AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ELEMENTOS DE CONTROLE SOLAR MÓVEIS [1]

DOMINGOS, L., Universidade do Vale do Itajaí, email: domingos@edu.univali.br; CARTANA, R., Universidade do Vale do Itajaí, email: cartana@univali.br

ABSTRACT

The solar radiation control and the daylight admission can improve the performance of buildings, solar shading devices, when properly applied, can contribute significantly to the comfort and energy efficiency in the built environment, especially if they have a dynamic responsive regarding the climatic variables to which they will be exposed. At the same time, the digital tools have been part of conception process, which improve the production of the contemporary architecture. Based on those considerations this paper aims to evaluate the solar radiation admission, and the luminic performance of movel solar shading devices, developed with parametric modeling. As methodology, initially using the digital suite Rhinoceros3D+Grasshopper a group of and movel (with possibility of movement) solar shading devices were developed, later using the plug-in Diva-for-Rhino were performed solar radiation and daylight performance computational simulations. The main result of this paper is the efficiency of the elements related to its adaptability.

***Keywords**: Solar control elements. Parametric modelling. Computational simulation.*

1 INTRODUÇÃO

Considerando a importância das edificações no consumo energético total e o fato de que os envelopes construtivos são responsáveis pelas trocas térmicas com o meio, o desempenho energético dos sistemas de fachadas vem ganhando cada vez mais atenção na produção arquitetônica contemporânea (FAJKUS, 2013). Dessa forma os elementos de controle solar podem contribuir com o desempenho das edificações, principalmente devido ao aumento das áreas envidraçadas nos edifícios atuais (BADER, 2010; CHO; YOO; KIM, 2014).

Quanto ao seu funcionamento, os elementos de controle solar podem ser estáticos, sem a possibilidade de movimentação, podendo assumir diferentes formas e posições de acordo com as solicitações climáticas às quais estarão expostos. Em comparação aos elementos estáticos, devido à sua adaptabilidade, os elementos móveis, quando corretamente projetados e operados podem contribuir de forma mais efetiva com desempenho dos sistemas de fachadas relativamente às questões de admissão de radiação solar e luz natural.

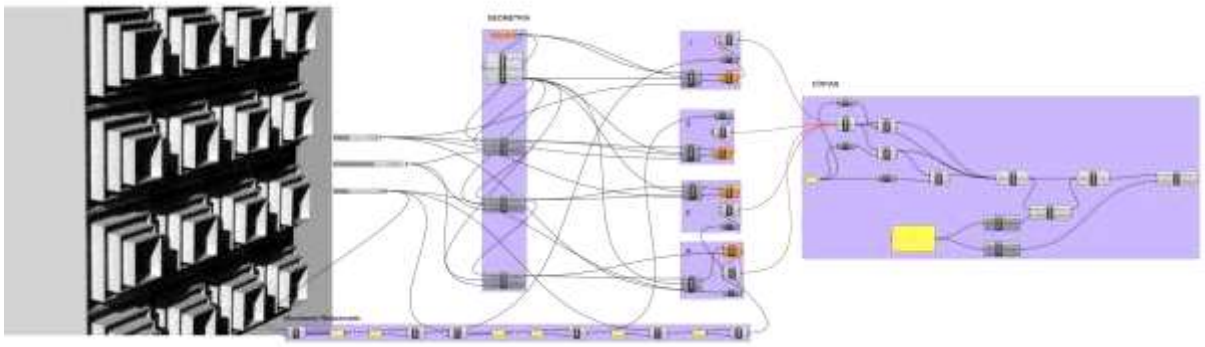
[1] DOMINGOS, L., CARTANA, R. Avaliação de desempenho de elementos de controle solar móveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

2 METODOLOGIA

2.1 Modelagem Paramétrica

O primeiro elemento proposto foi desenvolvido buscando um conceito lúdico, no qual o usuário pudesse interagir. Este modelo foi nomeado como Modelo 1 – Câmera, composto por uma estrutura sanfonada que quanto mais retraída menos obstrução oferece.

