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

ANÁLISE COMPARATIVA DE MEDIÇÕES DE NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA *IN LOCO* E POR SIMULAÇÃO (*PLUG-IN DIVA/RHINOCEROS)*

Elaise Gabriel (1); Gabriela Meller (2); Daniele Laurini (3); Renata Mansuelo Alves Domingos (4); Emeli Lalesca Aparecida da Guarda (5); Giane de Campos Grigoletti (6)
(1) Engenheira Civil, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, elaisegabriel@gmail.com
(2) Msc Engenharia Civil, Doutoranda Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, gabrielameller0@gmail.com
(3) Engenheira Civil, Universidade do Estado de Mato Grosso, danielelaurini7@gmail.com
(4) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, renata@labcon.ufsc.br
(5) Msc Engenharia de Edificações e Ambiental, Doutoranda Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, emeliguarda@gmail.com
(6) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, giane.c.grigoletti@ufsm.br
Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Santa Maria-RS, 97105-900

RESUMO
A iluminação natural como fonte de iluminação para ambientes internos possibilita um grande potencial de redução de consumo de energia. Dentre as ferramentas, as medições *in loco* e a simulação são as mais usadas. No entanto, é importante verificar a compatibilidade dos resultados para esses dois métodos de forma a garantir que a simulação, geralmente usada na fase de projeto, irá representar o comportamento real do ambiente. O objetivo desse trabalho foi comparar medições de níveis de iluminância in loco com os níveis simulados em uma sala de aula de da Universidade Federal de Santa Maria - Rio Grande do Sul (latitude de 29º68' e longitude de 53º81'). As medições foram realizadas *in loco* no dia 28 de março de 2019 às 10 a.m., sob as condições de céu claro e com o auxílio de um luxímetro. Para as simulações computacionais, usou-se o *plug-in* DIVA no programa Rhinoceros com o uso do arquivo climático no formato SWERA. Os resultados indicaram uma média de 47% de diferenças de valores entre as medições (simulado e medido). Conclui-se que a diferença entre os valores medidos e simulados pode ocorrer por conta de inúmeros fatores, que envolvem diferenças entre características de modelagem e do ambiente real até diferenças entre o arquivo climático. Como etapas futuras, pretende-se estudar outros dias do ano e aumentar os horários de medição.
Palavras-chave: nível de iluminância, simulações, desempenho visual.

ABSTRACT
Natural lighting as a source of indoor lighting provides a great potential for reducing energy consumption. Among the tools, in loco measurements and computational simulation are the most used. However, it is important to check the compatibility of the results for these two methods in order to ensure that the simulation, generally used in the design phase, will represent the actual behavior of the environment. The objective of this work was to compare simulations of illuminance levels with the measured levels in loco, in a classroom of the Federal University of Santa Maria - Rio Grande do Sul (latitude 29º68' and longitude 53º81'). The measurements were realized in loco on March 28, 2019 at 10 a.m., under clear sky conditions and with the aid of a luminance meter. For the computational simulations, was used the DIVA plug-in in the Rhinoceros 5 program, with the use of the SWERA format climate file. The results indicated an average of 47% of differences in values between the measurements (simulated and measured). It is concluded that the difference between the measured and simulated values can occur due to various factors, ranging from differences between modelling and real environment characteristics to differences with climate file. As future steps, is intended to analyze other days of the year and increase the measurement times.
Keywords: illuminance level, simulations, visual performance.

1. INTRODUÇÃO

A iluminação natural é uma medida simples e efetiva para se reduzir o consumo energético (FRANZETTI; FRAISSE; ACHARD, 2004). Projetos de edificações cujo trânsito e permanência de pessoas são mais intensos, como ambientes de trabalho, estudo ou produção, a preocupação com o conforto ambiental deve ser preeminente.

Para a realização de um projeto adequado, os valores de iluminância médios pretendidos devem estar de acordo com as exigências da norma ABNT NBR ISO/CIE 8895-1 (2013) e medidos conforme a ABNT NBR 15215-4 (2005), a qual menciona que as medições de iluminância podem ser realizadas em ambientes reais ou em modelos físicos executados em escala reduzida. Destaca-se que para avaliação da iluminância em postos de trabalho, devem-se fazer medições em uma quantidade de pontos suficiente para caracterizar adequadamente tal plano.

