XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

EFEITOS DO USO DE VARANDAS NO DESEMPENHO LUMINOSO DE SALETAS COMERCIAIS DE EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

Ligia Lisbôa Rodrigues (1); Letícia de Oliveira Neves (2)
(1) Arquiteta e Urbanista, l084448@dac.unicamp.br, Universidade Estadual de Campinas, Rua Saturnino de Brito, 224, Cidade Universitária, Campinas, SP, CEP 13083-889, tel. (19) 99994-8138
(2) Professora Doutora do Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, leticia@fec.unicamp.br, Universidade Estadual de Campinas, Rua Saturnino de Brito, 224, Cidade Universitária, Campinas, SP, CEP 13083-889, tel. (19) 3521-2384

RESUMO
O sombreamento é uma estratégia de arquitetura bioclimática eficaz para edifícios localizados em regiões de clima quente. Um tipo especial de elemento de proteção solar é a varanda, que atua como um beiral para o pavimento inferior, reduzindo a incidência de luz solar direta, mas permitindo a entrada de luz refletida e difusa. O objetivo desta pesquisa é avaliar os efeitos do uso de varandas no desempenho luminoso de uma saleta comercial representativa de edifícios de escritórios localizados na cidade de São Paulo. Diferentes cenários de configurações geométricas de varandas foram simulados por meio do *software* OpenStudio. A avaliação do desempenho luminoso baseou-se nos critérios *Useful Daylight Illuminance (UDI*) e *Simplified Daylight Glare Probability (*DGPs*)*. Como resultado, identificou-se que a fachada com maior área envidraçada, com porcentagem de área efetiva de abertura (PAF) de 90%, se beneficia da presença da varanda em todas as orientações solares. Os cenários com a menor área envidraçada (PAF 43%) ficam prejudicados com a presença da varanda, na maioria dos casos. O melhor cenário de desempenho luminoso foi a saleta voltada para a fachada Sul com PAF 90% e varanda de 1,5 m de profundidade, que atingiu UDI de 74% e classificação B (boa) quanto ao ofuscamento. A saleta de orientada a Oeste com PAF 90% foi a que apresentou um melhor aproveitamento em função da presença da varanda, atingindo, nas profundidades 1, 1,5 e 2 m, um aumento de 9% no UDI em relação ao caso sem varanda.
Palavras-chave: desempenho luminoso, varanda, edifício de escritório.

ABSTRACT
Shading is an effective bioclimatic architecture strategy for buildings located in hot regions. The balcony is a special type of shading device, which acts as an overhang to the lower floor, reducing the direct sunlight exposure, but allowing reflected and diffuse daylight. This research evaluates the effects of balconies on the luminous performance of cellular office buildings located in the city of São Paulo, Brazil. Different geometric configurations of balconies were simulated with the software OpenStudio. The evaluation of daylight was based on the dynamic criterion of Useful Daylight Illuminance (UDI) and the Simplified Daylight Glare Probability (DGP). As a result, we identified that the façade with the largest glazed area, with a window-to-wall ratio (WWR) of 90%, benefits from the presence of the balcony in all solar orientations. The best scenario regarding the luminous performance was the room with South façade, WWR 90% and balcony of 1.5 m depth, achieving a UDI of 74% and a B rating (good) for glare. The room with West façade and WWR 90% presented the best results for the balcony, reaching, for a balcony depth of 1, 1.5 and 2 m, 9% increase in UDI compared to the case with no balcony.
Keywords: luminous performance, balcony, office building.

1. INTRODUÇÃO

Os elementos de sombreamento externos são utilizados na arquitetura para bloquear a incidência direta de radiação solar no ambiente interno, influenciando também na iluminação natural do edifício. Tais dispositivos podem evitar o ofuscamento, melhorando o conforto visual, mas também reduzindo a iluminação natural no ambiente interno, o que acarreta um maior consumo de energia pela utilização de iluminação artificial (HIEN, 2003). Um tipo especial de elemento de proteção solar, utilizado em edifícios de dois ou mais andares, é a varanda, que atua como um beiral para o pavimento inferior, reduzindo a incidência de luz solar direta, mas permitindo a entrada de luz refletida e difusa e a abertura de janelas para ventilação (BRANDÃO, 2010).

Um levantamento de campo em edifícios de escritórios localizados em São Paulo, (MANOEL; NEVES, 2017) aponta que o elemento de proteção solar mais encontrado nesta tipologia de edificações é a varanda: 23% dos edifícios presentes na amostra apresentam algum tipo de elemento de proteção solar externo e, desta parcela, 92% dos casos são varandas. Segundo os autores, há um aumento na incorporação da varanda como elemento construtivo nos últimos anos nos edifícios de escritório em São Paulo, o que pode ter ocorrido devido à popularização do ar-condicionado do tipo split, que exige uma área técnica específica para a locação da unidade condensadora.

Uma revisão da literatura especializada identificou um nicho de pesquisa relacionado à influência de varandas no desempenho luminoso de edifícios de escritórios, apontando para a importância do estudo em questão. Utilizou-se os termos de busca "*visual comfort" AND (veranda OR balcony)* nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. Das 11 publicações encontradas, foram excluídas as duplicidades e aquelas cujo objeto principal de estudo não focava em varandas, resultando em apenas seis publicações relevantes (Quadro 1).

