DETERMINAÇÃO DO FATOR SOLAR DE VIDROS POR MEIO DE MEDIÇÕES LABORATORIAIS, SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS E CÁLCULOS NORMATIZADOS

Bruna Just Meller (1); Deivis Luis Marinoski (2); Saulo Guths (3); Enedir Ghisi (4)
(1) Mestre, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, brunajmeller@outlook.com, Universidade Federal de Santa Catarina
(2) Doutor, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, deivis.marinoski@ufsc.br
(3) PhD, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, saulo.g@ufsc.br
(4) PhD, Professor do Departamento de Engenharia Civil, enedir.ghisi@ufsc.br, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Cx Postal 476, Florianópolis–SC, 88040-900, Tel.: (48) 3721 5184

RESUMO
O fator solar é uma propriedade térmica de vidros e elementos transparentes que pode ser definida como a razão entre a quantidade de energia solar que atravessa o vidro pela quantidade de energia solar que nele incide. A determinação do fator solar pode ser realizada por meio de modelos de cálculo, simulações computacionais ou medições em campo ou laboratório. Este artigo compara os valores de fator solar obtidos por medições em laboratório, utilizando o equipamento PoWEM, com valores determinados por simulações computacionais no *software* WINDOW e calculados conforme procedimentos da norma ISO 9050. Para o estudo, foram selecionados dois vidros de controle solar e um vidro comum, utilizado como referência. Devido a limitações do simulador solar e do equipamento, os valores de fator solar obtidos nas medições em laboratório foram menores que os calculados pelos outros dois métodos. Embora os valores absolutos tenham apresentado diferenças, ao analisar a variação do fator solar com o aumento da velocidade do ar, observou-se significativa semelhança no comportamento dos valores obtidos pelo PoWEM com os determinados pelo WINDOW. Os valores calculados por meio dos procedimentos da ISO 9050 permaneceram iguais para cada tipo de vidro, independentemente da velocidade do ar, devido ao coeficiente de transferência de calor superficial externo ser fixo. Assim, os valores de fator solar calculados por meio da norma apresentaram maior proximidade com os medidos pelo PoWEM em condições de velocidades do ar mais elevadas.

Palavras-chave: fator solar, medições em laboratório, simulação computacional.

ABSTRACT
Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) is a thermal property of glass and transparent elements, defined as the ratio between the amount of solar energy that passes through the glass by the amount of solar energy that reaches it. SHGC can be determined by means of mathematical models, computer simulations, or field and laboratory measurements. This paper compares the SHGC obtained by means of laboratory measurements, using the PoWEM equipment, with values determined by using the WINDOW software and calculated according to ISO 9050 standard. Two solar control glasses and one clear glass, used as a reference, were selected. The SHGCs obtained by means of laboratory measurements were lower than the other methods due to solar simulator and equipment's limitations. Despite it, there was a good approximation of the behavior of the glasses regarding the increase in air velocity. The heat transfer coefficient on exterior surface is fixed, so the SHGC obtained for each glass based on ISO 9050 remains the same, regardless the air velocity. The SHGC results based on ISO 9050 were similar to those measured by PoWEM under conditions of higher air velocities.

Keywords: Solar Heat Gain Coefficient, laboratory measurements, computational simulation.

1. INTRODUÇÃO

Algumas variáveis arquitetônicas, sobretudo da envoltória, têm maior influência sobre as trocas de calor entre espaços internos e externos. Lamberts, Dutra e Pereira (2014) consideram que as principais trocas térmicas em uma edificação acontecem geralmente nas janelas, claraboias, ou outro elemento transparente da arquitetura, influenciando significativamente no desempenho térmico da edificação. A radiação solar incidente em elementos transparentes e translúcidos, como o vidro, pode acarretar ganhos térmicos no ambiente interno, pois tais elementos dificultam a dissipação do calor gerado pelo aquecimento das superfícies e do ar, devido à opacidade do vidro a ondas longas.

