2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE DO DESEMPENHO LUMÍNICO DE ELEMENTO VAZADO ASSOCIADO À JANELA ALTA E À PRATELEIRA DE LUZ[1]

BOLSSONI, Gabriela (1); LARANJA, Andréa (2)

(1) Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), gabriela_bolssoni@hotmail.com
(2) Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), andreacoelholaranja@gmail.com

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo avaliar o desempenho lumínico de elemento vazado associado à janela alta e à prateleira de luz para ambiente de escritório situado em clima tropical úmido. Na metodologia foram feitas modelagens com o Rhinoceros 3D + Grasshopper e simulações computacionais com a utilização do DIVA-for-Rhino. Foram realizadas duas etapas de simulações para a orientação Norte. Na primeira etapa foram avaliados três modelos: Modelo I (elemento vazado); Modelo II (elemento vazado + janela alta); Modelo III (elemento vazado + janela alta + prateleira de luz). Na segunda etapa, utilizando como base o Modelo III, foram avaliadas mais quatro situações variando em 20 cm a profundidade interna da prateleira de luz. Foram utilizados como parâmetros de análise os intervalos da UDI (Useful Daylight Illuminances) propostos por Nabil e Mardaljevic (2006). Como principal resultado identificou-se o melhor desempenho com o Modelo III10 (elemento vazado + janela alta + prateleira de luz de menor profundidade interna), o qual reduziu a iluminação excessiva nos trechos mais próximos à fachada, iluminou de maneira mais eficiente os trechos mais profundos do ambiente e garantiu o maior percentual de horas (70%) no intervalo recomendado.

Palavras-chave: *Desempenho lumínico. Elementos vazados. Janela alta. Prateleira de luz. Simulações computacionais.*

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the luminic performance of perforated solar screen associated with the high window and the light shelf for an office environment located in a humid tropical climate. In the methodology, modeling was done with Rhinoceros 3D + Grasshopper and computer simulations using DIVA-for-Rhino. Two stages of simulations were performed for the North orientation. In the first stage, three models were evaluated: Model I (perforated solar screen); Model II (perforated solar screen + high window); Model III (perforated solar + high window + light shelf). In the second stage, using Model III as a base, four more situations were evaluated, varying the internal depth of the light shelf by 20 cm. For the analyzes, the UDI intervals (Useful Daylight Illuminances) proposed by Nabil and Mardaljevic (2006) were used as parameters. As a main result, the best performance was identified with the Model III10 (perforated solar screen + high window + light shelf of less internal depth), which reduced excessive lighting in the sections closest to the facade, more efficiently illuminated the deepest

[1] BOLSSONI, Gabriela; LARANJA, Andréa. Análise do desempenho lumínico de elemento vazado associado à janela alta e à prateleira de luz. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

sections of the environment and guaranteed the highest percentage of hours (70%) in the recommended interval.

Keywords: *Luminic performance. Perforated solar screen. High window. Light shelf. Computer simulations.*

1 INTRODUÇÃO

São inúmeras as vantagens da iluminação natural para o conforto visual e para a saúde humana. Santos (2014) confirma os benefícios biológicos aos seres humanos e acrescenta que a luz natural, quando corretamente captada e distribuída no ambiente interno, pode proporcionar condições adequadas para o desenvolvimento de atividades. Outros estudos indicam o aproveitamento da luz natural como estratégia fundamental para redução do consumo de energia elétrica (MESA; CORICA; PATTINI, 2011; RAPHAEL, 2011; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Entretanto, Maioli (2014) atenta que a alta luminosidade do céu tropical pode proporcionar desconforto visual, térmico ou ambos, decorrentes da iluminação excessiva.

Nesse sentido, vale mencionar alguns dispositivos arquitetônicos que auxiliam na redução da iluminação excessiva, na distribuição da luz de maneira mais uniforme e na iluminação dos trechos mais profundos do ambiente interno. Dentre eles destacam-se os elementos vazados, a janela alta e a prateleira de luz. Bolssoni e Laranja (2019a) identificaram a capacidade de os elementos vazados reduzirem de maneira eficiente a iluminação excessiva nos trechos mais próximos à fachada, todavia esses elementos apresentaram dificuldade de iluminar os trechos mais profundos do ambiente interno. Em contrapartida, Gonçalves; Viana; Moura (2011) constataram que as janelas altas são capazes de garantir distribuição da luz de maneira mais uniforme e alcançar trechos menos iluminados de ambientes internos profundos. Maioli (2014) por sua vez verificou que a prateleira de luz é capaz de reduzir a iluminação excessiva e auxiliar na distribuição da luz de maneira mais uniforme. Todavia, Abrahão et al. (2019) atentam que o desempenho da prateleira de luz está relacionado a fatores como: orientação, característica do céu e localidade onde se insere.