Quadro 1– Estudos encontrados na revisão de literatura sobre a influência de varandas no desempenho luminoso

Autor	**Método**	**Métrica de análise**	**Tipo de uso da edificação**	**Local**
Gábrová (2014)	Simulação computacional (WDLS)	Fator de Luz do Dia (FLD)	Sem uso definido	Não informa
Xue et al. (2016)	Questionários e análise estatística com SPSS 19.0	Subjetiva: sentidos, comportamentos e conforto dos usuários	Apartamentos residenciais	Hong Kong
Dabe (2018)	Simulação computacional (Daysim e Radiance)	*Useful Daylight Illuminance* (UDI)	Apartamentos residenciais	Índia
Kim et al (2010)	Simulação computacional (Radiance)	Transmitância visível de janela envidraçada e *Daylight Glare Index* (DGI)	Apartamentos residenciais	Malásia
Dahlan et al. (2009a)	Questionários e medições	Nível de iluminância	Apartamentos residenciais para estudantes	Malásia
Dahlan et al. (2009b)	Questionários e medições	Nível de iluminância	Apartamentos residenciais para estudantes	Malásia

Nota-se que a maioria dos estudos encontrados focam em edifícios residenciais e nenhum analisou saletas de escritório. Três autores utilizaram simulações computacionais como metodologia de análise. Gábrová (2014) avalia a influência da varanda no desempenho da iluminação natural de um espaço interno sem ocupação específica, denominado "sala genérica". A análise foi realizada por meio de simulações computacionais, considerando cinco variações da profundidade da sala e cinco variações da profundidade da varanda. O autor concluiu que, apesar do efeito negativo no conforto visual devido aos menores resultados do FLD, as varandas podem aumentar a uniformidade da luz natural dentro da sala. Dabe (2018) determinou o tamanho ideal da reentrância do edifício quando configuradas com varandas em apartamentos residenciais localizados na Índia. Os resultados de UDI mostraram que o tamanho ideal da varanda deve estar entre 0,65 e 1,40 m, para controlar a penetração direta da luz do dia e evitar problemas de ofuscamento. Kim et al. (2010) estudaram o valor ideal de transmitância visível de uma janela envidraçada de um apartamento sem varanda e a compararam a um caso similar com varanda de 1,8 m de profundidade por 4,8 m de largura. Os resultados mostram que existe uma relação proporcional entre a iluminância média da superfície da janela e o grau de ofuscamento desconfortável. Com a eliminação da varanda, o DGI da janela deve ser atenuado em 1,1 para obter o mesmo valor de DGI do cômodo com varanda.

2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é avaliar os efeitos do uso de varandas no desempenho luminoso de uma saleta comercial representativa de edifícios de escritórios localizados na cidade de São Paulo.

3. MÉTODO

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa de caráter experimental, baseada em simulações computacionais. Para tanto, os materiais e métodos são apresentados em três etapas, detalhadas a seguir.

3.1. Definição do estudo de caso e dados de entrada

Uma amostra de 153 edifícios foi selecionada para a criação de um banco de dados de edifícios de escritórios, a partir de um total de 2.870 edifícios de escritórios localizados em São Paulo (PEREIRA; NEVES, 2018). Esta base de dados deu subsídios para a definição de um modelo de referência, utilizado como estudo de caso para o desenvolvimento da presente pesquisa. O modelo de referência representa uma saleta comercial de edifícios de escritórios, apresentando valores médios do banco de dados que compões geometria da sala (largura, comprimento, pé-direito, altura do andar) (PEREIRA; NEVES, 2018). O caso em estudo considerou um edifício isolado, ou seja, sem construções no entorno imediato.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros fixos de entrada utilizados na elaboração do modelo de simulação. Os parâmetros variáveis serão apresentados na sequência.

Tabela 1– Parâmetros fixos de entrada utilizados no modelo de referência.

Parâmetros	**Valores**	**Referência**
Área da sala	39,2 m² (largura de 4,9 m e profundidade de 8,0 m)	Média do banco de dados de Pereira e Neves (2018)
Transmitância à luz visível do vidro	0,88	vidro incolor comum
Horário de ocupação	Dias de semana: Das 8:00 às 18:00 h. Fins de semana: não há expediente.	INMETRO (2018)
Refletância à luz visível das paredes internas	0,5	ABNT (2013)
Refletância à luz visível do teto	0,7	ABNT (2013)
Refletância à luz visível do piso	0,2	ABNT (2013)
Andar	6° andar (andar médio de um prédio de 12 andares)	Média do banco de dados de Pereira e Neves (2018)
Localização da esquadria	Fachada de 4,9 m	Média do banco de dados Pereira e Neves (2018)

3.2. Simulações computacionais e parâmetros variáveis

As análises de iluminação natural foram realizadas por meio do *OpenStudio*, um *plugin* do *software EnergyPlus* que usa o *Radiance* como ferramenta de cálculo de iluminação. O *Radiance* é uma ferramenta de análise de iluminação natural validada, que utiliza o método do raio traçado para simular as iluminâncias sob qualquer condição de céu (REINHART; WALKENHORST, 2001). As simulações foram realizadas em uma base anual.

Para a realização das análises, foi utilizado o arquivo climático no formato *EnergyPlus weather file (epw)* da cidade de São Paulo, elaborado com base nos dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMet) (LABEEE, 2018). Para a elaboração das geometrias do modelo de referência e cenários foi utilizado um *plugin* do *SketchUp* com interface para o *EnergyPlus*, chamado Euclid.

A fim de avaliar os efeitos do uso de varandas no desempenho luminoso do modelo, selecionou-se uma série de parâmetros variáveis com base em informações coletadas na pesquisa de campo de edifícios de escritório de São Paulo realizada por Pereira e Neves (2018). Os cenários selecionados são apresentados na Tabela 2 e nas Figuras 1 as 4. A maior esquadria (PAF 90%) acompanha a largura da saleta do modelo de referência, já a menor esquadria (PAF 43%), é a média das menores aberturas do banco de dados. A altura das esquadrias é média dos edifícios existentes, considerando uma porta-balcão junto à varanda. A largura da varanda sempre acompanha a largura da esquadria, assim como nos casos reais.