Diversos programas de iluminação natural foram desenvolvidos e são frequentemente utilizados, porém deve-se haver cautela diante de sua precisão e limitações. Há estudos, como o de Dias (2011), que foram verificadas as variações entre os valores medidos e simulados para iluminação natural, para uma sala de aula localizada em Aracaju-SE, utilizando o programa TropLux foi de -38% e 34%. Loutzenhuser, Maxwell e Manz (2007) realizaram comparações da iluminação natural simuladas pelo EnergyPlus e o DOE-2.1 com medições *in loco,* os quais verificaram que, embora ambos programas tenham um bom desempenho, nenhum dos valores foi validado com 95% de credibilidade. Os mesmos autores também constataram que programas de simulação de iluminação em edifícios são ferramentas valiosas na fase de projeto para se analisar o comportamento do ambiente como um todo, podendo-se avaliar economias potenciais e realizar, também, estudos paramétricos variando-se as janelas e dispositivos de sombreamento.

Diante da prerrogativa de que não há estudos similares que realizaram a comparação da medição de níveis de iluminância medidas com luxímetro e comparadas com os simulados pelo DIVA-for-Rhino, é importante conhecer suas limitações e capacidades de previsão na simulação de edifício reais para que esses programas possam ser usados como ferramentas de projeto.

O DIVA combina os programas Daysim e EnergyPlus em suas simulações. Dessa forma, são simulados ambientes de iluminação natural de acordo com o algoritmo base do programa Daysim e as análises termoenergéticas de acordo com o EnergyPlus (SOLEMMA LLC, 2016). A integração desses dois programas em um único torna as simulações facilitadas, sem prejudicar os resultados da pesquisa (FONSECA, 2015).

Nesse contexto, pretende-se realizar uma análise de iluminância de uma sala de aula localizada na cidade de Santa Maria-RS, através de medições *in loco* e via análise computacional, com o intuito de verificar se há disparidade entre o medido e simulado e, caso houver, verificar qual a diferença entre ambos. Será averiguado, também, se os níveis de iluminância estão de acordo com as exigências da NBR ISO/CIE 8895-1 (ABNT, 2013) para salas de aula, sugerindo-se propostas de melhoria para o objeto de estudo, se necessário.

2. OBJETIVO

O objetivo preliminar deste artigo é comparar medições dos níveis de iluminância realizadas *in loco* com os níveis simulados pelo *plug-in* DIVA no programa do Rhinoceros versão 5.0 para uma sala de aula da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – Rio Grande do Sul.

3. MÉTODO

Para alcançar o objetivo descrito acima, a metodologia foi dividida em três etapas principais. A primeira etapa correspondeu a caracterização do objeto de estudo. A segunda etapa consistiu nas medições realizadas na sala de aula real e, na terceira etapa, foram realizadas as simulações computacionais.

3.1. Determinação do objeto de estudo

O objeto de estudo está localizado na latitude de 29º68’ e longitude de 53º81’, situada no prédio do Centro de Educação da UFSM. A sala de aula possui área de 75,12 m² com dimensões de 9,82 m por 7,65 m e pé direito da sala de 2,90 metros (Figura 1).

A estrutura da sala é composta de piso de parquet na cor marrom, teto de gesso e parede rebocada. Ao norte encontra-se as janelas de vidro simples transparente com esquadrias de alumínio com dimensões de 4,52x1,68m e 3,60x1,68m, ao sul está situada a porta de acesso e um quadro de vidro transparente que são adjacentes ao corredor. Quando analisado o contorno da edificação, evidenciou-se que as árvores e edificações estavam muito distantes da sala a ser analisada, não causando obstrução solar no ambiente a ser analisado. As

paredes leste e oeste, assim como os espaços residuais a norte e a sul, possuem reboco e pintura em tom branco (Figura 2).



Figura 1 – Localização do objeto de estudo.


Figura 2 – Interior do objeto de estudo.