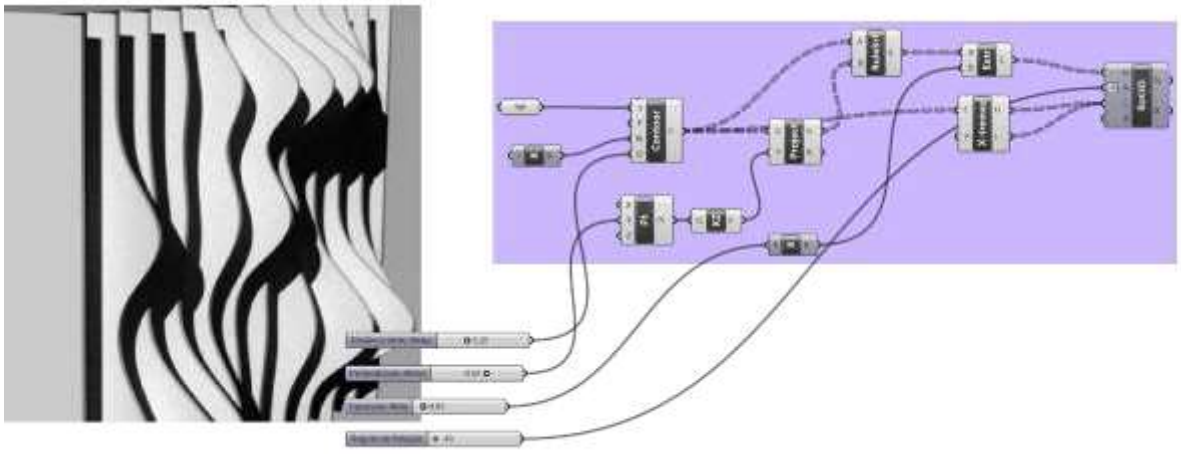
Figura 01: Modelo 1



Fonte: Os Autores

O segundo modelo desenvolvido, nomeado de Modelo 2 – Onda, se caracteriza por uma repetição simples e uniforme de aletas verticais capazes de rotacionarem em torno do próprio eixo em paralelo com as demais. Essas aletas apresentam "deformidades" ao longo de sua profundidade, o que garante uma ideia de movimento.

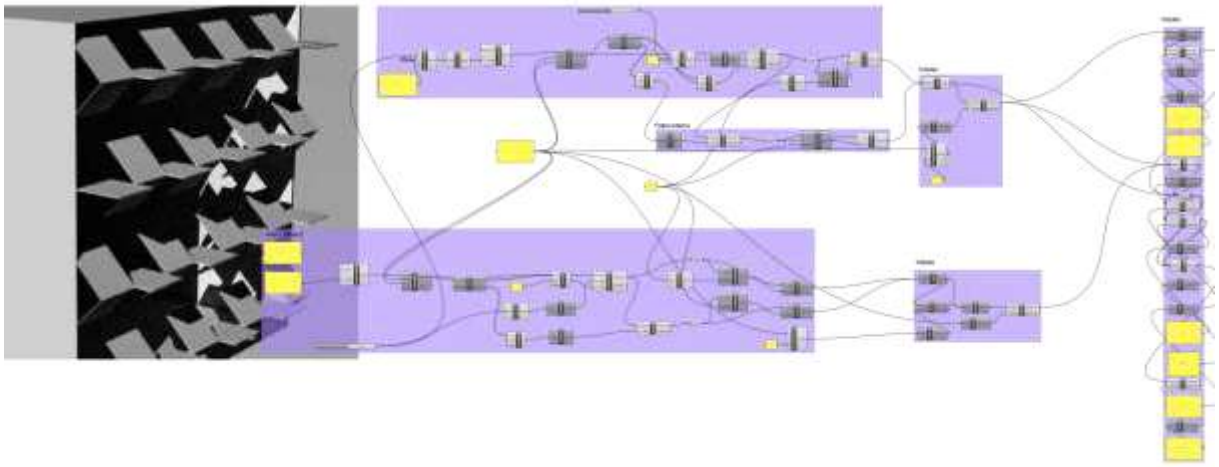
Figura 2: Modelo 2



Fonte: Os Autores

O Modelo 3 – Folha, terceiro e último modelo, traz o movimento de abrir-fechar, baseado na ideia de duas folhas repetidas como um padrão na proporção de 4x8 segmentos de divisão da fachada. A dinâmica de abertura acontece de forma alternada, ou seja, quando um sistema de folhas se abre, as localizadas paralelamente nas laterais se fecham.

