ILUMINAÇÃO NATURAL EM SALA DE DESENHO: UM ESTUDO NO SEMIÁRIDO PARAIBANO[1]

MACHADO, W. S., Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, email: wilysantos1997.ws@gmail.com; LEAL, L. Q., Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, email: liliannequeiroz@hotmail.com

ABSTRACT

The quality of learning environment is associated with the degree of comfort that the environments offer and aspects of natural lighting are relevant. In this paper, the impact of shading devices in a south facing drawing classroom located semi-arid region of Brazil was evaluated. It compares annual simulations for five models with different static shading device. The analysis is based in dynamic daylight performance metrics such as Daylight Autonomy (DA) and Excessive Useful Daylight Illuminance (eUDI) and simulations were performed by software Rhinoceros and Diva-for-Rhino plugin. Therefore, the daylighting autonomy and excessive were employed with illuminances between 500 lux and 3000lux and in solstice periods. Results show that levels reached minimum illuminance recommended by NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Finally, louvres and light shelves inclined at 15° and 30° offer higher autonomy and increasing the possibility of glare and heat gain near the window. However, the shading device smaller 15° decreased the direct sunlight and provided homogeneous illuminances throughout the room.

***Keywords**: Daylighting. Drawing Classroom. Shading Devices. Simulation.*

1 INTRODUÇÃO

Para explorar o uso da luz natural nas edificações, é indispensável reconhece-la como fonte abundante e acessível. Em ambientes educacionais, os níveis adequados de iluminação estão relacionados ao desempenho dos professores e a concentração no aprendizado dos alunos. Iluminação insuficiente exige maiores esforços físicos e mentais, que podem, por consequência, gerar problemas de saúde (DORIGO, 2007; DIAS et al, 2009).

Para o melhor aproveitamento da fonte, é necessário prevenir ganhos excessivos de calor através das aberturas para obter baixo consumo energético relacionado à climatização artificial, condição atípica nas edificações da região de clima semiárido. Assim, a norma brasileira estabelece iluminâncias médias para salas de aula na faixa entre 200lux e 500lux, com média de 750 lux para prática do desenho técnico, conforme NBR ISO/CIE 8995-1(ABNT, 2013).

O uso de dispositivos de proteção solar em ambientes escolares favorece em mais de 90% o conforto visual nas salas de aula (SANTOS et al, 2010). Além disso, a combinação da prateleira de luz com persianas externas semitransparentes podem controlar os níveis lumínicos em salas de aula fornecendo uniformidade, melhor distribuição da iluminação nas áreas mais

[1] MACHADO, W. S.; LEAL, L. Q. Iluminação natural em sala de desenho: um estudo no semiárido paraibano. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Foz do Iguaçu, 17., 2018. **Anais**... Porto Alegre: ENTAC, 2018.

distantes da abertura e redução nas porções mais próximas (MERESI, 2016).

Ressaltando a necessidade de melhorar os níveis de iluminação nos ambientes e mitigar a radiação solar direta, este artigo tem como objetivo investigar o desempenho da luz natural em sala de aula de desenho técnico localizada na cidade de Pombal, região do semiárido paraibano.

2 MÉTODO

O procedimento foi dividido em quatro etapas: (1) Definição do local; (2) Caracterização dos modelos; (3) Modelagem e simulação computacional; e (4) Métodos de análise.

2.1 Definição do local

A pesquisa foi delimitada por edifício de uma instituição de ensino localizado na cidade Pombal, região do semiárido paraibano. Caracterizado pelo baixo índice pluviométrico e predominância de céu claro, o município apresenta localização geográfica de 6° 46'S de latitude e de 37° 48' W de longitude, com altitude de 184m.

A edificação está situada na Universidade Federal de Campina Grande, cuja estrutura é composta por dois pavimentos destinados às salas de aula convencionais, com dimensões de 7,50x7,75m. Todos os ambientes são iluminados naturalmente por meio de aberturas laterais posicionadas na orientação norte-sul, tendo a fonte artificial como complementação, com proteção interna utilizada esporadicamente (Figura 1a).