Diante do exposto, este estudo teve por objetivo avaliar o desempenho lumínico de elemento vazado associado à janela alta e à prateleira de luz para ambiente de escritório situado em clima tropical úmido.

2 METODOLOGIA

A metodologia foi organizada em três etapas: (1) caracterização do ambiente interno; (2) caracterização dos modelos simulados; (3) simulações computacionais.

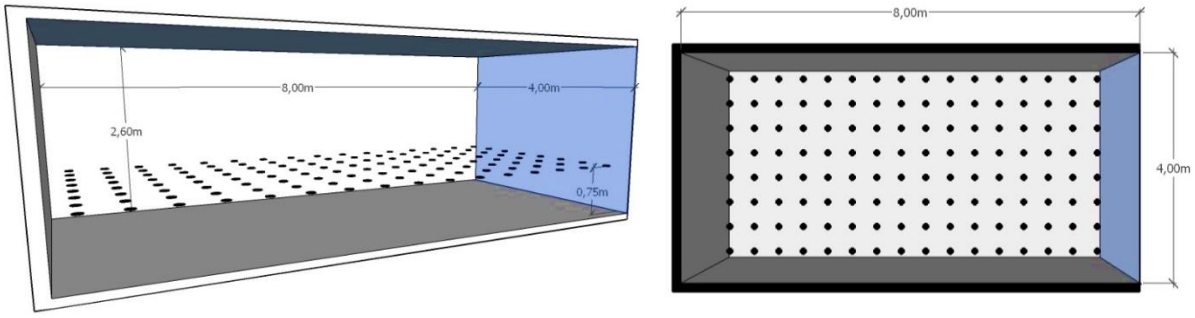
2.1 Caracterização do ambiente interno

Para definição da geometria do ambiente interno utilizou-se uma sala hipotética de escritório situada em Vitória – ES (20°19'15" latitude Sul e 40°20'10" longitude Oeste). O ambiente possui as seguintes dimensões internas: largura = 4,00 m; profundidade = 8,00 m; pé direito = 2,60 m e área = 32,00 m², os quais atendem aos requisitos indicados pelo Código de Obras de Vitória (1998).

Para avaliação da luz natural adotou-se um plano horizontal de análise à 75 cm de altura, com sensores espaçados em 50 cm em uma malha ortogonal, como indica a

NBR 15215-4 (ABNT, 2005). Foram dispostos 8 sensores no eixo X e 16 sensores no eixo Y, totalizando 128 sensores, como demonstra a Figura 1.

Figura 1 – Perspectivas do ambiente interno com os sensores da simulação



Fonte: as autoras

As refletâncias das superfícies do ambiente interno foram definidas com base na NBR ISO/CIE 8995 (ABNT, 2013), adotando-se 20% para o piso, 60% para as paredes e 80% para o teto. Em relação ao vidro utilizado na fachada foi empregado vidro simples com 6mm de espessura e fator de transmitância de 88%.

2.2 Caracterização dos modelos simulados

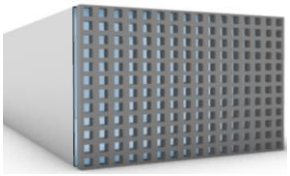
As avaliações de desempenho lumínico foram realizadas em duas etapas. Na **primeira etapa** foram avaliados três modelos: Modelo I (elemento vazado); Modelo II (elemento vazado + janela alta); Modelo III (elemento vazado + janela alta + prateleira de luz). O elemento vazado, que compõe todos os modelos, dista 20 cm da fachada envidraçada, funcionando como uma segunda pele. Esse possui área total de abertura que atende ao mínimo admitido pelo Código de Obras de Vitória (1998), apresenta furos quadrados com dimensões de 14,5 x 14,5 cm e espessura de 20 cm, que resulta em ângulos de insolação de 36°.

