ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Ofuscamento em salas de aula: análise de dispositivos de controle da luz natural

Glare in classrooms: analysis of daylight control devices

Carolina Lemonge Amorim
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | carolinalemonge@gmail.com
Luisa Fiorot Dell'Santo
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | luisafiorotds@gmail.com
Giovanna Barreto de Souza Machado
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | barreto.gsouza@gmail.com
Roberta Vieira Gonçalves de Souza
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | robertavgs2@gmail.com
Larissa Arêdes Monteiro
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | lalaredes@hotmail.com

Resumo

O *plug-in ClimateStudio* para *Rhinoceros* permitiu de forma inovadora que se calcule a distribuição anual de ofuscamento em um ambiente calculando dados horários da Probabilidade de Ofuscamento pela Luz Natural, DGP, introduzindo a métrica Ofuscamento Perturbador Espacial, sDG, que espacializa o ofuscamento considerado perturbador ou intolerável (DPG > 38%) em pelo menos 5% do tempo de ocupação para 8 direções de visualização em cada ponto durante o ano. Esta nova métrica foi incorporada à NBR 15.215-3:2024, aprovada em junho deste ano. No presente trabalho foi feita avaliação de dispositivos de controle em salas de aula de ensino superior no *plug-in ClimateStudio*, tendo sido considerados 48 cenários: para três salas de aula, quatro tipos de dispositivo e duas alturas de visão. No melhor dos cenários obteve-se 80,5% de redução de direções de visão com ofuscamento crítico em relação ao caso base.

Palavras-chave: Ofuscamento. Luz natural. Salas de aula. Dispositivos de sombreamento. ClimateStudio.

Abstract

The ClimateStudio plug-in for Rhinoceros has innovatively enabled the calculation of annual glare distribution in a space by computing hourly data of the Probability of Glare by Natural Light, DGP, which evaluates the likelihood of an observer experiencing glare in a given direction. It also introduces the Spatially Disruptive Glare metric, sDG, which spatially analyzes glare considered disruptive or intolerable (DGP > 38%) for at least 5% of the occupancy time for 8 viewing directions at each analysis point for the whole year. This new metric has been

Como citar:
AMORIM, C. L. et. al. Ofuscamento em salas de aula – análise de dispositivos de controle da luz natural ENTAC2024. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

incorporated into NBR 15.215-3:2024 approved in June 2024. The present paper presents an evaluation of control devices in higher education classrooms was conducted using the ClimateStudio plug-in, considering 48 scenarios: three classrooms, four types of devices, and two viewing heights. In the best-case scenario, an 80,5% reduction in critical glare viewing directions was achieved in relation to the base case.

Keywords: Glare. Daylight. Classrooms. Shading devices. ClimateStudio

INTRODUÇÃO

Astolfi *et al*. [1] avaliaram a qualidade ambiental de salas de aula, tendo constatado, que a qualidade visual exerce significativa influência no desempenho de aprendizagem. Isso se deve, sobretudo, pela necessidade de visão clara do quadro-negro e de tarefas visuais mais exigentes [2]. As atividades de aprendizagem e as configurações do ambiente em espaços educacionais, em geral, são mais rígidas [2], fazendo com que, quando há falhas projetuais ou impactos negativos por mudanças no entorno imediato, os usuários experienciem situações de desconforto [3].

O conforto visual dos alunos é influenciado pelo nível de iluminação percebido, pela satisfação com a vista, pela distribuição de iluminação, pela sensação de brilho, e também pela satisfação térmica e temperatura percebida [4].

A iluminação natural de qualidade em ambientes internos contribui para o conforto dos usuários, podendo impactar no desenvolvimento cognitivo destes [5]. Nesse sentido, o projeto arquitetônico deve considerar diversos fatores para atender às necessidades humanas e garantir a qualidade e a quantidade de luz natural desejável para a realização de tarefas [6, 7], tais como orientação das aberturas, implantação e desenho de fachada [8].

As normativas internacionais e nacionais passaram a abranger parâmetros mais objetivos e métodos que incluem recursos de simulação computacional de forma a obter uma avaliação mais completa e minuciosa da qualidade da iluminação natural em espaços internos [9]. A Norma Europeia, EN 17037 (2018) - Iluminação Natural em Edificações [10], embasou a determinação da qualidade da iluminação natural de ambientes internos, mediante a consideração de quatro critérios: vistas de qualidade para o exterior, autonomia mínima da iluminação natural, exposição mínima à luz solar em climas frios e avaliação da necessidade de proteção contra o ofuscamento.

No cenário brasileiro, a NBR 15.215-3 – Iluminação Natural - Procedimentos para avaliação da iluminação natural em ambientes internos foi publicada em junho de 2024 [11], incluindo critérios para a avaliação da qualidade da luz natural baseados no proposto pela EN 17037:2018.

Com relação a avaliação da probabilidade de ofuscamento, a NBR 15.215-3:2024 recomenda que esta seja realizada em ambientes onde são realizadas tarefas visuais exigentes, nos quais os usuários não possuem liberdade para escolherem seus lugares e direções de visão [11]. A mensuração do referido fenômeno é feita pela *Daylight Glare Probability* (DGP), proposta por Wienold e Christoffersen [12], que determina faixas de percepção do usuário, conforme Equação 1.