3.2. Medições *in loco*

As medições foram realizadas no dia 28 de março (aproximadamente equinócio de outono) de 2019 às 10 a.m., sob as condições de céu claro. O procedimento de medição foi realizado conforme a NBR 15215-4 (ABNT, 2004). As medições têm como objetivo avaliar as condições de iluminação natural do ambiente construído, levando em consideração as condições reais. Para as medições em locais reais foram consideradas as seguintes observações (ABNT, 2004): foram consideradas como superfícies de trabalho as carteiras de aula, que possuem altura de 0,75 metros; o sensor foi deixado sobre as carteiras, já que o objetivo foi medir o nível de iluminância nesses planos de trabalho; foram evitadas sombras sobre a fotocélula, a sala de aula estava desocupada; a fotocélula foi exposta à luz por aproximadamente 5 minutos antes da primeira leitura e foi evitada a exposição direta da fotocélula a fontes luminosas muito intensas, como raios solares diretos.

Para medir os níveis de iluminância, foi utilizado um luxímetro da marca Instrutherm, modelo LD-210 (Figura 3), o qual apresenta precisão espectral com erro máximo de 6%, resposta cossenoidal de no máximo 6%, precisão de ± 3% ±0,5 E.C. (<10.000 lux), ±4 % ±10% dígitos (>10.000 lux) e fotocélula separada do aparelho construída em foto diodo de silício e com filtro de correção de cor, conforme informa o fabricante, constatando assim, que atende a NBR 15215-4 (ABNT, 2004).


Figura 3 - Luxímetro

3.2.1. Quantidade de pontos

Para determinar o número mínimo de pontos necessários para a verificação do nível de iluminação natural foi utilizada a Equação 1.

$$K = \frac{(C \times L)}{(C + L)h} \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:
K - é o índice de ambiente da sala;
C - é o comprimento da sala [m];
L - é a largura da sala [m];
h - é a altura entre a superfície de trabalho e o topo da janela [m].

A partir do valor do índice de sala de K = 5,73, foi utilizada a Tabela 1 como referência para a determinação do número mínimo de pontos, a qual corresponde que o número mínimo é de 36 pontos.

Tabela **1** - Quantidade mínima de pontos a serem medidos

K	**Nº de pontos**
K < 1	9
1 ≤ K < 2	16
2 ≤ K < 3	25
K ≥ 3	36

Fonte: CIBSE (1984).

Para se conseguir uma malha de pontos com simetria de medições, conforme recomendando pela norma, adotaram-se 48 pontos de medições de iluminância (E) espaçados 108 cm entre si.

3.3. Simulações computacionais

Para as simulações computacionais dos níveis de iluminância realizadas no *plug-in* DIVA, foi utilizado o arquivo climático de Santa Maria, RS, como dado de entrada no programa, cujo arquivo climático foi fornecido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEE, 2019) no formato SWERA. Após a modelagem das características físicas da sala de aula, foram adicionados nós de sensores para captação dos níveis de iluminância do objeto de estudo, representados nas Figuras 4 e 5.

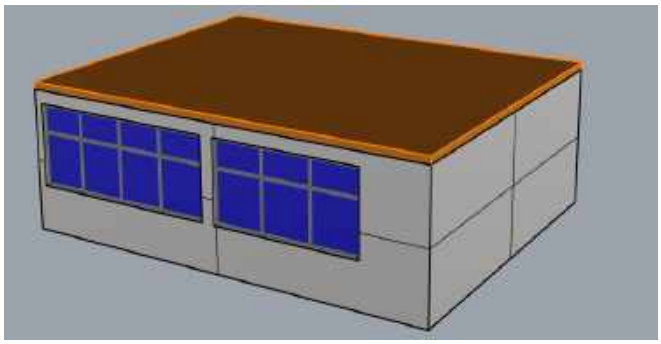

Figura 4 - Modelagem do objeto de estudo.

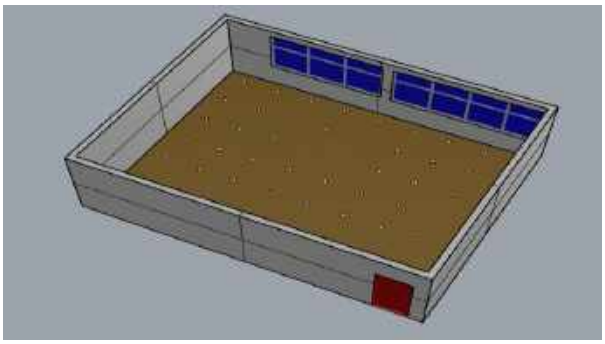

Figura 5 – Nós de sensores de iluminação natural.