Figura 3: Modelo 3



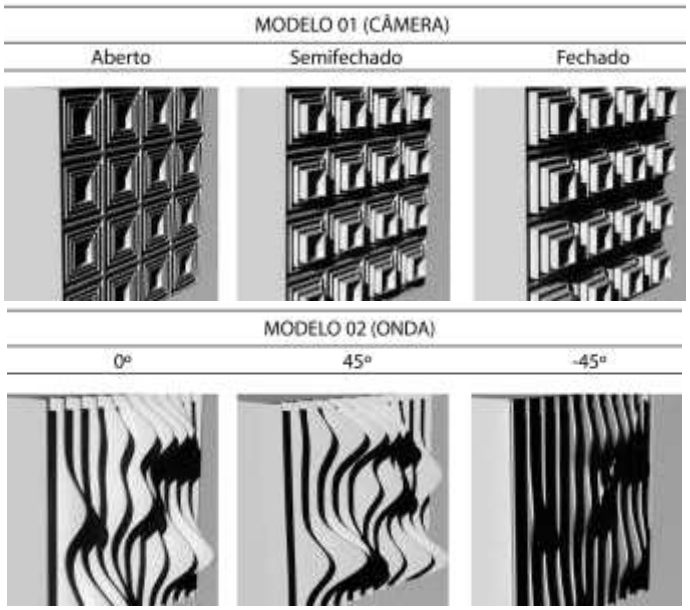
Fonte: Os Autores

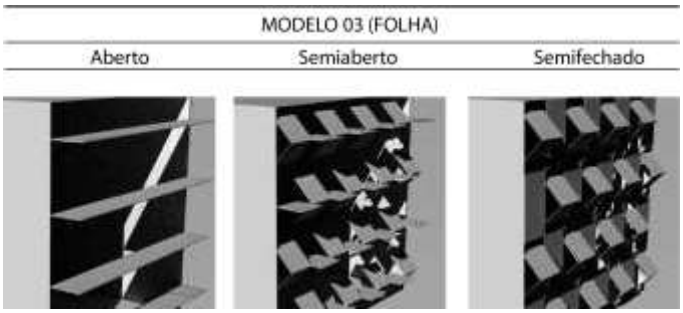
2.2 Simulações Computacionais

Para as simulações, os elementos de controle solar produzidos foram adequados a uma modulação de fachada plana, com 3m de largura por 3m de altura, sendo posicionados frente à um ambiente de 18m², com 3m de largura, 3m de pé direito e 6m de profundidade em relação à fachada. Toda área de fachada (9m²) foi considerada aberta ao exterior em sua largura e altura. Por receber maior quantidade de radiação direta durante a tarde a fachada oeste foi selecionada para receber as simulações. Sendo as mesmas procedidas para a cidade de Florianópolis, utilizado o arquivo climático: BRA_Florianopolis.838990_SWERA.epw, disponível em: https://energyplus.net/weather.

Tendo os três modelos definidos, tal como seus parâmetros que automatizam seu funcionamento, os mesmos foram simulados de acordo com as posições de funcionamento dinâmico apresentadas na Figura 4.

Figura 4: posições dos modelos para simulação.

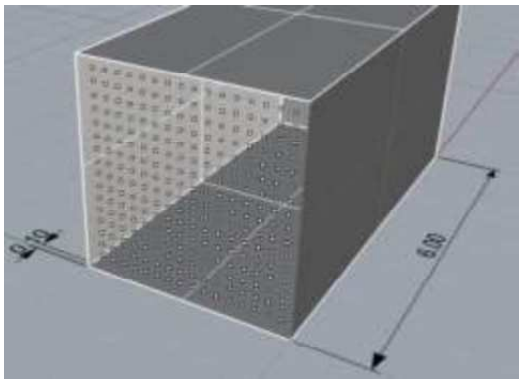




Fonte: Os autores

2.2.1 UDI e DA

Figura 5: Plano de análise do coeficiente de admissão da radiação incidente.



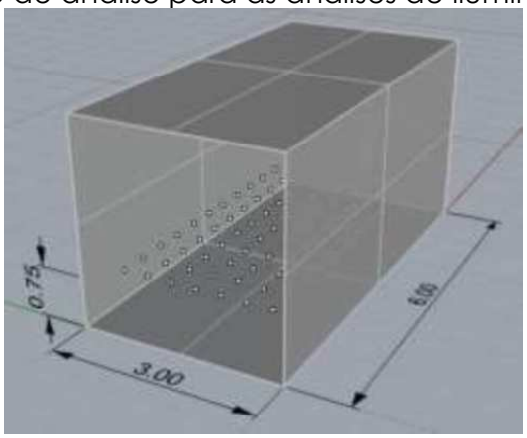
Fonte: Os Autores

Para obtenção dos valores de UDI e DA[2], referentes ao desempenho lumínico, foi criado um plano de análise à 75cm do piso do ambiente e com 50cm de afastamento entre os sensores, como demonstrado na Figura 5. As simulações foram realizadas para o período de um ano inteiro, e assim como em relação à radiação, inicialmente foi simulado um modelo sem nenhuma obstrução na fachada, possibilitando a verificação do desempenho lumínico do ambiente em sua configuração original.

As configurações de horários de ocupação e parâmetros avançados do Radiance (no Diva) e as configurações de materiais das paredes, piso, teto e elementos de controle solar, foram definidas conforme as Figuras 6 e 7.

[2] A Autonomia da Iluminação Natural (DA) – Daylight Autonomy é definida como: a porcentagem de horas ocupadas do ano onde um valor mínimo de iluminância, no caso 300lx, é atingido (REINHART; WIENOLD, 2011). Já a medida UDI - Useful Daylight Illuminances estabelece limites inferior e superior para admissão da iluminação natural. Definindo em 100lx a medida inferior, onde um ponto sobre um plano horizontal estaria muito escuro e 2.000lx o limite superior onde o mesmo estaria muito claro (REINHART, F; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006).

Figura 6: Plano de análise para as análises de iluminação natural.



Fonte: Os Autores

Figura 7: Configurações de horários de ocupação e parâmetros avançados do Radiance no DIVA-for-Rhino.



Fonte: Os Autores

3 RESULTADOS

3.1 Radiação solar

Nos três modelos desenvolvidos, (1, 2 e 3) foram analisadas três posições (A, B e C), onde com o auxílio do plug-in DIVA for Rhino foram levantadas a admissão de radiação acumulada no período de janeiro (Verão) e julho (Inverno). Esses valores foram comparados com os valores de admissão no plano de análise sem obstrução, e expressos na tabela por CRS (coeficiente de admissão de radiação solar). Também foram comparadas as admissões entre o mês de janeiro e julho, expressos como Razão J/J. Essa razão indica a eficiência do elemento de controle solar em admitir seletivamente a radiação entre inverno e verão. Sempre que seu valor for menor que 1, significa que o

elemento permitiu uma menor incidência de radiação no verão em relação à admissão de inverno, quando a radiação solar é bem-vinda.