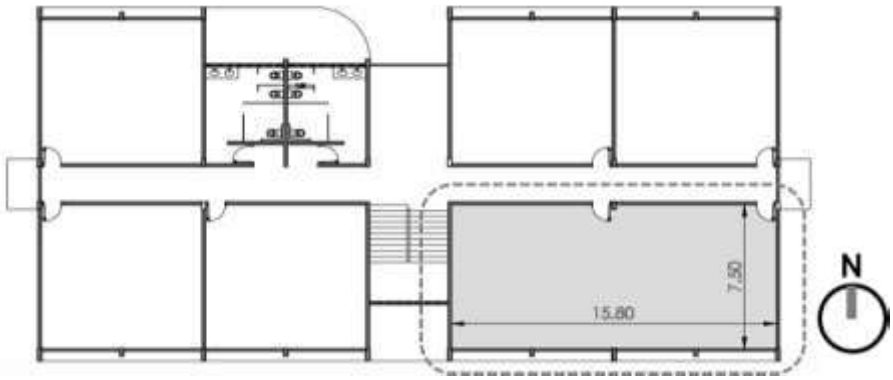
Figura 1 – Edifício (a) e sala de aula (b).



Fonte: Autores.

O objeto de estudo é um ambiente de ensino destinado às aulas de desenho, no segundo pavimento, formado pela fusão de duas salas convencionais, cujas dimensões internas são de 15,80m de comprimento, 7,50m de profundidade e pé direito com 3,35m. Quanto às aberturas, a sala apresenta quatro janelas laterais, direcionadas à orientação sul com dimensões de 3,80m x 1,70m e peitoril de 1,20m (Figura 1b e Figura 2).

Figura 2 – Planta baixa pavimento superior – destaque para sala de desenho.

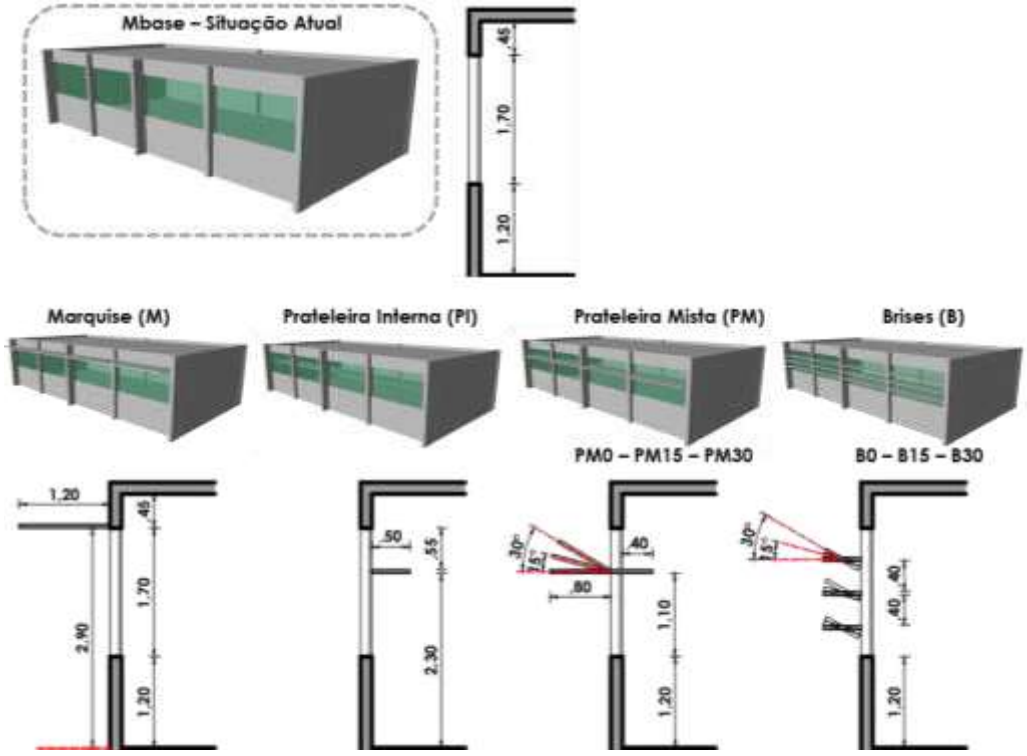


Fonte: Autores.