A Figura 2 traz perspectivas, cortes esquemáticos e demais características dos modelos avaliados na primeira etapa.

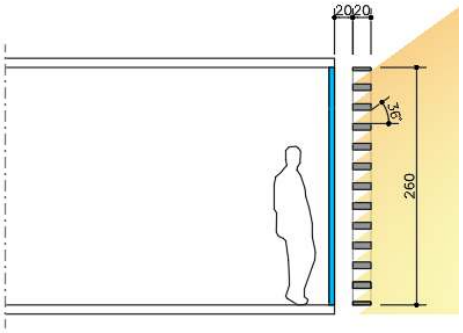
Figura 2 – Perspectivas e cortes esquemáticos dos Modelos I, II e III

MODELO I

Elemento vazado: dimensões de 4,0 m de largura x 2,60 m de altura, perfazendo toda a área de fachada (10,40 m²) e matriz de furos: 16 furos no eixo X e 12 furos no eixo Y, totalizando 192 furos, com área total de abertura na fachada de 4 m².



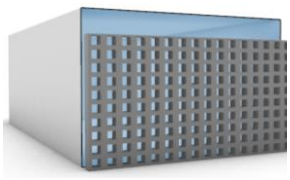
Perspectiva Modelo I



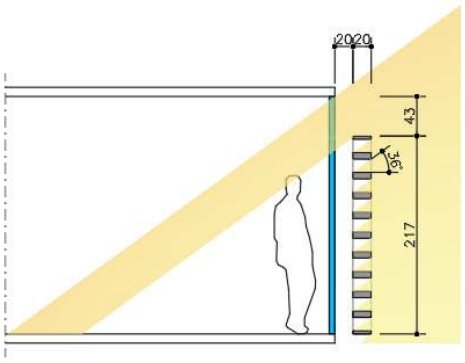
Corte esquemático Modelo I

MODELO II

Elemento vazado: dimensões de 4,0 m de largura x 2,16 m de altura, perfazendo uma área de 8,64 m² e matriz de furos de 16 furos no eixo X e 10 furos no eixo Y, totalizando 160 furos, com área total de abertura na fachada de 5,08 m².



Perspectiva Modelo II

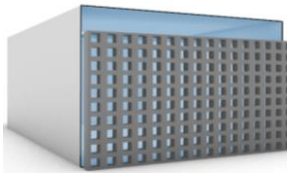


Corte esquemático Modelo II

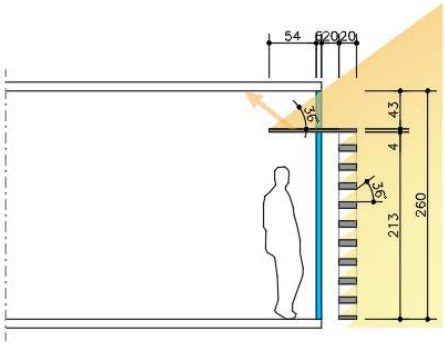
MODELO III

Elemento vazado: dimensões de 4,0 m de largura x 2,16 m de altura, perfazendo uma área de 8,64 m² e matriz de furos de16 furos no eixo X e 10 furos no eixo Y, totalizando 160 furos, com área total de abertura na fachada de 5,08 m².

Prateleira de luz: ângulo de insolação também de 36° (mesmo do elemento vazado), que resulta na profundidade interna de aproximadamente 54 cm.



