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

Iluminação natural através da fachada dupla: tamanho de aberturas e tipos de vidro

Daylighting through the double skin facade: size of openings and glazing types

Lívia Costa Gameloni Santiago dos Santos
Universidade do Estado do Rio de Janeiro | Rio de Janeiro | Brasil | lgameloni@esdi.uerj.br
João Pedro de Melo Souza
Universidade Federal de Juiz de Fora | Juiz de Fora | Brasil | joao.pedro@arquitetura.ufjf.br
Klaus Chaves Alberto
Universidade Federal de Juiz de Fora | Juiz de Fora | Brasil | klaus.alberto@ufjf.br
Sabrina Andrade Barbosa
Universidade do Estado do Rio de Janeiro | Rio de Janeiro | Brasil | sandrade@esdi.uerj.br

Resumo

A fachada dupla (FD) consiste na adição de uma camada externa instalada à frente da fachada convencional do edifício, formando um espaço intermediário. Como poucos estudos têm investigado seu impacto na iluminação natural, especialmente considerando as variáveis da camada interna do sistema, o objetivo deste artigo é identificar a influência do percentual de abertura de fachada (PAF) e a transmitância luminosa do vidro na iluminação natural que atinge um edifício com FD em duas latitudes (19°S e 53°S). Por meio de simulações paramétricas, modelos de edificações com diferentes PAF (20% a 100%) e tipos de vidros (transmitâncias de 41%, 62% e 81%) foram comparados. Os resultados indicaram que embora nenhum dos modelos tenha apresentado níveis de iluminação aceitáveis em 100% do tempo, o aumento do PAF correspondeu a um constante aumento de iluminação aceitável para todos os tipos de vidro testados, exceto para o PAF de 100% nos modelos que usaram o vidro claro de alta transmitância (81,3%). Assim, considerando a mais baixa latitude estudada, o projeto da FD deve considerar vidros mais claros, enquanto na mais alta latitude avaliada, vidros mais absortivos mostraram-se mais adequados.

Palavras-chave: Fachada Dupla. Iluminação natural. Parametrização Computacional. Percentual de Abertura de Fachada. UDI (Useful Daylight Illuminance).

Abstract

The double skin facade (DSF) consists of the addition of an external layer installed in front of the building's conventional facade, forming an intermediate space. Since few studies have investigated its impact on daylighting, especially considering the variables of the internal layer of the system, the objective of this article is to identify the influence of the window to wall ratio

Como citar:
SANTOS, L. C. G. S. et. al. Iluminação natural através da fachada dupla: tamanho de aberturas e tipos de vidro. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

(WWR) and the glazing transmittance on the natural lighting that reaches a building with DSF at two latitudes (19°S and 53°S). Through parametric simulations, building models with different WWR (20% to 100%) and types of glass (transmittances of 41%, 62% and 81%) were compared. The results indicated that although none of the models presented acceptable lighting levels 100% of the time, the increase in the WWR corresponded to a constant increase in acceptable illumination for all types of glass tested, except for the 100% WRR in the models that used high-transmittance clear glass (81.3%). Therefore, considering the lowest latitude studied, the DSF design should consider clearer glass, while at the highest latitude evaluated, more absorptive glass proved to be more suitable.

Keywords: Double Skin Facade. Daylighting. Computational Parameterization. Window to Wall Ratio. UDI (Useful Daylight Illuminance).

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia elétrica, impulsionada pelo aumento da população humana, tem se tornado um problema significativo, uma vez que contribui para crises no setor energético, além de agravar o aquecimento global [1,2]. Estas questões intensificam o debate a respeito das iniciativas necessárias para a otimização do consumo de energia elétrica e a redução de emissões de gases poluentes [3]. Neste contexto, é pertinente considerar os benefícios da iluminação natural nas edificações, a qual exerce um impacto direto na execução de tarefas, produtividade, saúde e conforto dos indivíduos [4], e na economia de energia ao substituir a iluminação artificial, durante o dia [5]. Assim, o uso de fachadas envidraçadas tem crescido e uma solução arquitetônica cada vez mais considerada nas últimas décadas consiste na fachada dupla (FD). Esta se constitui pela adição de uma camada de vidro externa sobre a fachada de um edifício, criando um espaço intermediário que pode ser benéfica para diversos tipos de climas [6].

