



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

AValiação QUANTITATIVA DA AdMISSÃO DA LUZ NATURAL POR ABERTURAS ZENITAIS EM MAQUETES FÍSICAS

Rafael Prado Cartana (1); João Luiz Pacheco (2); Camila Schweiter Pauli (3); Laila Dutra da Rocha (4); Lucas Adler R. Procheira (5)

(1) Doutor, Arquiteto e Professor de Arquitetura e Urbanismo, cartana@univali.br, Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI, Laboratório de Conforto Ambiental LACA Campus Balneário Camboriú – 5ª Avenida, 1100, Bairro dos Municípios, Balneário Camboriú, SC. CEP: 88337-300, Tel.: +55 (47) 3261-1266

(2) Mestre, Engenheiro Mecânico e Professor de Arquitetura e Urbanismo, joaopacheco@univali.br, Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI - LACA

(3) Estudante de Arquitetura e Urbanismo, camilapauli@edu.univali.br, Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI - LACA

(4) Estudante de Arquitetura e Urbanismo, laila.rocha@edu.univali.br, Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI - LACA

(5) Estudante de Arquitetura e Urbanismo, lprocheira@edu.univali.br, Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI - LACA

RESUMO

Na disciplina de Conforto Lumínico e Acústico do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), são desenvolvidas maquetes com aberturas zenitais nas quais a admissão de luz natural é avaliada qualitativamente em relação à geometria dos sistemas de admissão. Apesar da coerência das soluções estudadas e da contribuição ao aprendizado dos alunos, cada vez mais tem se apresentado necessárias também avaliações quantitativas da luz natural nos ambientes estudados, demonstrando assim eficácia dos sistemas aplicados, em suas dimensões e orientações propostas. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é avaliar quantitativamente a admissão de luz natural em maquetes desenvolvidas na disciplina de Conforto Lumínico e Acústico, comparando os modelos físicos desenvolvidos a simulações computacionais. A partir deste objetivo foram estabelecidas as etapas metodológicas a seguir: (1) Seleção das maquetes avaliadas; (2) Medições das maquetes e definição dos parâmetros geométricos dos modelos; (3) Modelagem no programa Rhinoceros3D e simulação no *plug-in* DIVA-for-Rhino, das medidas de iluminação: DA (*Daylight Autonomy*), UDI (*Useful Daylight Illuminances*), FLD (Fator de Luz Diurna) e sDA (*Spatial Daylight Autonomy*) de cada modelo; (4) Análise de acordo com parâmetros normativos da IES-LM-83-12 (LEED v4.); (5) Medição de FLD nas maquetes físicas. Como principais resultados, destaca-se coerentemente a relação entre porcentagem de abertura zenital e a quantidade de iluminação admitida nos modelos, bem como a influência da altura solar e profundidade dos elementos de admissão. Também observou-se uma grande variação quantitativa na admissão de luz natural entre os modelos estudados, comprovando que as considerações apenas da geometria da insolação propostas no exercício, poderiam ser complementadas com medições ou simulações computacionais, como exemplificadas neste trabalho, contribuindo com uma maior compreensão dos fenômenos relativos a admissão da luz natural.

Palavras-chave: iluminação natural, aberturas zenitais, simulação computacional.

ABSTRACT

In the class of Luminic and Acoustic Comfort of the Architecture and Urbanism Course at the University of Itajaí Valley (UNIVALI), scale models are developed with zenithal openings in which the daylight is evaluated qualitatively in relation to the geometry of the admission systems. In spite of the coherence of the studied solutions and the contribution to the students' learning, it has increasingly been necessary also quantitative daylight evaluations in the studied environments, thus demonstrating the effectiveness of the applied systems in their proposed dimensions and orientations. Therefore, this work aims to evaluate quantitatively the daylight admission in scale models developed in the class of Luminic and Acoustic Comfort, comparing the physical models developed to computational simulations. From this objective were established the following

methodological steps: (1) Selection of the scale models evaluated; (2) Measurements of the models and definition of the geometric parameters; (3) Computational modeling in the Rhinoceros3D and simulation in the DIVA-for-Rhino plug-in using the daylight metrics: DA (Daylight Autonomy), UDI (Useful Daylight Illuminances), FLD (Daylight Factor) and sDA (Spatial Daylight Autonomy) of each model; (4) Analysis according to normative parameters of IES-LM-83-12 (LEED v4.); (5) Measurement of FLD in the scale models. As main results, the relationship between the percentage of zenith aperture and the amount of daylight allowed in the models, as well as the influence of the solar height and the depth of the admission systems, is highlighted. It was also observed a great quantitative variation in the daylight admission between the studied models, proving that the considerations of the geometry of the insolation proposed in the exercise could be complemented with measurements or computational simulations, as exemplified in this work, contributing with a greater understanding of the phenomena related to the daylight admission.

Keywords: daylight, zenithal openings, computational simulation.