Perspectiva Modelo III

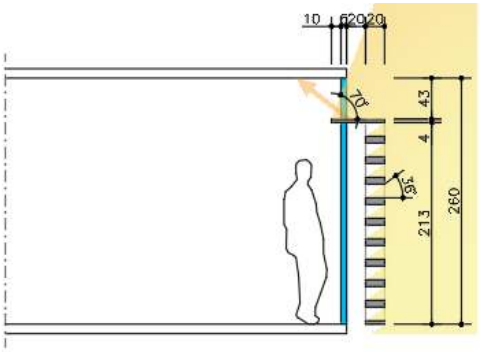


Corte esquemático Modelo II

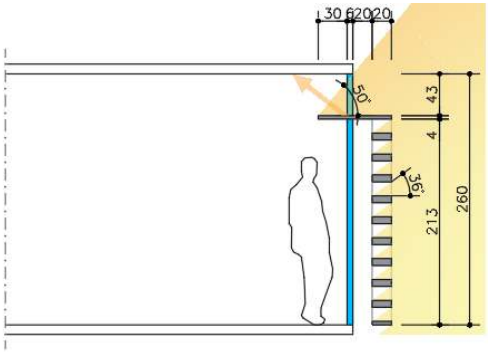
Fonte: as autoras

Na **segunda etapa** de simulação utilizou-se como base o Modelo III (elemento vazado + janela alta + prateleira de luz), o qual obteve a melhor desempenho na primeira etapa. Assim, buscando potencializar o desempenho desse modelo, foram avaliadas mais quatro situações variando a profundidade interna da prateleira de luz em 20cm: Modelo III10, Modelo III30, Modelo III50 e Modelo III70, conforme ilustra a Figura 3.

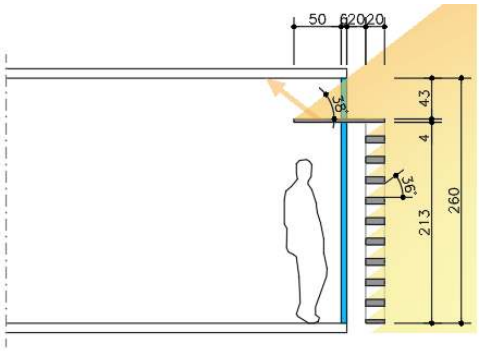
Figura 3 – Cortes esquemáticos dos Modelos III10, III30, III50 e III70



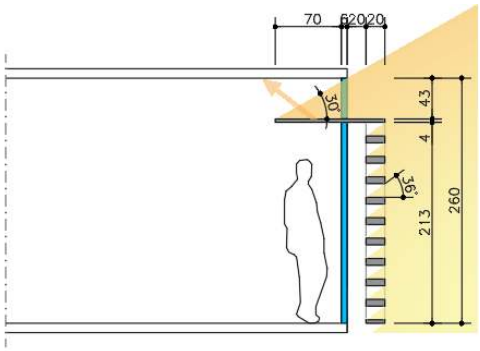
Modelo III10: prateleira de luz com profundidade interna de **10 cm** e ângulo de insolação de **70°.**



Modelo III30: prateleira de luz com profundidade interna de **30 cm** e ângulo de insolação de **50°.**



Modelo III50: prateleira de luz com profundidade interna de **50 cm** e ângulo de insolação de **38°.**



Modelo III70: prateleira de luz com profundidade interna de **70 cm** e ângulo de insolação de **30°.**

Fonte: as autoras

Para todos os modelos avaliados adotou-se a refletância de 80% tanto para o elemento vazado, como indicado por Bolssoni e Laranja (2019), quanto para as prateleiras de luz.

2.3 Simulações computacionais

Os modelos simulados foram desenvolvidos utilizando o *Grasshopper*, editor de algoritmos do software de modelagem *Rhinoceros* 3D. As simulações computacionais relativas ao desempenho lumínico foram realizadas utilizando o *plug-in DIVA-for-Rhino*. As avaliações foram feitas para a orientação Norte para todos os dias do ano no horário de 8h às 18h conforme o período de ocupação do ambiente analisado.

Nas simulações buscou-se avaliar qual dos modelos possui maior capacidade de garantir iluminação natural adequada e de reduzir a iluminação excessiva. Para tanto, foram utilizados como parâmetros os intervalos da UDI (*Useful Daylight Illuminances*) propostos por Nabil e Mardaljevic (2006). A UDI expressa a porcentagem de horas que cada ponto do ambiente analisado se encontra em cada um dos intervalos, sendo os seguintes os intervalos considerados: E<100lx - intervalo insuficiente, 100lx≤E<2000lx - intervalo recomendado e E≥2000lx - intervalo excessivo.

Para reproduzir as características do clima de Vitória - ES, foi utilizado o arquivo climático da cidade de Vitória – ES (Vitória TRY1962_05CSV.epw, disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin).