Tabela 2– Parâmetros variáveis.

Parâmetros	**Cenários**
Orientação da fachada envidraçada	N, S, L e O
Profundidade da varanda (m)	0 (sem varanda); 0,15; 1; 1,5 e 2
Largura da varanda (m)	2,3 e 4,8
Percentual de área envidraçada na fachada (PAF) (%)	43 e 90

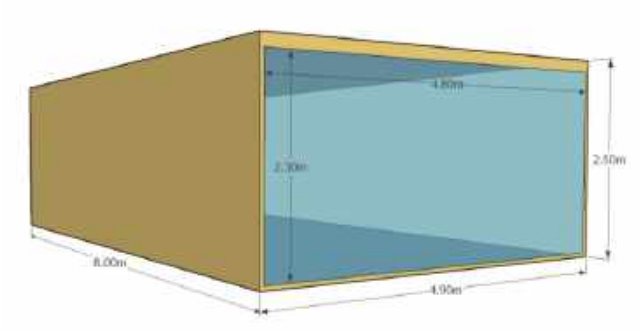

Figura 1 – Modelo de referência - PAF 90%

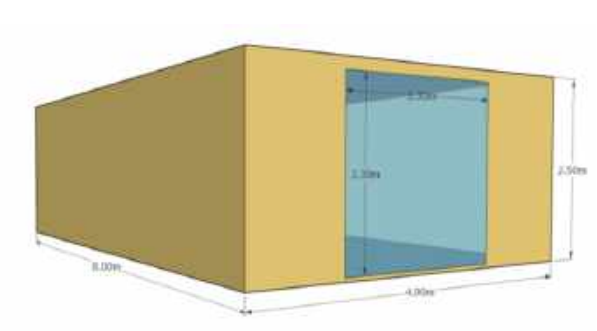

Figura 2 – Modelo de referência - PAF 43%

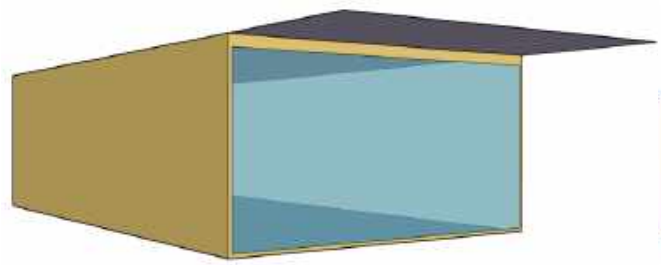

Figura 3 – Modelo com varanda - PAF 90%

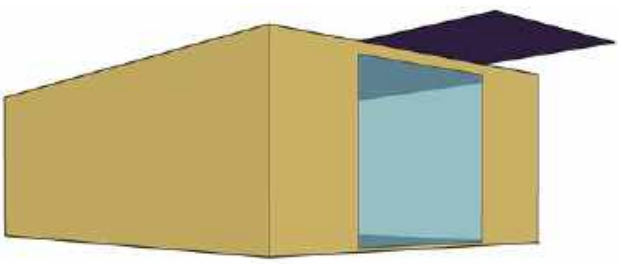

Figura 4 – Modelo com varanda - PAF 43%

3.3. Análise de iluminação natural

A análise da iluminação natural foi realizada a partir dos dados gerados pela simulação de desempenho luminoso, utilizando o critério de iluminância útil da luz natural *(Useful Daylight Illuminance – UDI*), proposto por Nabil e Mardaljevic (2005), que indica o período em que intervalos de valores de iluminâncias são alcançados, permitindo observar, em cada ponto de uma malha pré-definida, o período ocupado em que a iluminância foi insuficiente, útil ou muito elevada (com probabilidade de ofuscamento desconfortável). O UDI consiste, portanto, na medida da frequência no ano que o nível de iluminância no plano de trabalho é alcançado entre o intervalo de 100 a 3.000 lux, podendo ser subdividido em UDI-suplementar (100 a 300 lux), quando a iluminação artificial adicional pode ser necessária para o desenvolvimento de algumas atividades; e UDI-autônomo (300 a 3.000 lux), quando a iluminação artificial adicional provavelmente não será necessária (MARDALJEVIC, 2015).

A probabilidade de ofuscamento foi analisada por meio do critério de probabilidade simplificada de ofuscamento pela luz natural (*Simplified Daylight Glare Probability* - DGPs), criado por Wienold e Christoffersen (2006). Representa a fração (0 a 1) de pessoas com desconforto por ofuscamento pela luz natural, onde 0 ninguém apresenta desconforto e 1 todos estão desconfortáveis (JAN WIENOLD, 2016). Segundo Mardaljevic et al. (2012) o DGP é dividido em "classes de conforto":

- A (melhor) – 95% do ofuscamento menor que "imperceptível".
- B (boa) - 95% do ofuscamento menor que "perceptível".
- C (razoável) - 95% do ofuscamento menor que "perturbador".

Para classificação, 95% das ocorrências de DGPs devem estar abaixo do primeiro valor limite, apresentado na Tabela 3, e a média dos 5% restantes deve ser inferior ao segundo valor limite.

Tabela 3– Limites de DGPs.

