho excessivo. Essa métrica considera o efeito do contraste e a saturação luminosa no campo de visão, classificando o nível de ofuscamento em quatro categorias: imperceptível ($DGP < 0,34$), perceptível ($0,34 \leq DGP \leq 0,38$), perturbador ($0,38 < DGP \leq 0,45$) e intolerável ($DGP > 0,45$). Recomenda-se que a ocupação de um ambiente não ocorra em condições onde o DGP ultrapasse o limite de ofuscamento perturbador ($DGP > 0,38$) em mais de 5% do tempo de uso do espaço (ABNT, 2024c).

Além do DGP, outra métrica relevante é o Spatial Daylight Glare (sDG), desenvolvida por Wienold e Christoffersen (2006) e implementada no software Climate Studio. O sDG quantifica o ofuscamento ao longo do ano, indicando a porcentagem de direções de visão em que o DGP ultrapassa 38% durante pelo menos 5% das horas ocupadas. O cálculo considera até oito direções de visão para cada ponto de análise dentro de uma malha ajustada a uma altura específica de observação, recomendando-se um espaçamento entre 0,5 m e 2,0 m entre os pontos (SOUSA et al., 2024).

A compreensão desses critérios e métricas é essencial para a formulação de estratégias eficazes de proteção contra o ofuscamento, garantindo maior conforto visual nos ambientes internos e permitindo um melhor aproveitamento da iluminação natural.

Por outro lado, a utilização de zoneamento bioclimático é amplamente utilizada para trazer soluções para diversas áreas (WALSH et al., 2017; VERICHEV e CARPIO, 2018; DASH et al, 2017 e PALLA et al., 2012). Entretanto, não é possível uma única classificação para todos os propósitos, pois isso abrangeria uma série de indicadores climáticos numerosa, dificultando a classificação (MACHADO et al., 2024).

No Brasil, o zoneamento bioclimático em vigor é proposto pela ABNT NBR 15220-3 (ABNT, 2024a), que divide o que divide o território brasileiro em seis zonas bioclimáticas, considerando características climáticas regionais como temperatura, umidade e radiação solar. As zonas 1 e 2, as mais frias, foram classificadas segundo invernos rigorosos ou moderados. A zona 3, de clima misto, e as zonas mais quentes (4 a 6) foram subdivididas em regiões de clima seco ou úmido. Questões específicas de disponibilidade de luz nesses municípios não foram abordadas.

Um estudo complementar a este (MATOS e SCARAZZATO, 2025) analisou a disponibilidade de luz natural e a autonomia luminosa nos municípios de Campinas, Bauru e São Carlos, avaliando as condições de iluminação natural em ambientes internos no contexto climático da Zona Bioclimática 3B. Como conclusão, destacou-se a necessidade de estratégias específicas para cada orientação das aberturas, a fim de equilibrar a disponibilidade de luz e minimizar os possíveis riscos de ofuscamento, garantindo o conforto visual adequado. Dessa forma, tornou-se necessária a avaliação do risco de ofuscamento nesses mesmos ambientes internos simulados nesses municípios.

2. Objetivo

O estudo tem como objetivo analisar o risco de ofuscamento em Campinas, Bauru e São Carlos, avaliando as condições de iluminação natural em ambientes internos no contexto climático da Zona Bioclimática 3B, caracterizada como mista e seca.

3. Método

A Zona 3B – mista e seca - caracteriza-se por apresentar duas estações bem definidas ao longo do ano, com temperaturas médias externas variando entre 20,9 °C e 22,9 °C (TBSm). Essa faixa térmica corresponde ao Intervalo 1 da ABNT NBR 15575-1 (ABNT, 2024b), e a umidade relativa média anual do ar externo é de até 73,2%, indicando condições predominantemente secas. Composta por 601 municípios, sendo Brasília/DF a cidade representativa, essa zona demanda estratégias específicas para o conforto térmico das edificações. As três cidades selecionadas para este estudo - Campinas, Bauru e São Carlos - estão classificadas na Zona Bioclimática 3B e estão situadas na região Sudeste e possuem dados climáticos semelhantes (Tabela 01).