2.2 Caracterização dos modelos

Adotaram como variáveis: dimensão, localização e inclinação das proteções solares. Os modelos foram definidos como: (a) MBase, que representa a situação atual sem proteção; (b) Marquise (M) de comprimento 1,20m na altura da verga da janela; (c) Prateleira Interna (PI) com 1,45m de comprimento a 1,20m do peitoril a 2,30m do piso; (d) Prateleira Mista – interna e externa (PM0) com 0,80m e 0,50m para parte externa e interna, respectivamente, a 2,30m do piso; com variações na porção externa a 15° (e) PM15 e 30° (f) PM30; (g) Brises Horizontais (B0) de comprimento 0,50m espaçados a 0,40m com variações na inclinação de 15° (h) B15 e 30° (i) B30 (Figura 3).

Figura 3 – Modelos estudados.



Fonte: Autores.

Os modelos foram caracterizados pela variação dos elementos de proteção nas aberturas comparados com o modelo de sala atual sem proteção. Como parâmetro fixo, adotaram-se refletâncias de 30%, 50% e 80% no piso, paredes e

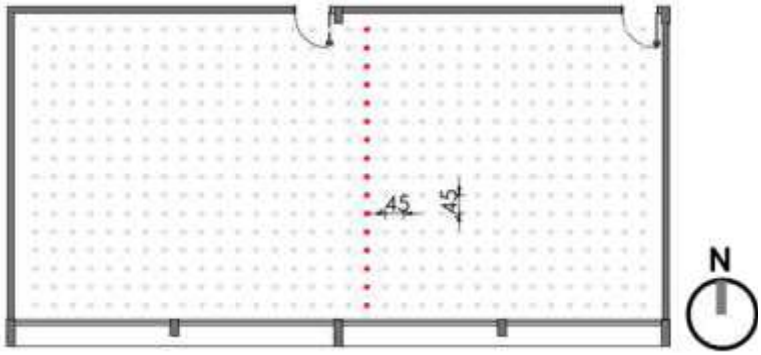
forro, respectivamente. A transmissão luminosa do vidro é de 90% com reflexão de 6,7% e as proteções solares de espessura 5cm e refletividade de 90%.

2.3 Modelagem e simulação computacional

Os modelos foram desenvolvidos no software *Rhinoceros* e no plugin *Diva-for-Rhino* versão 4.0. Essa interface utiliza os algoritmos do *Radiance/Daysim* para realização de simulação dinâmica que prediz a eficiência da iluminação baseada em arquivos climáticos – *Climate-Based Daylight Modelling* – CBDM (REINHART, 2010; SOLEMMA, 2018; Robert McNeel e Associates, 2018).

Para o processamento, utilizou-se o arquivo referência de cidade com características climáticas simulares, Patos/PB (LabEEE, 2018), por não apresentar registro do ano típico da cidade de Pombal/PB. A malha de pontos foi distribuída no plano de trabalho a 0,75m de altura, espaçados a 0,45m para geração dos valores de iluminância no nível das pranchetas (Figura 4).

Figura 4 – Distribuição dos pontos no plano de trabalho.



Fonte: Autores.

2.4. Métodos de análise

Para avaliação do desempenho luminoso foram adotados como critérios: autonomia da luz natural (DA - *Daylight Autonomy*) que consiste no percentual de horas/ano em que um nível de iluminância mínimo exigido é mantido no ambiente e iluminância natural excessiva (eUDI – *Excessive Useful Daylight Illuminance*) que classifica a frequência anual de iluminâncias excedentes sobre o plano de trabalho (NABIL e MARDALJEVIC, 2005).

