



## AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO COM JANELAS OPV

**UEHARA, Letícia Karine Seki (1); SCHMID, Aloísio Leoni (2)**

(1) Universidade Federal do Paraná, [leticia.uehara@gmail.com](mailto:leticia.uehara@gmail.com)

(2) Universidade Federal do Paraná, [iso@ufpr.br](mailto:iso@ufpr.br)

### RESUMO

A iluminação natural em edifícios de escritório está relacionada ao conforto e à acuidade visual dos usuários, assim como ao consumo de energia com iluminação artificial. Os edifícios de escritório comumente dispõem de grandes fachadas de vidro que permitem o aporte de luz. Entretanto, sem que exista o devido planejamento e um controle contínuo, é possível que tais fachadas também causem o aumento de carga térmica, variação excessiva de iluminância com a profundidade do ambiente e ofuscamento. O objetivo dessa pesquisa é avaliar o potencial da janela fotovoltaica baseada em película fotovoltaica orgânica (OPV) para aplicação em vidros das janelas existentes em edifícios de escritório com múltiplos pavimentos para verificar a sua contribuição para a qualidade da iluminação interna. São comparados três tipos de janelas sob condição de céu real (nublado e claro): vidro comum 3 mm (Cenário A); vidro comum mais módulo fotovoltaico OPV (Cenário B); e vidro com aplicação de película solar (Cenário C). Em um estudo anterior desenvolvido pelos autores, realizou-se experimento com modelo em escala reduzida de uma sala de escritório genérica. Assim, obteve-se resultados de iluminância no plano de trabalho (a 75 cm do chão) ao longo do eixo central (Norte-Sul) da sala, Fator de Luz do Dia (FLD) e fotografias do interior do modelo. O presente estudo utiliza os mesmos dados de entrada (entorno, geometria e materiais) para realizar simulação no Radiance. Os resultados obtidos com a medição foram utilizados como parâmetros para testar os resultados da simulação. Verificou-se semelhança entre eles. Além disso, foi possível obter o índice de ofuscamento ou DGI (Daylight Glare Index). Comprovou-se assim, a superioridade do desempenho da janela OPV, com a vantagem desta produzir energia para suplementar a iluminação natural quando for necessário.

**Palavras-chave:** Iluminação natural, Adequação visual, Janelas fotovoltaicas, OPV, Simulação de edifícios.

### ABSTRACT

*Daylighting in office buildings is related to visual comfort and visual acuity of users, as well as to the energy consumed in artificial lighting. Usually, office buildings have large glass facades that allow natural light and ventilation. However, without control, that may cause increased thermal load, as well as abrupt changes in illuminance across the depth of the room and glare. This research aims to evaluate the potential of organic photovoltaic window based on photovoltaic organic (OPV) film for application to existing window glass in the creation of PV windows in multi-storey office buildings to verify its contribution to the quality of the indoor lighting. Three window materials were compared under real sky conditions (overcast and clear): 3 mm single glass (Scenario A); single glass with OPV module (Scenario B); and single glass with application of control solar film (Scenario C). In an earlier study developed by the authors, an experiment was conducted with a generic office room scale model. Hence, we obtained results of work plane illuminance (75 cm) along the room central axis (North-South), Daylight Factor (DF) and photographic from the model interior. This study uses the same input data (surroundings, geometry and materials) to perform a simulation using the Radiance. The results obtained with the measurement*

was used as parameters to validate the simulation results and showed similarity between them. In addition, it was possible to obtain DGI (Daylight Glare Index). This has proven the superior performance of the OPV window, with the advantage that it produces energy to supplement daylight when it is necessary.

**Keywords:** Daylighting, visual adequacy, PV windows, OPV, Building simulation.

## 1 INTRODUÇÃO

A janela é um importante elemento arquitetônico para os edifícios, pois por meio dela, é possível obter luz natural e vista para o ambiente externo, assim como muitas pesquisas apontam para benefícios biológicos e fisiológicos nos humanos (EDWARDS; TORCELLINI, 2016). Entretanto, sem que exista um adequado projeto e controle permanente, é possível que as janelas causem o aumento de carga térmica, variação acentuada de iluminância com a profundidade do ambiente e ofuscamento (GARCIA-HANSEN, 2006; HEE et al., 2015). Para solucionar esta última questão, em edifícios de escritórios com múltiplos pavimentos, que comumente dispõem de extensas fachadas de vidro, utiliza-se cortina e persiana para o controle solar. Isto resulta em uma queda da iluminância no interior da sala, além de limitar a vista para o meio externo, e conseqüentemente, aumenta a necessidade da utilização de iluminação artificial. Ademais, a redução da carga térmica não acontece, considerando apenas as soluções citadas acima (cortina e persiana), a não ser em se tratando de persianas metálicas - que efetivamente refletem a radiação de ondas curtas, como longas.