Tabela 1: Dados climáticos dos municípios selecionados

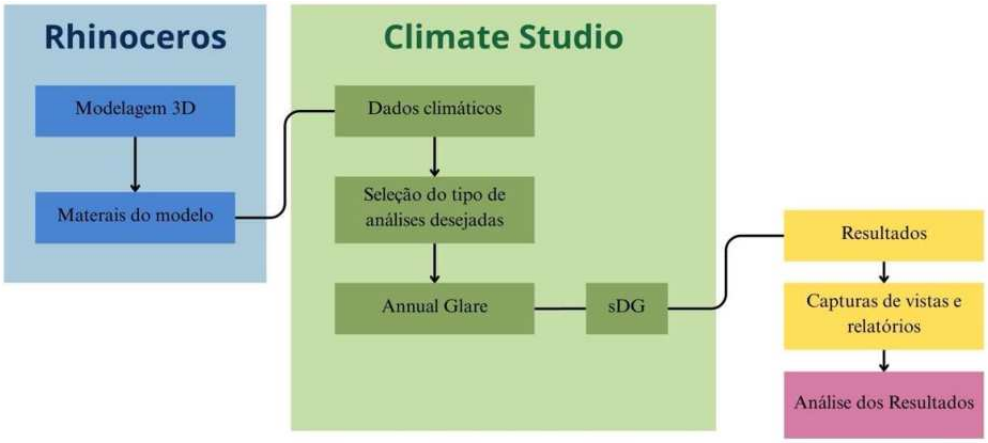
Município	Latitude	Longitude	Altitude	TBSm ºC	UR %	Média anual da Radiação Horizontal Global Diária W/m²	Média anual da Velocidade do Vento m/s	Média anual da Amplitude Térmica ºC
Campinas, SP	-22,91	-47,07	685	21,6	69	5.088	4	10,5
Bauru, SP	-22,32	-49,09	512	22,1	71	5.284	1,6	11,5
São Carlos, SP	-22,02	-47,89	844	21,2	70	4.971	4,1	10,4

Fonte: ABNT (2024).

O método adotado neste estudo baseia-se em simulação computacional, conforme ilustrado na Figura 1. Inicialmente, o modelo arquitetônico foi desenvolvido no software Rhinoceros, onde ocorreu a modelagem tridimensional e a definição dos materiais. Em seguida, os dados do modelo foram integrados ao Climate Studio, ferramenta utilizada para as simulações de iluminação. Nessa etapa, foram selecionados o tipo de análise desejada (Annual Glare) e a inserção dos dados climáticos específicos para os locais de estudos. As simulações geraram gráficos e dados da métrica sDG (Desempenho de Ofuscamento), que oferece uma avaliação espacial e anual do risco

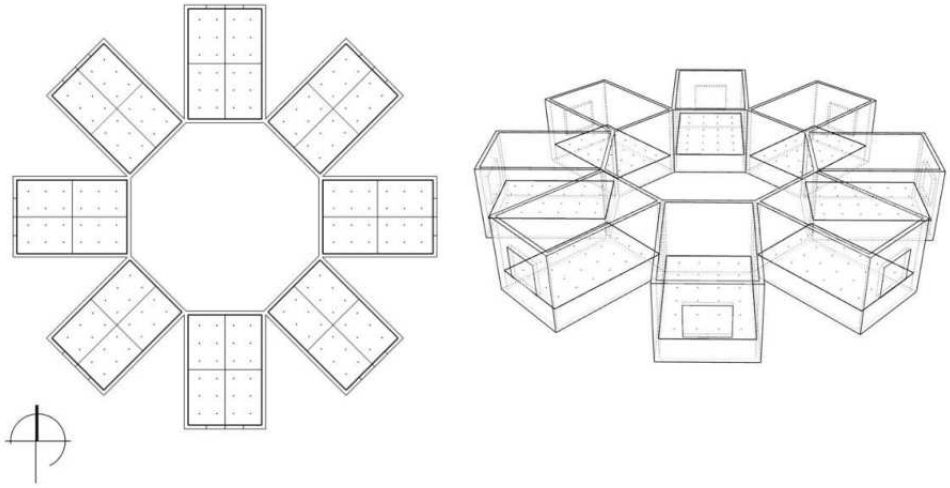
de ofuscamento em ambientes internos. O sDG é definido como a porcentagem de vistas que experimentam ofuscamento perturbador ou intolerável (DGP>38%) por pelo menos 5% das horas ocupadas (CEN, 2018).