Nesse sentido, pesquisas vêm sendo conduzidas a fim de analisar as trocas térmicas que ocorrem através do vidro. Autores como Carmody et al. (2004) e Pagliano et al. (2017) consideram que, juntamente com a transmitância térmica, o fator solar dos componentes transparentes é um dos principais fatores que afeta o balanço térmico em edifícios. O fator solar, também conhecido como *Solar Heat Gain Coefficient*, ou *g-value*, representa a fração de energia proveniente da radiação solar incidente no vidro que é direcionada para o ambiente interno. Ele considera a radiação solar que é transmitida através do vidro e a porção absorvida pelo vidro que, posteriormente, é transmitida ao ambiente interno. O coeficiente é um valor adimensional, variando de 0 a 1, e pode ser especificado apenas para o vidro ou para todo o conjunto da janela. Algumas variáveis ambientais influenciam no fator solar, como o ângulo de incidência da radiação solar e a velocidade do ar junto às superfícies do vidro, que desempenha papel importante nos processos de transferência de calor por convecção.

Dessa forma, conhecer o fator solar dos vidros é fundamental para a minimização do consumo de energia de um edifício e para o correto dimensionamento dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (KUHN, 2014). A determinação do fator solar pode ser realizada por modelos de cálculo, que variam de métodos simplificados a modelos numéricos mais complexos, bem como por simulações computacionais, que englobam modelos de cálculo já validados e geralmente consideram a situação da radiação solar normal à superfície do vidro. Além disso, o fator solar pode ser determinado por medições realizadas em campo ou em laboratório, sob condições ambientais reais (externas) ou condições de teste (internas).

Os estudos relacionados aos diversos tipos de aparelhos desenvolvidos para medição dos ganhos de calor de sistemas de aberturas, tanto aqueles baseados em métodos fluximétricos (KLEMS; SELKOWITZ, 1979; BAUMAN et al., 1985; PEREIRA, 1992; MACEDO, 2002; MARINOSKI, 2005; GUTHS, 2015) quanto calorimétricos por diferença de temperatura (HARRISON; VAN WONDEREN, 1995; HARRISON; COLLINS, 1999; COLLINS; HARRISON, 1999; MARINOSKI, 2010), mostram que as principais preocupações encontradas nas pesquisas estão ligadas às condições ambientais a qual a amostra está exposta, como o ângulo de incidência da radiação e a velocidade do ar externo. Isto se justifica uma vez que estes parâmetros variam ao longo do tempo e têm influência direta no cálculo do fator solar.

No Brasil, o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em associação com o *Lawrence Berkeley National Laboratory* (LBNL), desenvolveu um equipamento denominado *Portable Window Energy Meter* (PoWEM), um dispositivo portátil de medição de ganho de calor em janelas registrado sob patente no Instituo Nacional da Propriedade Industrial (GUTHS, 2019). Devido à sua portabilidade, este equipamento tem a capacidade de medir *in situ* o fator solar dos vidros, permitindo a realização de medições em diversas condições ambientais.

Portanto, mostra-se a importância de analisar as discrepâncias entre os valores de fator solar calculados e medidos em diferentes condições ambientais, a fim de avaliar como essas condições podem influenciar o valor final obtido.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é comparar os valores de fator solar obtidos em medições de laboratório, com auxílio do equipamento PoWEM (GUTHS, 2019), com valores determinados por simulação computacional no *software* WINDOW e calculados conforme a ISO 9050 (ISO, 2003b).

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em quatro etapas principais:

1. Seleção dos vidros;
2. Medição do fator solar em laboratório com auxílio do PoWEM;
3. Estimativa do fator solar por meio do *software* WINDOW;

4. Cálculo do fator solar conforme a norma ISO 9050 (ISO, 2003b).

3.1. Seleção dos vidros

Foram selecionadas amostras de vidros monolíticos com quatro milímetros de espessura, sendo: um vidro comum incolor (VC) e dois vidros de controle solar, Neutral (N) e Royal Blue (RB), mostrados na Figura 1. O vidro comum incolor foi adotado como referência, uma vez que seu fator solar já é conhecido e amplamente difundido pela literatura (cerca de 0,85). Os dois vidros de controle solar foram os mesmos utilizados por Guths (2015) e Meller, Marinoski e Guths (2019), cujas propriedades térmicas e ópticas são mostradas na Tabela 1.

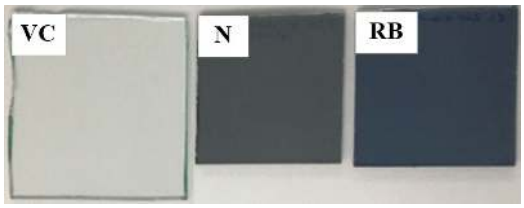

Figura 1 – Amostras de vidro.

Tabela 1 - Propriedades térmicas e ópticas das amostras de vidros (MELLER; MARINOSKI; GUTHS, 2019).