Classe	**A**	**B**	**C**
95% DGPs limite	≤ 0,35	≤ 0,40	≤ 0,45
Média DGPs (5%)	< 0,38	< 0,42	< 0,53

A malha de pontos foi criada seguindo as diretrizes da ABNT (2013). A grelha foi localizada no plano horizontal de trabalho a 0,75 m do piso, distante 0,5 m das paredes (Figura 5). Cada intersecção tem um sensor, totalizando 40 pontos de leitura de iluminância. Após cada simulação, o programa produz um relatório *CSV (comma separated value*) com os valores do nível de iluminância para cada ponto da malha. Gera também um arquivo com os dados correspondentes às seguintes métricas: *Daylight Autonomy (DA), Continuous Daylight Autonomy (cDA), Useful Daylight Illuminance (UDI) e Simplified Daylight Glare Probability (*DGPs*).*

(A) (B)

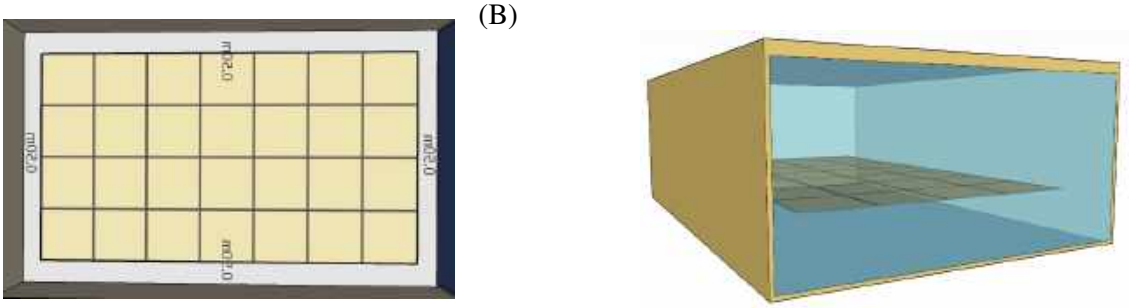

Figura 5- Posicionamento da malha do mapa de iluminação (pontos de medição): (A) perspectiva e (B) planta.

4. RESULTADOS

4.1. UDI – Iluminância útil da luz natural

Os resultados das simulações de UDI são apresentados nas Figuras 6 e 7. A Figura 6 mostra o aproveitamento da iluminação natural para a sala com PAF de 90%, nas orientações Norte, Sul, Leste e Oeste, de acordo com a existência ou não da varanda e para as diferentes profundidades de varanda. A Figura 7 apresenta os resultados para a sala com PAF de 43%.

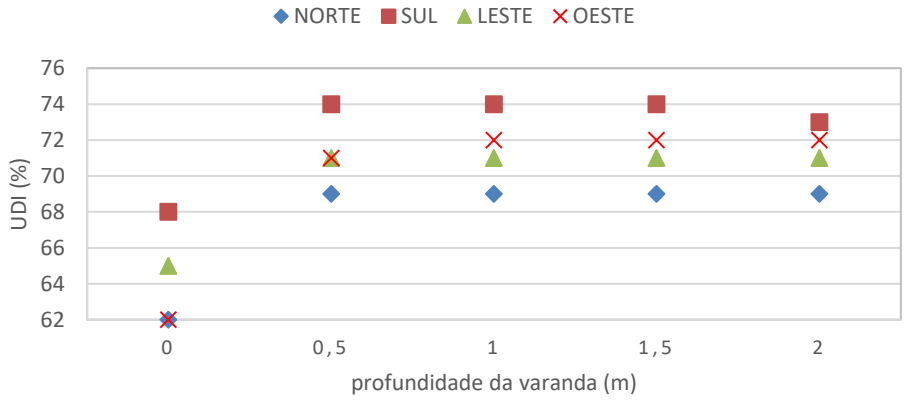

Figura 6- Valores de UDI para os cenários com PAF 90% e variação da orientação solar da fachada envidraçada

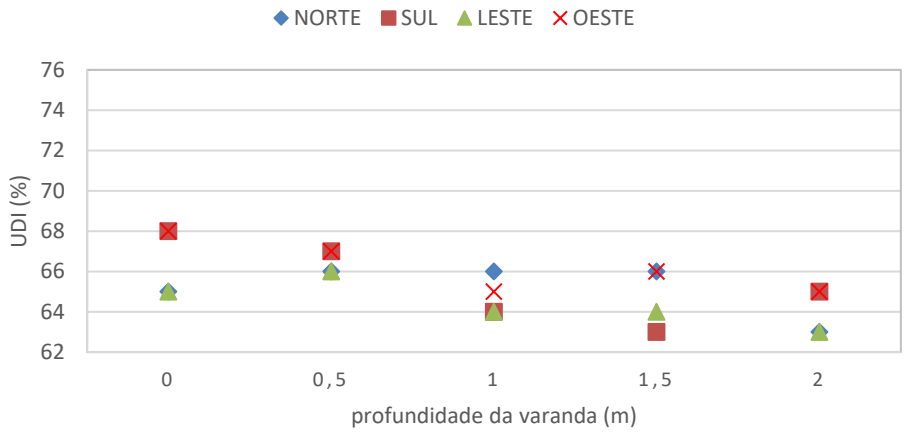

Figura 7- Valores de UDI para os cenários com PAF 43% e variação da orientação solar da fachada envidraçada

No caso do PAF de 90%, nota-se que a fachada Sul é a que apresenta o melhor aproveitamento de iluminação natural, para todos os cenários analisados, devido à menor incidência de radiação solar direta nesta orientação. A adição da varanda de 0,5 m permite um aumento de 6% no UDI, atingindo 74% de aproveitamento de iluminação natural ao longo do ano, o que equivale a 1.924 horas. De 0,5 m até 1,5 m de profundidade, o UDI permanece praticamente constante conforme o aumento da profundidade da varanda. Isso mostra que não há perdas para a iluminação natural, neste caso, com o aumento da varanda. A varanda de 2 m provoca uma redução de apenas 1% em relação ao caso sem varanda. A fachada Norte é a que apresenta o pior aproveitamento de iluminação natural de todos os cenários, podendo alcançar um nível de iluminância de mais de 12.000 lux próximo da janela, ou seja, um valor quatro vezes maior que o limite máximo de UDI. Isto ocorre pois esta é a orientação que recebe maior quantidade de radiação solar direta ao longo do ano. A adição da