A utilização de tecnologia para o controle de iluminação natural pode resultar numa redução do consumo de energia artificial e contribuir para a melhoria do desempenho visual dos usuários dos edifícios (SUDAN et al., 2015). Neste sentido, a janela fotovoltaica é uma tecnologia não convencional, que além de produzir energia, pode também reduzir o consumo de energia com ar-condicionado e iluminação artificial (SKANDALOS; KARAMANIS, 2015), assim como fornecer uma distribuição de luz mais uniforme para uma sala de escritório, pois a energia fotovoltaica produzida pode ser utilizada para aumentar a iluminância sobre uma mesa posicionada no fundo da sala, ao mesmo tempo que o material fotovoltaico reduz o efeito do ofuscamento para um trabalhador com vista direta da janela (SCHMID; UEHARA, 2017).

Entre os diferentes tipos de janelas fotovoltaicas, uma das tecnologias emergentes, as células solares constituídas com material orgânico (OPV) apresentam uma favorável relação de custo-benefício, e reduzido impacto ambiental (CHEMISANA et al., 2019). Além disso, outras vantagens da janela OPV são a facilidade de aplicação em grandes áreas (SKANDALOS; KARAMANIS, 2015), a adaptação a diferentes configurações arquitetônicas, leveza e transparência (CHEN et al., 2012), simplicidade, variedade de cores e produção rápida e de baixo custo (YAN et al., 2013).

O objetivo desta pesquisa é avaliar o potencial da aplicação do filme OPV nas fachadas principais de edifícios de escritórios com plantas profundas, a fim de verificar a sua contribuição para a qualidade da iluminação interna, ou seja, uma melhor distribuição da luz natural e controle de brilho excessivo (ofuscamento) para um trabalhador com vista direta da janela.

## 2 MÉTODO

Para avaliar a aplicação do filme OPV na janela realizaram-se simulações no Radiance. Em estudo anterior, um modelo em escala reduzida de uma sala de escritório genérica foi instalado na cobertura de um prédio da UFPR em Curitiba (latitude 25° 31' S e longitude 49° 10' W). Para a simulação, utilizaram-se os mesmos dados de entrada do modelo reduzido (entorno, geometria e materiais). A avaliação é feita por meio de comparação de três tipos de janelas (Quadro 1).

**Quadro 1 – Cenários para a simulação**

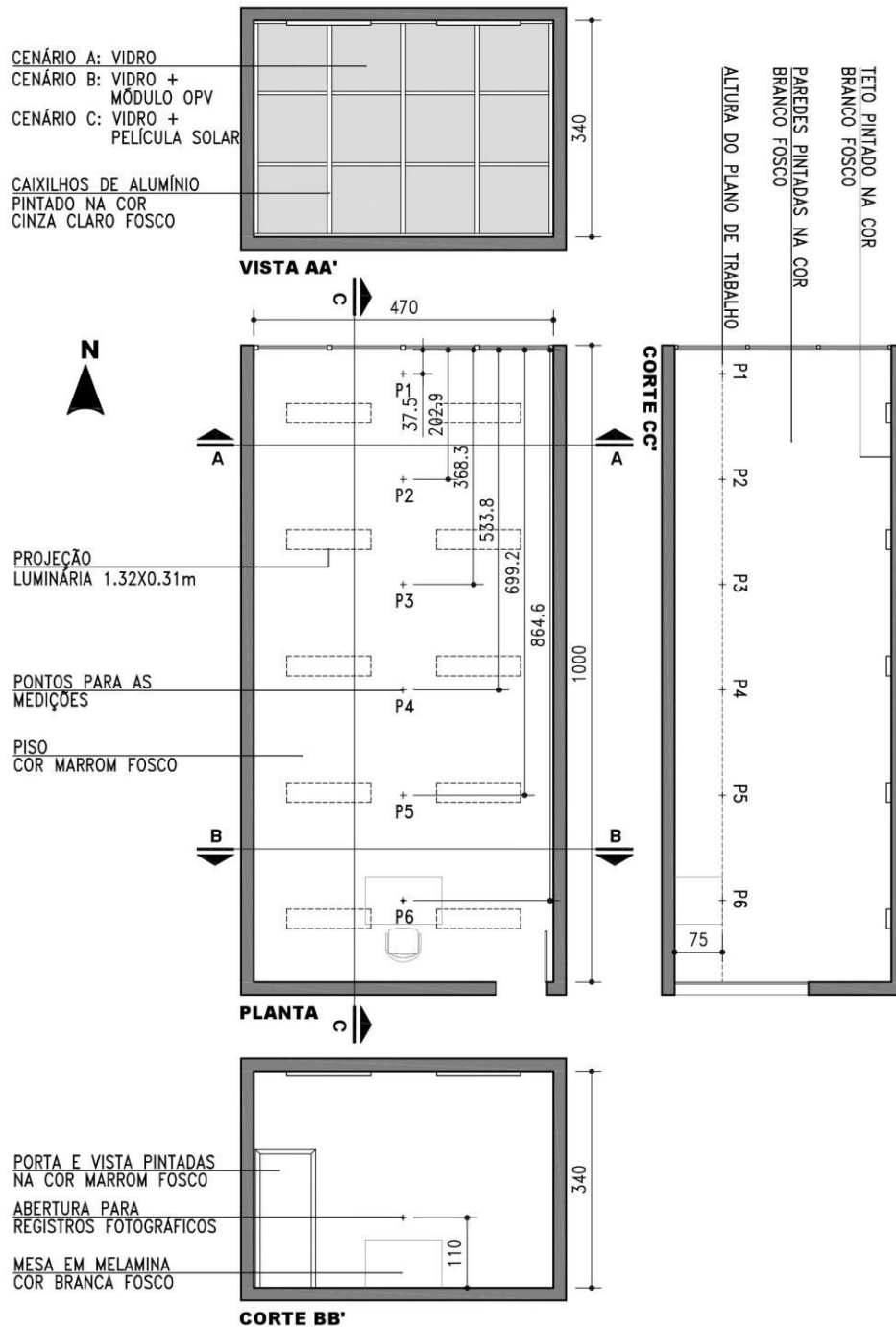
Cenários	Materiais
Cenário A	vidro comum 3 mm 90% transparente
Cenário B	vidro comum mais módulo OPV, 2.5% de transparência na faixa escura e 65% na faixa clara
Cenário C	vidro comum com aplicação de película solar 10% transparente