1. INTRODUÇÃO

A eficiência energética no objeto arquitetônico pode ser entendida como ações e tecnologias adotadas que garantem maior conforto ao usuário, com menor consumo de energia. Porém, atualmente a energia elétrica é muito utilizada em residências, principalmente para refrigeração, aquecimento da água, ar condicionado e iluminação (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Uma alternativa para diminuir esse consumo é aproveitar a iluminação natural, que, segundo Reinhart (2014), está intimamente ligada ao conforto do usuário e à economia de energia, fatores que não podem ser obtidos de forma intuitiva pelo projetista.

A presença da luz natural é regulamentada pela norma de desempenho (NBR 15575/2013), cuja sua nova versão apresenta parâmetros para desempenhos intermediários e superiores, em lux, para cada ambiente. Além disso, deve-se evitar a criação de áreas com ofuscamento e/ou pouca iluminação, que podem causar fadiga visual ao usuário. Dessa forma, almejando a distribuição uniforme da luz natural no ambiente projetado, coeficiente importante que já possui critérios desenvolvidos pela ISO/CIE 8995-1 (ABNT 2013), para locais de trabalho.

Uma forma de obter luz natural de maneira uniforme no ambiente e assegurar sua presença em mais horários ao longo do dia, é através da abertura zenital. A norma NBR 15215-1 (ABNT 2005) descreve a iluminação zenital como a porção de luz natural produzida pela luz que entra através dos fechamentos superiores dos espaços internos.

Para buscar maior compreensão dos alunos quanto ao funcionamento da iluminação zenital, as turmas do quarto período do curso de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), realizam o exercício “análise qualitativa da iluminação em um modelo físico” na matéria de Conforto Lumínico e Acústico. A atividade foi baseada no artigo “*Teaching and Learning the Daylighting Phenomenon in Architecture with Physical Models*” (PEREIRA; GONZÁLEZ; ATANASIO, 2012), que demonstra a construção de aberturas zenitais em caixas de sapato, por alunos de arquitetura, a fim de montar protótipos de variados ambientes, para a observação do fenômeno de entrada da luz natural, através de um olho mágico.

Apesar da capacidade das soluções estudadas e da contribuição ao aprendizado dos alunos, o exercício proposto apresenta apenas resultados qualitativos relativos ao fenômeno da admissão de luz natural em ambientes internos, relacionando a geometria da insolação à forma e orientação dos sistemas de admissão de luz natural (janelas, claraboias, lanternins, etc.). Visando avaliar mais detalhadamente os resultados obtidos, se fazem necessárias também avaliações quantitativas da admissão de luz natural nos ambientes desenvolvidos no exercício, demonstrando assim eficácia dos sistemas aplicados, em suas dimensões e orientações propostas.

Para análises quantitativas da admissão de luz natural, atualmente se dispõe das seguintes medidas: *Daylight Autonomy* (DA), que representa a porcentagem de horas do ano nas quais certo valor de iluminância, no caso 300lx, é atingido em cada ponto analisado do ambiente (REINHART; WIENOLD, 2011); *Useful Daylight Illuminances* (UDI), que complementarmente à medida DA, estabelece um limite inferior de 100lx e um superior de 2000lx para a admissão de luz natural (REINHART, F; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006); *Spatial Daylight Autonomy* (sDA), que compreende a porcentagem da área de análise em um ambiente na qual um mínimo de iluminância (300lx) é atingida por uma fração de tempo (50%) das horas de uso por ano, no caso das 8 às 18 horas (IES, 2012); e Fator de Luz Diurna (FLD), que é a porcentagem da razão entre a iluminância horizontal em um ponto no interior do ambiente e a iluminância horizontal externa sob céu nublado padrão CIE (*Commission Internationale de l'éclairage*) (ABNT, 2005; NABIL; MARDALJEVIC, 2006).

2. OBJETIVO

O presente artigo teve por objetivo avaliar quantitativamente a admissão de luz natural em maquetes desenvolvidas na disciplina de Conforto Lumínico e Acústico, comparando os modelos físicos desenvolvidos a simulações computacionais.

3. MÉTODO

Na busca deste objetivo foram estabelecidas as etapas metodológicas a seguir: (1) Seleção das maquetes avaliadas; (2) Medições das maquetes e definição dos parâmetros geométricos dos modelos; (3) Modelagem no programa Rhinoceros3D e simulação, através do *plug-in* DIVA-for-Rhino, das medidas de iluminação: DA (*Daylight Autonomy*), UDI (*Useful Daylight Illuminances*), FLD (Fator de Luz Diurna) e sDA (*Spatial Daylight Autonomy*) de cada modelo; (4) Análise de acordo com parâmetros normativos da IES-LM-83-12 (LEED v4.); (5) Medição de FLD nas maquetes físicas.

3.1. Seleção das maquetes avaliadas

Na disciplina de Conforto Lumínico e Acústico, ministrada no 4º (quarto) período do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), são desenvolvidas maquetes com aberturas zenitais objetivando resultados qualitativos de admissão de iluminação natural, utilizando mascaras de sombra das aberturas dos elementos de admissão, visando o controle da admissão de radiação solar direta.