Propriedade	**Vidro**		
	VC (incolor) 4 mm	**Neutral (prata) 4 mm**	**Royal Blue (azul) 4 mm**
Transmitância solar	0,829	0,140	0,194
Transmitância visível	0,896	0,156	0,222
Refletância solar (frente)	0,082	0,310	0,212
Refletância solar (atrás)	0,082	0,408	0,365
Refletância visível (frente)	0,088	0,329	0,212
Refletância visível (atrás)	0,088	0,369	0,303
Absortância solar (frente)	0,088	0,550	0,595
Absortância solar (atrás)	0,088	0,452	0,441
Emitância térmica (frente)	0,842	0,842	0,842
Emitância térmica (atrás)	0,843	0,342	0,530

3.2. Medição do fator solar em laboratório com auxílio do PoWEM

As medições em laboratório ocorreram no Laboratório de Ciências Térmicas do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. Foram utilizadas amostras de vidro de 30 x 30 centímetros, fixadas verticalmente no PoWEM (Figura 2), para as medições. Para simular a radiação solar em laboratório, empregou-se um refletor plano equipado com quatro lâmpadas halógenas de 500W (modelo Haloline 64706), ligadas em paralelo e distribuídas de forma com que a distribuição da irradiância no plano de medição fosse a mais uniforme possível (Figura 3). O refletor permaneceu na mesma posição durante todos os ensaios, a fim de obter a mesma irradiância em todas os cenários.

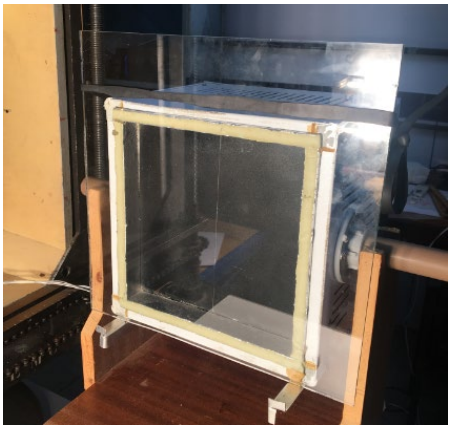

Figura 2 – Placa de vidro acoplada ao PoWEM.



Figura 3 – Simulador solar com lâmpadas halógenas

Os ensaios ocorreram para incidência normal da radiação e o fator solar foi obtido a partir da relação entre a radiação incidente e a radiação que é transmitida pelo vidro e atinge aos sensores da cavidade interna do equipamento. A radiação incidente foi medida por um piranômetro de precisão da marca Kipp&Zonen, modelo CM-21, cujo sensor baseado em termopilhas mede o fluxo de radiação solar direta e difusa a partir de um campo de ângulo de visão de 180°. O piranômetro CM-21, mostrado na Figura 4, possui um domo duplo de vidro de alta transparência que protege o sensor dos efeitos de convecção.

Foi utilizado um túnel de vento do tipo soprador (Figura 5) da marca Plint & Partners para variar a velocidade do ar na face externa do vidro. O túnel é composto por um ventilador radial tipo Sirocco, que insufla o ar em direção à seção de testes. Foram adotadas as velocidades do ar de 0,0 m/s (túnel desligado), 0,30 m/s, 0,80 m/s, 1,00 m/s, 1,50 m/s, 2,00 m/s e 3,00 m/s.



Figura 4 – Piranômetro Kipp&Zonen

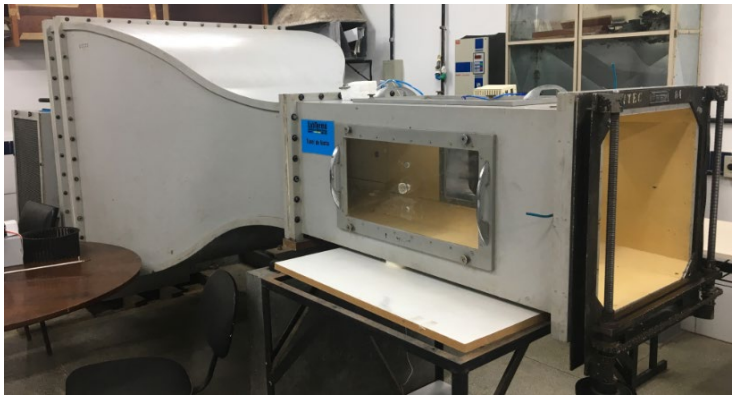

Figura 5 – Túnel de vento Plint & Partners

Além dos dados referentes a radiação incidente, fluxo de calor e velocidade do ar, foram coletados dados de temperatura do ar do ambiente de testes e do interior do aparelho. Esses dados foram empregados posteriormente nas simulações computacionais no *software* WINDOW versão 7.6.4.