O modelo em escala reduzida possibilitou a medição da iluminação natural no interior da sala sob condição de céu real (nublado e claro). Obtiveram-se como resultados: iluminância no plano de trabalho ( $h=75$  cm) ao longo do eixo central da sala (Norte-Sul); o fator de luz do dia (FLD) para o céu nublado e imagens do interior do modelo. Utilizou-se estes resultados como parâmetros para validar os resultados da simulação. A simulação permitiu obter o *Daylight Glare Index* (DGI).

### 2.1 Modelo geométrico e entorno

O modelo reduzido (Figura 1) corresponde a uma sala de escritório genérica medindo 4,70 m (comprimento), 10,00 m (profundidade) e 3,40 m (altura). A fachada principal ocupa toda a fachada Norte e mede 4,70 m x 3,40 m. Os pontos P1 a P6 indicam os pontos de medição de iluminância no interior do modelo.

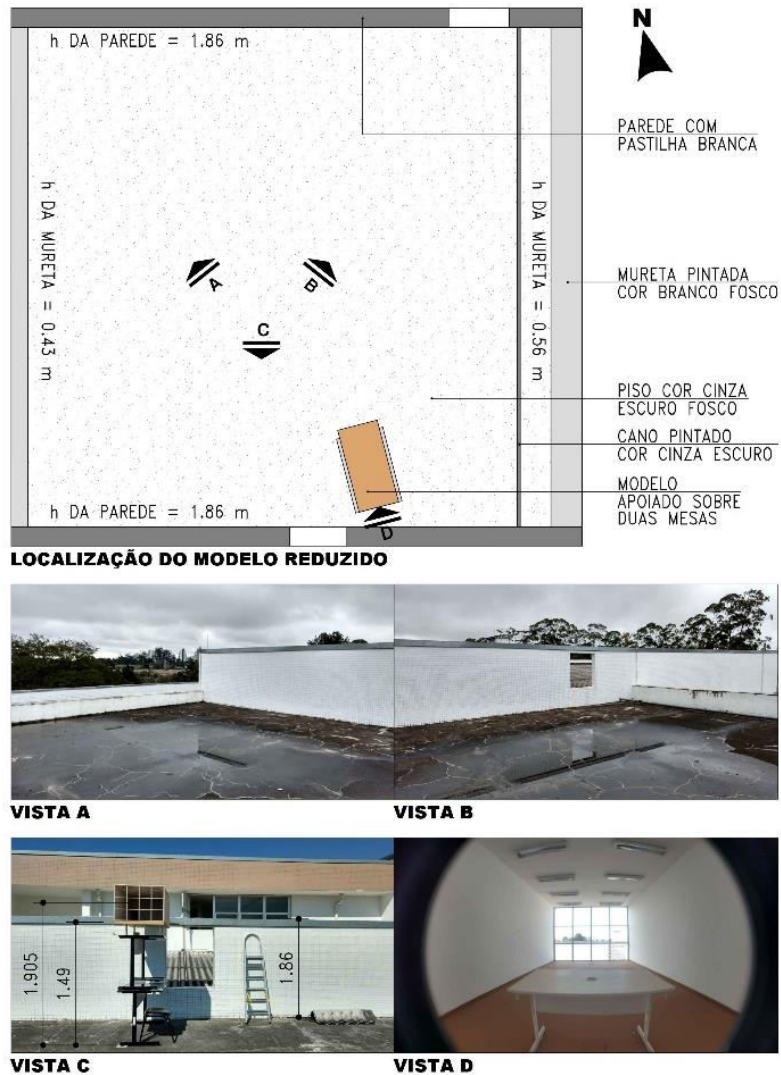
**Figura 1 – Modelo geométrico para a simulação**



Fonte: OS AUTORES (2017)

A Figura 2 apresenta o entorno do modelo, local no qual o modelo reduzido foi instalado no estudo anterior.