Em fachadas de edifícios constituídas por múltiplas camadas, podem ocorrer inter-reflexões, isto é, múltiplas reflexões de luz entre duas superfícies reflexivas. Essa ocorrência implica que o efeito de uma camada específica nas propriedades globais pode depender de sua posição no conjunto, bem como da transmitância e refletância da superfície [7]. Em edificações dotadas de FD, a transmissão da luz visível para o interior ocorre diretamente através das camadas da fachada; desse modo, o fenômeno envolverá mais reflexões do que numa fachada convencional.

Entre os estudos que analisam a iluminação em FD, tem-se observado que a implementação da camada adicional reduz os níveis de iluminação natural em comparação com fachadas convencionais, devido à menor transmissividade da luz proporcionada pela adição da segunda pele [8]. Todavia, embora a FD aparentemente funcione como uma barreira à iluminação natural que atinge o interior de um edifício, ela controla o brilho excessivo e proporciona uma iluminação natural difusa secundária de maneira mais uniforme e profunda no espaço interno [9].

A escolha das configurações e materiais para as camadas da FD está intrinsecamente relacionada à iluminação que incide sobre os ambientes. Um aspecto crucial a ser considerado é o percentual de abertura de fachada (PAF), que representa a razão entre

a soma das áreas de abertura envidraçada e a superfície total da fachada do edifício. Diferentes autores têm indicado valores ideais para garantir uma iluminação adequada da edificação. Elayeb *et al.* [3] por exemplo, indicaram que para proporcionar uma iluminação interna adequada na latitude 3°N (Selangor, Malásia), com pelo menos 200 lux em todo o ambiente, é necessário um PAF entre 60% e 70% na fachada sul. Em contraste, para Dewi *et al.* [10], a partir de simulações conduzidas na latitude 6°S (Depok, Indonésia), os níveis de iluminância no modelo com 25% de PAF não são suficientes. Assim, um PAF de 40% demonstrou-se mais eficiente para a otimização da luz natural na fachada voltada para o norte durante condições de céu ensolarado, pois reduz o brilho direto em comparação com PAF mais elevados. Adicionalmente, os autores indicaram que um PAF de 60% é mais eficaz para a otimizar a luz natural na fachada sul durante condições de céu nublado, pois maximiza a quantidade de luz natural que penetra no espaço. Embora os estudos mencionados tenham sido conduzidos em hemisférios distintos, Norte e Sul, seus resultados são semelhantes, já que ambos foram conduzidos em baixas latitudes; em ambos os casos, os PAF ideais aproximam-se de 60%.

A escolha do tipo de vidro para as camadas da FD exerce impactos significativos na refletância da iluminação dentro da cavidade e consequentemente, na sua penetração no ambiente interior. Contudo, os estudos têm se concentrado predominantemente nos vidros da camada externa da FD. Vidros altamente absorventes [3] e reflexivos [11] foram indicados como inadequados para fornecer iluminância apropriada em modelos com FD, enquanto vidros espectralmente seletivos (*low-e*) promovem uma iluminação natural interior mais homogênea. El Ahmar e Fioravanti [12] indicaram que, na latitude 30°N (Cairo) a camada interna da FD já se encontra sombreada pela camada adicional, o que reduz a quantidade de luz que ingressa no edifício.