3.3. Estimativa do fator solar por meio do *software* WINDOW

O WINDOW foi desenvolvido pelo LBNL e permite analisar produtos a partir de qualquer combinação de camadas de vidro, camadas de gás, esquadrias, espaçadores e divisores sob quaisquer condições ambientais e em qualquer inclinação. O *software* permite a avaliação do comportamento térmico e óptico de janelas por meio do cálculo de índices de desempenho, como a transmitância térmica total, fator solar e coeficiente de sombreamento.

Os procedimentos de modelagem seguiram o descrito por Marinoski et al. (2007 e 2008), e posteriormente também adotados por Marinoski (2010), que compreendem as definições das condições de contorno, as características dos componentes e a composição dos elementos. Dentre as condições de contorno, são incluídas as configurações em relação a diversos parâmetros, incluindo modelos de cálculo, sendo selecionado o modelo óptico da ISO 9050 (ISO, 2003b) e o modelo térmico da ISO 15099 (ISO, 2003a). Para estabelecer condições ambientais semelhantes (médias) as quais as amostras foram submetidas durante as medições de laboratório, na janela "*Environmental Conditions Library*" foram adicionadas novas condições de cálculo. Em todas as condições, foi selecionada a opção "*Fixed Combined Coefficient*", que permite a entrada do coeficiente global de transferência de calor interno e externo, informados conforme as velocidades do vento dos ensaios de laboratório. Além disso, também foram necessários como dados de entrada a temperatura do ar interno e externo e a radiação incidente.

3.4. Cálculo do fator solar conforme a norma ISO 9050

Os dados de fator solar medidos em laboratório também foram comparados aos calculados pelo método disponível na norma ISO 9050 (ISO, 2003b). A *International Organization for Standardization* (ISO) descreve na ISO 9050 (ISO, 2003b) os métodos de determinação da transmissão de luz e energia proveniente da radiação solar em vidros de edificações para permitir a comparação entre diferentes tipos de vidros.

A norma é válida para a incidência da radiação normal à superfície e considera nos cálculos do fator solar duas parcelas: a primeira relativa à transmitância da energia solar e a segunda referente à energia absorvida reemitida para o interior da edificação.

A norma determina condições base para os cálculos, sendo elas:

- Posição do vidro: vertical;
- Face externa: velocidade do vento de aproximadamente 4 m/s e emitância 0,837;
- Face interna: convecção natural e emitância opcional;
- Câmara de ar (entre duas camadas): não é ventilada.

Nessas condições, a norma considera o coeficiente de transferência de calor superficial externo igual a 23 W/m^{2}K, enquanto o coeficiente de transferência de calor superficial interno depende da emitância da face interna do vidro, o qual foi calculado por meio da Equação 1. Os valores de emitância na superfície interna variam de acordo com o vidro e são mostrados na Tabela 1. Apesar de fornecer valores de referência, a norma possibilita que o fator solar seja determinado para outras condições de contorno, permitindo a modificação dos valores de coeficiente de transferência de calor superficial.

$$hi = \left(3{,}6 + \frac{4{,}4\varepsilon i}{0{,}837}\right) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:
h_i é o coeficiente de transferência de calor superficial interno [W/m^{2}K];
Ɛi é a emitância na superfície interna [adimensional].

O fator de transferência de calor secundário (q_i), que é fração de calor absorvida pelo vidro e retransmitida para o interior, foi calculado por meio da Equação 2. Para esse estudo, optou-se por manter o valor do coeficiente de transferência de calor superficial externo igual a 23 W/m^{2}K, a fim de avaliar as diferenças do fator solar em condições padrão. A absortância à radiação solar varia de acordo com o vidro e é mostrada na Tabela 1.

$$q_i = \alpha \frac{h_i}{h_o + h_i} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:
q_i é o fator de transferência de calor secundário [adimensional];
α é a absortância a radiação solar do vidro [adimensional];
h_i é o coeficiente de transferência de calor superficial interno [W/m^{2}K];
h_o é o coeficiente de transferência de calor superficial externo [W/m^{2}K].