Os materiais utilizados na simulação correspondem as refletâncias de pisos, paredes e tetos. Como o ambiente real possui paredes e teto brancos foram adotadas refletâncias de 70%, o piso é do tipo parquet com refletância de 40%. Os materiais da janela foram o vidro simples transparente e esquadrias de metal. Para a simulação foi utilizada a opção de *point-in-time illuminance*, que representa um ponto de iluminância num determinado tempo escolhido. As condições de céu, as quais foram entradas no programa foram compatíveis com as condições de céu do dia das medições: céu limpo claro (com sol e sem nuvens).

4. RESULTADOS PRELIMINARES

4.1. Simulação computacional e medições in loco

Para a primeira simulação, de níveis de iluminância nas superfícies de trabalho, foi utilizada a opção de *point-in-time illuminance*, essa opção possibilitou a inserção de 48 pontos de sensores. Cada sensor é representado por um dos nós da Figura 6 abaixo, sendo o valor apontado no nó a indicação da quantidade de lux atingida no ponto. As simulações dos nós foram estimadas para o dia 28 de março, no mesmo horário das medições *in loco*. A Tabela 2 apresenta de forma numérica os valores de iluminância simulados.

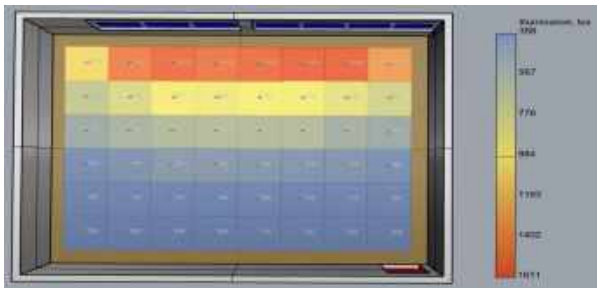

Figura 6 - Resultados de iluminância por nó (em lux).

Para o modelo simulado, observa-se que quanto mais próximos às janelas, maiores são os valores de iluminância atingidos nos pontos. É possível identificar que, por meio da simulação, o ambiente cumpre os requisitos de iluminância mínima para salas de aula (≥ 300 lux). Já ao se analisar os valores medidos *in loco*, percebe-se que nem todos os pontos alcançam o mínimo de 300 lux (Tabela 3).

Tabela **2** - Valores de iluminância simulados (em lux).

A	B	C	D	E	F	G	H	
1072	1462	1539	1503	1540	1581	1586	1333	**1**
735	842	971	944	979	974	898	805	**2**
547	607	648	657	651	651	577	543	**3**
384	415	460	458	447	429	416	388	**4**
298	330	339	346	368	353	319	302	**5**
298	283	299	308	314	330	272	279	**6**

Tabela **3** - Valores de iluminância medidos (em lux)

A	B	C	D	E	F	G	H	
472	657	837	920	828	1148	1281	978	**1**
343	438	457	554	535	552	558	602	**2**
222	286	343	332	352	324	241	369	**3**
177	209	223	220	230	240	250	235	**4**
145	157	175	162	164	171	139	168	**5**
127	134	146	148	152	147	130	145	**6**

4.2. Análise das diferenças encontradas

Analisando-se os resultados de ambas as situações, verifica-se que pelo ambiente ser iluminado unilateralmente, o interior da sala – que é mais próximo da abertura – é o mais beneficiado pela luz natural.

Contudo, nos pontos mais profundos do ambiente, por ser mais afastado do ponto de admissão de calor (abertura), tendem a apresentar menor carga térmica por metro cúbico, reduzindo os gastos provindos com ar condicionado (DIDONÉ; PEREIRA, 2010; GHISI; TINKER; IBRAHIM, 2005).

Houveram situações nodais como os apresentados em F1 e G1 - de ambas as situações estudadas - que apresentam alta probabilidade de ofuscamento, fazendo com que haja a necessidade de proteções solares como brises ou cortinas. Contudo, estes tipos de soluções devem ser estudados com cautela para não causar o sombreamento demasiado da sala de aula, ocasionando aumento de pontos de iluminação artificial.