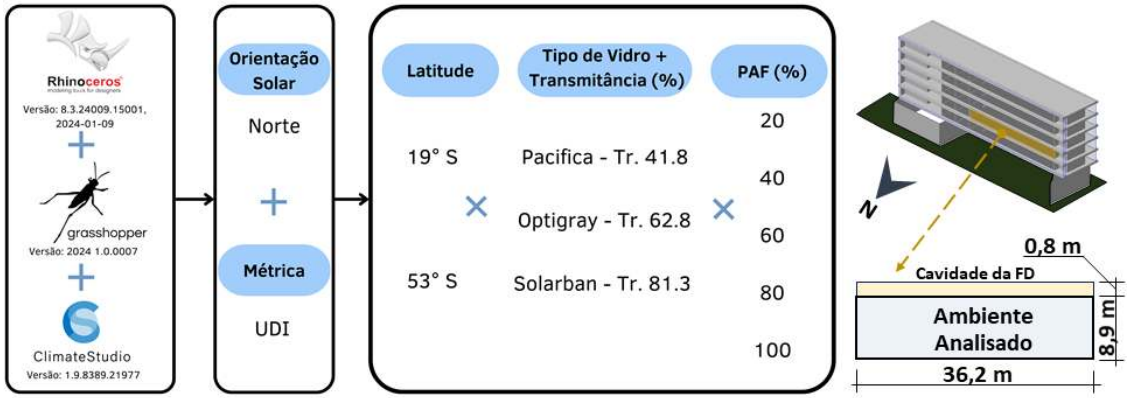
Dessa forma, em vista a maior parte de pesquisas sobre a FD no hemisfério norte, torna-se oportuna uma investigação que considere o efeito das variáveis arquitetônicas da camada interna da FD na iluminação natural, considerando latitudes e climas do hemisfério sul. Assim, o presente estudo visa testar a influência do PAF e de diferentes transmitâncias de vidro em um modelo de FD nas latitudes de 19° e 53° no hemisfério sul.

METODOLOGIA

Para este trabalho, simulações paramétricas computacionais foram conduzidas em um modelo base de um edifício institucional. O ambiente escolhido para a análise está situado no segundo pavimento de um edifício e possui uma área de 322m² e pé-direito de 3,4m, sem paredes divisórias (Figura 1). Em todos os modelos, a FD foi direcionada para a orientação norte, desconsiderando-se o entorno e mobiliários internos. As configurações usadas seguem a LM-83-12 *(Illuminating Engineering Society* [*IES*], 2012) [13].

Para a construção do modelo, foram usados os softwares *Rhinoceros* (Versão: 8.3.24009.15001, 2024-01-09) e os plugins Grasshopper (Versão: 2024 1.0.0007) e *ClimateStudio* (Versão: 1.9.8389.21977). As superfícies do ambiente interno foram configuradas com índices de refletância fixados em 20% para o piso, 50% para as paredes e 70% para o teto. Uma grade, composta de sensores virtuais espaçados entre si com 0,60m de distância, foi colocada em uma superfície a 0,75m de altura do piso na sala do modelo virtual. Para a análise, foram considerados os horários de ocupação entre 8h e 18h. As aberturas na fachada partem do ponto central das paredes e se estendem tanto verticalmente, do piso ao teto, quanto horizontalmente, de parede a parede.

Figura 1: Esquema da metodologia usada no estudo



Fonte: Os autores.

A métrica $UDI_{300\text{-}3000}$ (*Useful Daylight Illuminance* - Iluminância Natural Útil) foi utilizada para quantificar os valores de iluminação que incidem no ambiente considerando as faixas definidas por Mardaljevic *et al.* [14] (Quadro 1). Essa métrica avalia o percentual do tempo em que uma variação de iluminâncias atinge um ambiente servido pela iluminação natural. É preciso considerar que os resultados das simulações dinâmicas usadas foram obtidos a partir de uma média anual dos dados climáticos. Embora no tipo de simulação usada, os dados climáticos pertinentes que influenciam na iluminação como estações do ano e trajetória solar sejam considerados, os valores resultantes consideram o ano completo, não sendo diferenciados em momentos pontuais no tempo.