Equação 1: Cálculo DGP.

$$DGP = 5{,}87 \times 10^{-5} \times E_v + 9{,}18 \times 10^{-2} \times log\left(1 + \Sigma_i \frac{L_{s,i}^2 \times \omega_{s,1}}{E_V^{1,87} \times P_i^2}\right) + 0{,}16$$

Fonte: ABNT, 2024 [11].

Onde: *Ev*: Iluminância vertical no nível dos olhos; *Ls*: Iluminância da fonte; *P*: Posição; ω_s: Ângulo sólido; *i*: Número de fontes.

A relação entre as faixas de percepção do usuário e valores de DGP são apresentadas na Tabela 1, segundo a NBR 15215-3:2024 [11].

Tabela 1: Faixas de DGP

Critério	DGP
O ofuscamento não é percebido	DGP ≤ 0,34
O ofuscamento é percebido, mas na maioria das vezes não perturba	0,34 < DGP ≤ 0,38
O ofuscamento é percebido e muitas vezes perturba	0,38 < DGP ≤ 0,45
O ofuscamento é intolerável	DGP ≥ 0,45

Fonte: ABNT NBR 15.215:2024 [11], adaptada pelas autoras.

A NBR 15215-3:2024 sugere que seja prevista proteção para as aberturas quando diagnosticada a ocorrência do ofuscamento com base nos resultados de DGP espacial (DGPe). A norma classifica em níveis de I a III a necessidade de proteção, sendo o Nível III o maior nível de proteção (Tabela 2).

Tabela 2: Níveis de limiar DGPe<5% para proteção do brilho

Estilo	DGPe < 5%
Nível I	0,45
Nível II	0,38
Nível III	0,34

Fonte: ABNT NBR 15.215:2024 [11], adaptada pelas autoras.

A norma também recomenda que, para observar simultaneamente todas as direções de visão em que os valores de DGPe>5% são iguais ou estão acima de 0,38, utilize-se a grandeza *Spatial Disturbing Glare* (sDG). O cálculo desta grandeza, feito por simulação baseada no clima, é fundamentado nos valores de DGP por hora, para oito direções de visão em cada ponto analisado, em uma malha de pontos. A sDG representa então, em um único valor, a porcentagem de direções de visão da malha de pontos que experimenta DGP ≥ 0,38, valor que engloba a probabilidade de ocorrência de ofuscamento perturbador ou intolerável, em pelo menos 5% das horas ocupadas anualmente [14]. No que se refere às direções de visão, Monteiro [15], ao estudar o ofuscamento em salas de aula, propôs que ambientes internos sejam considerados como adequados quando o sDG for menor ou igual a 5% das direções de visão, parâmetro este adotado no presente artigo. Este percentual contabilizaria que o ofuscamento fosse permitido apenas na primeira fileira de carteiras próximas à abertura em uma sala de aula.

De acordo com Elsiana e Arifin [16], o uso de grandes fachadas de vidro em edifícios sem dispositivos externos de sombreamento leva a altos níveis de iluminação natural com distribuição desigual e probabilidade de ofuscamento, sendo a tela perfurada um dos sistemas de sombreamento que podem fornecer iluminação natural, vista adequada para o exterior e evitar a radiação solar direta em superfícies internas de um edifício. As autoras alegam que mais pesquisas são necessárias sobre o desempenho do PSF à luz do dia em integração com sistemas de iluminação natural. Já Dias *et al.* [17] colocam que, apesar de diversos estudos mostrarem a eficiência de brises na redução do consumo de energia, o controle do ofuscamento através das aberturas tem um efeito complexo no desempenho do edifício. Souza *et al.* [18], concluíram ao avaliar o ofuscamento em salas de aula por meio de simulação computacional e de questionários, concluíram que dispositivos de controle são essenciais para a mitigação do desconforto por ofuscamento pela luz natural nesses ambientes.

Monteiro [15] avaliou a ocorrência de ofuscamento das salas de aula do Centro de Atividades Didáticas 3 (CAD 3), da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte, Minas Gerais. Por meio de visita *in loco*, constatou-se a existência do incômodo por ofuscamento, uma vez que as janelas, mesmo com a presença de *brises* verticais e horizontais nas fachadas norte e sul, apresentam películas. Desta forma, este trabalho buscou analisar o ofuscamento e elaborar novos dispositivos de controle que atenuem o excesso de contraste e de brilho nestas salas, usando PSF e brises.

METODOLOGIA

A metodologia foi desenvolvida em quatro etapas: construção e configuração do modelo digital; seleção do objeto de estudo e avaliação da condição atual de ofuscamento; desenvolvimento de dispositivos de sombreamento e comparação entre os resultados gerados pelos dispositivos.

Foram avaliados os parâmetros relativos a ofuscamento definidos pela NBR 15.215-3:2024. Para a construção do modelo, realizou-se levantamento das características e da geometria dos ambientes, assim como do seu entorno.