O fator solar foi calculado por meio da Equação 3 e analisado junto aos valores medidos em laboratório e simulados no WINDOW. A transmitância à radiação solar varia de acordo com o vidro e é mostrada na Tabela 1.

$$FS = \tau + q_i \quad \text{Equação 3}$$

Onde:
FS é o fator solar [adimensional];
τ é a transmitância a radiação solar do vidro [adimensional];
q_i é o fator de transferência de calor secundário [adimensional].

Por fim, os resultados das simulações foram comparados aos valores medidos em laboratório e aos calculados conforme a norma ISO 9050 (ISO, 2003b).

4. RESULTADOS

Os valores de fator solar obtidos em laboratório, por meio do *software* WINDOW (versão 7.6.4) e pelo método proposto na norma ISO 9050 (ISO, 2003b) são apresentados nas Figuras 6 a 8. Os três vidros apresentaram menores valores de fator solar nas medições em laboratório, quando comparados aos resultados dos cálculos realizados no WINDOW. A obtenção desse resultado era esperada, pois o simulador solar possui limitações, assim como o próprio equipamento. Por esses motivos, é necessário considerar essas limitações ao interpretar os resultados obtidos.

Ao calcular o fator solar de acordo com a ISO 9050 (ISO, 2003b), os valores são iguais para todas as situações, pois o coeficiente de transferência de calor superficial externo é fixo em 23 W/m^{2}K. Esse valor corresponde a uma velocidade do vento de aproximadamente quatro metros por segundo. Portanto, neste experimento, quanto maior a velocidade do vento, maior é a aproximação com os resultados obtidos pela norma.

Para o vidro comum incolor (Figura 6), os valores de fator solar mostram boa aproximação aos calculados no WINDOW e com valores teóricos já conhecidos na literatura. Para a condição sem vento, o fator solar medido em laboratório apresentou valor 11% inferior ao obtido no *software*. À medida que a velocidade do ar aumentou, essa diferença também aumentou, atingindo uma diferença de cerca de 16%, a uma velocidade de três metros por segundo, o que representa 0,140 em termos absolutos.

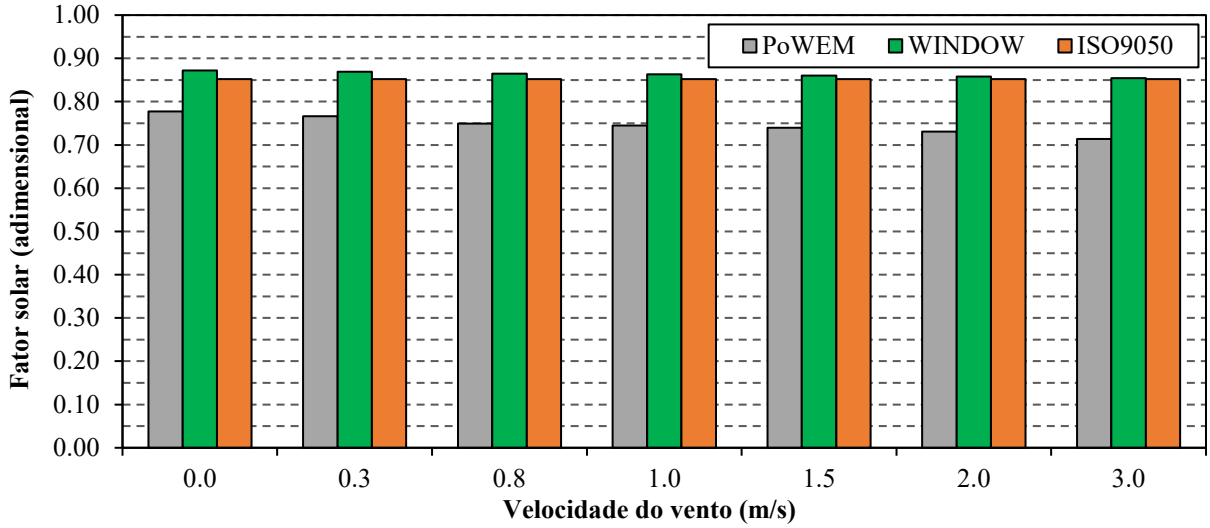

Figura 6 – Fator solar do vidro comum incolor (4 mm) obtido por medição, simulação e cálculo.