Quadro 1: Categorização da métrica *Usefull Daylight Illuminace* (UDI)

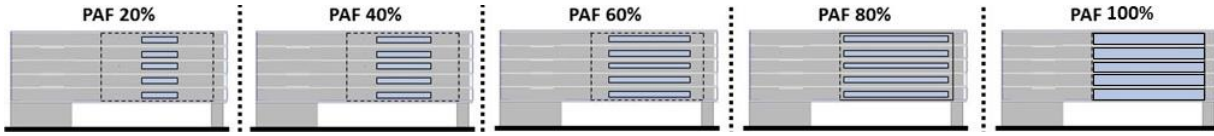
Métrica	Faixa de lux	Significado
UDI Aceitável	300 < 3000	Autonomia da luz natural para todas as atividades
UDI Excessivo	> 3000	Rico de desconforto visual e térmico
UDI Suplementar	100 < 300	Autonomia parcial da iluminação natural
UDI Insuficiente	< 100	Necessidade de suplementação com luz artificial

Fonte: Mardaljevic *et al.* [14]

Os valores de PAF testados foram configurados de 20% a 100% com intervalo de 20% (Figura 2). Já as transmitâncias luminosas dos vidros foram configuradas com seguintes

valores: “Pacífica” (Transm. = 41,8%); “Optgray” (Transm. = 62,8%) e “Solarban” (Transm.= 81,3%) (Quadro 2).

Figura 2: Configuração do Percentual de Abertura de Fachada



Fonte: Os autores

Quadro 2: Configuração dos vidros da FD

Nome Comercial	Folhas	Transmitância	Refletância	Camada da FD	Cor
Pacífica	Única	41,8%	5,2%	Externa/Interna	
Optigray	Única	62,2%	5,2%	Externa/Interna	
Solarban 60	Única	81,3%	5,2%	Externa/Interna	

Fonte: Solemma INC. [15]

O modelo foi estabelecido utilizando os dados climáticos das cidades de Belo Horizonte, Brasil (19°S) e Punta Arenas, Chile (53°S). O clima de Belo Horizonte é classificado como Cwb, subtropical de altitude, e o clima de Punta Arenas é classificado como Et, Tundra [16].

RESULTADOS

PAF E TRANSMITÂNCIAS DE VIDRO NA LAT.19° S

Os resultados para a lat. 19° (Tabela 1) demonstram que nenhum dos casos simulados resultou em níveis confortáveis de iluminação em 100% do tempo, de acordo com a métrica utilizada. O melhor cenário avaliado, que considerou vidro com transmitância média (62.8%) e PAF 100%, proporcionou 79% das horas com iluminação aceitável.

Além disso, conforme a Figura 3, é interessante observar que o aumento do PAF correspondeu a um constante aumento do UDI aceitável para todos os tipos de vidro, exceto para o PAF de 100% no modelo que usou o vidro claro “Solarban” (Transm.= 81,3%). Neste caso, a alta transmitância da luz visível resultou no aumento do UDI excessivo com uma respectiva redução do UDI aceitável. Dessa forma, o uso de vidros claros com alta transmitância nas duas camadas da FD pode gerar desconforto visual. Assim, o uso de vidros de alta transmitância é eficaz na penetração da iluminação natural, mas requer uma redução do PAF para evitar desconforto visual ocasionado pela iluminação excessiva.

O UDI Insuficiente também apresentou um comportamento regular em relação ao PAF, mas neste caso, esse valor diminui na medida em que o PAF aumenta. Já os níveis de iluminação considerada insuficiente para os três casos foram similares em grandes aberturas (PAF 100%), variando entre 5 e 6%. Já para os modelos com aberturas

pequenas (PAF 20%), a variação desse resultado para os casos com vidros de baixa e alta transmitância é maior, de 90% e 68%, respectivamente. Dessa forma, percebe-se que a adição de duas camadas com vidros mais absortivos em edificações com FD resulta em baixa iluminação natural nas edificações e tais configurações devem ser evitadas, principalmente em casos com janelas pequenas (PAF até 40%).