Diante do mapa de distribuição nos níveis de iluminância apresentados nas Tabelas 2 e 3, denota-se que não há uma boa distribuição na sala de aula, a qual apresenta altos níveis de iluminância nos pontos próximos à janela e baixíssimos níveis ao fundo da sala (adjacentes à abertura). Ibañez, Zafra e Sacht (2017), apresentam que este é um problema corriqueiro em salas cuja iluminação natural é realizada unilateralmente, e apontam que a solução é realizar sombreamento das aberturas nos pontos de ofuscamento e utilizar luz artificial com maior enfoque nos pontos onde a iluminação natural foi insuficiente.

Ming-Chin et al. (2008), corroboram por meio de um estudo em salas de aula iluminadas unilateralmente pela luz do dia em um clima subtropical que o uso de sombreamento de dupla camada, é a solução que apresentou maior eficácia em projetos de iluminação em termos de se obter uma distribuição de iluminação uniforme dentro da sala de aula.

A Tabela 4 apresenta a diferença entre os valores medidos *in loco* e os valores simulados no programa, a partir da qual se averiguou que de modo geral, a diferença entre ambos os métodos foi de 47%. Há a presunção de que a diferença entre esses valores pode ser recorrente de variados fatores, como por exemplo, o arquivo climático. Assim, o arquivo com os dados climáticos de Santa Maria pode não ter reproduzido de forma realista os valores de radiação solar disponível para a data real. Além disso, os valores de entrada, como as refletâncias de paredes, pisos e teto foram estimados para a simulação, já que não foi possível medir os valores reais da edificação.

Tabela 4 - Diferença entre os valores simulados e medidos (em lux)

	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	
Diferença (%)	56	55	46	39	46	27	19	27	**1**
	53	48	53	41	45	43	38	25	**2**
	59	53	47	49	46	50	58	32	**3**
	54	50	52	52	49	44	40	39	**4**
	51	52	48	53	55	52	56	44	**5**
	57	53	51	52	52	55	52	48	**6**

Diante de que disponibilidade de luz natural é influenciada principalmente pelos níveis de luminosidade e pelos padrões do céu (MARDALJEVIC, 2001), características da edificação, como sujeira acumulada e alteração das especificidades técnicas dos vidros, também podem influenciar a quantidade de raios solares que entram na edificação, cujo fator interferiria diretamente nos resultados se as janelas estivessem complemente limpas (condição simulada no programa).

Demais motivos que podem influenciar na diferença entre a iluminância medida e simulada são os objetos presentes no interior da sala, em que cadeiras, mesas, quadro e projetor podem interferir nas múltiplas reflexões dos raios solares, podendo alterar os valores incidentes em cada ponto medido. Mohsenin e Hu (2015) evidenciam por meio de simulações realizadas pelo DIVA-for-Rhino¸ que os móveis influenciam diretamente na distribuição da iluminação natural ao longo da sala.

Outra condição diz respeito às obstruções externas, que foram consideradas insignificantes e não foram incluídas na simulação. Yoon, Moon e Kim (2016) avaliaram a diferença de iluminância quanto à luz natural anual para uma sala de aula medida por sensores fotovoltaicos distribuídos pelo ambiente (a uma altura de 0,75 m) e compararam com os dados simulados pelo Daysim. Diante das comparações sob céu limpo, constatou-se que houve uma diferença máxima de 27% entre ambas as situações. Foi verificado, também, que essas diferenças aumentavam diretamente dependendo das condições de céu.

McNeil e Lee (2013) realizaram a validação da ferramenta Daysim sob três tipos de céu (nublado, dinâmico e ensolarado), os quais verificaram que depois de calibrada a medição, o programa indicou um erro médio menor de 15% e erro médio quadrático inferior a 35%, se comparados aos simulados, o que indicou que os dados apresentados confiáveis como resultados da simulação.

Considerando-se o processo de simulação no *software* há o pressuposto de que não seja possível reproduzir fielmente as condições reais. Assim, a análise no *software* é válida para estudar o comportamento esperado da sala, observando-se em quais pontos há menor ou maior iluminância, fazendo com que o projetista possa intervir com soluções de insuficiência (iluminação artificial) ou ofuscamento (proteções solares). Porém,

apresenta limitação no que tange ao valor absoluto das iluminâncias ponto a ponto, superestimando tais valores em relação aos valores medidos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Denotou-se que a diferença entre os valores medidos e simulados pode ocorrer por conta de inúmeros fatores. Um deles é a variação e possibilidade do arquivo climático utilizado não reproduzir fielmente as mesmas condições medidas, ou seja, replicar de forma variada as condições das variáveis climáticas medidas, como quantidade de radiação solar, condições de céu.