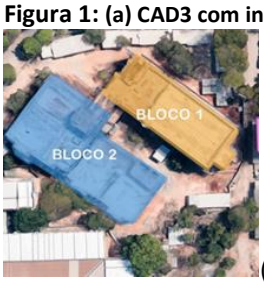
Este artigo deu continuidade ao estudo de Monteiro [15], buscando dispositivos de controle do ofuscamento que pudessem ser menos intrusivos às aberturas do que aqueles propostos pela autora. Foi avaliado o desempenho de avaliados dos dispositivos propostos em duas alturas de visão: a 1,20 m do piso, considerando o aluno sentado, e a 1,60 m do piso, considerando o professor em pé. Priorizou-se a avaliação de desempenho relativo à visão do professor, que geralmente dispõe de um posicionamento menos flexível na sala de aula e que forçosamente direciona sua visão para diversa direções.

OBJETO DE ESTUDO

O edifício CAD 3 foi inaugurado em 2018 e está localizado no *campus* Pampulha, da Universidade Federal de Minas Gerais. O edifício possui 10.874 m² de área construída

e divide-se em dois blocos: o Bloco 1 - cujo uso é voltado para salas de aula - e o Bloco 2, no qual o uso é de auditórios (Figura 1).

Figura 1: (a) CAD3 com indicação de blocos 1 e 2 e (b) vista aérea



(a)

(b)

Fonte: (a) Google Earth, 2022 - Modificado pelas autoras e (b) UFMG, 2021.

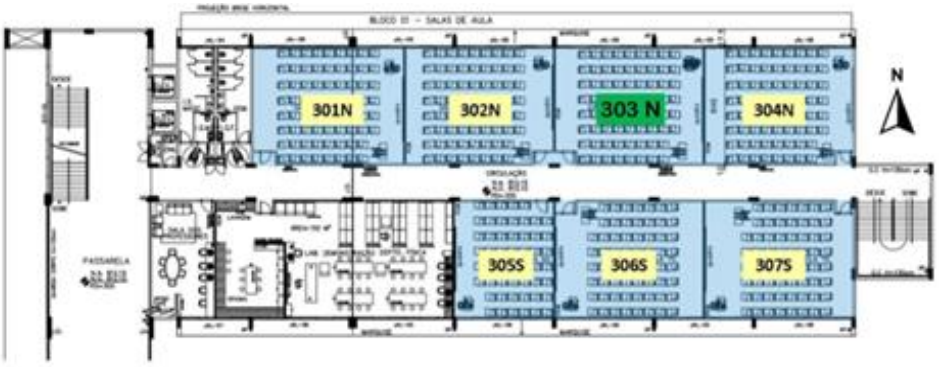
O Bloco 1, objeto de análise, tem quatro pavimentos e 25 salas de aula, com capacidade para atendimento simultâneo de até 1.690 estudantes. Analisaram-se três salas desta edificação voltadas para Norte todas com níveis críticos de sDG, de acordo com Monteiro [15]. As salas 203N, 303N e 403N, localizadas em pavimentos distintos, possuem 11,13 x 8,46m de profundidade e uma área de 93 m². O pé direito é de 3,0m as janelas de correr têm peitoril de 1,10m e altura de 1,90m com basculantes de 0,45m, e folhas de correr de 1,45m, em estrutura metálica com vidro incolor de 6 mm sobre o qual foi aplicada película [15]. Ver Figuras 2 e 3.

Figura 2: Fachada Norte e salas de estudo



Fonte: ArchDaily, 2021. Adaptado pelas autoras.

Figura 3: Planta do terceiro pavimento, como exemplo

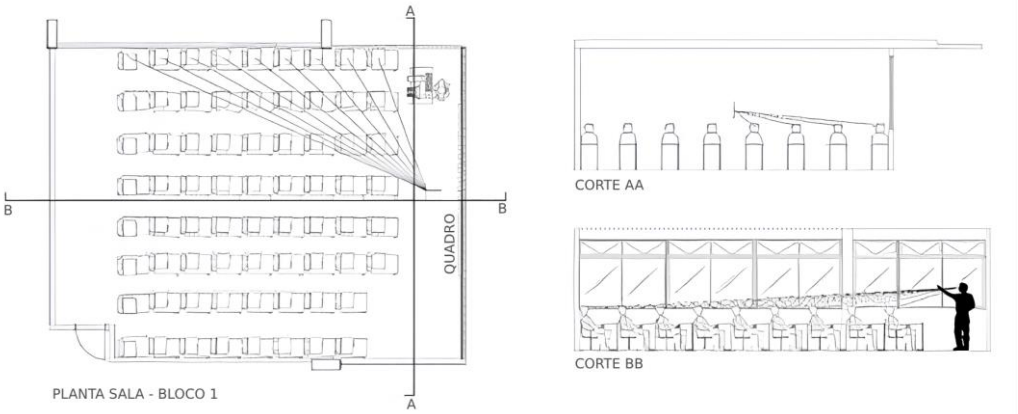


Fonte: Monteiro, 2023 [15]. Adaptado pelas autoras.

Elaboraram-se esquemas em planta e corte, a partir dos traçados das linhas de visão da localização do docente até as carteiras da fileira das janelas, localizadas na fachada

Norte (Figura 4). São essas as direções de visão que mostram maior probabilidade de ocorrência de ofuscamento em ambientes de sala de aula de ensino superior.