Para este presente trabalho, foram escolhidas 8 (oito) maquetes desenvolvidas e executadas pelos alunos da disciplina. A Figura 1, a seguir, mostra os modelos selecionados, segundo os critérios de que os mesmos apresentassem aberturas diferentes umas das outras, de que fossem relativamente bem executadas e de que apresentassem relevância e coerência nos seus sistemas de admissão de luz natural.

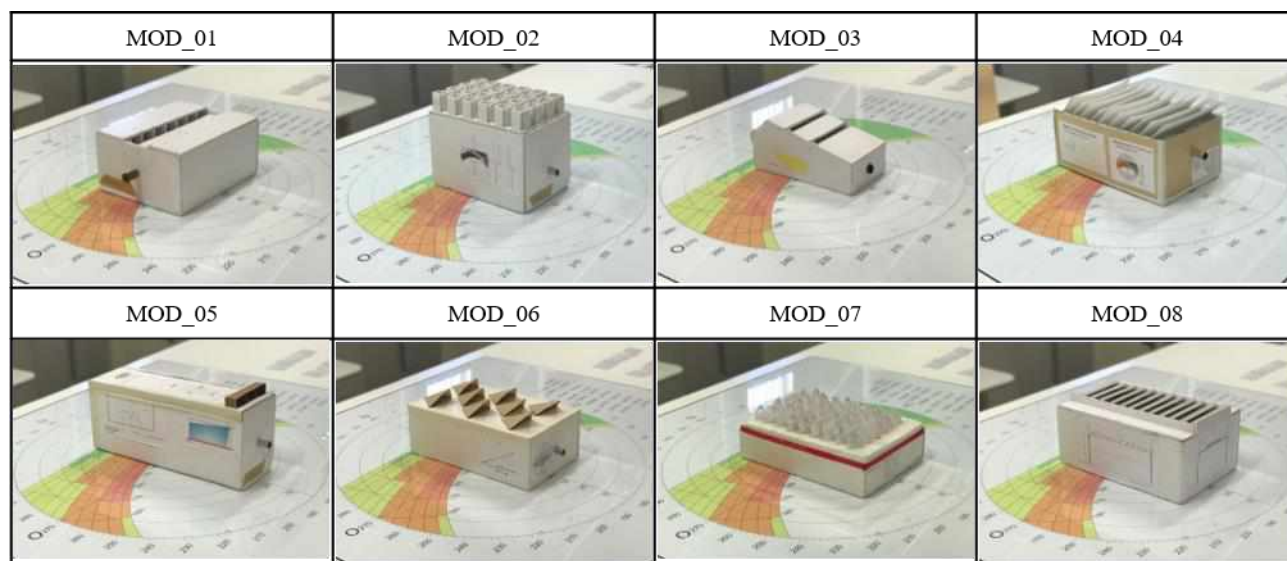


Figura 1 – Maquetes selecionadas

3.2. Medições das maquetes e definição dos parâmetros geométricos dos modelos

Para estabelecer relações entre a geometria e o desempenho lumínico dos modelos desenvolvidos, foi necessária a definição de parâmetros geométricos padronizados e a medição destes parâmetros em cada um dos modelos avaliados, como apresentado na Tabela 1. Os parâmetros foram classificados em duas categorias: (1) em relação ao teto do ambiente e (2) em relação à geometria das aberturas de admissão.

Quanto ao teto são apresentados: área do teto (m²), área das aberturas zenitais (m²) e porcentagem da área das aberturas zenitais em relação à área do teto (%). Quanto às aberturas são apresentados: sua profundidade (m), sua altura solar média (°) e seu azimute médio (°). A Figura 2 exemplifica a definição destes parâmetros em um dos modelos (MOD_04) estudados.

Tabela 1 – Tabela de Parâmetros.

Modelos	(1) Teto			(2) Aberturas		
	Área (m ²)	Área da Abertura (m ²)	Porcentagem em relação ao teto (%)	Profundidade (m)	Altura Solar (°)	Azimute (°)
Mod_01	113,53	68,59	60,42	1,97	18	0 e 180
Mod_02	96,00	24,00	25,00	2,00	90	0
Mod_03	76,56	7,20	9,40	0,60	40	180
Mod_04	120,84	98,70	81,68	3,45	46	180
Mod_05	108,00	4,60	4,26	1,20	42	180
Mod_06	135,00	28,00	20,74	4,23	21	180
Mod_07	146,00	17,58	12,04	5,15	15,5	180
Mod_08	153,00	52,80	34,51	1,50	30	180