Outro fator que pode ser um influenciador em potencial é a diferença entre as condições reais da edificação e das condições modeladas, diferenças essas como sujeira acumulada em vidros, presença de materiais e móveis no interior da sala (que alteram os ângulos de reflexão dos raios solares), discordância de valores de refletância da envoltória, de paredes, teto e piso, com os valores adotados para a simulação.

Além disso, ressalta-se que o próprio programa utilizado para as simulações pode resultar em alteração de resultados, de acordo com o algoritmo usado pelo mesmo, assim como o luxímetro.

Diante do exposto, conclui-se que mais estudos são necessários para averiguar e reduzir as diferenças entre as condições reais e simuladas e para melhor representar as condições de céu e luminosidades disponíveis em diferentes contextos. Assim, etapas futuras, pretende-se estudar outros dias do ano, aumentar os horários de medição e alterar a métrica de simulação utilizada como *Daylight Autonomy* (DA), *Useful Daylight Illuminance* (UDI) e *Spatial Daylight Autonomy* (sDA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-4**: Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

CIBSE - Chartered Institution of Building Services Engineers. **Code for interior lightning**. London, 1984.

DIAS, A. F. A. **Análise do uso da luz natural em salas de aula: estudo de caso em Aracaju/SE.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

DIDONÉ, E. L.; PEREIRA, F. O. R.; Simulação computacional integrada para a consideração da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações. **Ambiente Construído,** v. 5, n. 4, p. 81-93, 2005.

FONSECA, R. W**. Iluminação natural e consumo energético de edificações não residenciais:** aplicação de redes neurais artificiais. 2015. 457 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FRANZETTI, C.; FRAISSE, G.; ACHARD, G.; Influence of the coupling between daylight and artificial lighting on thermal loads in office buildings. **Energy and Buildings**, v.36, n.2, p. 117-126, 2004.

GHISI, E.; TINKER, J. A.; IBRAHIM, S. H.; Área de janela e dimensões de ambientes para iluminação natural e eficiência energética: literatura *versus* simulação computacional. **Ambiente Construído,** v. 10, n. 4, p. 139-154, 2010.

IBAÑEZ, C. A.; ZAFRA, J. C. G.; SACHT, H. M.; Natural and artificial lighting analysis in a classroom of technical drawing: measurements and HDR images use. **Procedia Engineering,** v. 196, p. 964-971, 2017.

LABEE – LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Arquivos climáticos**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2019. Acesso em 29 de abr. de 2019 <http: //www.labeee.ufsc.br/antigo/arquivos/arquivos_climaticos/BRA_Santa.Maria_SWERA.zip>

LOUTZENHUSER, P. G.; MAXWELL, G. M.; MANZ, H. An empirical validation of the daylighting algorithms and associated interactions in building energy simulation programs using various shading devices and windows. **Energy,** v. 32, p. 1855-1870, 2007.

MARDALJEVIC J. The BRE-IDMP dataset: a new benchmark for the validation of illuminance prediction techniques. **Light Res Technol.** v.33, n.2, p.117–136, 2001.

MCNEIL, A.; LEE, E. S. A validation of the Radiance three-phase simulation method for modelling annual daylight performance of optically complex fenestration systems. **Journal of Building Performance Simulation**, v. 6, n. 1, p. 24–37, 2013.

MING-CHING, H.; CHE-MING, C.; PO-CHENG, C.; KUEI-FENG, C.; CHIA-YEN, L. Optimal sun-shading design for enhanced daylight illumination of subtropical classrooms. **Energy and Buildings**, v. 40, p. 1844-1855, 2008.

MOHSENIN, M.; HU, J. Assessing daylight performance in atrium buildings by using Climate Based Daylight Modeling. **Solar Energy,** v. 119, p. 553-560, 2015.

SOLEMMA LLC. **DIVA for Rhino:** Environmental Analysis for Buildings. v. 4.0. Disponível em: <http://diva4rhino.com/>. Acesso em: abr. 2019.

YOON, Y.; MOON, J. W.; KIM, S. Development of annual daylight simulation algorithms for prediction of indoor daylight illuminance. **Energy and Buildings**, v. 118, p. 1-17, 2016.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.