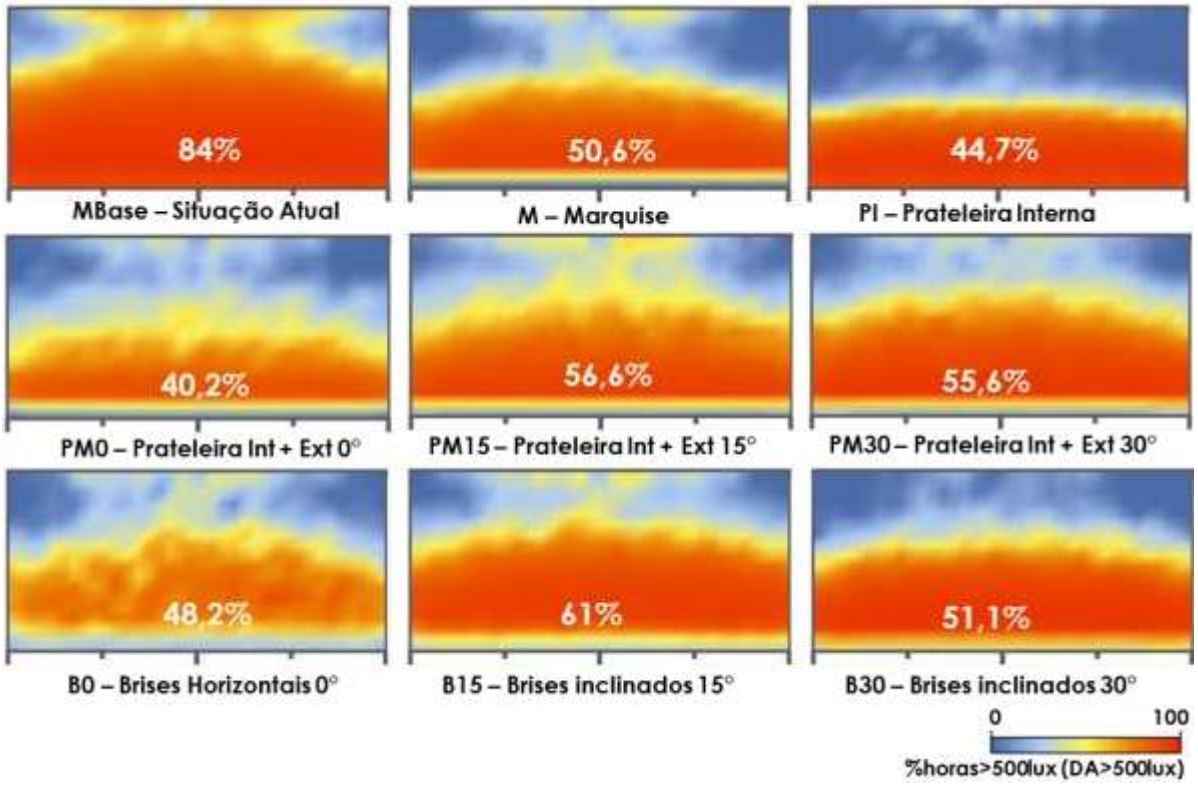
A definição da zona de iluminação autônoma e excessiva da sala é investigada através das iluminâncias mínima e máxima de 500lux e 3000lux, respectivamente. Para tanto, são registradas as frequências de ocorrência anual em que as iluminâncias atingem os níveis de referência entre a faixa mínima e máxima. Ainda, investiga-se o comportamento da iluminação natural na profundidade da sala nos períodos de verão e inverno nos pontos destacados na Figura 4, adotando o horário em que níveis de iluminância são mais significativos. Nestas condições, os valores estimam o impacto da adoção de dispositivos de proteção solar no plano das pranchetas.

3 RESULTADOS

3.1 Autonomia da luz natural e Iluminância excessiva

Os diagramas de cores falsas representam a área no plano de trabalho com autonomia acima de 500lux em pelo menos 50% do ano (Figura 5). A situação atual (MBase) se contrapõe os demais modelos registrando mais de 80% de área autônoma com alto nível lumínico e tendência a fontes excessivas.

Figura 5 – Autonomia da luz natural ($DA_{>500lux}$)