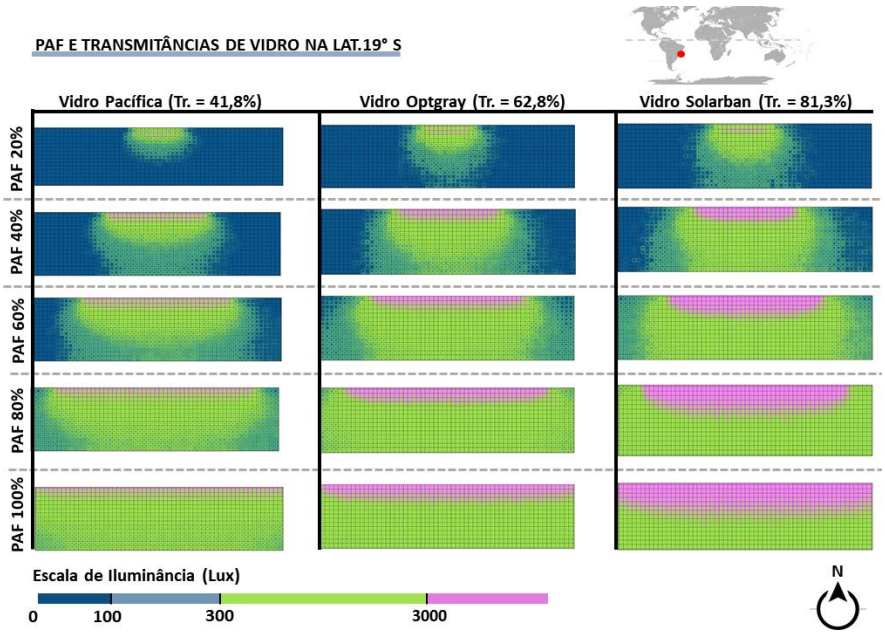
Considerando a iluminação suplementada artificialmente (UDI A + S), foi observado que para casos com até 60% de PAF, há um aumento dos níveis de iluminação adequados. Contudo esses valores caem em modelos com grandes áreas envidraçadas (PAF acima de 80%).

Tabela 1: Resultados das simulações para Lat. 19°S

Tipo de Vidro	Métrica	PAF-20%	PAF-40%	PAF-60%	PAF-80%	PAF-100%
Pacífica (Tr. = 41,8%)	UDI Aceitável (A)	**03%**	**13%**	**32%**	**58%**	**76%**
	UDI Excessivo (E)	00%	01%	02%	03%	04%
	UDI Suplementar (S)	07%	25%	34%	30%	14%
	UDI Insuficiente (I)	90%	61%	32%	09%	06%
	UDI A + S	10%	38%	66%	88%	90%
	UDI E + I	90%	62%	34%	12%	10%
Optgray (Tr. = 62,8%)	UDI Aceitável	**07%**	**29%**	**54%**	**77%**	**79%**
	UDI Excessivo	01%	03%	06%	09%	13%
	UDI Suplementar	14%	26%	26%	08%	03%
	UDI Insuficiente	78%	42%	14%	06%	05%
	UDI A + S	21%	55%	80%	85%	82%
	UDI E + I	79%	45%	20%	15%	18%
Solarban (Tr. = 81,3%)	UDI Aceitável	**11%**	**39%**	**62%**	**73%**	**65%**
	UDI Excessivo	01%	05%	11%	19%	29%
	UDI Suplementar	20%	23%	19%	03%	01%
	UDI Insuficiente	68%	32%	08%	05%	05%
	UDI A + S	31%	62%	81%	76%	66%
	UDI E + I	69%	38%	19%	24%	34%

Fonte: Os autores.