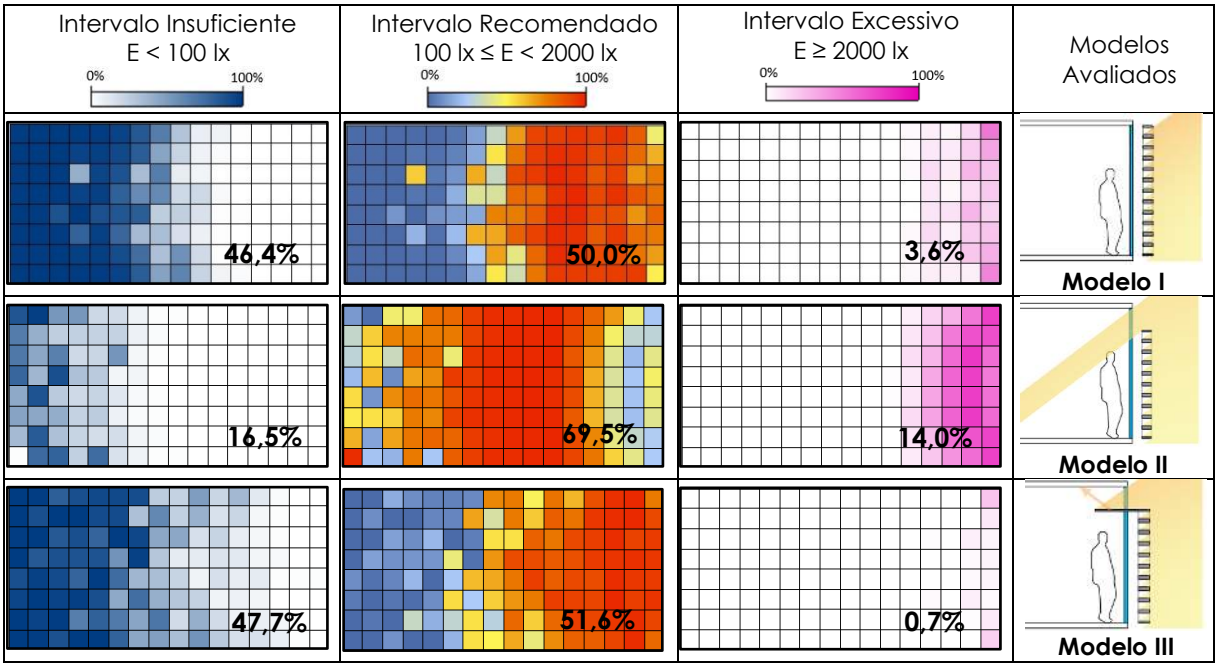
3 RESULTADOS

Como mencionado, os modelos foram avaliados em duas etapas. Na **primeira etapa**, conforme a Figura 4, verifica-se que o Modelo II apresentou o maior percentual das horas (69,5%) no intervalo recomendado. Além disso, esse modelo também garantiu que os trechos mais profundos do ambiente interno fossem iluminados naturalmente por um maior percentual de horas do dia. Isso provavelmente decorre da capacidade da janela alta de iluminar os trechos mais profundos do ambiente interno. Todavia, esse mesmo modelo admitiu os maiores percentuais no intervalo excessivo (14%) nos trechos mais próximos à fachada, que em geral estão associados aos ganhos térmicos e ao ofuscamento.

Os Modelos I e III apresentaram maior dificuldade de iluminar os trechos mais profundos do ambiente interno, alcançando iluminação adequada em apenas

cerca de 50% das horas do dia. Todavia, vale destacar que o Modelo III apresentou capacidade de reduzir a iluminação excessiva de maneira mais eficiente entre todos os modelos avaliados, onde o percentual no intervalo excessivo foi praticamente nulo, sendo esse identificado como o modelo de melhor desempenho dessa etapa.