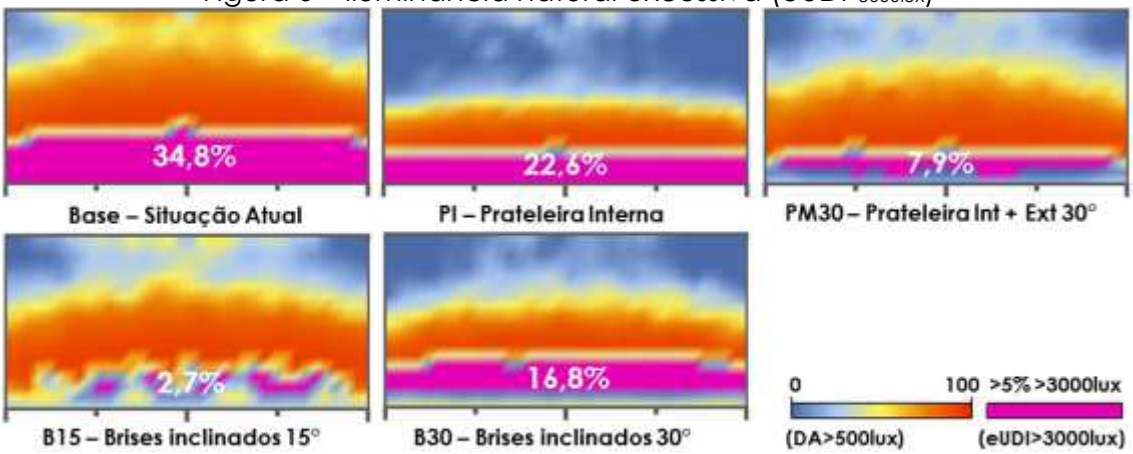
Fonte: Autores.

Apesar da alta refletividade, a prateleira interna reduziu em 40% a área autônoma comparada à situação atual. Da mesma forma, a prateleira mista (PM0) registrou menor percentual (40,2%). Com a inclinação da prateleira externa de 15° e 30° (PM15 e PM30), o percentual elevou 15%, com diferença irrisória entre eles. Entretanto, o modelo com maior percentual de área autônoma foi o B15 com brises inclinados a 15° atingindo 61%. O comportamento dos brises horizontais (B0) e a 30° (B30) não apresentou mudanças significativas com 48,2% e 51,1%, respectivamente.

Na análise das iluminâncias excessivas ($eUDI_{<3000lux}$), as áreas próximas às aberturas apresentaram maiores níveis de iluminação (Figura 6). Cinco modelos registraram iluminâncias acima de 3000lux, sendo o atual (MBase), com prateleira interna (PI), mista de 30° (PM30) e com brises inclinados (B15 e B30). Apesar disso, percebe-se que a prateleira interna e os brises a 30°, com 22,6% e 16,8%, não promoveram o bloqueio das fontes de luz excessiva,

sendo mais propensos à sobrecarga térmica e ofuscamento, juntamente com a situação atual (34,8%).

Figura 6 – Iluminância natural excessiva (eUDI$_{>3000lux}$)



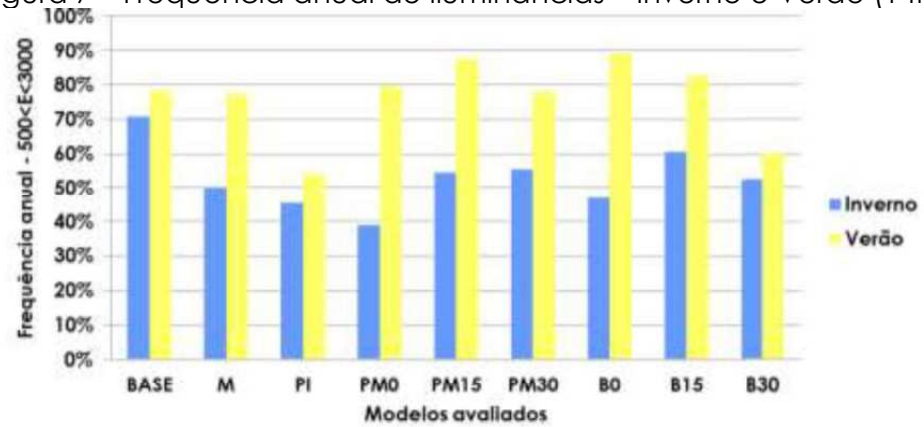
Fonte: Autores.

Embora tenham alcançado autonomia em 50%, os brises a 30° (B30) concentraram quase 20% com fontes excessivas. Já o modelo com brises a 15° (B15) atingiu iluminância autônoma em mais da metade do plano de trabalho (61%) e minimizou a incidência de radiação solar direta, registrando menos de 3% de área com iluminâncias acima 3000lux. No diagramas do B15, percebe-se uma maior distribuição das iluminâncias ao longo da sala.