Assim como no vidro comum incolor, os vidros Neutral (Figura 7) e Royal Blue (Figura 8) apresentaram menores valores de fator solar nas medições com o PoWEM em relação aos valores do WINDOW. O vidro Neutral apresentou uma redução no fator solar variando de 10% a 24% em relação ao valor obtido no *software* e, em termos absolutos, essa variação foi de 0,064. Assim como no vidro Neutral, o vidro Royal Blue apresentou redução no fator solar, variando de até 22% em relação ao valor obtido no *software* e, em termos absolutos, essa variação foi de 0,078. Como os vidros Neutral e Royal Blue têm menor transmitância solar que o vidro comum, apresentam variação absoluta menor em relação ao vidro comum, visto que eles já estão transmitindo uma quantidade menor de energia solar inicialmente. Considerando esses resultados, pode-se dizer que houve uma boa aproximação entre o valor simulado e o valor medido em ambos os casos.

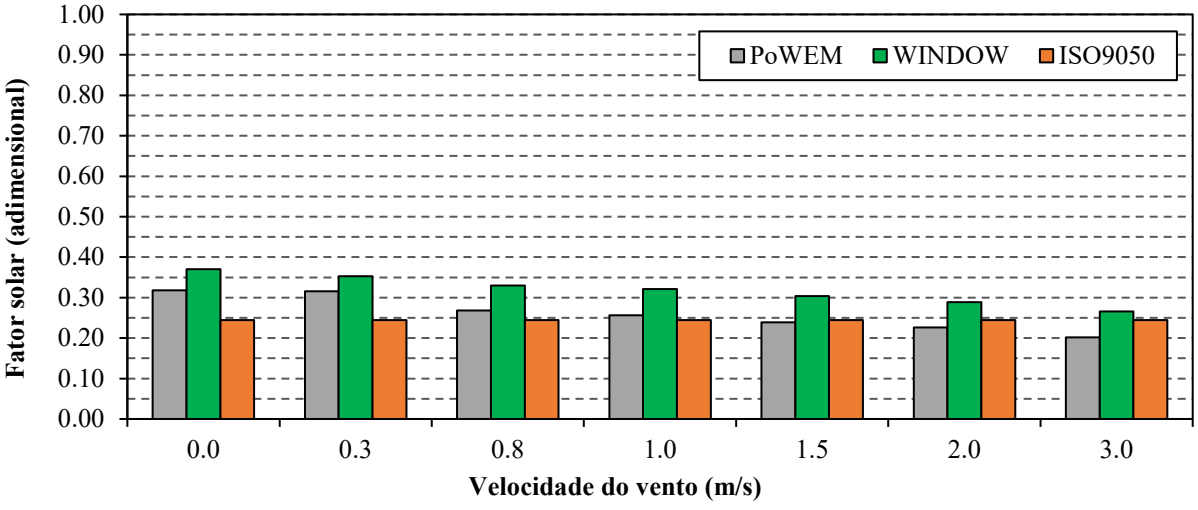

Figura 7 – Fator solar do vidro Neutral (4 mm) obtido por medição, simulação e cálculo.