**Figura 2 – Modelo geométrico para a simulação**



Fonte: OS AUTORES (2017)

## 2.2 Coleta de dados

Para a comparação entre a medição no modelo reduzido e a simulação computacional, realizou-se a coleta de dados de refletância dos materiais com as cores do modelo e do entorno. Empregou-se o método de estimativa de cor da superfície desenvolvido por Ward e Shakespeare (1998). Assim, posicionou-se pequenas amostras de cada material perpendicularmente a um monitor com configuração de ajuste de gamma (corrige o brilho da imagem exibida no monitor para que corresponda a imagem real) e um selecionador de cor chamado Radiance Colour Picker acessado pelo site JALOX (JACOBS, 2013). Então,

o seletor de cor foi ajustado para que a cor indicada no monitor se aproxime da cor da amostra. Uma vez selecionada a cor, a ferramenta indica os valores de refletância e cor normalizada. Os valores obtidos, indicados no Quadro 2, foram posteriormente inseridos no Radiance.

**Quadro 2 – Refletância das superfícies internas**

Superfícies	Material/ <u>Material Radiance</u>	Refletância Colour Picker		
		R	G	B
Parede/Teto	Pintura branca fosca/ <u>Plástico</u>	0,95	0,95	0,95
Piso/Porta/Rodapé	Pintura marrom fosca/ <u>Plástico</u>	0,38	0,24	0,15
Janela: Cenário A	Vidro simples transparente/ <u>Vidro e illum</u>	0,90	0,90	0,90
Janela: Cenário B	Vidro simples transparente/ <u>Vidro e illum</u>	0,20	0,20	0,20
	Vidro transparente azul/ <u>Vidro e illum</u>	0,18	0,18	0,18
Janela: Cenário C	Vidro transparente verde/ <u>Vidro e illum</u>	0,28	0,33	0,30
Esquadrias	Pintura cinza claro fosca/ <u>Plástico</u>	0,19	0,17	0,16
Mesa	Pintura branca acetinada/ <u>Plástico</u> especularidade 0.01	0,69	0,70	0,61
Luminária - exterior	Pintura branca acetinada/ <u>Plástico</u>	0,70	0,60	0,50
Luminária - interior	Metal prateado/ <u>Metal</u>	0,62	0,67	0,69

### 2.3 Iluminância no plano de trabalho

O método utilizado para o cálculo da iluminância no plano de trabalho ( $h = 0,75$  cm) foi o descrito por Jacobs (2012), que utiliza as ferramentas rtrace e rcalc. O primeiro comando calcula os valores de radiância e irradiância para análise de iluminação (WARD; SHAKESPEARE, 1998). Por sua vez, o rcalc transforma informações de um arquivo de acordo com um conjunto de configurações fornecidas (RADSITE, 2019). Os dados foram inseridos na linha de comando do Radiance da seguinte forma:

```
$ cat data/line.pts | rtrace -I -ab 3 -h -oov scene.oct | rcalc -e '$1=$2;$2=179*(,265*$4+,670*$5+,065*$6)' > results/lux.csv
```

Foram inseridos no Radiance o arquivo com as coordenadas dos pontos para o cálculo da iluminância (data/line.pts) e o arquivo que reúne a descrição da cena (octree) chamado de scene.oct. Assim, um novo arquivo foi gerado com os resultados de iluminância (results/lux.csv).

### 2.4 Cálculo do Fator de Luz do Dia (FLD)

Devido a luz natural variar constantemente ao longo do dia, para viabilizar a comparação entre as medições do modelo reduzido, fez-se necessário o cálculo do Fator de Luz do Dia - FLD (Equação 1). Este representa a relação entre a iluminância horizontal interna e a iluminância horizontal

externa sob condição de céu nublado e sem obstruções (MARDALJEVIC; CHRISTOFFERSEN, 2013). Mesmo com a variação da iluminância externa, o FLD permanece aproximadamente constante (HOPKINSON, 1960). Os valores de iluminância interna ( $E_{int}$ ) utilizados foram obtidos no Radiance e os de iluminância externa ( $E_{ext}$ ) na medição do modelo reduzido.