3.2 Iluminância no inverno e no verão

A Figura 7 ilustra o comportamento das frequências anuais de iluminâncias entre as faixas de 500 a 3000lux no período de verão. Percebe-se um aumento dos percentuais nos modelos com prateleira a 15° (PM15) e brises horizontais (B0), quando comparados ao modelo base. A condição atual da sala, sem proteção solar, registrou maiores ocorrências de iluminâncias acima de 3000lux, ultrapassando a faixa útil. No período de inverno, as proteções promoveram a redução da iluminância em quase 30% do ano. Comportamentos díspares ocorreram na prateleira de luz (PM0), tendo a frequência de 40% no inverno e 75% no verão.

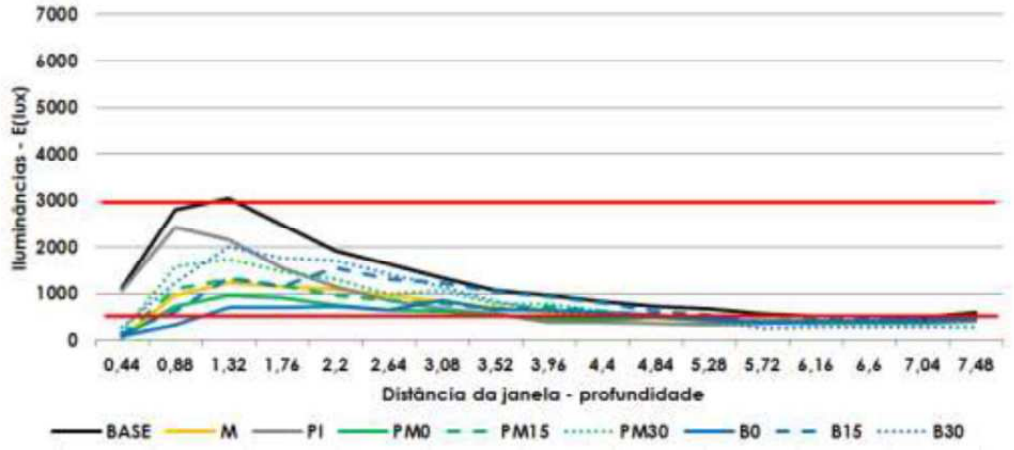
Figura 7 – Frequência anual de iluminâncias – Inverno e Verão (14h)



Fonte: Autores.

Nos solstícios de inverno e de verão às 14h foi registrada maior frequência entre 500 e 3000lux, sendo essa referência horária para análise da iluminação ao longo da sala, uma vez que registrou níveis significativos nos solstícios. Com base nos pontos localizados na porção central da sala (Figura 4), as iluminâncias no inverno atingiram de 200lux a 3000lux. Próximo às aberturas, os níveis foram elevados, especialmente nos modelos sem proteção (MBase) e com prateleira interna (PI) (Figura 8).

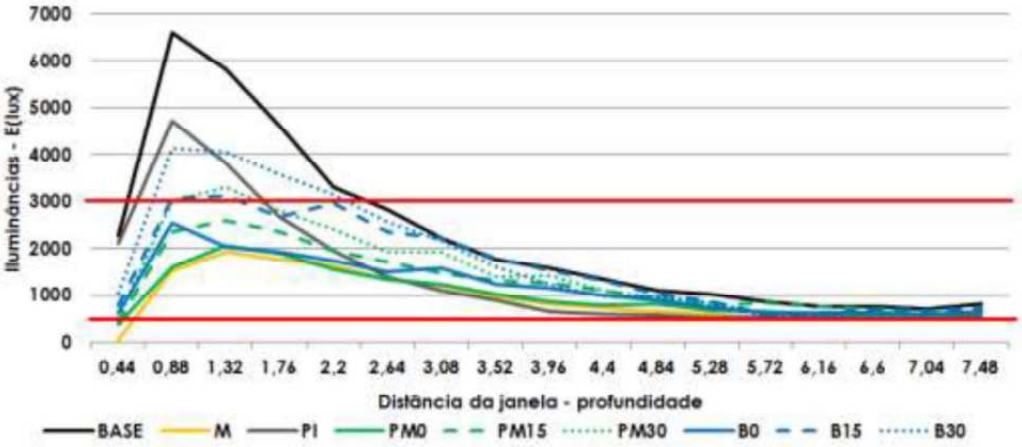
Figura 8 – Iluminâncias nos modelos - solstício de inverno (14h)



Fonte: Autores.