Figura 4 – Intervalos da UDI para os modelos avaliados na primeira etapa



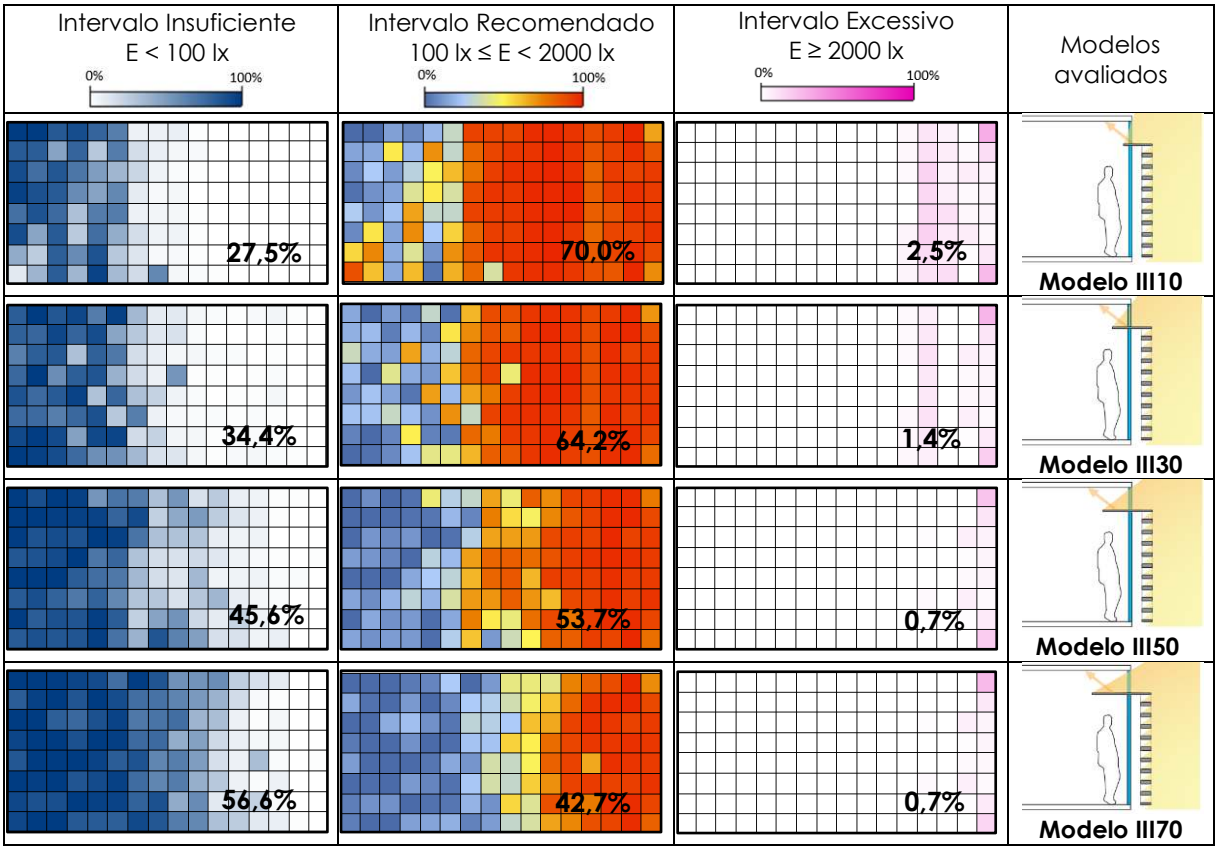
Fonte: as autoras

Na **segunda etapa**, conforme a Figura 5, nota-se que todos os modelos avaliados nessa etapa apresentaram boa capacidade de reduzir a iluminação excessiva, com percentuais inferiores a 3%. Destaca-se o melhor desempenho com o Modelo III10 que apresentou o maior percentual das horas (70%) no intervalo recomendado, representando um ganho de performance de até cerca de 27,5%. Além disso, esse também garantiu que os trechos mais profundos do ambiente fossem iluminados naturalmente por um maior percentual de horas do dia. Vale destacar, que a boa performance do Modelo III10 é decorrente da conjugação do elemento vazado com a prateleira de luz e a janela alta. Fato esse que já havia sido observado na primeira etapa, no qual a janela alta apesentou boa capacidade de aumentar a iluminação recomendada nos trechos mais profundos do ambiente interno. Porém, agora com a prateleira de luz de menor profundidade interna, essa última foi capaz de reduzir a iluminação excessiva sem comprometer a iluminação natural nos trechos mais profundos do ambiente interno.

Já o pior desempenho se deu com o Modelo III70, que apresentou o menor percentual (42,7%) no intervalo recomendado. Esse fato provavelmente foi decorrente da prateleira de luz de maior profundidade interna reduzir a capacidade da janela alta de iluminar os trechos mais profundos do ambiente interno. Assim, identificou-se uma relação de que: quanto menor a profundidade da parte interna da prateleira de luz associada ao elemento vazado e principalmente à janela alta, maior a capacidade do modelo de iluminar os trechos mais profundos do ambiente

interno e consequentemente garantir os maiores percentuais no intervalo recomendado.