$$FLD = \frac{E_{int}}{E_{ext}} \times 100 \quad (1)$$

De acordo com as normas britânicas para iluminação natural BS 6262-2: 2005 e BS 8206-2: 2008, para um valor de FLD igual a 5% ou mais e com uma distribuição satisfatória da iluminação natural, a luz artificial não será necessária; quando FLD varia entre 2 a 5%, a luz artificial geralmente será necessária; e, para valores de FLD mais baixos que 2%, a luz artificial sempre será necessária (HASHEMI, 2014). O manual técnico norueguês BREEAM NOR recomenda que edifícios com múltiplos pavimentos localizados em latitudes menores que 40° tenham um FLD de 2,25% (MARDALJEVIC; CHRISTOFFERSEN, 2013). O Guia de Iluminação do CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) recomenda que para FLD maior do que 5% não é necessária iluminação complementar, exceto no amanhecer e no entardecer. Entretanto, poderão ocorrer problemas com o ofuscamento e o ganho térmico (CIBSE, 1999).

## 2.5 Cálculo do índice de ofuscamento

Para o cálculo do ofuscamento, utilizou-se a métrica Daylight Glare Index – DGI, apresentada na Equação 2 (TUAYCHAROEN; TREGENZA, 2007):

$$DGI = 10 \log \sum 0.48 \frac{L_s^{16} \Omega_i^{0.8}}{L_b + (0.07 \omega^{0.5} L_w)} \quad (2)$$

onde,

$L_s$  = luminância ( $Cd/m^2$ ) de cada parte da fonte;

$L_b$  = média da luminância ( $Cd/m^2$ ) da superfície no ambiente, dentro do campo visual do observador;

$L_w$  = luminância média ponderada do fundo sem considerar as fontes ( $Cd/m^2$ );

$\Omega$  = ângulo sólido da vista (esterradianos);

$\omega$  = ângulo sólido das fontes (esterradianos).

Sendo que para o ângulo sólido da vista, considerou-se a Equação 3 e para o ângulo sólido das fontes, a Equação 4.

$$\Omega = A/r^2 \quad (3)$$

$$\omega = 2\pi \quad (4)$$

Por fim, utilizou-se a ferramenta ximage do Radiance para obter uma imagem com os valores de luminância usados no cálculo de DGI.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Iluminância no plano de trabalho

Por meio do sistema Radiance, obteve-se os valores de iluminância no plano de trabalho (pt), localizado a 75 cm do chão. Para fins de comparação a data e hora utilizados são relativos à medição do modelo reduzido (pesquisa anterior) e são apresentados na Tabela 3 e 4, assim como os valores de iluminância calculados no Radiance.

**Tabela 3 – Iluminância no pt para os cenários sob céu nublado**

Cenários	A1	B1	C1	A2	B2	C2	A3	B3	C3	A4	B4	C4	
Dia	06/11/2017			06/11/2017			08/11/2017			08/11/2017			
Hora	14:00			17:30			09:00			12:30			
Iluminância (lux)	EP1	4367	929	633	2751	275	125	4695	541	476	3415	557	597
	EP2	2527	547	366	1590	163	72	2716	318	276	1977	328	345
	EP3	1278	227	185	804	67	37	1376	132	140	1000	135	174
	EP4	755	97	109	477	29	22	810	57	82	592	59	103
	EP5	506	44	73	319	13	14	543	26	55	398	26	69
	EP6	405	22	59	256	7	12	433	13	44	319	14	55

**Tabela 4 – Iluminância no pt para os cenários sob céu claro**

Cenários	A5	B5	C5	A6	B6	C6	A7	B7	C7	A8	B8	C8	
Dia	12/11/2017			12/11/2017			12/11/2017			13/11/2017			
Hora	13:25			15:30			17:30			13:15			
Iluminância (lux)	EP1	2372	304	323	1550	205	279	2333	124	98	2569	322	266
	EP2	2224	272	231	1587	195	238	1848	111	94	2338	281	251
	EP3	1615	164	172	1193	120	166	1251	67	69	1683	169	183
	EP4	1106	78	116	794	58	112	841	32	47	1142	80	125
	EP5	773	33	84	583	24	82	609	14	34	824	35	89
	EP6	659	16	71	487	11	69	519	7	28	683	16	75

#### 3.2 Fator de luz do dia - FLD

O cálculo do FLD é realizado apenas para os cenários sob condição de céu nublado. Os valores obtidos e os valores de iluminância externa medidos no estudo com o modelo reduzido são apresentados na Tabela 5. Observou-se que os valores do FLD permanecem constantes para todos os pontos e para todos os cenários, sendo que a média de FLD para os cenários A excede 5% e, dessa forma, existe possibilidade de ocorrer



ofuscamento (CIBSE, 1999). Em contrapartida, verificou-se uma redução nos valores de FLD para os cenários B e C. Portanto, mesmo com a possibilidade da necessidade da utilização da iluminação artificial, os valores obtidos para estes últimos cenários não indicam a possibilidade de ofuscamento.