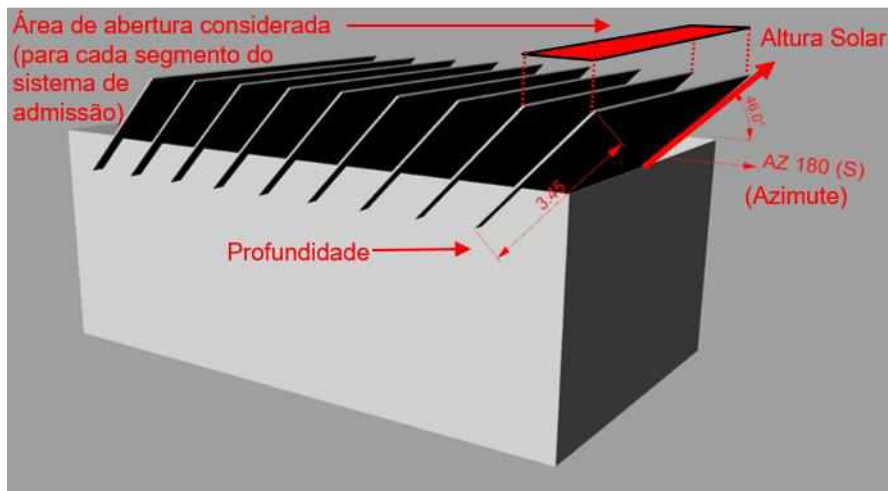


Figura 2 – Critérios para medidas de abertura zenital, representados no MOD_04.

3.3. Modelagem no programa Rhinoceros3D e simulação das medidas de iluminação natural no plug-in DIVA-for-Rhino

Utilizando aplicativo Rhinoceros3D, foram modeladas todas as oito maquetes físicas selecionadas, com suas dimensões, adotando-se uma escala de 1/50. A identificação dos modelos seguiu o padrão de nomenclatura “MOD_01 à MOD_08”, conforme apresentado nas Figuras 1 e 3.

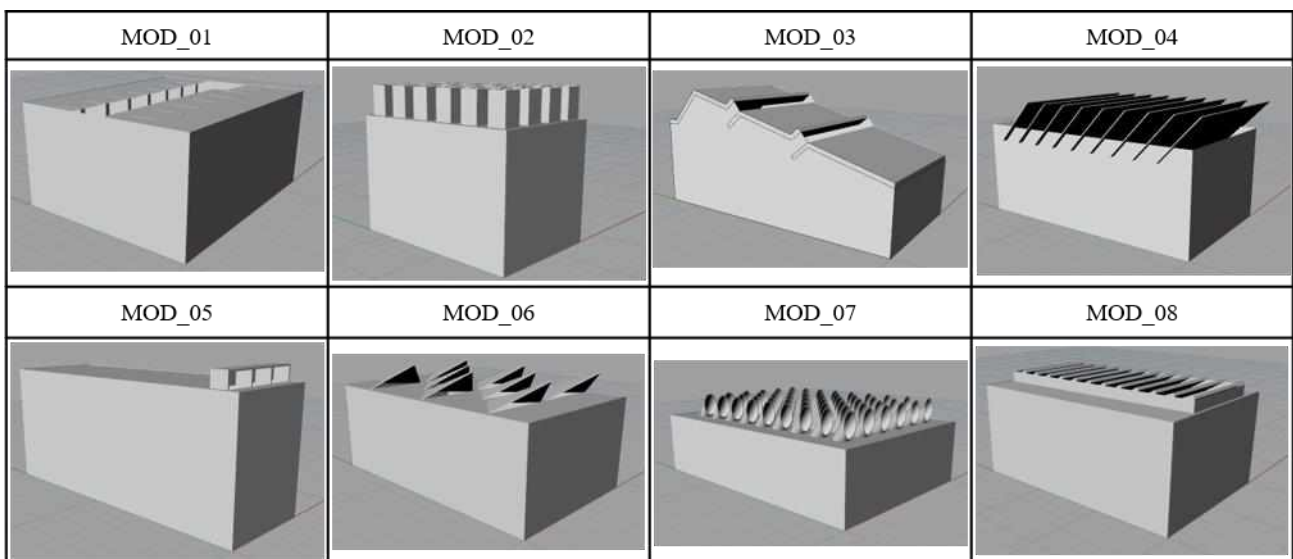


Figura 3 – Modelos produzidos no Rhinoceros3D.

Para as simulações computacionais de admissão de luz natural, foi utilizado o *plug-in* DIVA-for-Rhino, empregando as medidas: *Daylight Autonomy* (DA300), *Useful Daylight Illuminances* (UDI100-2000), Fator de Luz Diurna Médio (FLD) e *Spatial Daylight Autonomy* (sDA300-50%). As simulações foram procedidas para

Florianópolis-SC (latitude 27°S), utilizando o arquivo climático BRA_Florianopolis. 838990_SWERA.epw, disponível em <https://energyplus.net/weather>. Visando comparar somente a influência da geometria na admissão de luz natural, as refletâncias foram padronizadas em 50%, 20% e 70%, para as paredes, pisos e teto respectivamente, em todos os modelos avaliados.

As medidas dinâmicas (DA, UDI e sDA) simuladas, se caracterizam por apresentar o comportamento da luz natural ao longo do tempo, por isso, as simulações foram realizadas para o período do ano inteiro, sem considerar o horário de verão, das 8 às 18h. Para as simulações, foi criado um plano de análise horizontal à 75cm de altura, com sensores espaçados em 50x50cm, como mostra a Figura 4.