varanda (0,5; 1; 1,5 e 2 m) permite um aumento de 7% no UDI, atingindo 69% de aproveitamento de iluminação natural, ou seja, 1.794 horas de iluminação natural útil em um ano. As fachada Leste e Oeste apresentam valores similares entre si, já que possuem incidência direta de radiação solar ao longo do ano equivalentes, e intermediários entre os resultados obtidos nas fachadas Norte e Sul. Com a adição da varanda, a fachada Leste apresenta um aumento de 6% no UDI, atingindo o valor de 71% (1.846 horas). Na fachada Oeste, a melhoria de aproveitamento de iluminação útil com a proteção da varanda (1; 1,5 e 2 m) é a mais significativa de todas as orientações solares analisadas, atingindo um aumento de 9% no UDI. A varanda com profundidade 0,5 m obteve valor de UDI 2% menor do que as demais profundidades, por ser menos efetiva no bloqueio da radiação solar.

Nota-se que a adição da varanda aumentou o desempenho luminoso em todos os cenários com PAF de 90% e que, apesar da pouca diferença entre as diferentes profundidades, as de 1 m e 1,5 m foram as que permitiram melhor desempenho, se analisarmos as quatro orientações solares de maneira conjunta.

Para os casos com PAF de 43%, não há um padrão de comportamento em função da existência ou não da varanda nas diferentes orientações solares, ou em sua profundidade. Também neste caso, a fachada Sul sem varanda, é a que apresenta o melhor aproveitamento de iluminação natural, com UDI 68%, que equivale a 1.768 horas de aproveitamento de luz natural no ano. Nesta fachada, a adição da varanda diminui o percentual de aproveitamento de iluminação natural, chegando a 5% de redução no caso da varanda com 1,5 m de largura. Devido à menor incidência solar direta nesta orientação, a varanda acaba impedindo ainda mais a entrada da radiação solar difusa. A fachada Norte obteve um leve aumento de 1% no UDI, chegando a 1.716 horas, com a adição das varandas de 0,5; 1 e 1,5 m. Já com a varanda de 2 m de profundidade, o UDI caiu 3%, em comparação ao caso sem a proteção. Como o Norte é a orientação que recebe maior quantidade de radiação solar ao longo do ano, mesmo com o menor PAF, a varanda ainda contribui levemente para a diminuição da incidência solar. A fachada com orientação solar Leste apresentou um pequeno aumento de 1% no UDI pela adição da varanda de 0,5 m, mas o aproveitamento de luz natural caiu com o aumento da profundidade (1; 1,5; 2 m). A fachada Oeste apresentou piora no aproveitamento de iluminação útil em todos os cenários com varanda.

De modo geral, nota-se que a adição da varanda diminuiu o desempenho luminoso, na maior parte dos cenários com menor PAF, pois a iluminância já é reduzida com a presença das paredes opacas da fachada.

4.2. DGPs - Probabilidade simplificada de ofuscamento pela luz natural

O cálculo e a classificação do DGPs referentes à média anual de ofuscamento nos horários de ocupação de cada cenário apresentam-se na Tabela 4. Os cenários que não aparecem na Tabela 4 não alcançaram os valores mínimos de classificação, apresentando desconforto por ofuscamento.

Tabela 4– Classificação de ofuscamento.

PAF (%)	Orientação	Profundidade (m)	Classe
90	SUL	0,5	C
		1	C
		1,5	B
		2	C
43	SUL	0	C
		0,5	B
		1	B
		1,5	B
		2	A
	OESTE	1,5	C

As saletas de orientação a Sul correspondem à maioria dos cenários classificados, já que esta fachada é a que possui menor incidência direta de radiação solar. Dos dez cenários a Sul, nove foram classificados quanto ao ofuscamento. O único cenário que obteve classificação A foi a saleta com PAF 43% com varanda de 2 m, uma vez que é o cenário que recebe menor radiação direta e difusa em seu interior. Este cenário também foi o que apresentou o menor UDI (63%).

O DGPs, no entanto, não pode ser avaliado separadamente, devendo ser associado aos valores de UDI para uma avaliação integrada. Sugere-se, a partir desta associação, que o melhor cenário quanto ao desempenho luminoso é a saleta a Sul, com PAF 90% e varanda de 1,5 m, com o UDI de 74% e classificação B quanto ao ofuscamento. Dentre os cenários com PAF de 43%, a saleta a Sul sem varanda é a que apresenta melhor desempenho luminoso, com UDI de 68% e classificação C quanto ao ofuscamento.

4.3. Mapas de iluminância

Os mapas apresentados nas Figuras 8 a 13 representam a média anual de iluminância nos horários de ocupação e permitem analisar a distribuição da iluminação natural no interior do ambiente. Apresentam-se os mapas de iluminância dos seguintes cenários: sala com PAF 90% na orientação Sul, sem e com varanda (Figuras 8 e 9); sala com PAF 90% na orientação Norte, sem e com varanda (Figuras 10 e 11) e a sala com PAF 43% na orientação Sul, sem e com varanda (Figuras 12 e 13).

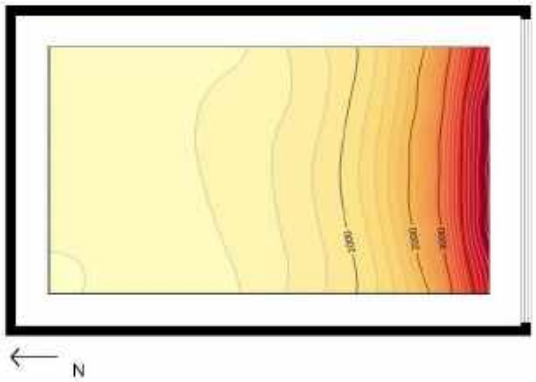

Figura 8 – Mapa de iluminância da sala sem varanda a Sul com PAF 90%.