Figura 1: Fases da simulação computacional



A proposta do modelo tridimensional consiste em um modelo simplificado, composto por um octógono, com oito ambientes de geometria retangular com dimensões de 3,0 metros de largura, 4,5 metros de profundidade e pé-direito de 3 metros. Cada ambiente possui uma única abertura, com dimensões de 150 x 120 cm e peitoril a 100 cm do piso, centralizada em uma das paredes. Neste volume genérico, a orientação da abertura foi definida para as quatro direções cardeais — norte, sul, leste e oeste —, além das quatro orientações intermediárias: nordeste, noroeste, sudeste e sudoeste. Para os materiais de acabamentos, foram utilizadas pintura clara nas paredes e no forro, com refletância de 83%, e piso cerâmico na tonalidade bege, com refletância de 33%. Os vidros empregados são simples e incolores (transmitância luminosa de 0,88; refletância luminosa 0,08; fator de ganho solar de 0,82). Por se tratar de um estudo cujo objetivo é analisar o risco de ofuscamento no contexto climático das cidades, não foram considerados volumes na envoltória da geometria analisada, assumindo-se, portanto, um ambiente com aberturas totalmente desobstruídas.

Figura 2: Modelo tridimensional genérico em planta e perspectiva

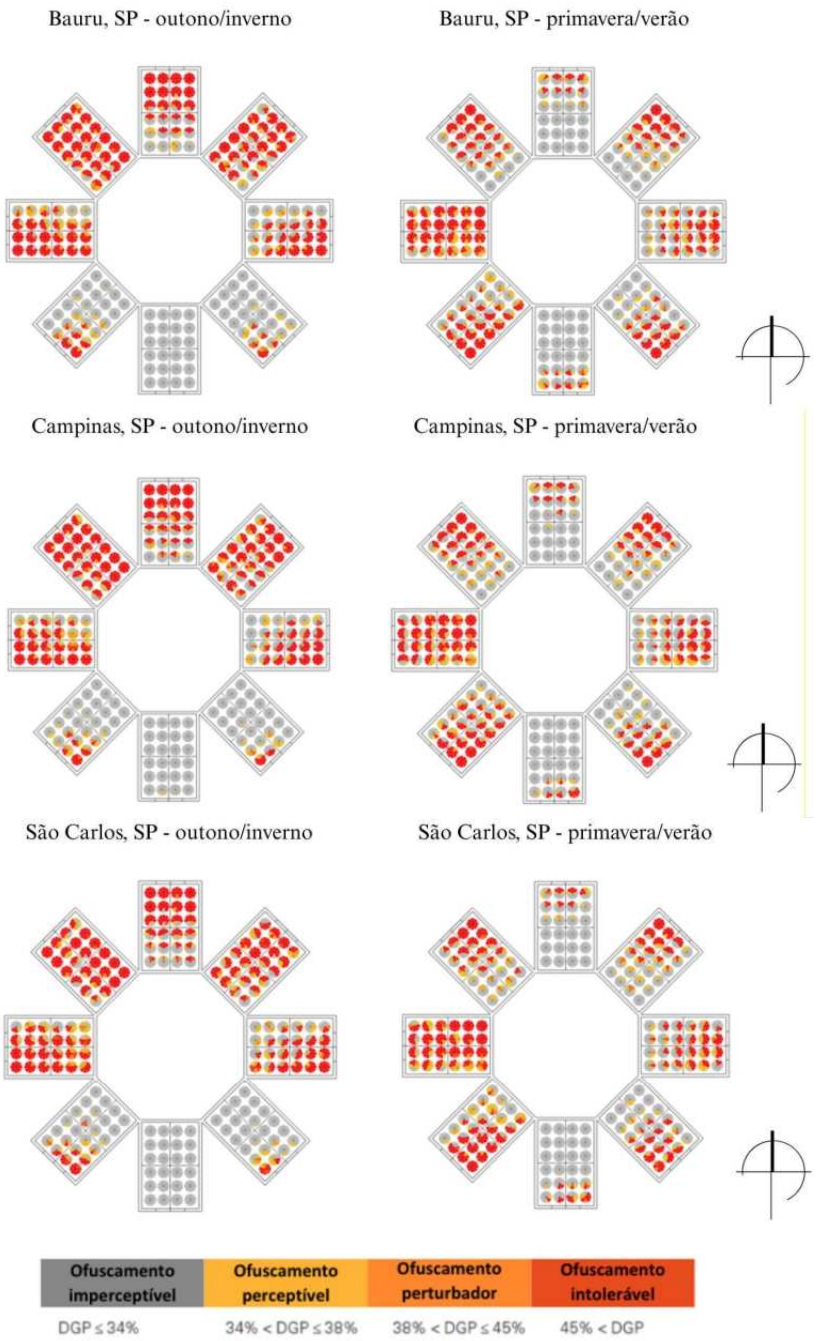


O ClimateStudio utiliza arquivos meteorológicos *Typical Meteorological Year* (TMY), que contêm dados horários medidos para uma variedade de grandezas físicas necessárias para a análise de desempenho ambiental. Esses dados incluem informações sobre radiação solar direta e difusa, temperatura, umidade relativa, velocidade e direção do vento. Por se tratar de regiões com clima bem definido para as estações do ano, há especificidades distintas entre os períodos frio e quente. Dessa forma, optou-se por separar as simulações em dois intervalos: outono/inverno de 21 de março a 22 de setembro, e o primavera/verão, de 23 de setembro a 20 de março. O horário de considerado para as análises foi das 8h às 18h.

4. Resultados