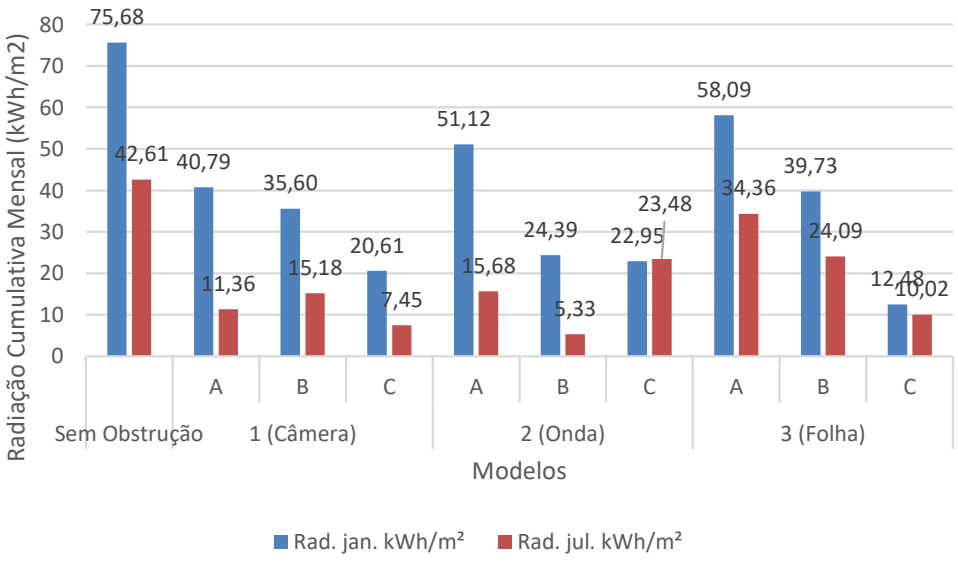
A tabela 1 apresenta os valores de admissão de radiação solar em kWh/m² (cumulativo mensal) e CRSs para os meses de janeiro e julho, e Razões J/J, para as nove configurações simuladas. O gráfico da Figura 8 apresenta comparativamente os valores de admissão de radiação solar em kWh/m², também para todas as configurações simuladas.

Tabela 1: Radiação solar admitida (kWh/m2, cumulativa mensal), CRSs e Razões J/J.

Modelo	Posição	Rad. jan. kWh/m²	Rad. jul. kWh/m²	CRS janeiro (%)	CRS. julho (%)	Razão J/J
Sem Obstrução		75,68	42,61			
1 (Câmera)	A	40,79	11,36	53,90	26,66	2,02
	B	35,60	15,18	47,04	35,63	1,32
	C	20,61	7,45	27,23	17,48	1,56
2 (Onda)	A	51,12	15,68	67,55	36,80	1,84
	B	24,39	5,33	32,23	12,51	2,58
	C	22,95	23,48	30,33	55,10	0,55
3 (Folha)	A	58,09	34,36	76,76	80,64	0,95
	B	39,73	24,09	52,50	56,54	0,93
	C	12,48	10,02	16,49	23,52	0,70

Fonte: Os autores

Figura 8: Radiação solar admitida (kWh/m2, cumulativa mensal).



Fonte: Os autores

Como resultados observa-se que a Tabela 1 e a Figura 8 demonstram bem o comportamento e eficiência de cada elemento de controle solar em suas variações de posição. O Modelo 1 correntemente admite menos radiação

solar quanto é aumentada sua profundidade, entretanto não apresenta capacidade seletiva de admissão entre inverno e verão, o que pode ser observado em suas Razões J/J. Uma característica importante do Modelo 2 (Onda) é sua capacidade de direcionamento de suas aletas para diferentes azimutes, o que dá a este brise capacidade especial de virar-se para noroeste ou sudoeste, quando voltado para noroeste (posição B +45°) este elemento de controle solar admite maior radiação solar nos períodos de inverno em contraposição à radiação nos períodos de verão. Já o Modelo 3 possibilita grande redução da radiação solar incidente, devido ao mesmo possibilitar um fechamento quase que completo da fachada na posição C, além disso este modelo funciona como prateleira de luz em sua posição A.