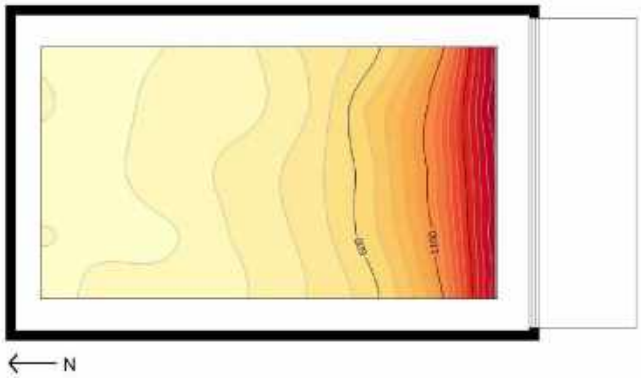

Figura 9 – Mapa de iluminância da sala com varanda de 1,5 m a Sul com PAF 90%.

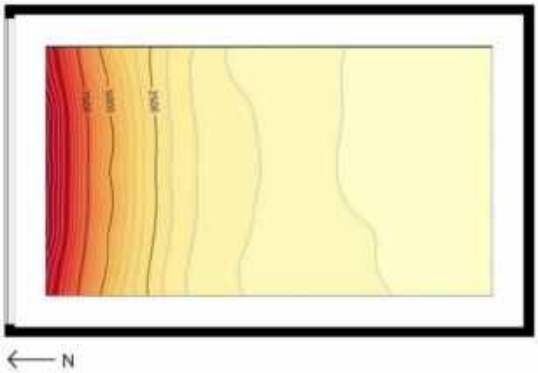

Figura 10 – Mapa de iluminância da sala sem varanda a Norte com PAF 90%.

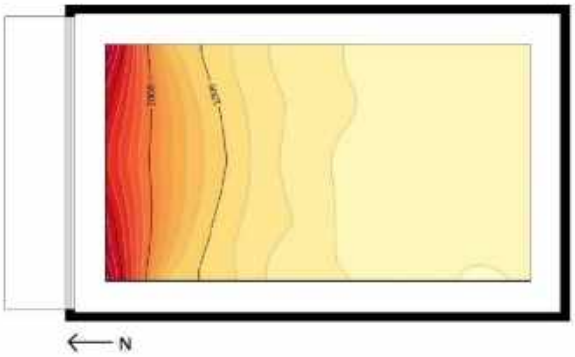

Figura 11 – Mapa de iluminância da sala com varanda de 1m a Norte com PAF 90%.

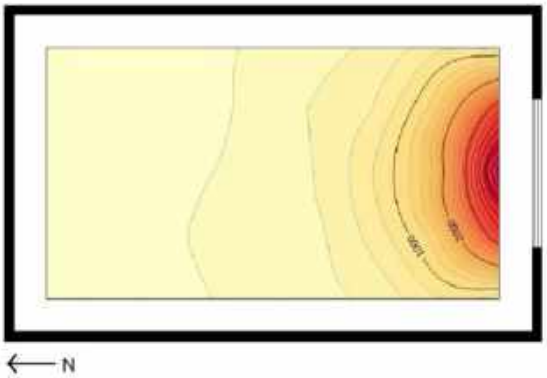

Figura 12 – Mapa de iluminância da sala sem varanda a Sul com PAF 43%.

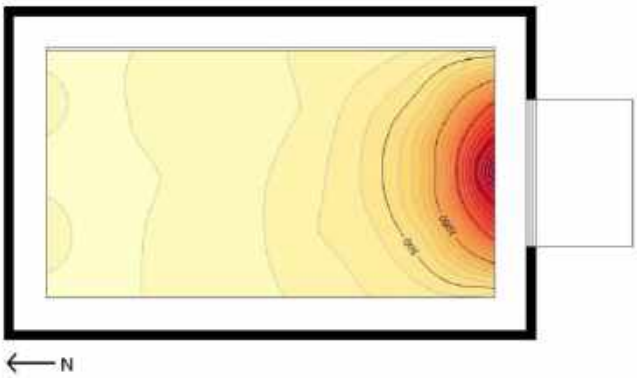

Figura 13 – Mapa de iluminância da sala com varanda de 1,5 m a Sul com PAF 43%.

A sala sem varanda a Sul (Figura 8), apresenta excesso de luminosidade na parte próxima à janela, ultrapassando os 3.000 lux em cinco pontos da malha, sendo que a iluminância máxima chega a 5.425 lux. No fundo do ambiente, o nível de iluminância mínima é de 159 lux, sendo que nove pontos estão na faixa de UDI suplementar (110 a 300 lux), podendo ser necessário a utilização de iluminação artificial para o desenvolvimento de certas atividades. A adição da varanda de 1,5 m (Figura 9) apresenta uma melhora na luminosidade do ambiente, que diminuiu os riscos de ofuscamento. A iluminância do ambiente varia de 62 lux, próximo a abertura, a 2116 lux, no fundo da sala, ou seja, está majoritariamente dentro dos valores de UDI. O fundo da sala, no entanto, apesar de estar dentro da margem de iluminância natural útil, apresenta 17

pontos (42% do ambiente) na faixa de UDI suplementar. Este cenário apresenta o melhor resultado de UDI, de todos os demais analisados.