A métrica de ofuscamento utilizada neste estudo foi o sDG (Spatial Daylight Glare), que avalia a distribuição espacial do ofuscamento em um ambiente interno. A análise foi aplicada às três cidades (figura 3) considerando os dois períodos do ano, permitindo uma compreensão mais aprofundada sobre o risco de ofuscamento nos espaços estudados.

Figura 3: Resultados do SDG das três cidades para os dois períodos analisados.



Os gráficos de sDG complementam de forma significativa as análises anteriores de distribuição da luz contidas em trabalho complementar (MATOS e SCARAZZATO, 2025), evidenciando a forte relação entre o excesso de luz natural e o risco potencial de ofuscamento. Nas três cidades analisadas, observa-se que as orientações e os períodos do ano influenciam diretamente a distribuição e a intensidade do ofuscamento nos ambientes.

No período outono/inverno, a orientação sul não apresenta riscos de ofuscamento em nenhum dos ambientes analisados. As aberturas voltadas para sudeste e sudoeste mostram apenas pequenas áreas de risco, concentradas próximas às aberturas. Em contraste, os ambientes com aberturas orientadas para norte, nordeste, noroeste, leste e oeste apresentam alta suscetibilidade ao ofuscamento, abrangendo quase a totalidade das áreas internas e dos campos de visão associados. Esses dados reforçam que, mesmo no período do outono/inverno, as orientações mais expostas ao sol ao longo do dia continuam críticas quanto ao conforto visual.

No período primavera/verão, nota-se um leve aumento nas áreas suscetíveis ao ofuscamento. Pequenas áreas de risco aparecem nas aberturas voltadas para o sul, enquanto as áreas demarcadas nas orientações sudeste e sudoeste tornam-se mais pronunciadas. As orientações leste, oeste, nordeste e noroeste mantêm ampla suscetibilidade ao ofuscamento, com grandes áreas internas impactadas. Por outro lado, os ambientes voltados para o norte apresentam uma redução considerável das áreas de risco, limitando o ofuscamento às proximidades das aberturas, o que destaca um comportamento mais equilibrado dessa orientação no período quente.