3.2 Iluminação natural

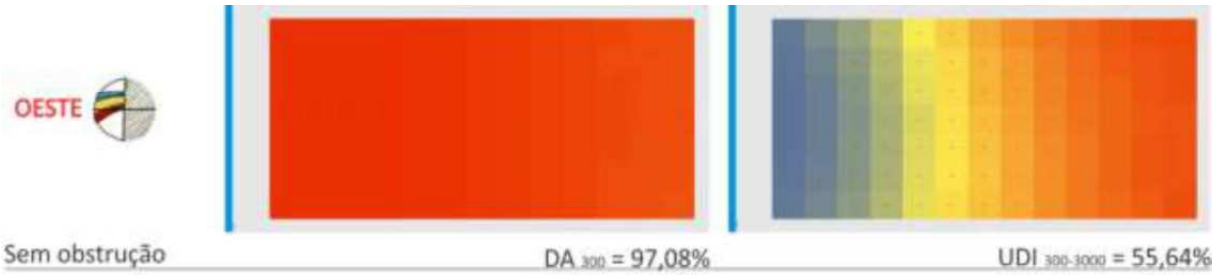
As Figuras 9, 10 e 11 apresentam os resultados das simulações de iluminação natural (DA300 e UDI300-3000), para as nove configurações simuladas.

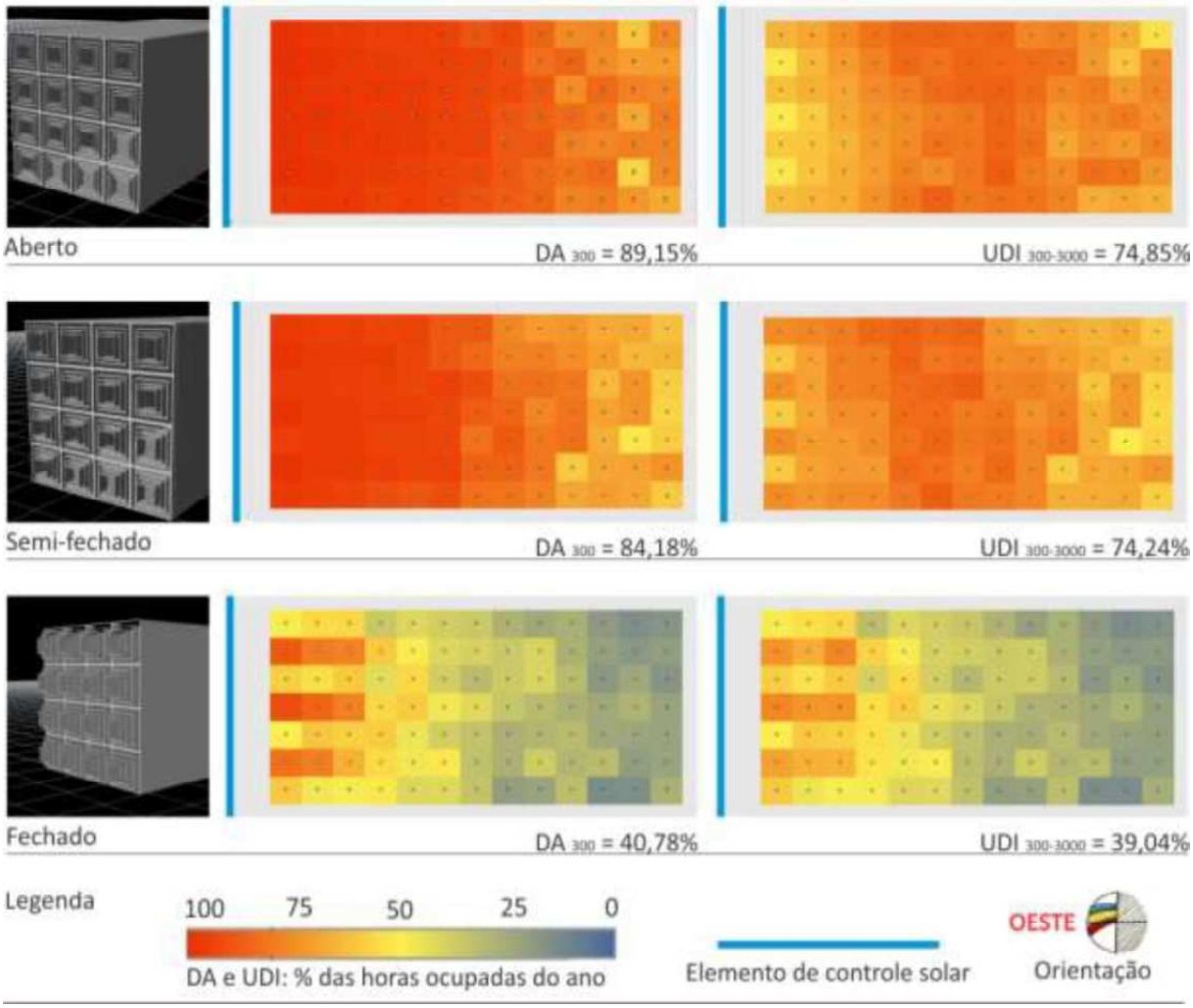
No Modelo 1 (Figura 9) na análise de UDI é possível perceber pela uniformidade da porcentagem de horas onde há uma quantidade de luz natural entre 300 lx e 3000 lx em cada ponto do ambiente, exceto na posição C (fechado) onde há pouca porcentagem de horas ocupadas do ano com admissão suficiente de luz natural, o que pode ser verificado também pelos valores de DA. Principalmente na parte do ambiente mais afastada da fachada.