Figura 4: Planta da sala 303 e cortes - direção de ofuscamento crítico

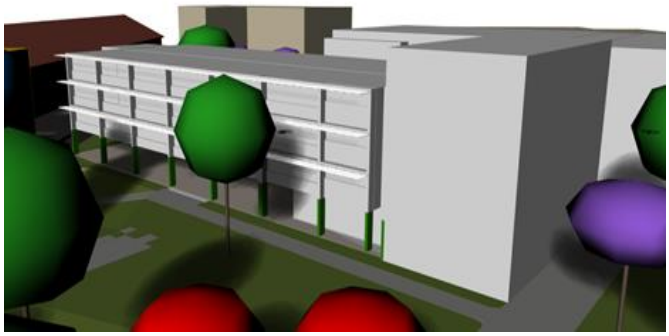


Fonte: DPFP – UFMG, adaptada pelas autoras.

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

O modelo tridimensional foi desenvolvido no programa *Rhinoceros 7* (Figura 5). Para as simulações foi utilizado o arquivo BRA_MG_Belo.Horizonte-Pampulha.AP.868000_INMET.epw-2018 [19] e as simulações foram feitas no *plugin ClimateStudio*. De acordo [11] as simulações foram feitas entre 08h e 18h, totalizando 3.650 horas anuais, sendo os sensores recuados das paredes e afastados uns dos outros por pelo menos 0,5 m.

Figura 5: Modelo 3D



Fonte: as autoras.

O Quadro 1 apresenta as propriedades ópticas dos materiais utilizados da biblioteca do programa *ClimateStudio*.

Quadro 1: Materiais e suas propriedades óticas

Superfície	Material - *Rhinoceros 7*	Propriedades
Árvores	*Grass 2*	Refletância =13,2%
Bandeiras e janelas de correr - vidro	*Solarban 60 (2) on Starphire*	Transmissividade = 81,3%
Bandeiras e janelas de correr - esquadria	*Grey Aluminium Window Frame*	Refletância = 43,3%
Blocos edificados	*Exterior white painted wall*	Refletância = 84,4%
Brises	*Aluminium Grey Overhang*	Refletância = 19,6%
Escada	*Grey Painted Pillars*	Refletância = 19,9%
Pavimentação	*Asphalt road 2*	Refletância = 15,7%
Parede - salas	*White Painted Walls*	Refletância = 84,0%
Piso salas e térreo	*Light Grey Floor Tiles Nonslip*	Refletância = 41,8%
Pisos externos/calçada	*Light Grey Floor Tiles Nonslip*	Refletância = 41,8%
Platibandas	*Grey Painted Pillars*	Refletância = 19,9%
Telhado cerâmico	*Red Brick 2*	Refletância = 18,4%
Teto/laje	*White Painted Walls*	Refletância = 84,0%
Vegetação	*Grass 2*	Refletância = 13,2%

Fonte: as autoras.

RESULTADOS

O objetivo deste estudo avaliar novos dispositivos além dos propostos por [15], com proposta de telas perfuradas e brises com aletas. A Tabela 3 apresenta os valores de sDG na condição original das três salas de aulas analisadas e para as duas alturas de visão.

Tabela 3: Percentual de direções de visão com DGP ≥ 0,38 em cada sala a 1,2 m e a 1,6 m

203N (1,2m)	203N (1,6 m)	303N (1,2m)	304N (1,6m)	403N (1,2m)	403N (1,6m)
45,80%	43,70%	46,50%	43,90%	46,60%	45,10%

Fonte: Monteiro, 2023 [15]. Adaptado pelas autoras.

SISTEMAS PROPOSTOS

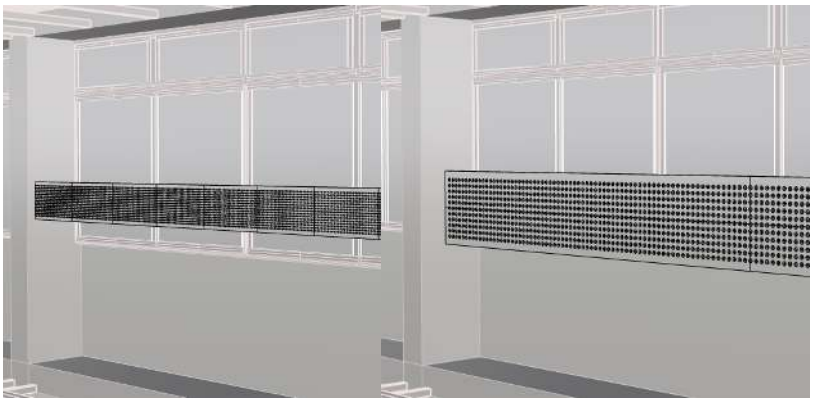
Foram testados dois tipos de sistema, sendo eles: placas perfuradas móveis no sentido horizontal e *brises* verticais e horizontais. As placas, com perfurações circulares, foram modeladas diretamente no programa *Rhinoceros 7* e suas especificações são apresentadas no Quadro 2 e na Figura 6.

Quadro 2: Características das placas perfuradas

Modelo	Material - *Rhinoceros 7* Propriedades
Placa perfurada 1	Furos de 1,0 cm de diâmetro, espaçados a 1,0cm. Posicionada a 135,0cm do piso e com altura de 35 cm. Afastada em 40,0 centímetros da janela.
Placa perfurada 2	Furos de 3,0 cm de diâmetro, espaçados a 2,0cm. Posicionada a 105,0cm do piso e com altura de 65,0cm. Afastada em 26,5 centímetros da janela.

Fonte: as autoras.

Figura 6: Placas perfuradas



Nota: Placa perfurada 1, à esquerda. Placa perfurada 2, à direita. Fonte: as autoras.

Para os *brises*, foram elaborados quatro dispositivos com aletas, avaliados em posição perpendicular e angulada. Analisar os resultados a partir desta variação foi fundamental para entender o desempenho dos dispositivos para controle de ofuscamento, uma vez que foram previstos elementos móveis, sendo a rotação uma de suas funcionalidades. Aplicou-se nestes o material *Aluminium Grey Overhang* com refletância (Rvis) de 20%. As características de cada dispositivo são apresentadas no Quadro 3 e na Figura 8.

Quadro 3: Características dos brises com aletas testados.

Modelo	Características
Brise horizontal 1	4 aletas de 30 cm (profundidade) por 5 cm (espessura), espaçadas a cada 30cm. Afastado em 20 centímetros da janela.
Brise horizontal 1.2	4 aletas de 30 cm (profundidade) por 5 cm (espessura), espaçadas a cada 30 cm – anguladas 15°
Brise vertical 2	8 aletas de 75cm (profundidade) por 5cm (espessura), espaçadas a cada 75 cm. Afastado em 10 centímetros da janela.
Brise vertical 2.2	8 aletas de 75cm (profundidade) por 5cm (espessura), espaçadas a cada 75 cm – anguladas 25°.
Brise vertical 3	12 aletas de 75cm (profundidade) por 5cm (espessura), espaçadas a cada 50cm. Afastado em 10 centímetros da janela.
Brise vertical 3.2	12 aletas de 75cm (profundidade) por 5cm (espessura), espaçadas a cada 50cm – anguladas 12°.
Brise vertical 4	12 aletas de 50cm (profundidade) por 5 cm (espessura), espaçadas a cada 50 cm. Afastado em 15 centímetros da janela.
Brise vertical 4.2	12 aletas de 50cm (profundidade) por 5 cm (espessura), espaçadas a cada 50 cm – anguladas 25°.

Fonte: as autoras.

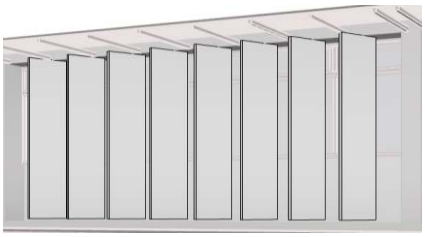
Figura 7: Dispositivos com aletas desenvolvidos



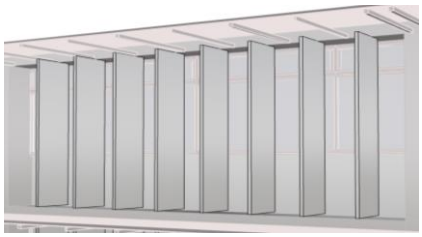
(1)



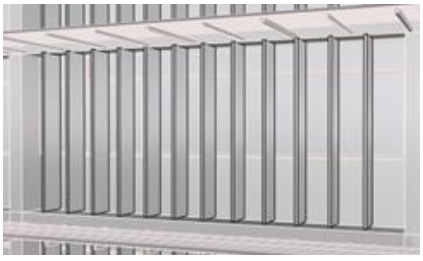
(1.2)



(2)



(2.1)



(3)



(3.1)



(4)



(4.1)

Fonte: as autoras.

RESULTADOS PARA AS PLACAS PERFURADAS

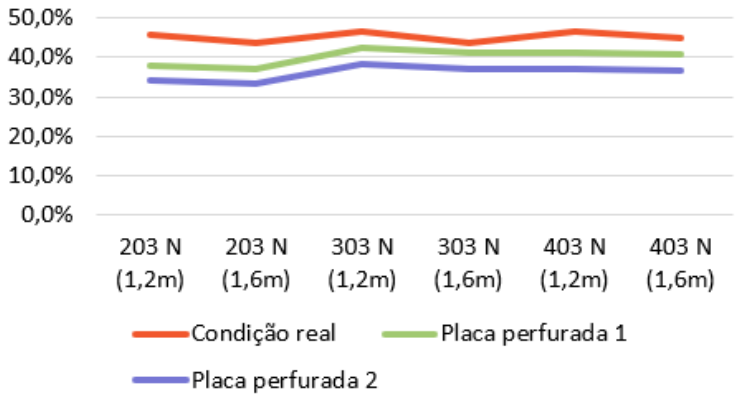
Os modelos de placas perfuradas não obtiveram reduções significativas da probabilidade de ofuscamento, sendo a máxima variação de 25,5% em relação ao caso base, a partir da adoção da placa 2 na sala 203N, na altura de visão de 1,2 m (Tabela 4, Figura 8).

Tabela 4: SDG para as placas perfuradas

Dispositivos	203N (1,2m)	203N (1,6m)	303N (1,2m)	303N (1,6m)	403N (1,2 m)	403N (1,6m)
Condição real	45,8%	43,7%	46,5%	43,9%	46,6%	45,1%
Placa perfurada 1	37,8%	37,1%	42,4%	41,2%	41,4%	40,6%
Placa perfurada 2	34,1%	33,2%	38,3%	37,2%	37,0%	36,7%
Variação percentual máxima	25,5%	24,0%	17,6%	15,3%	20,6%	18,6%

Fonte: as autoras.

Figura 8: Comparação entre o sDG obtido pelo uso de placas perfuradas e a condição real



Fonte: as autoras.

RESULTADOS PARA OS BRISES

Os *brises* horizontais tipo 1 com quatro aletas de 30 cm, culminaram em níveis de sDG abaixo de 20%, na maioria das salas para as 2 alturas de visão, mas não atenderam aos valores considerados como adequados, mesmo quando inclinados. Os cenários testados com *brises* verticais 2 e 2.2 apresentaram níveis de ofuscamento similares aos dos *brises* horizontais, entretanto, com desempenhos inferiores aos dos dispositivos 1 e 1.2.

A partir deste entrave inicial, foram testados dispositivos verticais com aletas menos espaçadas. Assim, os *brises* tipo 3 foram modelados com doze aletas de 75 cm de profundidade espaçados a cada 50 cm.

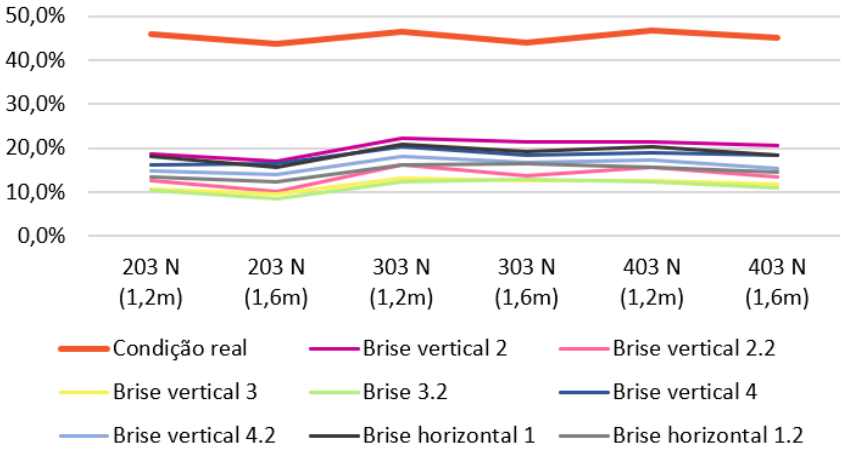
Os resultados obtidos comprovaram o aumento do controle do ofuscamento nas salas em relação aos modelos passados (Tabela 5 e Figura 10).

Tabela 5: SDG para os brises com aletas

Dispositivos	203N (1,2m)	203N (1,6m)	303N (1,2m)	303N (1,6m)	403N (1,2 m)	403N (1,6m)
Condição real	45,8%	43,7%	46,5%	43,9%	46,6%	45,1%
Brise horizontal 1	18,1%	15,7%	21,0%	19,2%	20,3%	18,5%
Brise horizontal 1.2	13,4%	12,4%	16,3%	16,6%	15,7%	14,5%
Brise vertical 2	18,7%	17,1%	22,3%	21,5%	21,5%	20,5%
Brise vertical 2.2	12,5%	10,1%	16,1%	13,7%	15,6%	13,4%
Brise vertical 3	10,8%	9,5%	13,1%	12,6%	12,6%	11,8%
Brise vertical 3.2	10,4%	8,5%	12,3%	12,8%	12,3%	11,1%
Brise vertical 4	16,3%	16,5%	20,2%	18,5%	19,0%	18,5%
Brise vertical 4.2	14,7%	13,9%	18,0%	16,7%	17,2%	15,4%
Variação percentual máxima	77,3%	80,5%	73,5%	71,3%	73,6%	75,4%

Fonte: as autoras.

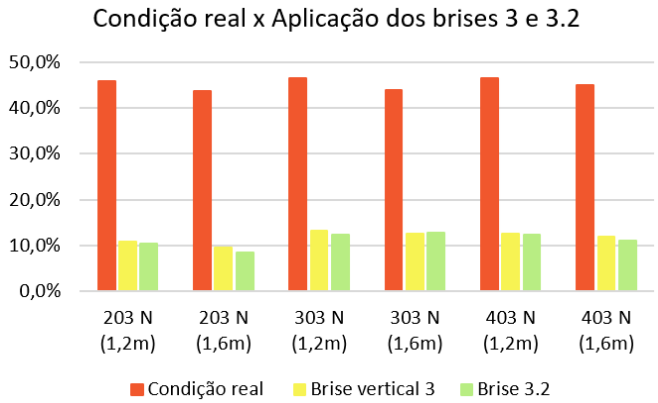
Figura 10: Comparação entre o sDG obtido pelos brises e pela condição real



Fonte: as autoras.

Por meio dos resultados, percebeu-se que o aumento da quantidade de aletas, com menor profundidade, gerou valores similares aos dispositivos de número inferior de aletas, mas com unidades mais profundas, sendo os casos dos *brises* 4 e 2. Com o aumento no número de aletas na janela com o *brise* em ângulo perpendicular à janela gerou melhora significativa da condição interna dos ambientes. O *brise* vertical 3 obteve desempenho superior a todos os outros dispositivos simulados, sejam eles retos ou angulados, além de ter seu desempenho aumentado ao ser posicionado não perpendicularmente à janela (Figura 11). Os *brises* projetados não reduziram a ocorrência de ofuscamento até o nível limiar esperado de sDG (≤ 0,38, em 5% do tempo, em 5% de direções da visão), mas promoveram reduções de até 80,5% nas direções de visão que apresentaram desconforto gerado pelo fenômeno (Tabela 5).

Figura 11: Nível de ofuscamento das salas de aula na condição real e com a adoção dos *brises* tipo 3



Fonte: as autoras.

Apesar de não mostrados no presente estudo, ressalta-se que os critérios de autonomia de luz natural e a vista para o exterior foram analisadas junto aos resultados para o ofuscamento sendo verificado que o uso de dispositivos reduz a autonomia de luz natural e a vista para o exterior. No entanto, neste estudo, tais métricas permaneceram com resultados suficientes, segundo a NBR 15215-3:2024 [11].

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a condição real de ofuscamento de salas de aula de uma instituição de ensino superior e propôs dispositivos que contribuíssem para a redução do desconforto visual percebido em campo e em simulação. A partir dos resultados iniciais, percebeu-se a necessidade de elaboração de dispositivos de controle que reduzissem o ofuscamento e que pudessem ser operados pelos usuários. Dentre os modelos testados, três apresentaram melhor desempenho no controle do desconforto visual, ao mesmo tempo em que permitiam a vista para o exterior. O sistema que promoveu a maior redução do ofuscamento foi o *brise* tipo 3, o qual foi proposto com aletas mais profundas e menos espaçadas. Apesar da redução de até 80,5% da condição real de ofuscamento da sala, este artigo não encontrou dispositivos que atingissem o nível limiar proposto por Monteiro [15].

Durante o processo de avaliação, percebeu-se a importância de se pensar no projeto de iluminação holisticamente, considerando fatores para além da quantidade de luz nos ambientes internos. No âmbito escolar, a avaliação das salas de aula sob diversos aspectos é relevante para conferir suas boas condições de uso destas, tendo em vista a importância da atividade desenvolvida, a capacidade da edificação de receber um alto fluxo de usuários e de as tipologias universitárias possuírem funcionamento prolongado, de até doze horas diárias - diferentemente do disposto pela Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas - INI-C [20] que estabelece como parâmetro de análise um funcionamento por apenas oito horas diárias para tipologias escolares.

Na análise da condição real do edifício, notou-se que a ocorrência do ofuscamento apresenta valores maiores à altura de visão do aluno do que à do professor. No geral, tal fato se repete com o uso dos dispositivos de controle testados. Apesar desta avaliação indicar que o aluno possa ser o usuário que mais experimenta o ofuscamento nesses espaços, o estudo compreende, assim como indicado em Monteiro [15], que o professor, que possui o campo de visão médio a 1,60 m do piso, possui menos liberdade ao orientar olhar para direções de visão menos incômodas. Além disso, as principais direções de visão do professor, tanto no eixo vertical quanto horizontal, coincidem justamente com os planos de vidros desobstruídos, nos quais, há maior percepção da reflexão da luz nos volumes externos à edificação em estudo, sendo potenciais agravadores para a percepção de ofuscamento. Através do traçado dos ângulos de visão e das aberturas nas salas, entendeu-se ainda que a vista para o exterior do aluno é comprometida pelo peitoril das janelas, que se encontra na altura de 1,10 m do piso, sendo o campo de visão médio do observador sentado é de 1,20 m.

Embora os resultados para o ofuscamento não sejam mais satisfatórios do que as soluções propostas por [15] notou-se ganho no desenho de dispositivos de controle otimizados, com preservação dos demais aspectos da qualidade da luz natural em espaços internos. Compreende-se que estudos futuros devem incluir a análise da percepção do usuário verificada in loco ou por meio de questionários para maior compreensão da eficiência dos dispositivos de controle e dos valores limiares propostos para sDG. Entende-se ainda, que mais estudos devem ser feitos para as placas perfuradas, que apresentaram resultados pouco satisfatórios para o controle de ofuscamento. Sendo elementos cada vez mais usados na arquitetura contemporânea, entende-se que o processo de simulação dos mesmos deve contar com dados medidos de transmitância luminosa global do sistema e não apenas com a representação de furos, que parece não interpretar adequadamente o comportamento deste tipo de dispositivo.

Projetos que pretendem adotar a luz natural como a principal fonte de iluminação devem planejar cautelosamente as aberturas, considerando a influência do entorno, seja ele edificado ou não. O protagonismo da iluminação natural traz, sem dúvidas, grandes benefícios à saúde de seus usuários e, também, promove redução de gastos com energia elétrica. Entretanto, caso a avaliação da qualidade da iluminação natural seja desconsiderada na fase de projeto, esta pode criar obstáculos à plena ocupação do espaço.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq por Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) por financiamento para participação em Congresso.