Figura 5 – Intervalos da UDI para os modelos avaliados na segunda etapa



Fonte: as autoras

4 CONCLUSÕES

Este estudo teve por objetivo avaliar o desempenho lumínico de elemento vazado associado à janela alta e à prateleira de luz para ambiente de escritório situado em clima tropical úmido. Como método, foram realizadas simulações computacionais onde foi avaliado qual modelo possui maior capacidade de garantir iluminação natural adequada e de reduzir a iluminação excessiva.

Como principais resultados da primeira etapa, identificou-se que o Modelo II (elemento vazado + janela alta) apresentou os maiores percentuais no intervalo recomendado. Todavia, esse modelo também admitiu os maiores percentuais no intervalo excessivo. Já com o Modelo III (elemento vazado + janela alta + prateleira de luz) os percentuais no intervalo excessivo foram praticamente nulos, sendo esse modelo identificado como o melhor dessa etapa. Com a segunda etapa de simulações, verificou-se que o melhor desempenho se deu com o Modelo III10 (elemento vazado + janela alta + prateleira de luz de menor profundidade interna).

Conclui-se então, que a prateleira de luz com menor profundidade interna associada ao elemento vazado e principalmente à janela alta apresentou melhor desempenho, o qual reduziu a iluminação excessiva nos trechos mais próximos à fachada, iluminou de maneira mais eficiente os trechos mais profundos do ambiente e garantiu o maior percentual de horas (70%) no intervalo recomendado.

Todavia, é importante destacar que as avaliações foram feitas para uma média anual, sendo assim, para dias e horários específicos o desempenho dos modelos poderá sofrer influência da altura solar no período avaliado. Além disso, as avaliações foram feitas apenas para a orientação Norte e para a localidade de Vitória, não sendo possível generalizar esses resultados. Como bem atentaram Abrahão et al. (2019) é fundamental considerar as particularidades de cada lugar e de cada orientação para propor esse tipo de dispositivo.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela viabilização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

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

ABRAHÃO, K.; MAIRINK, A.; RODRIGUES G.; JUNIOR, R.; FORTES, B.; MORAIS, S.; VELOSO, A.; SOUZA, R. Desempenho lumínico de janelas idênticas em cidades distintas. **XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC) e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído (ELACAC).** João Pessoa, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)**. NBR ISO/CIE 8995-1.** Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BOLSSONI, G.; LARANJA, A. Análise do desempenho lumínico de ambientes internos a partir da atuação de elementos vazados. **XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC) e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído (ELACAC).** João Pessoa, 2019a.

BOLSSONI, G.; LARANJA, A. A Influência da Refletância dos Elementos Vazados no Desempenho Lumínico. **II Congesso Internacional de Arquitetura e Cidade (ARQCIDADE) e X Coletânea ARQURB.** Vila Velha, 2019b.

GONÇALVES, J.; VIANA, N.; MOURA, N. Iluminação Natural e Artificial. **Procel Edifica.** Rio de Janeiro, 2011.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** 3ª ed. São Paulo, 2014.

MAIOLI, R. **Avaliação da influência do dispositivo prateleira de luz no conforto visual em edificação comercial com entorno obstruído.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

MESA, N. A.; CORICA, L.; PATTINI, A. Evaluation of the potential of natural light to illuminate buildings in dense urban environment. A study in Mendoza, Argentina. **Renewable Energy**, n. 36, p. 2414-2423, 2011.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. **Energy and Buildings**, London: Elsevier, v.38, p. 905 - 913, 2006.

RAPHAEL, B. Active control of daylighting features in buildings. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, n.26, p.393-405, 2011.

SANTOS, A. A Iluminação nos Edifícios: **Uma perspectiva no âmbito do conforto ambiental e da eficiência energética.** 1a ed. Lisboa: LNEC, 2014.

VITÓRIA. Lei n°. 4821, de 30 de dezembro de 1998. **Código de Edificações do Município de Vitória**. Vitória, 1998. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-vitoria-es> Acesso em: 17 out. 2019.