No modelo 2 apenas na posição A (0°) há uma boa distribuição de iluminação natural, já quando as aletas rotacionam para noroeste ou sudoeste o comportamento da luz dentro do ambiente se dá de forma assimétrica. De modo que apesar destes modelos serem adequados para admissão de radiação solar de forma seletiva, os mesmos não apresentam uma distribuição homogênea de luz natural nos ambientes.

Por fim no último modelo é possível perceber a iluminação se distribuindo de forma bastante uniforme na posição A e B, já que as folhas totalmente ortogonais à face da fachada funcionam como prateleiras de luz. A ausência dessas folhas nesta posição faz com que a última posição (C) seja mal distribuída, além de pouco iluminada.

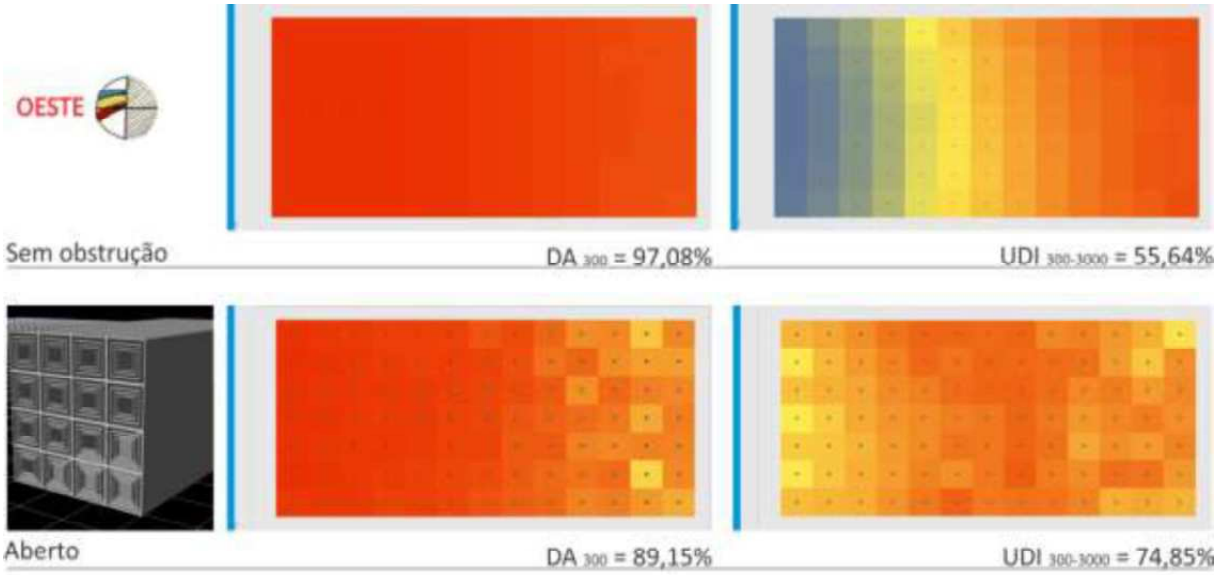
Figura 9: Modelo 1 - Distribuição espacial da Autonomia da Iluminação Natural (DA300) e Useful Daylight Illuminances (UDI300-3000) sobre o plano de análise de iluminação.