**Tabela 5 – Fator de luz do dia nos cenários sob céu nublado**

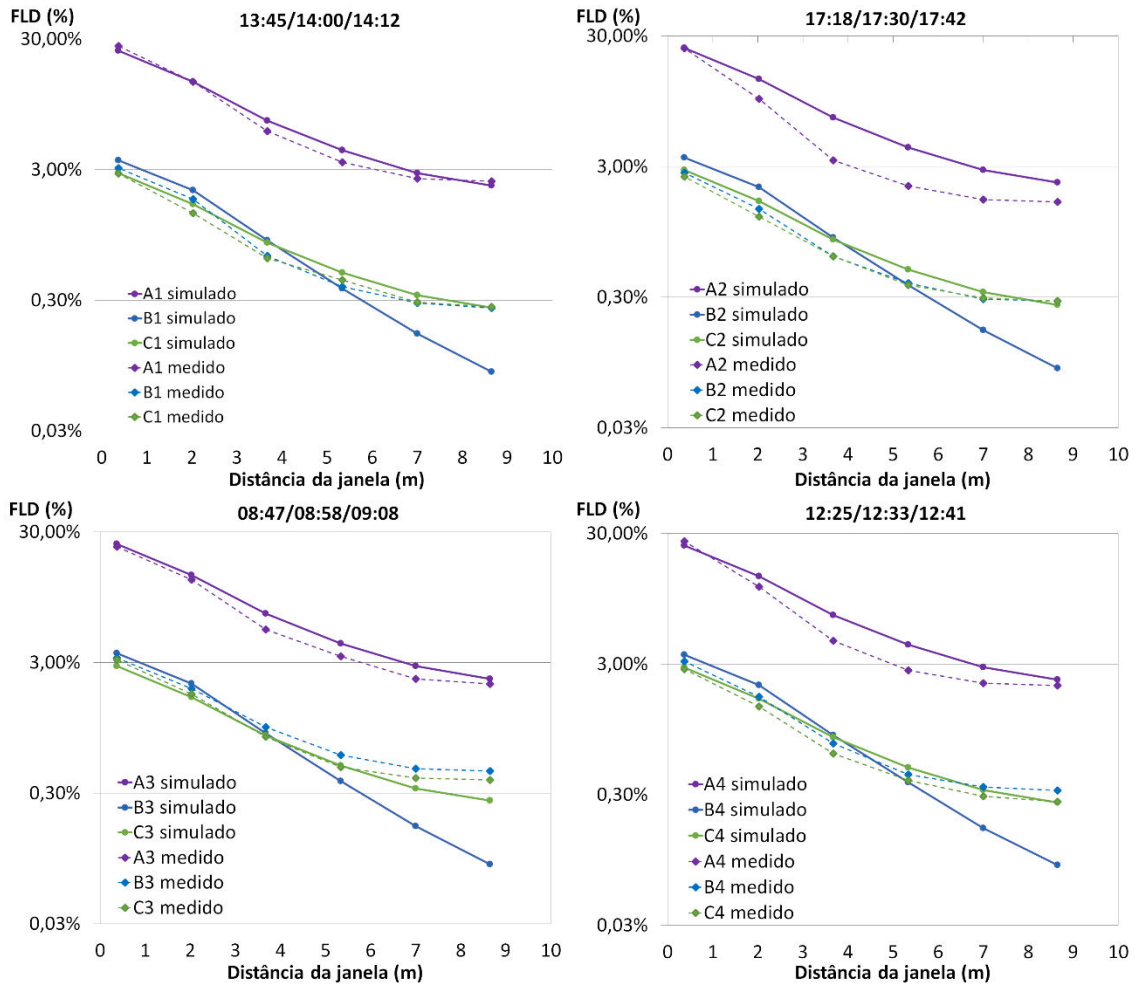
Cenários	A1	B1	C1	A2	B2	C2	A3	B3	C3	A4	B4	C4	
<b>E<sub>ext</sub>(Klux)</b>	<b>17,9</b>	<b>26,3</b>	<b>22,4</b>	<b>11,3</b>	<b>7,8</b>	<b>4,42</b>	<b>19,3</b>	<b>15,3</b>	<b>16,9</b>	<b>14</b>	<b>15,7</b>	<b>21,1</b>	
<b>FLD (%)</b>	<b>FLD<sub>P1</sub></b>	24,4	3,5	2,8	24,3	3,5	2,8	24,4	3,5	2,8	24,4	3,5	2,8
	<b>FLD<sub>P2</sub></b>	14,1	2,1	1,6	14,1	2,1	1,6	14,1	2,1	1,6	14,1	2,1	1,6
	<b>FLD<sub>P3</sub></b>	7,1	0,9	0,8	7,1	0,9	0,8	7,1	0,9	0,8	7,1	0,9	0,8
	<b>FLD<sub>P4</sub></b>	4,2	0,4	0,5	4,2	0,4	0,5	4,2	0,4	0,5	4,2	0,4	0,5
	<b>FLD<sub>P5</sub></b>	2,8	0,2	0,3	2,8	0,2	0,3	2,8	0,2	0,3	2,8	0,2	0,3
	<b>FLD<sub>P6</sub></b>	2,3	0,1	0,3	2,3	0,1	0,3	2,3	0,1	0,3	2,3	0,1	0,3
	<b>Média</b>	9,15	1,2	1,05	9,13	1,2	1,05	9,15	1,2	1,05	9,15	1,2	1,05