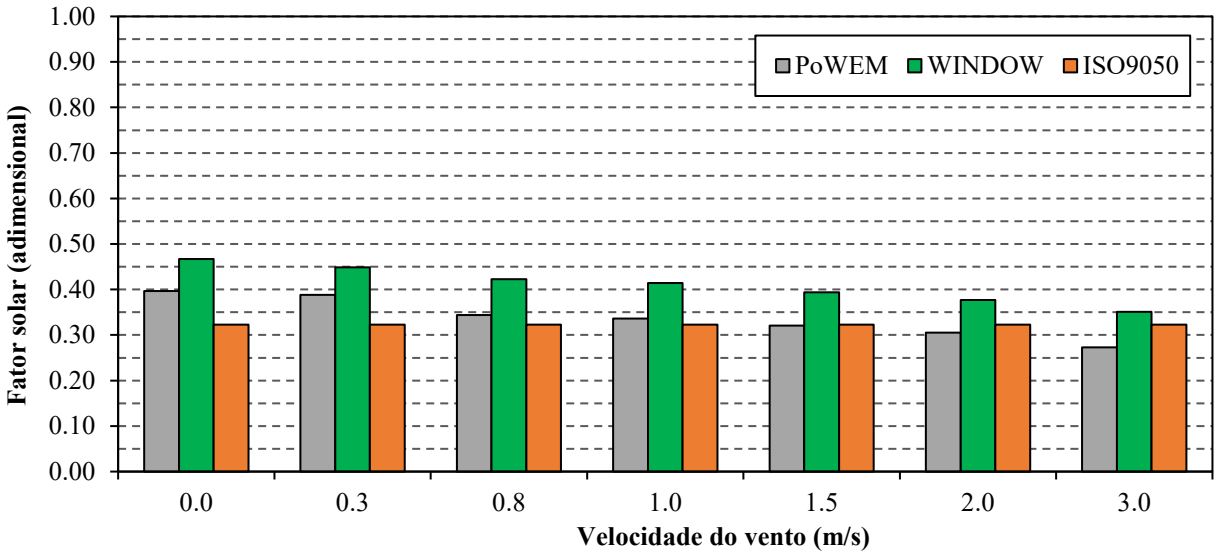

Figura 8 – Fator solar do vidro Royal Blue (4 mm) obtido por medição, simulação e cálculo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Guths (2015), que comparou os valores de fator solar medidos com o PoWEM com os calculados pelo método da ISO 9050 e estimados pelo WINDOW para dois vidros de controle solar. Com a inclinação do PoWEM igual a 30º, radiação solar normal ao vidro, velocidade externa do ar igual a 2 m/s e radiação solar igual a 1000 W/m^2, os valores mais elevados de fator solar foram os obtidos pelo *software*.

De modo geral, em todos os casos analisados, considera-se que houve uma boa aproximação do comportamento dos vidros frente ao aumento da velocidade do vento, tanto nos valores medidos quanto simulados. Considerando as velocidades analisadas, há uma tendência linear na redução do fator solar em função da velocidade. Essa redução foi mais expressiva nos vidros Neutral e Royal Blue, que tem alta absortância, uma vez que uma parcela significativa da energia é absorvida pelo vidro, causando o aquecimento do material. Com o aumento da velocidade do vento, as trocas de calor por convecção na face externa do vidro são intensificadas, diminuindo a parcela da energia absorvida pelo vidro que é posteriormente retransmitida para o interior, o que acarreta uma redução do fator solar.

Ao comparar os três métodos, percebe-se que, embora a metodologia da ISO 9050 seja de aplicação mais simples, em situações em que o coeficiente de transferência de calor superficial externo é significativamente diferente do valor padrão indicado pela norma, os resultados apresentaram certa divergência com os obtidos pelo WINDOW e PoWEM.

Nesse sentido, o WINDOW apresenta como vantagem permitir o cálculo do fator solar com diferentes condições de contorno e oferece a facilidade do cálculo automatizado dos coeficientes de transferência de calor superficial, agilizando o processo de simulação. Ainda, o *software* permite calcular o fator solar para diferentes ângulos de incidência da radiação solar.

O PoWEM é uma alternativa quando as propriedades ópticas do vidro e os coeficientes de transferência de calor superficial não são conhecidos ou quando são necessárias medições *in loco*, oferecendo a vantagem de não exigir a remoção do vidro do local. Além disso, apresenta como vantagem a medição em ambientes reais de uso, que propicia uma avaliação mais precisa do desempenho do vidro em condições de uso.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados deste estudo, é possível concluir que os valores de fator solar obtidos por meio do equipamento PoWEM apresentaram boa concordância com os valores determinados pelo *software* WINDOW (versão 7.6.4). Ademais, os valores de fator solar obtidos com uma velocidade do ar de três metros por segundo mostraram-se próximos aos valores calculados seguindo as condições de contorno padrão propostas pela norma ISO 9050 (ISO, 2003b). Para todos os vidros, as medições com o PoWEM e os cálculos com o WINDOW mostraram que a elevação da velocidade do ar ocasiona uma diminuição no valor do fator solar devido ao aumento do coeficiente de transferência de calor superficial externo. Verificou-se que essa redução é mais expressiva em vidros com maior absortância (Neutral e Royal Blue) em relação ao vidro comum.

Outro ponto importante destacado neste estudo é a importância da consideração das condições de contorno durante a avaliação do fator solar. Os resultados mostraram que os valores de fator solar podem ser

significativamente diferentes de acordo com as condições de contorno, o que reforça a necessidade de se levar em conta as especificidades do ambiente em que o vidro será utilizado.