A sala sem varanda a Norte (Figura 10) apresenta o cenário com pior aproveitamento da iluminação natural, dentre os casos investigados. Neste caso, há um excesso de iluminância na parte mais próxima à abertura, extrapolando o UDI máximo em 10 pontos (25% do ambiente) e atingindo 12.582 lux, valor quatro vezes maior que o máximo do UDI. O menor valor, neste caso, é 224 lux. Ao adicionar a varanda (Figura 11), há uma significativa diminuição no nível de iluminância, além do aumento na uniformidade da iluminação. A iluminância extrapola um pouco os níveis de UDI em apenas três pontos da malha, atingindo 3.745 lux, sendo que o valor mais baixo é de 175 lux.

A sala sem varanda a Sul com PAF 43% (Figura 12), apresenta 100 lux a menos no nível de iluminância no fundo do ambiente, em relação ao mesmo caso com PAF 90%. Com a adição da varanda (Figura 13), há uma piora no aproveitamento de iluminação da sala, no sentido de diminuir a luminosidade. Em sete pontos os níveis de iluminância são inferiores ao UDI mínimo (100 lux) e 50% do ambiente entra na faixa de UDI suplementar. O valor máximo atingido neste cenário é 2.515 lux.

De modo geral, em todos os casos os maiores riscos de ofuscamento (pontos com iluminância maior que 3.000 lux) ocorrem em pontos mais próximos à janela. Nota-se também que a presença da varanda diminui consideravelmente este risco. Além disso, a distribuição da iluminação no ambiente das salas com menor abertura é mais irregular, quando comparadas com a porta-balcão de PAF 90%, devido à presença das paredes opacas.

4.4. Séries anuais de iluminância

O mapa de iluminância gerado pela simulação anual da iluminação natural do ambiente permite identificar a intensidade luminosa em cada época do ano e em quais situações o usuário pode se sentir desconfortável. As Figuras 14 e 15 ilustram os mapas do melhor e pior cenários analisados.

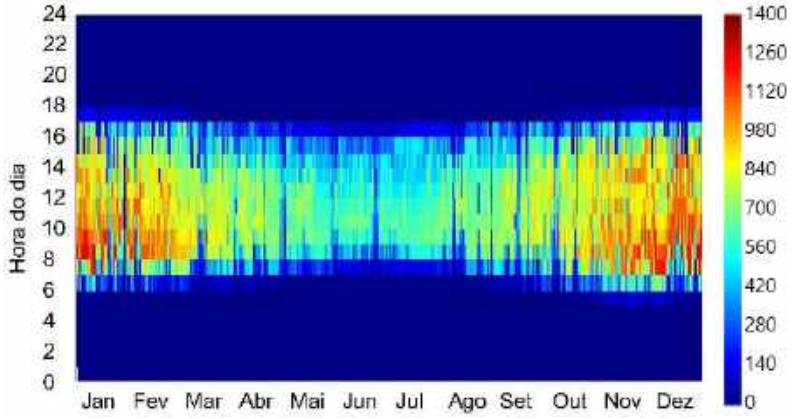

Figura 14 – Série anual de iluminância da sala com varanda de 1,5 m a Sul com PAF 90%.

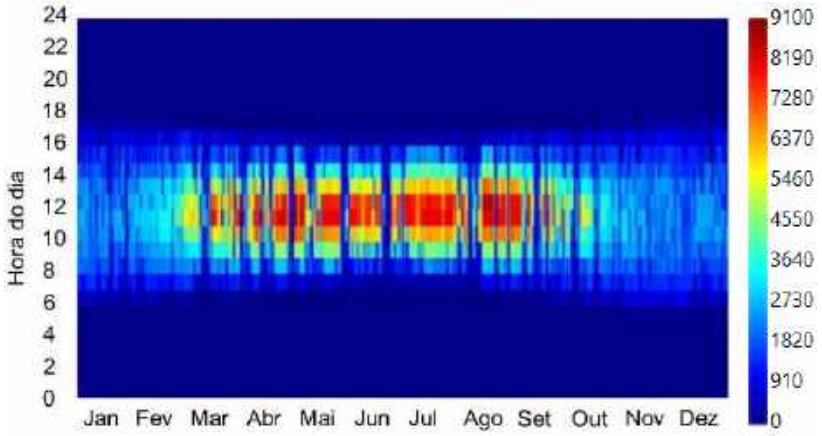

Figura 15 – Série anual de iluminância da sala sem varanda a Norte com PAF 90%.

O melhor cenário (Figura 14), apresenta maior uniformidade luminosa no ambiente ao longo do ano, durante as horas de ocupação. Neste cenário, o índice de aproveitamento da luz natural é de 74%. Os meses mais quentes - novembro, dezembro, janeiro e fevereiro - apresentam maior intensidade luminosa do que os

meses mais frios - maio a agosto – devido à incidência direta de radiação solar no início da manhã e fim de tarde. O pior cenário, que corresponde à sala com abertura a Norte e sem varanda (Figura 15), obteve um índice de aproveitamento da iluminação natural de 62% das horas de trabalho e apresentou elevado ofuscamento. Neste caso, percebe-se uma menor uniformidade durante as horas de ocupação, sendo que há uma maior quantidade de pontos com excesso de luminosidade e também pontos com luminosidade insuficiente. Ao contrário do que ocorre na fachada Sul, na fachada Norte os meses mais frios apresentam maior luminosidade do que os mais quentes.

5. CONCLUSÕES

Análises do impacto do uso de varandas sobre o desempenho luminoso de uma saleta comercial típica de edifícios de escritórios foram realizadas, com o intuito de identificar os intervalos de parâmetros de projeto mais adequados para prover conforto luminoso aos usuários.