Figura 3: Diagrama de distribuição da luz no piso do ambiente simulado na cidade de Belo Horizonte, Brasil



Fonte: Os autores.

PAF E TRANSMITÂNCIAS DE VIDRO NA LAT. 53°

A análise do modelo para latitude 53°S (Tabela 2) apresenta um padrão similar ao da lat. 19°S. Da mesma forma, nenhum caso testado apresentou níveis de iluminação confortáveis em 100% do tempo. Contudo, diferentemente, o melhor cenário avaliado foi o que usou vidro com a menor transmitância (41.8%) e PAF 100%, proporcionando 69% das horas com iluminação aceitável. A diferença na latitude e, portanto, no posicionamento do sol, pode explicar os resultados encontrados. Na latitude mais alta, o sol está mais baixo na abóbada celeste ao longo do ano, o que pode facilitar a entrada da luz solar direta pela fachada norte, provocando iluminação excessiva. Como resultado houve uma queda da iluminação aceitável. Dessa forma, vidros com maiores absortâncias podem ser mais adequados neste caso. Considerando os resultados de [3], - conduzidos em baixa latitude (2.9°N) -, que indicaram que vidros altamente absorventes pioraram as condições de iluminação no ambiente servido pela FD, é possível inferir que para baixas latitudes vidros mais claros são indicados para melhor desempenho luminoso da FD, enquanto para altas latitudes, vidros mais absortivos são mais adequados.

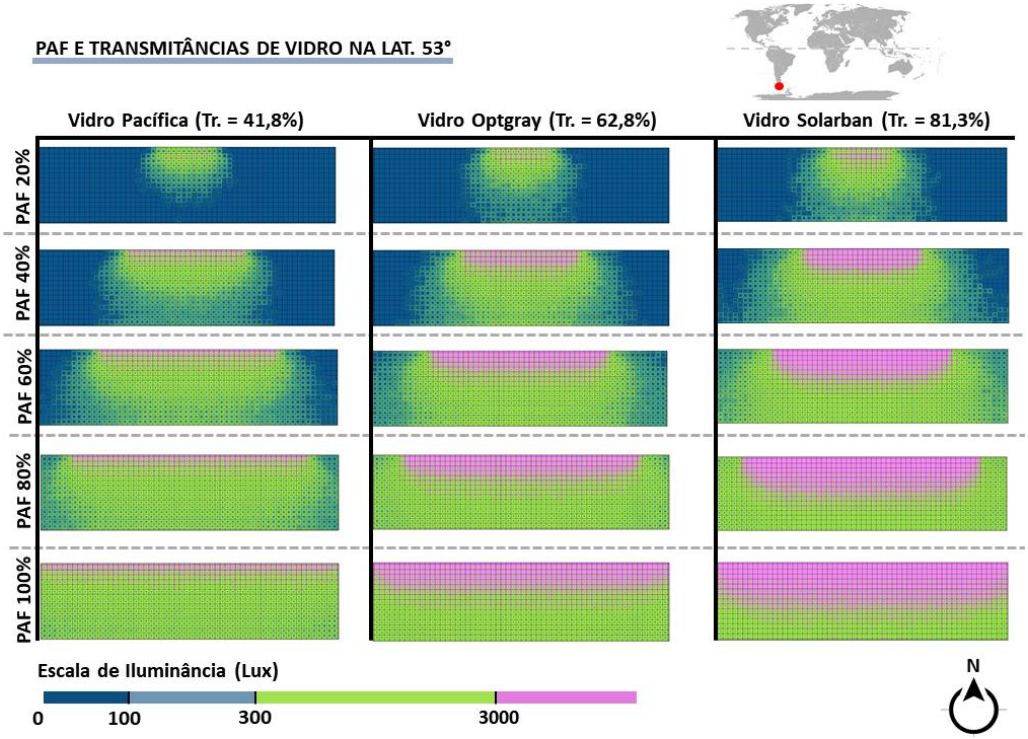
Também conforme os modelos simulados na latitude 19°S, o aumento do PAF gerou um aumento gradual dos níveis aceitáveis de iluminância para todos os tipos de vidro testados (Figura 4). No entanto, o uso do vidro com alta transmitância “Solarban” (Transm.= 81,3%), resultou uma queda nos níveis aceitáveis de luz quando o PAF aumenta de 80 para 100%. Assim, o tempo com iluminação excessiva é maior para os vidros mais claros, chegando a atingir 36% do tempo quando é utilizado o vidro com alta transmitância e PAF 100%.

Tabela 2: Resultados das simulações para a cidade de Punta Arenas, Chile (Lat. 53ºS)

Tipo de Vidro	Métrica	PAF-20%	PAF-40%	PAF-60%	PAF-80%	PAF-100%
Pacífica (Tr. = 41,8%)	UDI Aceitável	**04%**	**16%**	**34%**	**54%**	**67%**
	UDI Excessivo	00%	02%	04%	06%	07%
	UDI Suplementar	07%	20%	26%	22%	12%
	UDI Insuficiente	89%	61%	36%	18%	14%
	UDI A + S	11%	36%	59%	76%	79%
	UDI E + I	89%	63%	41%	24%	21%
Optgray (Tr. = 62,8%)	UDI Aceitável	**08%**	**27%**	**46%**	**62%**	**62%**
	UDI Excessivo	01%	05%	10%	16%	22%
	UDI Suplementar	13%	20%	22%	09%	05%
	UDI Insuficiente	78%	48%	22%	13%	11%
	UDI A + S	21%	47%	68%	71%	67%
	UDI E + I	79%	53%	32%	29%	33%
Solarban (Tr. = 81,3,8%)	UDI Aceitável	**12%**	**34%**	**51%**	**56%**	**49%**
	UDI Excessivo	01%	08%	17%	27%	37%
	UDI Suplementar	17%	21%	16%	06%	04%
	UDI Insuficiente	70%	37%	16%	11%	10%
	UDI A + S	29%	55%	67%	62%	53%
	UDI E + I	71%	45%	33%	38%	47%

Fonte: Os autores.

Figura 4: Diagrama de distribuição da luz no piso do ambiente simulado na cidade de Punta Arenas, Chile



Fonte: Os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo testar a influência do PAF (percentual de abertura de fachada) e transmitâncias de vidro em um modelo de edificação com fachada dupla (FD) sob duas latitudes do hemisfério sul: 19° e 53°.

Os resultados indicaram que embora nenhum dos modelos tenha apresentado níveis de iluminação aceitáveis em 100% do tempo, o aumento do PAF correspondeu a um constante aumento de iluminação aceitável para todos os tipos de vidro testados, exceto para o PAF de 100% nos modelos que usaram o vidro claro de alta transmitância (81,3%). Nestes casos, valores excessivos de iluminância atingiram 29 e 37% do tempo para as altitudes 19°S e 53°S, respectivamente. Para as latitudes 19°S e 53°S, os melhores cenários simulados foram com o uso vidro com transmitância média (62.8%) e baixa (41.8%), respectivamente; ambos com PAF 100%. Isso demonstra que para altas latitudes, a mais baixa posição do sol na abóbada celeste pode aumentar os níveis excessivos de iluminação causando desconforto por ofuscamento. Assim, os resultados deste artigo indicam que para a baixa latitude estudada, o projeto da FD com vidros de maior transmitância proporcionou melhor desempenho luminoso, enquanto que para a alta latitude estudada, vidros mais absortivos mostraram-se mais eficientes.