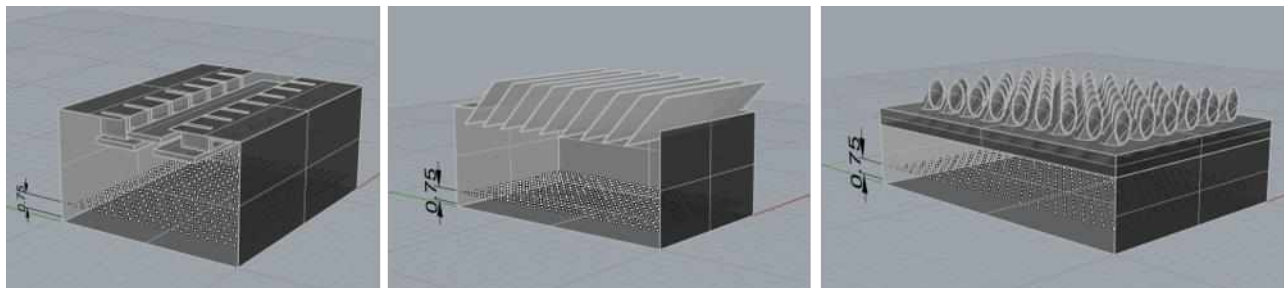


Figura 4 – Plano de análises com sensores, demonstrado nos modelos MOD_01, MOD_04 e MOD_07.

3.4. Análise de acordo com parâmetros normativos: IES-LM-83-12 (LEED v4.)

O parâmetro utilizado para as análises desta etapa foi a norma “IES-LM-83-12: *IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)*”, que determina a relação entre um limite mínimo de admissão de luz com o máximo de exposição de luz e radiação solar, a Autonomia Espacial da Iluminação Natural (sDA) e a Exposição Anual à Luz do Sol (ASE), respectivamente.

O “USGBC – *United States Green Building Council*” utiliza esta norma como critério para avaliar a iluminação natural em edifícios para a concessão da certificação “LEED – *Leadership in Energy & Environmental Design*”, em sua versão v4, crédito 8.1. Para isso, determina pontuações baseadas no resultado de sDA, para Edificações em Geral (EG) e Edificações Hospitalares (EH).

Com a obtenção do valor de sDA através da simulação do DIVA-for-Rhino, foi possível classificar cada modelo conforme os parâmetros quantitativos de suficiência do LEED v4, tornando a análise e a comparação entre eles mais clara e objetiva.

Devido à geometria dos modelos em geral rejeitar a admissão de radiação solar direta, o critério de limite superior de exposição à luz do sol estabelecido na norma utilizando a medida ASE, não foi adotado nas avaliações neste trabalho. Sendo considerado o limite superior da medida UDI100-2000, suficiente para as avaliações de exposição excessiva e luz e radiação solar nos modelos estudados.

3.5. Medição dos modelos físicos

Para realizar as medições do FLD nas maquetes físicas, foram selecionados 3 modelos: MOD_03, MOD_06 e MOD_08. Nesse caso, o plano horizontal de análise é constituído de cinco (5) pontos, espaçados igualmente de maneira proporcional ao comprimento de cada maquete, e contidos numa linha ao centro do ambiente.

As medições foram realizadas em dias de céu nublado homogêneo (Figura 5), sem obstrução, nos quais os luxímetros utilizados não demonstrassem grande variação de quantidade de lux em pequenos intervalos de tempo, essa primeira apuração se faz necessária uma vez que estamos lidando com o comportamento natural de distribuição de luz, diferentemente de um céu artificial. Foram utilizados dois luxímetros digitais marca Minipa modelo MLM-1011 (Figura 5), para medir a iluminância externa e em cada ponto interno, de maneira simultânea a cada medição.



Figura 5 – Céu no dia das medições e luxímetro digital MLM-1011.

As bases das maquetes e os layouts internos produzidos pelos alunos foram retirados, para o posicionamento do sensor do luxímetro nos cinco (5) pontos de análise. As medições ocorreram o mais distante possível de edificações e outros elementos que pudessem influenciar nos resultados, por conta de obstruções (Figura 6).



Figura 6 – Medições e sensor posicionado em um dos pontos do plano de análise.

Diferentemente das simulações realizadas através do DIVA-for-Rhino, onde foi determinado um padrão de refletâncias, os modelos físicos não foram todos confeccionados com os mesmos materiais. A situação ideal seria dispor de mesmas propriedades físicas: equivalente refletância e transmissão luminosa nula. Além disso, há imprecisões relacionadas à construção dos modelos, que possuem frestas por onde a luz escapa (Figura 7).

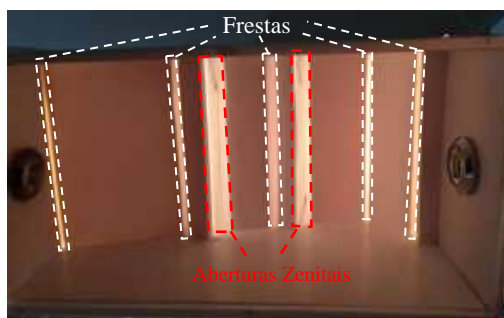


Figura 7 – Imprecisões na construção do MOD_03.

4. RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir referem-se às etapas metodológicas 3.3, 3.4 e 3.5, apresentadas anteriormente.

4.1. Análise dos resultados das simulações dos modelos.

Quanto aos resultados, a Tabela 2 e Figura 8, apresentam os valores simulados de DA, UDI e FLD. Comparativamente aos parâmetros geométricos apresentados na Tabela 1, observa-se coerentemente que os valores de DA variaram de forma geral em relação a porcentagem de abertura em relação ao teto, excetuando o MOD_01, que apresenta grande porcentagem de abertura em relação ao teto, porém baixos valores de DA, o que se justifica pelas obstruções geradas por sua própria geometria associadas à baixa altura solar de visão das aberturas.

Quanto aos valores de UDI, observa-se inicialmente que o MOD_08, que apresenta o melhor desempenho entre o grupo avaliado, apresenta também elevados valores de DA, demonstrando que a geometria deste modelo lhe conferiu uma boa admissão de luz, mas não de forma excessiva. Diferentemente do MOD_04, que também apresenta um valor elevado de DA, porém valor baixo de UDI, indicando que a sua geometria por vezes admite luz e radiação solar de forma excessiva. Também destaca-se os baixos valores de UDI dos modelos MOD_05 e MOD_07, que apresentam este desempenho devido à pouca admissão de luz por suas aberturas, evidenciada por seus baixos valores de DA.

Tabela 2 – Resultados das simulações de iluminação natural e classificação de acordo com a norma IES-LM-83-12.

Admissão e distribuição da luz natural				
Modelos	DA300 (%)	UDI100-2000 (%)	sDA (300-50%)	FLD (%)
Mod_01	28,47	79,94	12	0,56
Mod_02	54,24	84,68	65	1,92
Mod_03	37,45	63,25	52	1,47
Mod_04	95,82	53,5	100	9,33
Mod_05	5,57	44,07	0	0,60
Mod_06	56,05	90,31	69	0,81
Mod_07	4,22	53,34	0	0,66
Mod_08	82,3	90,47	97	3,19

Legenda sDA (300-50%)	
de 0 à 55	% da área do ambiente (Não atende critério LEED V4)
de 55 à 75	% da área do ambiente (2 pontos EG*)
de 75 à 90	% da área do ambiente (3 pontos EG ou 1 ponto EH**)
de 90 à 100	% da área do ambiente (2 pontos EH)

*EG - Edificações em Geral, **EH - Edificações Hospitalares

A Figura 8 apresenta a distribuição espacial dos valores de DA e UDI sobre o plano de análise nos modelos simulados.