Os gráficos de sDG reforçam a necessidade de estratégias específicas para mitigação do ofuscamento, alinhadas às orientações das aberturas e aos períodos do ano. Enquanto as orientações sul, sudeste e sudoeste apresentam baixo risco na maior parte do tempo, as demais — especialmente leste, oeste, nordeste e noroeste — requerem maior atenção, devido ao elevado potencial de ofuscamento em ambas as estações. O comportamento da orientação norte, que demonstra redução significativa de áreas problemáticas no período quente, aponta para sua maior adequação quando se busca um equilíbrio entre iluminação natural e conforto visual. Essas informações são cruciais para subsidiar decisões de projeto que priorizem o conforto ambiental e a eficiência energética.

4.1. Diretrizes de projeto

Com base na análise dos resultados de sDG, algumas diretrizes devem ser adotadas para minimizar os impactos do ofuscamento perturbador em ambientes internos. O comportamento da luz natural nas diferentes orientações e períodos do ano evidencia a necessidade de soluções específicas para cada situação.

4.1.1. Escolha Estratégica da Orientação das Aberturas

Priorizar aberturas voltadas para o sul sempre que possível, especialmente em ambientes que exigem conforto visual elevado, pois essa orientação apresenta menor risco de ofuscamento ao longo do ano. Evitar grandes superfícies envidraçadas voltadas para leste, oeste, nordeste e noroeste, pois essas orientações apresentam altos níveis de ofuscamento, com grandes áreas internas impactadas tanto no período outono/inverno quanto na primavera/verão. A orientação norte pode ser vantajosa no período primavera/verão, pois as áreas de risco de ofuscamento se reduzem significativamente, concentrando-se apenas próximas às aberturas.

4.1.2 Uso de Dispositivos de Proteção Solar

Brises horizontais são recomendados para aberturas voltadas para o norte, ajudando a equilibrar o ingresso de luz natural sem comprometer o conforto visual. Brises verticais e painéis móveis devem ser aplicados em fachadas leste e oeste, pois controlam melhor a incidência solar direta nos horários críticos do dia. A realização de novas simulações com diferentes configurações geométricas é desejável para validar a eficácia dos dispositivos e minimizar o risco de obstrução excessiva da luz.

4.1.3 Estratégias de Controle Interno da Iluminação

Cortinas ou persianas com ajuste dinâmico permitem maior flexibilidade no controle da luz, sendo essenciais para ambientes expostos ao leste e oeste, onde a incidência solar direta pode ser intensa em determinados horários. Uso de materiais de acabamento com reflexão controlada, evitando superfícies excessivamente reflexivas que possam ampliar os efeitos do ofuscamento. Preferir acabamentos foscos ou com índices de refletância moderados. Disposição do mobiliário

deve considerar os pontos de maior incidência de luz e orientar os postos de trabalho ou áreas de permanência de forma a minimizar a exposição direta ao brilho excessivo.

4.1.4 Análises e Simulações para Otimização do Conforto Visual

Incorporar simulações computacionais de iluminação natural na fase de projeto, utilizando métricas como sDG e DGP, para prever e corrigir potenciais problemas de ofuscamento antes da construção. Ajustar a transparência e a transmitância dos vidros conforme a orientação da fachada e as necessidades do ambiente, buscando um equilíbrio entre disponibilidade de luz natural e conforto visual.

A aplicação dessas diretrizes permite otimizar o aproveitamento da luz natural, reduzindo o impacto do ofuscamento perturbador e garantindo melhores condições de conforto visual nos ambientes internos ao longo do ano.

5. Conclusões

Os resultados deste estudo demonstram a influência da orientação das aberturas e das condições climáticas no risco de ofuscamento em ambientes internos nas cidades de Campinas, Bauru e São Carlos, classificadas na Zona Bioclimática 3B. A análise das métricas de sDG revelou que as fachadas voltadas para o sul, sudeste e sudoeste apresentam baixo risco de ofuscamento, enquanto as orientações leste, oeste, nordeste e noroeste são as mais críticas, com grandes áreas internas impactadas ao longo do ano. No período primavera/verão, as fachadas voltadas para o norte demonstraram um comportamento mais equilibrado, reduzindo significativamente as áreas de risco e destacando seu potencial para proporcionar iluminação natural com maior conforto visual.