O estudo apresenta, contudo, algumas limitações que podem influenciar nos valores observados. A presença de mobiliário e paredes divisórias internas, além de edificações no entorno construído, ausentes no modelo simulado, poderão afetar os resultados. Para mais, o uso da métrica "*Annual Glare Probability*" pode ser futuramente investigada nos modelos de forma a oferecer uma análise mais precisa do ofuscamento. É indicado ainda que os modelos considerem uma variação nos tipos de vidro entre as camadas, além da investigação em outras latitudes e climas. Além disso, é interessante que os resultados sejam detalhados de forma a considerar diferentes estações do ano e variações de tipo de céu.

AGRADECIMENTOS

Omitir. Agências de fomento.

REFERÊNCIAS

[1] LIU,X., YANG, H., WANG, C., SHEN, C., BO, R., HINKLE, L., WANG, J. Semi-experimental investigation on the energy performance of photovoltaic double skin façade with different façade materials. 2024. DOI: https://doi-org.ez83.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.energy.2024.131049

[2] LIU, X., SHEN, C., YANG, H., WANG, J. Comprehensive investigation on lighting and energy-saving performance of lighting/heating coupled tubular daylighting devices integrated with nanofluids. 2024. DOI: https://doi-org.ez83.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.applthermaleng.2023.122094

[3] ELAYEB, O., ALGHOUL, M., SOPIAN, K., KHRITA, N. Optimum Design Parameters of Box Window DSF Office at Different Glazing Types under Sub Interval of Intermediate Sky Conditions (20-40 klux). 2017. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/20172305003

[4] ZOMORODIAN, M., KORSAVI, S., TAHSILDOOST, M. The effect of window configuration on daylight performance in classrooms: A field and simulation study. 2016. Disponivel em: https://www.researchgate.net/publication/305026369 Acesso em: 10 Maio 2024.

[5] SOUZA, J., ALBERTO, K., BARBOSA, S. Investigando a influência das variáveis arquitetônicas na iluminação natural do poço de luz residencial. 2023. DOI: http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2024.26.4599

[6] SOUTHALL, K., BARBOSA, S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings with double skin façade under tropical climate conditions: The influence of key design parameters. 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.10.029

[7] ASHRAE, 2013. Handbook: Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: Atlanta.

[8] AKSAMIJA, A. Double-Skin Facades and Daylight Simulations: Comparative Study of Facade Typologies and Effects on Natural Light in Different Climates. 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.22360/simaud.2017.simaud.022

[9] GHONIMI, I. Assessing Daylight Performance of Single vs. Double Skin Façade in Educational Buildings: A Comparative Analysis of Two Case Studies. 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.5539/jsd.v10n3p133

[10] DEWI, O., RAHMASARI, K., HANJANI, T., ISMOYO, A., DUGAR, A. Window-to-Wall Ratio as a Mode of Daylight Optimization for an Educational Building with Opaque Double-Skin Façade. 2024. DOI: https://doi.org/10.5755/j01.sace.30.1.29744

[11] HAMZA, N., DUDEK, S. Thermal and daylight performance of double skin facades in hot arid areas. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262248251. Acesso em: 10 Maio 2024.

[12] AHMAR, S., FIORAVANTI, A. Simulating the thermal and daylight performances of a folded porous double façade for an office building in Cairo. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316159064 Acesso em: 10 Maio 2024.

[13] ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY. IES LM-83-12 Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). Illuminating Engineering Society of North America, Nova Iorque 2012.

[14] MARDALJEVIC, J., ANDERSEN, M., ROY, N., CHRISTOFFERSEN, J. UDI Daylighting Metrics: Is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability?. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267556994 Acesso em: 10 Maio 2024.

[15] SOLEMMA INC. (2023). DIVA users: Try ClimateStudio today! ClimateStudio is the Successor to DIVA-for-Rhino. Disponível em: https://www.solemma.com/climatestudio. Acesso em: 13 Maio 2024.

[16] KOEPPEN, W. (1948). Las zonas de clima. Em: W. Koeppen (Ed.), Climatología: Con un estudio de los climas de la Tierra (pp. 145-227). Fondo de Cultura Económica.