Diante disso, é fundamental que projetistas e profissionais da área da construção considerem as condições reais de uso dos vidros ao avaliar o desempenho térmico e energético de um edifício, considerando fatores como a velocidade do vento, o ângulo de incidência solar e as propriedades específicas dos vidros utilizados. Dessa forma, mostra-se a relevância do equipamento PoWEM, que possibilita a medição do fator solar em condições reais de uso. Assim, será possível desenvolver estratégias de controle solar mais eficientes, que contribuam para a redução do consumo energético e para a mitigação dos impactos ambientais associados às edificações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMAN, F. S.; PLACE, J. W.; THORNTON, J.; AND HOWARD, T. C. An Integrating Window Pyranometer for Beam Daylighting Measurements in Scale–Model Buildings. **ASHRAE Transactions**, v. 92 (part 1A), p. 486–493, 1985.

CARMODY, John; SELKOWITZ, Stephen; LEE, Eleanor S.; ARASTEH, Dariush. **Window Systems for High–Performance Buildings**. Nova Iorque: W. W. Norton & Company, 2004. 400 p.

COLLINS, M. R. HARRISON, S. J. Calorimetric Measurement of the Inward-Flowing Fraction of Absorbed Solar Radiation in Venetian Blinds. **ASHRAE Transactions**, 1999.

GÜTHS, S. **US – Brazil Collaborative Work**. Florianópolis: 2015.

GÜTHS, Saulo et al. **Medidor Portátil de Fator Solar**. Registro de Patente. Número do registro: BR10201901224, Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. 14 jun. 2019.

HARRISON, S. J. VAN WONDEREN, S. J. Evaluation of solar heat gain coefficient for solar-control glazings and shading devices. ASHRAE Transactions, 1998.

HARRISON, S. J.; COLLINS, M. R. Queen's University Solar Calorimeter: design, calibration, and operating procedure. In: SOLAR ENERGY SOCIETY OF CANADA CONFERENCE, 1., 1999, Edmonton. **Proceedings** […]. Edmonton: Solar Energy Society of Canada, 1999. p. 1-6.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 15099: **Thermal performance of windows, doors and shading devices** – Detailed calculations. Geneva: ISO, 2003a.

_____. ISO 9050: **Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors**. Geneva: ISO, 2003b.

KLEMS, J. H.; SELKOWITZ, S. E. The Mobile Window Thermal Test Facility (MoWITT). In: CONFERENCE ON THE THERMAL PERFORMANCE OF THE EXTERIOR ENVELOPES OF BUILDINGS, 1., 1979, Orlando**. Proceedings** […]. Nova Iorque: ASHRAE/DOE, 1981. p. 930 – 941

KUHN, Tilmann E. Calorimetric determination of the solar heat gain coefficient g with steady-state laboratory measurements. **Energy and Buildings**, [S.L.], v. 84, p. 388-402, dez. 2014. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.08.021.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/PROCEL, 2014.

MACEDO, Catharina Cavalcante de. **Análise do desempenho térmico e luminoso de sistemas de iluminação natural que utilizam a luz direta do sol. Florianópolis**. 135 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Aplicação dos programas Window e Wis para modelagem de janelas com proteções solares. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2007, Ouro Preto. **Anais** [...]. Ouro Preto: ANTAC, 2007. p. 1123-1132.

MARINOSKI, D. L.; MILBRATZ, J. H.; LAMBERTS, R. Verificação de propriedades térmicas e ópticas de janelas através de simulação computacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: ANTAC, 2008.

MARINOSKI, Deivis Luis. **Aperfeiçoamento de um sistema de medição de ganho de calor solar através de aberturas**. 2005. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MARINOSKI, Deivis Luis. **Desenvolvimento de um calorímetro para determinação do fator solar de vidros e janelas**. 2010. 298p. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

MELLER, B. J.; MARINOSKI, D. L.; GÜTHS, S. Influência da velocidade do vento no Fator Solar de vidros de controle solar monolíticos e laminados. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E XI ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2019, João Pessoa. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1892-1899.

PAGLIANO, Lorenzo; CATTARIN, Giulio; CAUSONE, Francesco; KINDINIS, Andrea. Improved methods for the calorimetric determination of the solar factor in outdoor test cell facilities. **Energy and Buildings**, [S.L.], v. 153, p. 513-524, out. 2017. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.028.

PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Luminous and thermal performance of windows shading and sunlighting reflecting devices**. 1992. 310p. Tese (Doutorado em Filosofia) - Building Science Unit, School of Architectural Studies, University of Sheffield. Sheffield. 1992.

VAN WONDEREN, Simon. **Experimental Determination of Fenestration Solar Heat Gain Coefficient**. 1995. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Queen's University, Kingston (Canadá), 1995.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFSC, ao Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas e ao Laboratório de Ciências Térmicas, ambos do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC.