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

Edifícios com fachada dupla: impactos dos brises na iluminação natural em diferentes latitudes

Buildings with double skin facade: impacts of sunshades on the daylighting at different latitudes

Eduarda da Silva Salgado
Universidade do Estado do Rio de Janeiro | Petrópolis | Brasil |
esalgado@esdi.uerj.br
João Pedro de Melo Souza
Universidade Federal de Juiz de Fora | Juiz de Fora | Brasil |
pedro.melo@estudante.ufjf.br
Klaus Chaves Alberto
Universidade Federal de Juiz de Fora | Juiz de Fora | Brasil |
klaus.alberto@arquitetura.ufjf.br
Sabrina Andrade Barbosa
Universidade do Estado do Rio de Janeiro | Petrópolis | Brasil |
sandrade@esdi.uerj.br

Resumo

A fachada dupla (FD) consiste em uma camada externa envidraçada colocada sobre a fachada do edifício, formando uma cavidade de ar que pode incorporar dispositivos de sombreamento. Embora existam relevantes estudos sobre o desempenho térmico dos sistemas de FD, trabalhos sobre a influência de elementos arquitetônicos no desempenho da iluminação natural em tais edificações ainda são poucos. Esse artigo tem como objetivo comparar o impacto de brises colocados na cavidade da FD sob diferentes ângulos, larguras e posições no desempenho da iluminação natural de um edifício institucional em duas latitudes, 30°S e 19°S. Para isto, foi utilizada simulação computacional paramétrica por meio do plugin ClimateStudio e os resultados foram analisados a partir da métrica *Useful Daylight Autonomy* ($UDI_{300\text{-}3000lx}$). Os resultados não indicaram diferenças relevantes entre as latitudes simuladas, mas indicaram que brises mais horizontalizados, com tamanhos menores e posicionados próximo da camada interna da cavidade garantem a melhor iluminação para os ambientes internos.

Como citar:

SALGADO, E. S. et. al. Edifícios com fachada dupla: impactos dos brises na iluminação natural em diferentes latitudes. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

Palavras-chave: Fachada Dupla. Luz Solar Direta. Métrica UDI. Parametrização Computacional. Brise.

Abstract

The double skin facade (DSF) consists of a glazed outer layer placed over the building facade, forming an air cavity that can incorporate shading devices. Although there are relevant studies on the thermal performance of DSF systems, studies on the influence of architectural elements on the performance of natural lighting in such buildings are still few. This paper aims to compare the impact of sunshades located within the DSF cavity at different angles, widths, and positions on the natural lighting performance of an institutional building at two latitudes, 30°S and 19°S. For this, parametric computational simulation was carried out by using the ClimateStudio plugin, and the results were analyzed using the Useful Daylight Autonomy metric ($UDI_{300\text{-}3000lx}$). The results did not indicate relevant differences between the simulated latitudes, but they demonstrated that more horizontal sunshades, with smaller sizes and positioned close to the internal layer of the cavity provide better daylighting for internal environments.

Keywords: Double skin façade. Direct sunlight. UDI metric. Computational Parameterization. Brise.

INTRODUÇÃO

A iluminação natural é necessária para a vida humana em distintos aspectos. Nas edificações, ela auxilia na redução da dependência de energia elétrica, contribui para a redução da emissão de gás carbônico [1] e promove a saúde dos usuários ao estimular a produção de vitamina D e regular o ritmo circadiano do corpo [2, 3]. A incidência de luz solar direta na abertura da fachada de um edifício pode ser um problema relacionado à iluminação excessiva dependendo da latitude ou do clima local [4]. Com isso, o uso de dispositivos de sombreamento pode ser uma solução interessante, principalmente em edifícios envidraçados, como em casos com fachada dupla (FD).

A Fachada Dupla (FD) é um componente arquitetônico capaz de melhorar o conforto térmico, acústico e luminoso em uma edificação [5]. Ela é constituída por uma camada externa de vidro colocada sobre a fachada convencional do edifício, formando uma cavidade de ar entre elas [6]. Diversas configurações de dispositivos de sombreamento colocados em FD têm sido investigadas, como seu controle operacional [7], cor, altura [8], ângulos e larguras [9], taxa de perfuração [10] e até mesmo o uso de vegetação [11]. Kim *et al*. [12] explicaram que no verão, quando o sol está mais alto no céu, os brises podem impedir a luz solar direta no espaço interior. Todavia, durante os equinócios, o sistema é mais eficaz na redução da iluminância no espaço frontal dos ambientes, bem como na melhoria da uniformidade da iluminação quando comparado aos casos sem dispositivos de sombreamento. Em geral, os estudos têm indicado que quando um dispositivo de sombreamento é implantado, níveis mais baixos de iluminância são observados no ambiente interno [8], aumentando o consumo de energia devido à iluminação artificial [13, 14]. Os dispositivos também aumentam a uniformidade da distribuição da luz [11], enquanto os casos sem proteção solar podem resultar em um alto risco de ofuscamento [15].

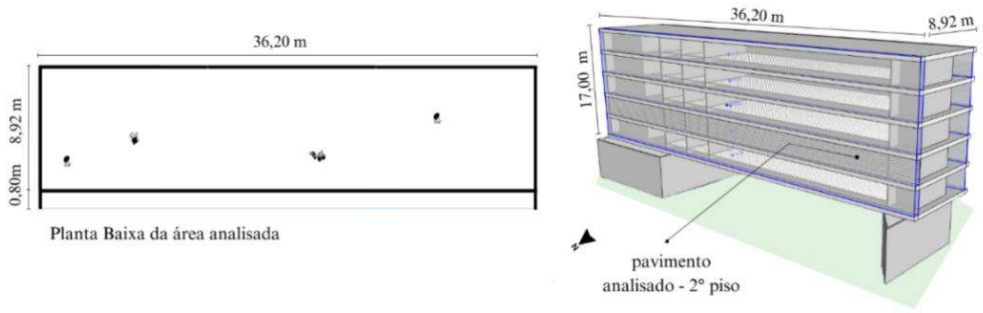
Em relação aos ângulos de rotação dos brises, alguns trabalhos têm identificado que brises posicionados em uma posição mais vertical comprometem a luz natural interior. Nesta configuração, o estudo de Luo *et al.* [9], por exemplo, investigou o uso de brises feitos com painéis fotovoltaicos sob a latitude 28°N. Para o autor, ângulos de 45° podem proporcionar uma iluminação visualmente desconfortável no ambiente. Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Kim *et al*. [12], que avaliou diferentes configurações sob o céu claro com altitude solar de 52.5° no hemisfério norte. Nesse estudo, os autores concluíram que ângulos com posicionados horizontalmente entre 30° e 0°, para o solstício de verão, e -30° e 0°, para o solstício de inverno, são mais apropriados. Com isso, brises mais horizontais podem garantir uma iluminação natural mais adequada. É importante observar que as diversas métricas e parâmetros utilizados para avaliar a disponibilidade de luz natural em edifícios e modelos com FD revelam que ainda não está claro o que é identificado como iluminação aceitável, o que pode ser uma barreira para uma compreensão abrangente do seu desempenho luminoso e conforto interior. Dessa forma, considerando a necessidade de entender como a implementação de dispositivos de sombreamento em edificações com FD impactam a iluminação natural que atinge seu interior, esse artigo tem como objetivo comparar a influência de diferentes ângulos, largura e posicionamento dos brises colocados na cavidade da FD.

METODOLOGIA

O modelo de edificação usado neste estudo foi baseado no projeto de um edifício com FD da UFCSPA (Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre). No modelo, a FD, com profundidade de 80,0cm, foi implementada orientada para o norte. As informações dos materiais configurados encontram-se na Quadro 1. A Figura 1 apresenta as características e configurações dos modelos investigados. É importante observar que nesse caso o entorno urbano, assim como, mobiliário e divisórias não foram consideradas.

nos ambientes internos podem aproximar as simulações de situações mais realísticas

Figura 1: Planta baixa e modelo 3D simulado.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

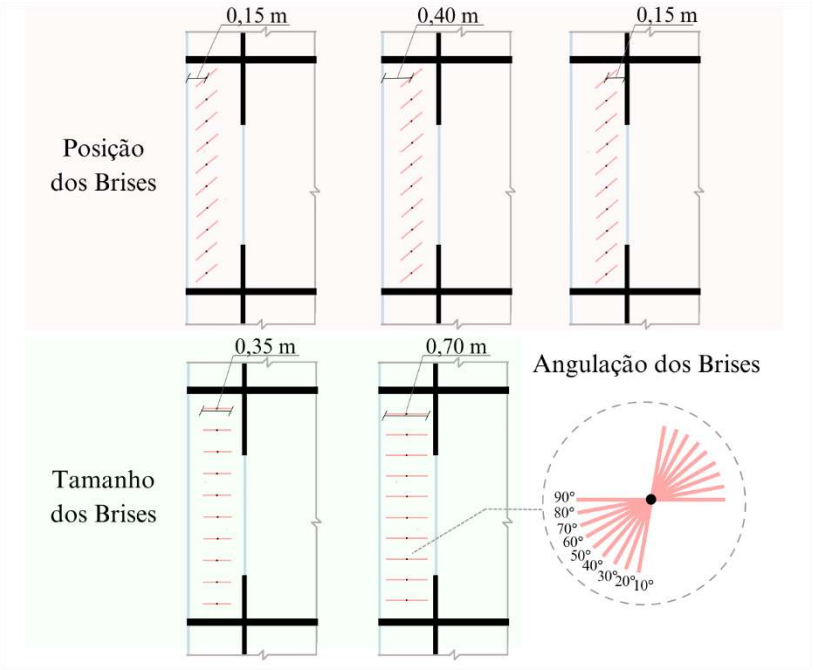
Quadro 1: Materiais configurados no modelo simulado

Materiais da fachada dupla			Materiais do ambiente interno	
Camada interna (PAF 100%) – vidro simples claro	Transmitância: 89.0%	Espessura: 5,8mm	Parede em Alvenaria (Branco)	Refletância difusa: 50.0% Refletância espectral: 0.0%
Camada externa - vidro simples claro	Transmitância: 89.0%	Espessura: 5,8mm	Piso em Madeira (Marrom)	Refletância difusa: 20.0% Refletância espectral: 0.0%
Brise (Branco)	Refletância difusa: 50.0% Refletância espectral: 0.0%	Comprimento: 35,0cm e 70,0cm	Teto em Gesso (Branco)	Refletância difusa: 70.0% Refletância espectral: 0.0%

Fonte: Solemma INC. [16]

Três configurações dos dispositivos de sombreamento foram testadas: i) ângulos de brises, que variam de 90° a 10° (de 10 em 10°); ii) posicionamento do brise na cavidade, considerando as aletas próximas à camada interna, à camada externo e no centro da cavidade e iii) largura dos brises, em que foram testados aletas de 35,0cm e 70,0cm de largura (Figura 2).

Figura 2: Parâmetros utilizados nas simulações.

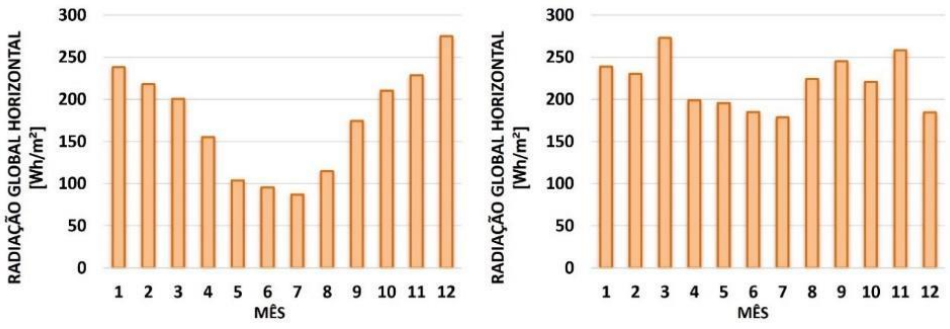


Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os modelos foram avaliados em duas cidades de latitudes distintas: Porto Alegre (lat. 30° Sul), que apresenta um clima subtropical úmido e Belo Horizonte (19° Sul), que possui clima tropical de altitude. A Figura 3 apresenta as médias de radiação global horizontal para as duas cidades a partir dos dados dos arquivos climáticos utilizados [17]. Porto Alegre apresenta uma maior variação dessa radiação ao longo dos meses do ano, com as mínimas atingidas em julho, quando a média mensal é de 87 Wh/m² e as máximas em dezembro, quando a média mensal atinge 274 Wh/m². Já Belo

Horizonte apresenta as médias mensais mínimas e máxima de 178 Wh/m² e 272 Wh/m² [17] nos meses de julho e março, respectivamente.

Figura 3: Médias mensais de radiação global horizontal em (a) Porto Alegre e (b) Belo Horizonte.



(a) **(b)**

Fonte: INMET, adaptado pelos autores, 2024.

Para este estudo, os casos alternativos de edificações com FD foram modelados e simulados utilizando a simulação computacional paramétrica por meio dos *softwares* Rhinoceros (Versão: 8.3.24009.15001) e GrassHopper (Versão: 1.0.0007) para modelagem e parametrização e ClimateStudio (Versão: 1.9.8389.21977) para iluminação natural. Um grid com sensores virtuais, espaçados em 60,0cm, para captar as iluminâncias do ambiente, foi posicionado na superfície de trabalho (0,75m acima do piso). A métrica utilizada para análise dos resultados foi a UDI (*Useful Daylight Illuminance* - Iluminância Natural Útil), que avalia o percentual do tempo em que uma variação de iluminâncias atinge um ambiente servido pela iluminação natural. Os valores de iluminância resultantes são classificados em intervalos, conforme Quadro 2.

Quadro 2: Intervalos de iluminância da métrica UDI

Classificação	Abreviação	Iluminância (lux)
Aceitável	UDI-A	300 ≤ A ≤ 3000
Excessivo	UDI-E	E ≥ 3000
Suplementar	UDI-S	100 ≤ S ≤ 300
Insuficiente	UDI-i	I ≤ 100

Fonte: Mardaljevic *et al*. [18]

RESULTADOS E DISCUSSÃO

EDIFÍCIO SEM BRISE

A análise do modelo do edifício sem brises revelou que o edifício recebe uma intensa iluminação natural em ambas as latitudes consideradas neste estudo (Tabela 1). A luz excessiva, acima de 3000 lux, incide na maior parte do ambiente. Apesar da pouca diferença entre os casos nas diferentes cidades, a iluminação é ainda mais excessiva na latitude 19° Sul. O restante da iluminação natural no ambiente, suplementar e insuficiente, resultaram em valores baixos, não ultrapassando 4.0%. A iluminação

acima de 3000 lux em quase metade do tempo de ocupação no ambiente eleva os riscos de desconforto visual [18] e, portanto, a utilização de brises neste edifício é justificada pelo controle desta luz excessiva.

Tabela 1: Valores de UDI do modelo sem brises na fachada

Classificação	Latitude 19º Sul	Latitude 30º Sul
Aceitável	34.0%	38.0%
Excessivo	61.0%	59.0%
Suplementar	1.0%	2.0%
Insuficiente	4.0%	1.0%

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

ANGULAÇÃO DO BRISE

As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores de UDI para todos os casos testados e as Figuras 4 e 5 apresentam os valores de UDI aceitáveis de acordo com as angulações dos brises. É possível perceber que, dentre as configurações de brises avaliadas, o parâmetro que mais influencia na quantidade de iluminação natural que atinge o ambiente interno servido pela FD é o ângulo de suas aletas. Em geral, observou-se que brises angulados mais horizontalmente geram iluminação aceitável pela maior parte do tempo, em comparação aos modelos com ângulos mais verticais, conforme destacados em azul e vermelho nas Tabelas, respectivamente. Como por exemplo, para o caso simulado na latitude 30°S, o brise de 35,0cm largura posicionado próximo à camada interna da cavidade da FD resultou em 14.0% e 81.0% das horas de iluminação aceitáveis quando estão angulados de 10° (mais vertical) e 90° (mais horizontal), respectivamente. As Figuras 4 e 5 indicam de forma clara um aumento constante do tempo com iluminação aceitável ao longo do ano conforme as aletas se tornam mais horizontalizadas, com um leve caimento para a aleta completamente na horizontal. Uma observação interessante é que para aletas anguladas a partir de 60°, a variação de iluminâncias no ambiente se tornam aceitáveis em mais de 80% do tempo.

Tabela 2: Valores de UDI de modelos simulados sob a latitude 30°S

		Rotação do Brises	10º	20º	30°	40º	50º	60º	70º	80º	90º
Largura: 35,0cm	*Prox. Cam. interna*	UDI Aceit. (%)	**14.0**	34.0	51.0	66.0	74.0	80.0	83.0	83.0	**81.0**
		UDI Exces. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	3.0	5.0	8.0
		UDI Supl. (%)	35.0	41.0	35.0	25.0	18.0	13.0	10.0	8.0	7.0
		UDI Insufic. (%)	51.0	25.0	14.0	9.0	7.0	5.0	4.0	4.0	4.0
	Centro	UDI Aceit. (%)	**12.0**	30.0	48.0	63.0	74.0	80.0	82.0	83.0	**81.0**
		UDI Exces. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	5.0	8.0
		UDI Supl. (%)	32.0	42.0	37.0	27.0	19.0	13.0	10.0	8.0	7.0
		UDI Insufic. (%)	56.0	28.0	15.0	10.0	7.0	6.0	5.0	4.0	4.0
	Prox. Cam. externa	UDI Aceit. (%)	**10.0**	27.0	45.0	61.0	73.0	79.0	81.0	83.0	**81.0**
		UDI Exces. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	5.0	8.0
		UDI Supl. (%)	30.0	43.0	39.0	29.0	20.0	14.0	11.0	8.0	7.0
		UDI Insufic. (%)	60.0	30.0	16.0	10.0	7.0	6.0	5.0	4.0	4.0
Largura: 70,0cm	*Prox. Cam. interna*	UDI Aceit. (%)	**12.0**	32.0	49.0	64.0	74.0	80.0	82.0	83.0	**81.0**
		UDI Exces. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	5.0	9.0
		UDI Supl. (%)	34.0	42.0	36.0	26.0	19.0	13.0	10.0	8.0	7.0
		UDI Insufic. (%)	51.0	27.0	15.0	10.0	7.0	5.0	5.0	4.0	4.0

	Centro	UDI Aceit. (%)	**12.0**	30.0	48.0	63.0	74.0	80.0	82.0	83.0	**81.0**
		UDI Exces. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	5.0	8.0
		UDI Supl. (%)	32.0	42.0	37.0	27.0	19.0	13.0	10.0	8.0	7.0
		UDI Insufic. (%)	56.0	28.0	15.0	10.0	7.0	6.0	5.0	4.0	4.0
	Prox. Cam. externa	UDI Aceit. (%)	**10.0**	28.0	46.0	62.0	73.0	79.0	82.0	82.0	**81.0**
		UDI Exces. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	5.0	9.0
		UDI Supl. (%)	31.0	42.0	38.0	28.0	20.0	14.0	11.0	8.0	7.0
		UDI Insufic. (%)	59.0	30.0	16.0	10.0	7.0	6.0	5.0	4.0	4.0

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Além disso, em relação à iluminação excessiva, os resultados indicaram que em nenhum dos casos o total de horas ultrapassou 10.0% do tempo, embora brises colocados mais horizontalmente na fachada geraram maiores valores de UDI excessivo. Isso pode ser explicado pela maior reflexão da luz nos casos angulados mais verticalmente, redirecionando boa parte dos raios luminosos para o exterior. Já nas aletas colocadas de forma mais horizontal, boa parte dos raios são redirecionados para o ambiente interior.

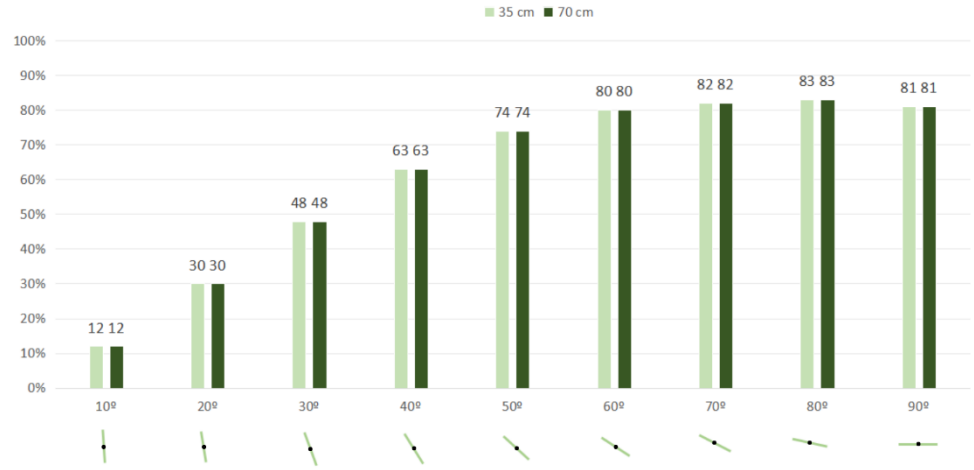
Tabela 3: Valores de UDI de modelos simulados sob a latitude 19°S

		Rotação do Brises	10º	20º	30°	40º	50º	60º	70º	80º	90º
Largura: 35,0cm	*Prox. Cam. interna*	UDI Aceit. (%)	**17.0**	39.0	58.0	72.0	79.0	84.0	85.0	85.0	**84.0**
		UDI Exces. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	3.0	5.0	7.0
		UDI Supl. (%)	36.0	41.0	31.0	20.0	13.0	8.0	6.0	5.0	4.0
		UDI Insufic. (%)	47.0	20.0	11.0	88.0	7.0	6.0	6.0	5.0	5.0
	Centro	UDI Aceit. (%)	**15.0**	35.0	55.0	70.0	79.0	84.0	85.0	86.0	**84.0**
		UDI Exces. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	4.0	7.0
		UDI Supl. (%)	35.0	43.0	33.0	21.0	13.0	9.0	6.0	5.0	4.0
		UDI Insufic. (%)	50.0	22.0	12.0	8.0	7.0	6.0	6.0	5.0	5.0
	Prox. Cam. externa	UDI Aceit. (%)	**13.0**	32.0	52.0	67.0	78.0	83.0	85.0	86.0	**84.0**
		UDI Exces. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	4.0	7.0
		UDI Supl. (%)	33.0	44.0	36.0	24.0	15.0	10.0	7.0	5.0	4.0
		UDI Insufic. (%)	54.0	24.0	13.0	9.0	7.0	6.0	6.0	5.0	5.0
Largura: 70,0cm	*Prox. Cam. interna*	UDI Aceit. (%)	**15.0**	37.0	56.0	70.0	79.0	84.0	85.0	85.0	**83.0**
		UDI Exces. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	5.0	8.0
		UDI Supl. (%)	36.0	42.0	32.0	21.0	14.0	9.0	6.0	5.0	4.0
		UDI Insufic. (%)	49.0	21.0	12.0	8.0	7.0	6.0	6.0	5.0	5.0
	Centro	UDI Aceit. (%)	**10.0**	29.0	47.0	65.0	77.0	83.0	85.0	85.0	**83.0**
		UDI Exces. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	5.0	8.0
		UDI Supl. (%)	31.0	44.0	39.0	26.0	16.0	10.0	7.0	5.0	4.0
		UDI Insufic. (%)	58.0	27.0	14.0	9.0	7.0	6.0	6.0	5.0	5.0
	Prox. Cam. externa	UDI Aceit. (%)	**10.0**	27.0	45.0	61.0	73.0	79.0	82.0	83.0	**81.0**
		UDI Exces. (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	5.0	8.0
		UDI Supl. (%)	30.0	43.0	39.0	29.0	20.0	14.0	11.0	8.0	7.0
		UDI Insufic. (%)	60.0	30.0	16.0	10.0	7.0	6.0	5.0	4.0	4.0

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

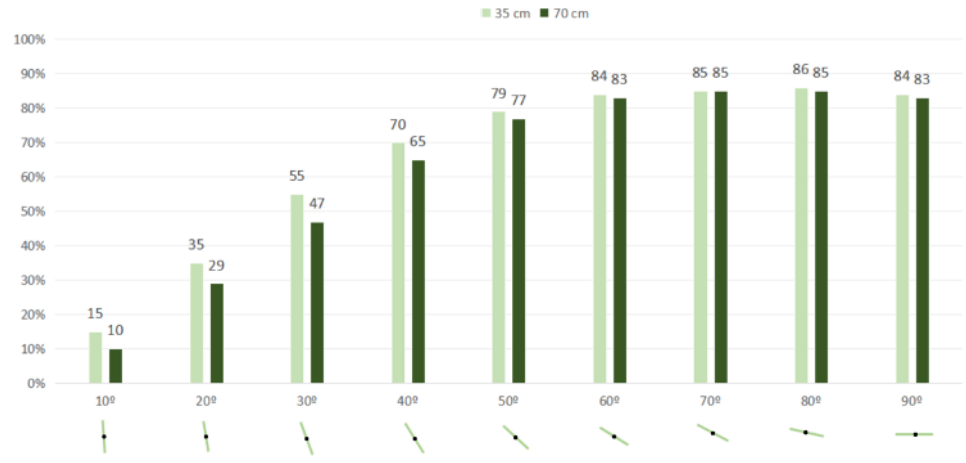
Outra observação importante é que os valores encontrados são similares entre as duas latitudes simuladas, com diferenças em torno de 3,0% entre os casos, conforme observados na Tabela 3. Contudo, observou-se uma tendência de que em locais de latitudes mais baixas, resulta em uma maior quantidade de iluminância em tais edificações. Neste caso, como o sol está mais alto na abóbada celeste, e considerando que o ângulo de reflexão do raio luminoso é igual ao ângulo de incidência, a luz tende a ser direcionada para o teto do local, distribuindo-se pelo ambiente.

Figura 4: Comparação dos valores de UDI aceitáveis para aletas de 35,0cm e 70,0cm centralizadas na cavidade na latitude 30°S.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 5: Comparação dos valores de UDI aceitáveis para aletas de 35,0cm e 70,0cm centralizadas na cavidade na latitude 19°S.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

POSICIONAMENTO DO BRISE

Em relação ao posicionamento dos brises na cavidade, foi observado que em geral os valores de UDI foram similares entre os modelos, com uma variação máxima de 7.0% e 10.0% nas latitudes 30°S e 19°S. Contudo, os resultados indicaram que quando os brises estão posicionados mais próximos à camada interna da FD, há uma tendência de melhores condições de iluminação natural aceitável ao longo do ano, seguido do posicionamento no centro da cavidade. Isso pode ser explicado pela reflexão da luz na aleta do brise para o teto do ambiente. Quando o brise está posicionado mais próximo da camada interna, mais luz é refletida para o teto do ambiente interno, promovendo iluminâncias mais altas no edifício. Isso também justifica a similaridade entre os valores resultantes de iluminação excessiva. Ou seja, como a luz é direcionada para o teto do ambiente, ela é distribuída de forma difusa no ambiente não provocando uma variação no UDI excessivo.

Foi observado ainda que as iluminâncias são mais similares para os casos em que os ângulos das aletas são maiores, ou seja, são colocadas de forma mais horizontais na cavidade. Isso indica que quando os brises são colocados de forma mais horizontal, normalmente usados em latitudes mais altas, seu posicionamento dentro da cavidade influenciará menos nos resultados de iluminação, dando ao projetista maior liberdade nas definições de projeto.

LARGURA DO BRISE

Em relação ao tamanho das aletas, foram encontrados valores próximos de UDI para as mesmas angulações, com uma tendência de melhor iluminação para os casos com largura menor, considerando aletas posicionadas de forma mais vertical. Nesse caso, a aleta vertical maior irá redirecionar uma grande quantidade dos raios luminosos para fora da cavidade. Este dado complementa o observado por Kim *et al.* [12] que indicou que aletas maiores geram melhores condições de iluminação quando são colocados de forma mais horizontalizadas na cavidade. Diferentemente, nesse estudo não foram observadas diferenças entre os casos simulados com aletas mais horizontais.

CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo comparar a influência de diferentes ângulos, largura e posicionamento dos brises colocados na cavidade da FD. A partir das análises realizadas em duas cidades brasileiras, Porto Alegre (Latitude 30º Sul) e Belo Horizonte (Latitude 19º Sul), foi possível observar que os resultados de desempenho foram similares nas duas latitudes. O modelo sem brise resultou em iluminação excessiva em mais da metade do ambiente. Ao instalar os dispositivos de sombreamento, o risco de ofuscamento diminui consideravelmente. Entre os parâmetros considerados, observou-se o ângulo das aletas é o parâmetro que mais influencia na iluminação natural que entra pelo edifício. Quando posicionados mais horizontalmente, o caso resulta em iluminação aceitável na maior parte do tempo, em comparação aos modelos com ângulos mais verticais. Como exemplo, para o caso simulado na latitude 30°S, o brise de 35,0cm largura posicionado próximo à camada interna da cavidade da FD resultou em 14.0% e 81.0% das horas de iluminação aceitáveis quando estão angulados de 10° (mais vertical) e 90° (mais horizontal), respectivamente.

Em relação ao tamanho dos brises, verificou-se que a utilização de tamanhos menores é indicada em quaisquer angulações, no entanto, vale ressaltar que os brises maiores apresentaram pior desempenho quando usados em posições mais verticalizadas. Em relação ao seu posicionamento na cavidade da fachada dupla, destaca-se que os melhores resultados foram registrados quando os brises foram posicionados mais próximos da camada interna.

Novos estudos devem ainda ser realizados em latitudes mais próximas do equador para verificar se serão registradas maiores diferenças nos resultados simulados. Simulações que considerem um entorno urbano, assim como, mobiliário e divisórias nos ambientes internos podem aproximar as simulações de situações mais realísticas. Por fim, recomenda-se o uso de métricas que podem avaliar com mais precisão o ofuscamento, como *Daylight Glare Probability* (DGP). Espera-se que esta pesquisa possa contribuir com o planejamento mais adequado de Fachadas Duplas considerando seu impacto na iluminação natural das edificações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERJ e CNPq pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

[1] MA, H.; DU, N.; YU, S.; LU, W.; ZHANG, Z.; DENG, N.; LI, C. Analysis of typical public building energy consumption in northern China. **Energy and Buildings**, v. 136, p. 139-150, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.11.037.

[2] KNOOP, M.; STEFANI, O.; BUENO, B.; MATUSIAK, B.; HOBDAY, R.; WIRZ-JUSTICE, A.; MARTINY, K.; KANTERMANN, T.; AARTS, M. P. J.; ZEMMOURI, N. Daylight: What makes the difference?. **Lighting Research & Technology**, v. 52, n. 3, p. 423-442, 2020. DOI: https://doi.org/10.1177/1477153519869758.

[3] WIRZ-JUSTICE, A.; SKENE, D. J.; MUNCH, M. The relevance of daylight for humans. **Biochemical pharmacology**, v. 191, p. 114304, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114304.

[4] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW editores, 1997.

[5] GHAFFARIANHOSEINI, A.; GHAFFARIANHOSEINI, A.; BERARDI, U.; TOOKEY, J.; LI, D.; KARIMINIA, J. Exploring the advantages and challenges of double-skin façades (DSFs). **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 1052-1065, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.130.

[6] BARBOSA, S.; IP, K.; Perspectives of double skin façades for naturally ventilated buildings: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 40, p. 1019-1029, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.192.

[7] BUENO, B.; STREET, M.; PFLUG, T.; BRAESCH, C. A co-simulation modelling approach for the assessment of a ventilated double-skin complex fenestration system coupled with a compact fan-coil unit. **Energy and Buildings**, v. 151, p. 18-27, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.029.

[8] VILJOEN, A.; DUBIEL, J.; WILSON, M.; FONTOYNONT, M. Investigations for improving the daylighting potential of double-skinned office buildings. **Solar Energy**, v. 59, n. 4-6, p. 179-194, 1997. DOI: https://doi.org/10.1016/S0038-092X(96)00149-1.

[9] LUO, Y.; ZHANG, L.; LIU, Z.; SU, X.; LIAN, J.; LUO, Y. Coupled thermal-electrical-optical analysis of a photovoltaic-blind integrated glazing façade. **Applied energy**, v. 228, p. 1870-1886, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.07.052.

[10] SHARMA, M.; PREET, S.; MATHUR, J.; CHOWDHURY, A.; MATHUR, S. Exploring the advantages of photo-voltaic triple skin façade in hot summer conditions. **Solar Energy**, v. 217, p. 317-327, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.02.020.

[11] ZHANG, Y.; ZHANG, Y.; LI, Z. A novel productive double skin façades for residential buildings: Concept, design and daylighting performance investigation. **Building and Environment**, v. 212, p. 108817, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108817.

[12] KIM, G.; LIM, H.S.; KIM, J. Sustainable lighting performance of refurbished glazed walls for old residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 91, p. 163-169, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.12.058.

[13] PENG, J.; DRAGAN, C.; LU, L.; SELKOWITZ, S.; YANG, H.; ZHANG, W. Numerical investigation of the energy saving potential of a semi-transparent photovoltaic double-skin facade in a cool-summer Mediterranean climate. **Applied Energy**, v. 165, p. 345-356, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.12.074.

[14] KIM, D.; COX, S.; CHO, H.; YOON, J. Comparative investigation on building energy performance of double skin façade (DSF) with interior or exterior slat blinds. Journal of Building Engineering, v. 20, p. 411-423, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.08.012.

[15] UCCHINO, E.; GOIA, F. Multi-domain model-based control of an adaptive façade based on a flexible double skin system. **Energy and Buildings**, v. 285, p. 1-17, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.112881.

[16] **Solemma INC**. Climate Studio: Advanced daylighting, electric lighting, and conceptual thermal analysis. 2014. Disponível em: https://www.solemma.com/climatestudio 2024. Acesso em: 13 maio 2024.

[17] Labeee. Laboratório de eficiência energética em edificações. 2024. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads/arquivos-climaticos. Acesso em: 26 de julho 2024.

[18] MARDALJEVIC, J.; Andersen, M.; Roy, N.; Christoffersen, J. Daylighting metrics for residential buildings. **Proceedings of the 27th Session of the CIE**, v.27. 2011.