A Figura 3 apresenta a comparação entre os valores de FLD obtidos no estudo com o modelo reduzido e os calculados no Radiance.

Os valores de FLD obtidos com a medição e os calculados no Radiance apresentam curvas próximas para os cenários A e C. No caso dos cenários B existe uma diferença maior entre os pontos mais afastados da janela (P5 e P6). Um possível motivo pode ser o fato do filme OPV ser mais complexo e requerer uma descrição mais detalhada que os demais materiais. Nesta pesquisa, OPV foi descrito de maneira simples utilizando dois materiais: faixa clara (vidro transparente) e escura (vidro azul escuro).

Na pesquisa anterior, identificou-se a condição de céu por meio da previsão do site Accuweather e por estimativa visual. Para a simulação, optou-se por utilizar o modelo de céu da CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*), que representa um padrão de luminância único e bem definido. Porém, os resultados obtidos com a simulação diferenciaram-se dos medidos no modelo reduzido. Uma solução foi inserir a irradiância horizontal difusa - luminância horizontal externa dividida pelo fator de conversão de eficácia luminosa do Radiance, definido em 179 lm/w (WARD, SHAKESPEARE, 1998) - para o céu nublado obtida na medição, e dessa forma, os resultados simulados e os medidos se aproximaram, e portanto, puderam ser validados.

**Figura 3 – Comparativo dos valores de FLD medidos e simulados sob condição de céu nublado**



Fonte: OS AUTORES (2017)

### 3.3 Ofuscamento

Para obtenção dos dados para o cálculo de DGI, utilizou-se a ferramenta ximage do Radiance para gerar uma imagem de cada cenário. Desta forma, obteve-se a média de luminância para cada superfície e fonte. Estes dados são inseridos na fórmula do DGI e os resultados são apresentados nas tabelas 6 (céu nublado) e 7 (céu claro). Para definir o ângulo sólido considerou-se a posição do observador sentado no fundo da sala com vista para a janela.

**Tabela 6 – DGI para os cenários de céu nublado**

Cenários	A1	B1	C1	A2	B2	C2	A3	B3	C3	A4	B4	C4
----------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

<b>Ls</b>	1562	608	217	1001	134	110	1681	258	396	1232	286	498
<b>Lb</b>	526	379	71	348	208	192	558	256	281	419	264	312
<b>Lw</b>	172	301	109	125	233	220	174	256	242	142	257	248
<b>DGI</b>	22	17	15	21	9	7	22	12	15	21	13	16

**Tabela 7 – DGI para os cenários de céu claro**

<b>Cenários</b>	A5	B5	C5	A6	B6	C6	A7	B7	C7	A8	B8	C8
<b>Ls</b>	2322	211	288	4665	600	801	9861	235	886	3156	259	323
<b>Lb</b>	1118	272	270	1625	373	396	2959	260	388	1334	285	280
<b>Lw</b>	707	293	263	586	296	258	601	268	218	711	294	266
<b>DGI</b>	21	11	13	25	17	18	27	12	19	23	12	13

De acordo com a classificação do nível de desconforto causado por ofuscamento baseado em DGI (JAKUBIEC; REINHART, 2010), os valores abaixo de 18 são considerados imperceptíveis, entre 18 e 24 são perceptíveis, de 24 a 31 são perturbadores e acima de 31 são intoleráveis. Alguns dos cenários com vidro transparente (A1-A5 e A8) apresentaram valores altos de DGI de 21 a 23 e, portanto, estão na faixa perceptível. Os cenários A6 (25) e A7(27) apresentaram valores de DGI classificados como perturbadores, e assim, faz-se necessário um sistema para controle de ofuscamento.

Os demais cenários, com OPV (B) e com filme solar (C), apresentaram quase todos os valores de DGI abaixo do nível de percepção para todos os tipos de céu. Apenas o cenário C7 apresentou valor (18) considerado perceptível. Além disso, observou-se similaridades entre os valores de DGI nos cenários B e C. Isto sugere que ambos os materiais apresentam desempenho equivalente em relação ao controle de ofuscamento.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nesta pesquisa procurou-se explorar o potencial da aplicação da janela OPV em edifícios de escritório com múltiplos pavimentos e planta profunda por meio de simulação no Radiance. O objetivo é manter o FLD alto, e ao mesmo tempo proporcionar uma adequada distribuição de luz natural no interior da sala para evitar o ofuscamento.