REFERÊNCIAS

[1] ASTOLFI, A.; PELLEREY, F. Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms**. The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 123, p. 163 -173, jan. 2008. DOI: https://doi.org/10.1121/1.2816563. PMID: 18177148

[2] BIAN, Y.; CHEN, Y.; SUN, Y.; MA, Y.; YU, D.; LENG, T. Simulation of daylight availability, visual comfort and view clarity for a novel window system with switchable blinds in classrooms. **Building and Environment**, v. 235, mar. 2023. Elsevier BV. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110243.

[3] FERNANDES, Júlia Teixeira, **Qualidade da iluminação natural e o projeto arquitetônico:** a relação da satisfação do usuário quanto à vista exterior da janela e a percepção de ofuscamento. 2016. xii, 337 f., il. Tese. Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

[4] FAKHARI, M; VAHABI, V.; FAYAZ, R. A study on the factors simultaneously affecting visual comfort in classrooms: A structural equation modeling approach. **Energy & Buildings**, v. 249, out. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111232

[5] LIU, B.; LIU, Y.; DENG, Q.; HU, K. A study on daylighting metrics related to the subjective evaluation of daylight and visual comfort of students in China. **Energy & Buildings**, v. 287, mar. 2023. Elsevier BV. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113001

[6] NÚÑEZ, D. G. M. **La iluminación natural en los espacios arquitectónicos educativos interiores:** modelo de indicadores de diseño. Dissertação. Maestria en ciencias del hábitat con orientación terminal en arquitectura, Faculdad del Habitat, Universidad Autonoma de San Luis Potosi, 2010.

[7] SAMIOU, A.I.; DOULOS, L.T.; ZEREFOS, S. Daylighting and artificial lighting criteria that promote performance and optical comfort in preschool classrooms. **Energy & Buildings**, v.258, mar. 2022. Elsevier BV. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111819

[8] ERDEMİR ŞENDUR, G.; KÖKNEL YENER, A. Climate-responsive daylight system design for primary schools in Türkiye. **Megaron Journal**, v. 18, n. 4, p. 547-559, dez. 2023. DOI: https://doi.org/10.14744/megaron.2023.65289

[9] LEAL, L. de Q.; LEDER, S. M. Iluminação natural e ofuscamento: estudo de caso em edifícios residenciais multipavimentos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4,p. 97-117, out./dez. 2018. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

[10] CEN – European Committee for Standardization. EN 17037. Daylight in buildings. Brussels 2018.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.15-3 - Iluminação natural - Procedimentos para avaliação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, ABNT, 2024.

[12] WIENOLD, J; CHRISTOFFERSEN, J. **Towards a new daylight glare rating**. In *Lux Europa 2005, Berlim,* pp. 157-161, 2005.

[13] MONTEOLIVA, J. M.; GARRETÓN, J. A. Y; PATTINI, A. E. **Comparative Investigation of Daylight Glare Probability (DGP) Comfort Classes in Clear Sky Condition**. Journal of Daylighting, v. 8, p. 284-293, nov.dez/2021. DOI: https://dx.doi.org/10.15627/jd.2021.22

[14] SOLEMMA, ***Plugin ClimateStudio: Annual Glare***. Em: https://climatestudiodocs.com/docs/annualGlare.html. Acesso em 27 mai. 2024.

[15] MONTEIRO, L. A. **Iluminação natural em salas de aula: análise de novos parâmetros normativos**. 2023. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) - rograma de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

[16] ELSIANA, F; ARIFIN, L. S. — Daylighting Evaluation of Perforated Screen Façade with Light Shelf in the Tropics **DIMENSI**: Journal of Architecture and Built Environment, Vol. 51, No. 1, July 2024. DOI: https://doi.org/10.9744/dimensi.51.1.39-48

[17] DIAS, L. de S.; SOUZA, H. A. de; GOMES, A. P.; CAETANO, L. F.; CAMARGOS, B. H. L..; TRIBESS, A. Simulação termoenergética e lumínica de fachadas com brises no clima tropical. **PARC Pesq.emArquit.eConstr**.,Campinas,SP,v.14,n.00,p.e023001,2023. DOI: https://doi.org/10.20396/parc.v14i00.8667538

[18] SOUZA, A. P. S.; SANTOS, M. S.; MONTEIRO, L. A.; MENDES, L. C. F.; SOUZA, R. V.G. Ofuscamento em sala de aula sob novos parâmetros da ABNT NBR:15.215-3 e perspectiva do usuário. ENSUS 2024, Belo Horizonte, 2024.

[19] PBE Edifica. INMET 2018. **PBE Edifica Arquivos Climáticos**, 2024. Disponível em: http://pbeedifica.com.br/arquivos-climaticos. Acesso em: 01 mai. 2024.

[20] BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO. Instrução Normativa para a classificação de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas - INI-C. Portaria N° 42, de 24 de fevereiro de 2021. Brasília, 2021, 133 p.