Dentre os cenários analisados, o que mostrou melhor desempenho luminoso é a saleta com abertura voltada a Sul, PAF 90% e varanda de 1,5 m, que apresentou UDI de 74% e classificação B quanto ao ofuscamento. Os piores cenários corresponderam às saletas com PAF 90%, aberturas localizadas nas fachadas a Norte e a Oeste, ambas sem varanda, com UDI de 62% e alto nível de ofuscamento (sem classificação DGPs). O cenário no qual a varanda apresentou maior impacto positivo na distribuição da iluminação natural foi o caso com PAF 90% e abertura a Oeste, que, com o acréscimo da varanda (1; 1,5 e 2 m), obteve um aumento de 10% do tempo de aproveitamento de iluminação natural, o que equivale a 360 horas no ano. O cenário no qual a varanda apresentou maior impacto negativo foi a sala com PAF 43% abertura voltada a Sul, que, com o acréscimo da varanda de 2 m, obteve uma diminuição de 5% do tempo de aproveitamento da iluminação natural ao longo do ano, o que corresponde a 180 horas no ano. Esse, no entanto, foi o único cenário que obteve classificação A quanto ao ofuscamento, devido ao baixo nível de iluminância. Dentre os cenários com PAF de 43%, a saleta a Sul sem varanda foi a que apresentou melhor desempenho luminoso, com UDI de 68% e classificação C quanto ao ofuscamento.

Conclui-se que a fachada com maior área envidraçada se beneficia da presença da varanda em todas as orientações solares, uma vez que este caso apresenta iluminâncias elevadas ao longo do ano, podendo exceder os 12.000 lux em alguns pontos do ambiente, dependendo da orientação. A presença da varanda reduz a iluminância e aumenta o UDI. Por outro lado, a maior parte dos cenários com menor área envidraçada (PAF 43%) fica prejudicada com a varanda. Nestes casos a iluminância já é parcialmente controlada pelas paredes opacas da fachada e a presença da varanda contribui ainda mais com a diminuição dos níveis de iluminância, reduzindo o UDI em até 5%, em relação ao caso sem varanda. Faz-se exceção aos casos de varandas de 0,5 m de profundidade nas fachadas Norte e Leste.

A utilização da varanda deve ser analisada caso a caso, uma vez que ela pode tanto contribuir quanto prejudicar o desempenho luminoso do ambiente, dependendo de seu tamanho e orientação. Vale ressaltar que o presente trabalho não considerou o andar do ambiente e tampouco seu entorno, sendo que tais fatores podem influenciar fortemente o acesso na iluminação natural no ambiente interno, principalmente no caso de São Paulo, onde entrono é densamente construído Trabalhos futuros podem analisar os cenários levando em consideração tais fatores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT -ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/ ISO - **NBR ISO/CIE 8.995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho, parte 1: interior. Rio de Janeiro, 2013.

DABE, Trupti J.; ADANE, Vinayak S. The impact of building profiles on the performance of daylight and indoor temperatures in low-rise residential building for the hot and dry climatic zones. **Building and Environment**, [s. l.], v. 140, p. 173–183, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132318303044>. Acesso em: 23 ago. 2018.

DAHLAN, N. D. et al. Daylight ratio, luminance, and visual comfort assessments in typical malaysian hostels. **Indoor and Built Environment**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 319–335, 2009. a. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1420326X09337041>. Acesso em: 31 ago. 2018.

DAHLAN, N. D. et al. Evidence base prioritisation of indoor comfort perceptions in Malaysian typical multi-storey hostels. **Building and Environment**, [s. l.], v. 44, n. 10, p. 2158–2165, 2009. b. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132309000730>. Acesso em: 31 ago. 2018.

GÁBROVÁ, Lenka. Design of Balcony from the Point of View of Daylighting. **Advanced Materials Research**, [s. l.], v. 899, p. 298–301, 2014. Disponível em: <https://www.scientific.net/AMR.899.298>. Acesso em: 23 ago. 2018.

WIENOLD, Jan. **Radiance Manual**, 2016. Disponível em: <https://www.radiance-online.org/learning/documentation/manual-pages/pdfs/evalglare.pdf/view>

KIM, Gon; KIM, Jeong Tai. Healthy-daylighting design for the living environment in apartments in Korea. **Building and Environment**, [s. l.], v. 45, n. 2, p. 287–294, 2010. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132309001929>. Acesso em: 31 ago. 2018.

LABEEE - LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - UFSC. **Arquivos climáticos INMET 2016 |** [s.d.]. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>. Acesso em: 20 dez. 2018.

MARDALJEVIC, J. et al. Daylighting Metrics: Is there a relation between Useful Daylight Illuminance and Daylight Glare Probabilty? **Proceedings of the Building Simulation and Optimization Conference BSO12**, [s. l.], 2012. Disponível em: <https://infoscience.epfl.ch/record/179939>. Acesso em: 25 mar. 2019.

MARDALJEVIC, John. Climate-Based Daylight Modelling And Its Discontents. **CIBSE Technical Symposium**, [s. l.], n. April, p. 1–12, 2015. Disponível em: <https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/bitstream/2134/19993/1/jm-cibse-ts-2015-04.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2018.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: a new paradigm for assessing daylight in building. **Lighting Research and Technology**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 41–59, 2005. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1191/1365782805li128oa>. Acesso em: 9 out. 2018.

PEREIRA, F. A.; NEVES, Letícia O. Desenvolvimento De Um Banco De Dados Contendo Estratégias De Projeto De Edifícios De Escritórios De Modo Misto. **Entac**, [s. l.], 2018.

INMETRO **- Serviço Público Federal MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.inmetro.gov.br,>. Acesso em: 20 dez. 2018.

WIENOLD, Jan; CHRISTOFFERSEN, Jens. Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 38, n. 7, p. 743–757, 2006. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778806000715>. Acesso em: 25 mar. 2019.

XUE, Peng et al. Post-occupancy evaluation of sunshades and balconies' effects on luminous comfort through a questionnaire survey. **Building Services Engineering Research and Technology**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 51–65, 2016. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0143624415596472>. Acesso em: 28 ago. 2018.