No verão, as mesmas proteções de destaque no inverno (MBase e PI) foram evidenciadas com iluminâncias próximas de 5000 e 7000lux. Os modelos com dispositivos horizontais (M, PM0 e B0) apresentaram comportamento luminoso similar com distribuição de iluminâncias variando de 2500lux a 500 lux ao longo da sala. Já os modelos com dispositivos inclinados apresentaram comportamento semelhante aos modelos destacados no inverno (Figura 9).

Figura 9 – Iluminâncias nos modelos - solstício de verão (14h)



Fonte: Autores.

Assim sendo, observa-se que as proteções horizontais proporcionaram distribuição mais uniformes em ambos os solstícios. O verão, no entanto, apresentou maior amplitude e contraste, condição adversa a um ambiente de estudo/desenho.

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho realizou-se uma investigação sobre a influência das aberturas com diferentes proteções solares estáticas no desempenho lumínico em sala de aula destinada ao ensino de desenho técnico localizada na cidade de Pombal, região do semiárido paraibano. Através de métricas dinâmicas, foram avaliadas zonas de autonomia da luz natural (DA>500lux), de iluminância útil excessiva (eUDI>3000lux) e as frequência anual entre as faixas de iluminâncias mínima e máxima (500<E<3000lux) referentes aos solstícios de inverno e verão às 14h.

Verificou-se que os níveis atuais de iluminância estão próximos da média recomendada pela NBR 8995-1 (ABNT, 2013), de 750lux. No entanto, em quase todo o período de ocupação da sala de aula, iluminâncias acima de 3000lux foram observadas nas porções mais próximas as aberturas. Com a inserção dos elementos de proteção solar, ocorreu uma alteração dos níveis luminosos, com destaque para os dispositivos de inclinação de 15º, os quais obtiveram melhores registros de iluminância autônoma (DA500lux). Ao contrário desses, a prateleira interna e as externas à 30° registraram maiores níveis de iluminâncias excessivas.

Este estudo comprovou a influência das aberturas com dispositivos de inclinação entre 0º e 15º ao promover o redirecionamento da iluminação ao longo da sala. Tais modelos atingiram áreas autônomas de iluminância e maior uniformidade nos períodos de inverno e verão. No entanto, ângulos acima de 15º acarretaram o aumento da iluminância excessiva da sala de aula, conforme registro dos modelos com proteção à 30º.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho – parte 1 - interior. Rio de Janeiro, 2013.

DIAS, A. F. A.; GOMES V. A.; CABÚS, R. C.; Componente de Controle de luz natural em salas de aula e seu desempenho conforme a orientação solar do edifício. In: X ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO; VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Natal, 2009. **Anais...** Natal: ENCAC - ENLACAC 2009.

DORIGO, A. L. **Condições de luz natural em ambientes escolares – Estudo do Projeto Padrão 023 da rede pública de ensino do estado do Paraná.** Curitiba, 2007. 114p. Dissertação – Universidade Federal Tecnológica do Paraná.

MERESI, A.; Evaluating daylight performance of light shelves combined with external blinds in south-facing classrooms in Athens, Greece. **Energy and Buildings**, v. 116, p.190-205, 2016.

Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Arquivos climáticos.** Disponível em: < http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>. Acesso em: Março de 2018.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminance: a new paradigm to access daylight in buildings. **Lighting Research & Technology**, v. 37, n. º1, 2005.

REINHART, C.F. **Tutorial on the Use of Daysim Simulations for Sustainable Design.** Harvard Design School, 2010.

Robert McNeel and Associates. **Rhinoceros.** Disponível em: <http://www.rhino3d.com> Acesso em: Março de 2018.

SANTOS, L. S.; SOUZA, A. D. S.; ALVAREZ, C. E.; AMORM, C. N. D. O Potencial de Uso da Luz Natural em Edifícios Escolares para a situação de Vitória-ES. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2010, Canela. **Anais...**, Canela: ENTAC, 2010.

SOLEMMA LLC, **DIVA-for-Rhino software version 4.0.** Disponível em: <http://www.diva4rhino.com> Acesso em: Março de 2018.