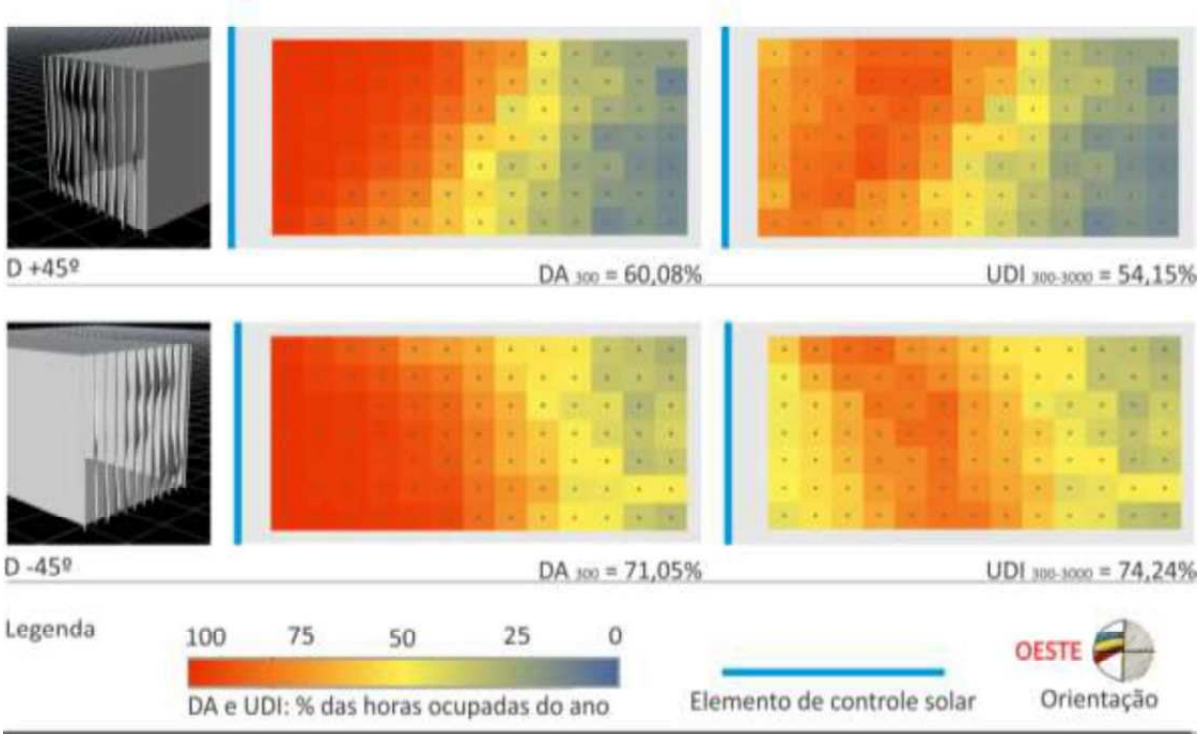




Fonte: Os autores

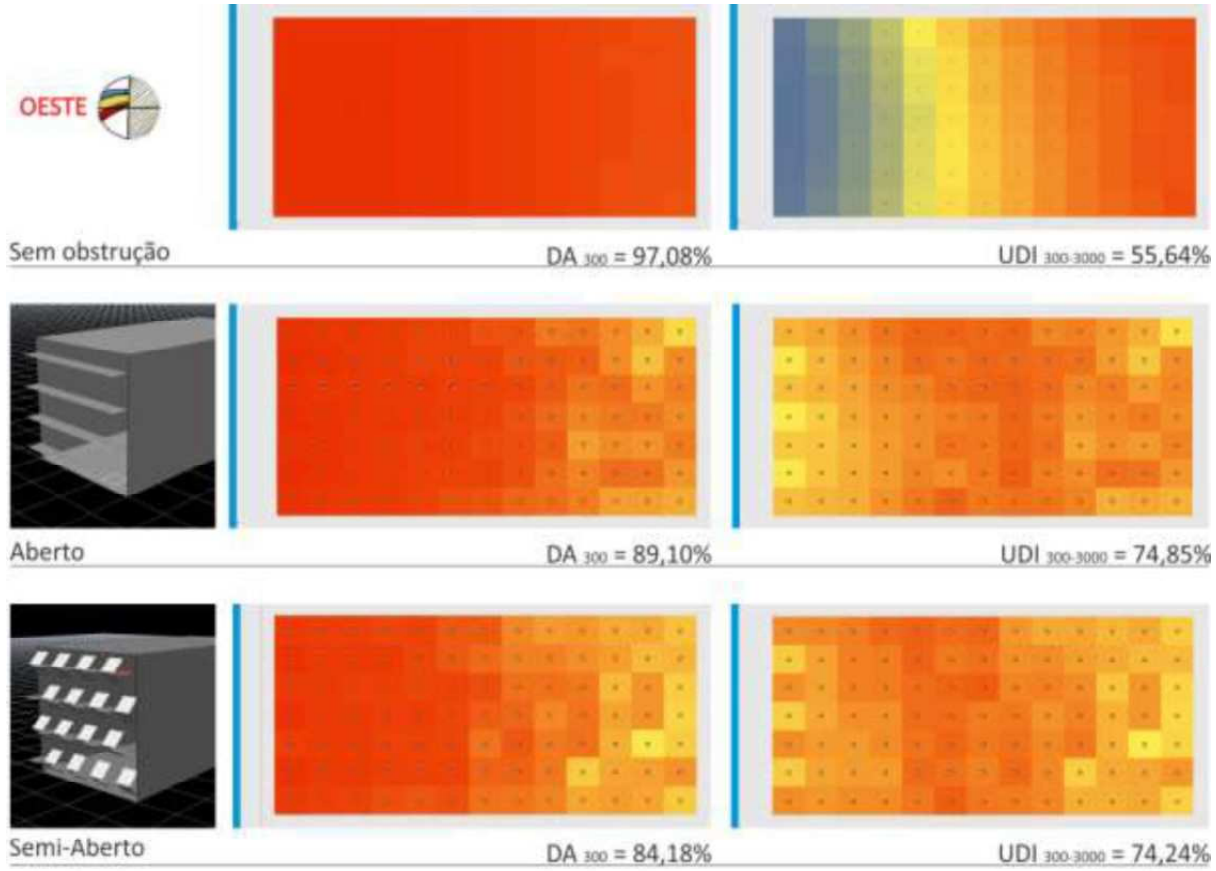
Figura 10: Modelo 2 - Distribuição espacial da Autonomia da Iluminação Natural (DA300) e Useful Daylight Illuminances (UDI300-3000) sobre o plano de análise de iluminação.