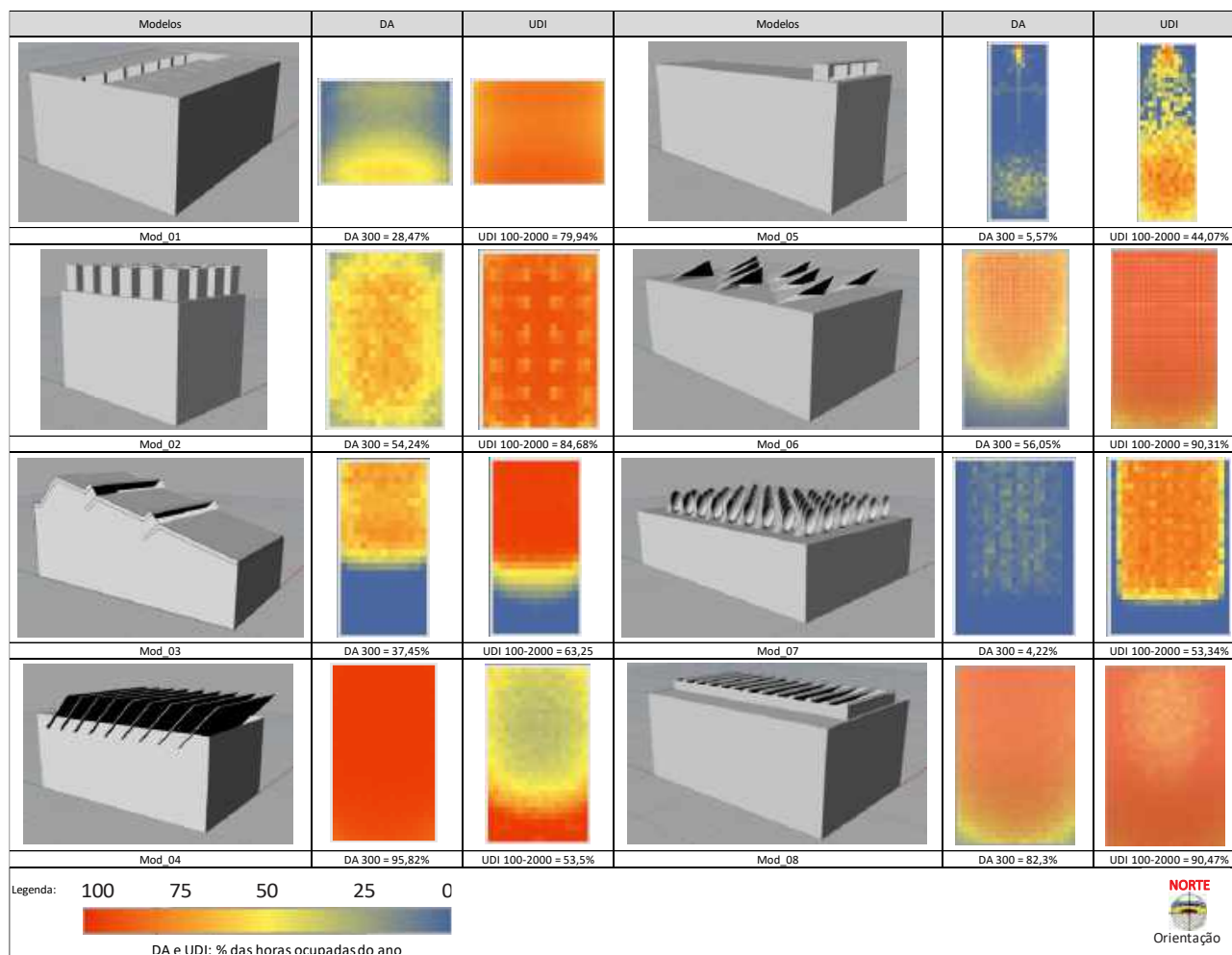


Figura 8 – Distribuição espacial de DA e UDI sobre o plano de análise.

Pode-se inicialmente observar na Figura 8 que a admissão de luz nos modelos MOD_01, MOD_03, MOD_05 e MOD_07, em comparação aos modelos MOD_02, MOD_04, MOD_06 e MOD_08, confirmando seus resultados de DA. De forma geral por terem seus sistemas de admissão voltados para sul, observa-se uma maior admissão de luz nas porções norte dos planos de análise dos modelos simulados. Estas observações só

se fazer possíveis e tão visualmente claras em função da possibilidade de geração de resultados gráficos das simulações computacionais.

4.2. Classificação e análise dos resultados de acordo com parâmetros normativos da IES-LM-83-12 (LEED v4.); (5) Medição de FLD nas maquetes físicas.

Quanto ao atendimento aos parâmetros determinados pela norma da IES-LM-83-12 e adotados pela certificação LEED em sua versão 4, observa-se nos valores de sDA e escala de cores apresentados na Tabela 2 que os modelos MOD_02, MOD_04, MOD_06 e MOD_08 apresentam uma admissão de luz natural suficiente segundo esse parâmetro normativo, confirmando os resultados gráficos da Figura 8 e demonstrando que os limites mínimos de sDA adotados pela certificação LEED v4 são passíveis de serem atendidos apenas com iluminação através de aberturas zenitais quando necessário. Em contrapartida, os modelos MOD_01, MOD_03, MOD_05 e MOD_07 não atenderam a esse mesmo parâmetro, por admitirem muito pouca luz natural, como consequência principalmente de sua pouca área de abertura.




4.3. Análise dos resultados das medições nas maquetes físicas em comparação aos modelos simulados.

A Tabela 3 mostra os resultados da iluminância e FLD mensurados nos modelos físicos, assim como o gráfico da Figura 9 que permite, com esses dados, fazer uma comparação entre os valores em cada ponto em cada modelo analisados.

Observa-se de forma geral que os modelos que apresentaram os maiores valores simulados de DA e FLD, apresentaram também o maior valor de FLD medido no ponto central, como demonstrado pelo MOD_08. Já os modelos 3 e 6, coerentemente, apresentaram menores valores de FLD em relação ao MOD_08, assim como indicaram os resultados das simulações.

Entretanto o MOD_03 que tem menor DA em relação ao MOD_06, apresentou valores medidos de FLD maiores que o do MOD_06. O que pode ser justificado por imprecisões no MOD_03, que admite luz não apenas por suas aberturas, mas também pro frestas como demonstrado na Figura 7, e também pela refletividade do sistema de admissão de luz do MOD_06, que é feito pelo papel mais escuro (papel Paraná), o que acaba comprometendo a admissão de luz natural neste modelo, além do mesmo estar melhor selado que o MOD_03.

Tabela 3 – Resultados da iluminância e FLD medidos nos modelos físicos.