Uma limitação deste estudo refere-se à consideração de uma geometria desobstruída para a simulação, sem a influência de edificações vizinhas, vegetação ou outros elementos do entorno. Esses fatores podem reforçar ou minimizar os riscos de ofuscamento, alterando significativamente a distribuição da luz natural nos ambientes. Portanto, destaca-se a importância de avaliar o contexto urbano específico ao aplicar as diretrizes de projeto, garantindo um planejamento mais preciso e adequado à realidade de cada local. Como desdobramento futuro, este estudo faz parte de uma pesquisa em andamento, que está expandindo as análises para

outros municípios com diferentes latitudes e classificações bioclimáticas. A realização de novas simulações com diferentes configurações de dispositivos de proteção solar é desejável para validar a eficácia dos dispositivos e minimizar o risco de obstrução excessiva da luz.

Referências Bibliográficas

ABNT. NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático por desempenho. São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2024a.

ABNT. NBR 15575-1 - Edificações habitacionais — Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. São Paulo. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2024b.

ABNT. NBR 15215-3 - Iluminação natural – Parte 3: Procedimentos para avaliação da iluminação natural em ambientes internos. São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2024c.

CEN – COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. EN 17037:2018 – Daylight in buildings. Brussels: CEN, 2018.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE. CIE 117:1995 – Discomfort Glare in Interior Lighting. Vienna: CIE, 1995.

DASH, P. K.; GUPTA, N. C.; RAWAT, R.; PANT, P. C. A novel climate classification criterion based on the performance of solar photovoltaic technologies. **Solar Energy**, v. 144, p. 392–398, mar. 2017.

FOTIOS, S.; KENT, M. Measuring Discomfort from Glare: Recommendations for Good Practice. **LEUKOS**, v. 17, n. 4, p. 338–358, out. 2021.

MACHADO, R.; BRE, F.; MAZZAFERRO, L; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. Bioclimatic zoning for building performance using tailored clustering method and high-resolution climate data. **Energy and Buildings.** v. 311, p. 114157, maio 2024.

MATOS, J. C. S. F; SCARAZZATO, P. S. Análise da disponibilidade e da autonomia da luz do dia em ambientes internos de três cidades paulistas na Zona Bioclimática 3B. In: Encontro Nacional de conforto no ambiente construído, 18, 2025. São Carlos. Anais[...]. São Carlos: [s.n.], 2025.

PALLA, A.; GNECCO, I.; LANZA, L. G. BARBERA, P. Performance analysis of domestic rainwater harvesting systems under various European climate zones. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 62, p. 71–80, maio 2012.

QUEK, G.; JAIN, S.; KARMANN, C.; PIERSON, C.; WIENOLD, J.; ANDERSEN, M. Comparison of questionnaire items for discomfort glare studies in daylit spaces. **Lighting Research and Technology,** v. 55, p. 730-758, out. 2023

SOUSA, A.; SANTOS, M.; MONTEIRO, L.; MENDES, L.; SOUZA, R. Ofuscamento em sala de aula sob novos parâmetros da ABNT NBR:15.215- 3 e perspectiva do usuário. In: ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO – ENSUS, 12., 2024, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte: UFMG, 2024.

VERICHEV, K.; CARPIO, M. Climatic zoning for building construction in a temperate climate of Chile. **Sustainable Cities and Society**, v. 40, p. 352–364, jul. 2018.

WALSH, A.; CÓSTOLA, D.; LABAKI, L. C. Review of methods for climatic zoning for building energy efficiency programs. **Building and Environment**, v. 112, p. 337–350, fev. 2017.

Wienold, J., & Christoffersen, J. Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. **Energy and Buildings**, v. 38, n.7, 743–757, jul. 2006.