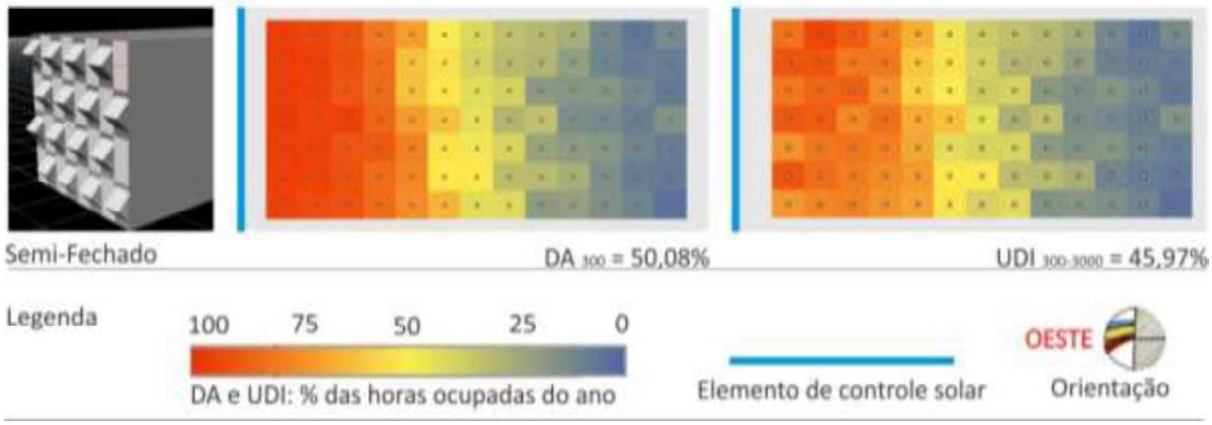




Fonte: Os autores

Figura 11: Modelo 3 - Distribuição espacial da Autonomia da Iluminação Natural (DA300) e Useful Daylight Illuminances (UDI300-3000) sobre o plano de análise de iluminação.





Fonte: Os autores

4 CONCLUSÕES

É inegável a facilidade que a automatização do software paramétrico é capaz de proporcionar, a elaboração de um modelo móvel é capaz de aplicar diferentes movimentos e se faz de forma simplificada com ajuda desses recursos. Tendo os três modelos desenvolvidos nesse projeto foi possível perceber que sua geometria é parte fundamental de uma melhor capacidade na seletividade do sombreamento no qual se busca um resultando de maior admissão da radiação solar no mês julho e menor no mês de janeiro.

Ao mesmo tempo que sua geometria é parte importante o fato de todos os elementos serem móveis e permitirem maior ou menor obstrução solar, faz com que o seu desempenho seja manipulado para que se aproveite da melhor forma possível a incidência solar reduzindo assim o uso de climatização nas edificações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa de bolsas UNIEDU/SC pelos recursos financeiros aplicados ao desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR15215-1 **Iluminação natural – Parte 1: Conceitos básicos e definições**, 2004.

BADER, S. **High-performance façades for commercial buildings**. Austin, Texas: The University of Texas at Austin - School of Architecture, 2010.

CARTANA, Rafael Prado. **Desempenho térmico e lumínico de elementos de controle solar para fachadas desenvolvidos com modelagem paramétrica e fabricação digital.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2018.

CASTLE, H. Editorial **– Computation Works: The Building of Algorithmic Thought.** Architectural Design, v. 83, n. 2, p. 5, 2013.

CHO, J.; YOO, C.; KIM, Y. **Viability of exterior shading devices for high-rise residential buildings : Case study for cooling energy saving and economic feasibility analysis.** Energy & Buildings, v. 82, p. 771–785, 2014.

DUNN, N. **Digital Fabrication in Architecture.** London: Laurence King Publshing, 2012.

FAJKUS, M. Superficial skins? Super Skins? Shading structures and thermal impact analysis. In: Proceedings Advanced Building Skins - Energy Forum. p. 23-27. Bressanone, Italy: 2013.

JAKUBIEC, J. A.; REINHART, C. The "Adaptive Zone"– A Concept for Assessing Glare Throughout Daylit Spaces. In: Proceedings of Building Simulation 2011. p. 2178-2185. Sydney, Australia: 2011.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the Digital Age Design and Manufacturing.** 1. ed. New York: Spoon Press, 2003.

LIMA, Daniel Lenz Costa et al. **Arquitetura e sistemas: arquitetura performativa como exemplo de aplicação**. 2015.

LOONEN, R. **Climate Adaptive Building Shells. What can we simulate?** [s.l.] Eindhoven University of Technology, 2010a.

Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional –** BEN 2015. Brasília: 2015. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/>. Acesso em: 01/10/2015.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. **Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors.** Energy and Buildings, v. 38, n. 7, p. 905–913, 2006.

OXMAN, R. **Theory and design in the first digital age.** Design Studies, v. 27, p. 229–265, 2006.

REICHERT, S.; MENGES, A.; CORREA, D. **Meteorosensitive architecture: Biomimetic building skins based on materially embedded and hygroscopically enabled responsiveness.** Computer-Aided Design, v. 60, p. 50–69, 2014.

REINHART, F, C.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. **Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design.** L E U K O S V O L 3 N O 1, p. 7–31, 2006.

REINHART, C. F.; WIENOLD, J. **The daylighting dashboard - A simulation-based design analysis for daylit spaces.** Building and Environment, v. 46, n. 2, p. 386–396, 2011.