A comparação de todos os cenários em relação ao FLD demonstra uma superioridade da janela OPV em relação à janela com vidro comum e à janela com película solar. A última apresenta somente um desempenho passivo, enquanto que a primeira tem a possibilidade de produzir energia para suplementar a iluminação natural.

Com relação ao DGI, os cenários com vidro transparente apresentaram os valores mais elevados por ter sido identificado ofuscamento perceptível para os cenários sob condição de céu nublado A1 a A4 e condição de céu claro A5 a A8. Em quase todos os cenários B e C, o ofuscamento não atingiu a faixa perceptível.

Os resultados desta pesquisa foram comparados com os de um estudo anterior em que se realizou medições em um modelo reduzida sob condição de céu real. Assim, encontrou-se similaridades entre os

Sugere-se para pesquisas futuras o cálculo da energia gerada, assim como a análise das propriedades térmicas da janela OPV.

## REFERÊNCIAS

- CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS - CIBSE. **Lighting Guide 10: Daylighting and window design**. London, 1999.
- CHEMISANA et al. Performance and stability of semitransparent OPVs for building integration: A benchmarking analysis. **Renewable Energy**, v.137, p. 177-188, 2019.
- CHEN, K. S. et al. Semi-Transparent polymer solar cells with 6% PCE, 25% average visible transmittance and a color rendering index close to 100 for power generating window applications. **Energy & Environmental Science**, v. 5, p. 9551-9557, 2012.
- EDWARDS, L.; TORCELLINI, P. **A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants**. National Renewable Energy Laboratory, p.1-58, 2002. Disponível em: < <https://bit.ly/2Q3RVMk> >. Acesso em: 19 fev. 2018.
- GARCIA-HANSEN, V.; Innovative daylighting systems for deep-plan commercial buildings. 2006. 348f. Tese (Doutorado Arquitetura) – Universidade de Queensland, Escola de Design, Austrália.
- HASHEMI, A. Daylighting and solar shading performances of an innovative automated reflective louvre system. **Energy and Buildings**, v. 82, n. 1, p. 607-620, 2014.
- HEE, W. J. et al. The role of window glazing on daylighting and energy saving in buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, n. 1, p. 2-343.
- HOPKINSON, R. G. A Note on the Use of Indices of Glare Discomfort for a Code of Lighting. **Lighting Research & Technology**, v. 25, n. 3, Set. 1960.
- JACOBS, A. **Radiance Tutorial**. 2012. Disponível em: < <https://bit.ly/36NNYS3> >. Acesso em: 04 maio 2018.
- JACOBS, A. **Radiance Colour Picker**. 2013. Disponível em: < <https://bit.ly/32x9qrd> >. Acesso em: 04 maio 2018.
- JAKUBIEC, A.; REINHART, C. The use of glare metrics in the design of daylit spaces: Recommendations for practice. In: International Radiance Workshop, 9., Freiburg, 2010. Disponível em: < <https://bit.ly/2UvS4ad> >. Acesso em: 04 maio 2018.

- MANUAL PAGES. **Radsite**. Disponível em: < <https://www.radiance-online.org/learning/documentation/manual-pages/pdfs/rcalc.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2019.
- MARDALJEVIC, J.; CHRISTOFFERSEN, J. A proposal for a european standard for daylight in buildings. In: European Lighting Conference Lux Europa, 12., Krakow, 2013. Disponível em: < <https://bit.ly/2WV0UAW>>. Acesso em: 04 maio 2018.
- SCHMID, A.; UEHARA, L. K. S.; Lighting performance of multifunctional PV windows: A numeric simulation to explain illuminance distribution and glare control in offices. **Energy and Buildings**, v. 54, n. 1, p. 590-605, 2017.
- SKANDALOS, N.; KARAMANIS, D. PV glazing technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, n. 1, p. 306-322, 2015.
- SUDAN, M. et al. A daylight factor model under clear sky conditions for building: An experimental validation. **Solar Energy**, v. 115, n. 1, p. 379-389, 2015.
- TUAYCHAROEN, N.; TREGENZA, P. R. View and discomfort glare from windows. **Lighting Research and Technology**, v. 39, n.2, p. 185-200, 2007.
- WARD, G.; SHAKESPEARE, R. **Rendering with RADIANCE, The Art and Science of Lighting Validation**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1998.
- YAN, F. et al. Semitransparent OPV modules pass environmental chamber test requirements. **Solar Energy Materials & Solar Cells**, v. 114, n. 1, p. 214-218, 2013.