MODELOS	PONTOS	ILUMINÂNCIA (lx)		FLD (%)
		EXTERNA	INTERNA	
	1	37700	1757	4,66
	2	37900	2350	6,20
	3	37800	2800	7,41
	4	35200	3020	8,58
	5	25700	1920	7,47
	1	17120	822	4,80
	2	15760	802	5,09
	3	14850	892	6,01
	4	15390	963	6,26
	5	15430	1031	6,68
	1	29100	2610	8,97
	2	32400	3450	10,65
	3	33300	4150	12,46
	4	30100	4130	13,72
	5	25800	3710	14,38

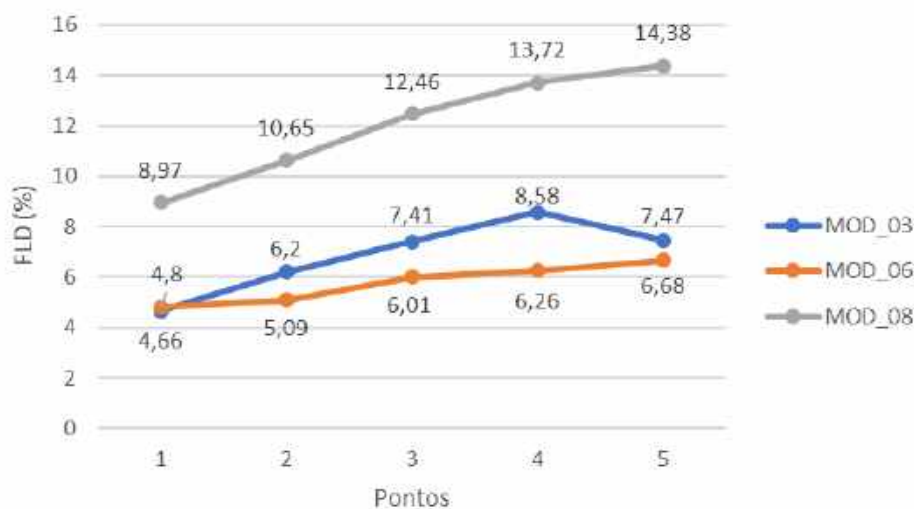


Figura 9 – Valores de FLD medidos nos modelos físicos.

Para futuros exercícios, se recomenda que seja observada a precisão da execução dos modelos, para que a luz natural seja exclusivamente admitida pelas aberturas evitando frestas nos modelos. Assim como, as propriedades de refletividade dos modelos que poderiam ser todos executados com um material com refletividade padronizada. Pelo menos em modelos destinados a avaliações quantitativas por medição.

5. CONCLUSÕES

No exercício proposto em sala de aula em sua metodologia atual, enfatiza-se a geometria da insolação para compreensão e concepção de sistemas zenitais de admissão de luz natural, que sejam seletivos quanto à admissão de radiação solar direta, não sendo enfatizados da mesma forma os aspectos quantitativos desta admissão.

Como resultados do presente trabalho, observou-se que apesar da maioria os modelos analisados apresentarem sistemas de controle de radiação solar, os resultados quantitativos de admissão de luz natural, tanto simulados, quanto medidos, demonstraram uma grande variação entre os modelos. Indicando que seria bem-vindo um olhar mais atento sobre o dimensionamento das aberturas, levando em conta a quantidade de luz que recebem.

Este estudo demonstra que estas limitações poderiam ser suplantadas através do emprego associado de simulação computacional ou medições, ou seguido de um exercício que trabalhe com estes aspectos. Possibilitando que as questões de geometria possam ser melhor analisadas, a fim de conferir se os ambientes propostos estão suficientemente iluminados ou não.

Por fim, observa-se que o exercício tem a natureza de estimular a criatividade entre os alunos, porém obedecendo critérios de desempenho, no caso, a geometria da insolação e sua relação com uma adequada admissão de luz natural. As mudanças referidas anteriormente, incorporando aspectos quantitativos ao exercício, colaborariam com a compreensão e sensibilidade dos estudantes e futuros arquitetos em relação a admissão de luz natural no ambiente construído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-1**: Iluminação natural - Parte 1: Conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho parte 1 - Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: interior. Rio de Janeiro, 2013.
- 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) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <http://tede.ufsc.br/teses/PARQ0300-T.pdf> >. Acesso em: 3 mar. 2019.
- IES. Illuminating Society of North America. **IES Saptial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)**. New York, USA, 2012.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Ministério de Minas e Energia. 2014. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2019.

- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful Daylight Illuminances: A Replacement for Daylight Factors. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 7, p. 905-913, 2006.
- PEREIRA, F. O. R.; PEREIRA, R. C.; CASTAÑO, A. G. Quão confiáveis podem ser os modelos físicos em escala reduzida para avaliar a iluminação natural em edifícios? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, vol. 12, n. 1, p.131-147, jan./mar. 2012.
- PEREIRA, F. O. R.; GONZÁLES, Alexander C.; ATANASIO, Veridiana. Teaching and Learning the Daylighting Phenomenon in Architecture with Physical Models - LabCon – Laboratory of Environmental Comfort, PósARQ, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis/SC, BRAZIL, 2007
- REINHART, F. C.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. **LEUKOS VOL 3 NO 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.
- REINHART, Christoph. *Daylighting Handbook I: Fundamentals Designing with the Sun*. EUA, 2014.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade do Vale do Itajaí UNIVALI pela disponibilidade de recursos aplicados no desenvolvimento e divulgação deste trabalho.