

EFEITO DO ESPAÇAMENTO, INCLINAÇÃO E REFLETÂNCIA DE BRISES HORIZONTAIS COM MESMA MÁSCARA DE SOMBRA NA ILUMINAÇÃO NATURAL E GANHOS TÉRMICOS EM ESCRITÓRIOS EM MACEIÓ-AL

Kamila Mendonça de Lima⁽¹⁾; Leonardo Salazar Bittencourt⁽²⁾

(1) IAU-USP, kamila.arq.urb@gmail.com

(2) FAU-UFAL, lsb54@hotmail.com

Resumo

Ao se dimensionar dispositivos de sombreamento de janelas, são diversas as configurações que podem corresponder a um determinado mascaramento. O presente trabalho analisa a influência da inclinação, espaçamento e refletância de brises horizontais de mesma máscara de sombra na iluminação natural e nos ganhos térmicos em ambientes de escritório em Maceió-AL. Para tal, foram realizadas análises paramétricas, com base em dados de iluminância interna e ganhos térmicos solares pela janela, obtidos por simulação computacional nos softwares *TropLux 5* e *DesignBuilder 3*, respectivamente. Foi elaborado um modelo de ambiente de 6m x 5m x 3m, considerando a janela com brises orientada a Norte, Sul, Leste e Oeste. Observou-se que a escolha entre diferentes configurações de brise, mesmo com máscaras de sombra iguais, altera o desempenho térmico e luminoso resultante. Brises mais inclinados em relação à horizontal tendem a apresentar menor iluminância e menor quantidade de ganhos solares. Quanto à cor das aletas, observou-se que cores de refletância igual a 0,5 podem ser suficientes para garantir níveis médios de iluminância acima de 500lx. Já o efeito da variação no espaçamento entre as aletas nas situações analisadas foi pouco significativo ou dependente dos demais parâmetros analisados. O trabalho realizado contribui para o desenvolvimento de escolhas no processo de projeto arquitetônico com vistas à adequação climática e eficiência energética de edificações.

Palavras-chave: Sombreamento (janelas), Desempenho térmico, Desempenho luminoso

Abstract

Solar control has been used as a bioclimatic strategy in buildings located in hot climates. Once the shadow-mask is defined, there are different possible configurations to achieve the cut-off angle. This paper evaluates the influence of slat spacing, slope and reflectance on the thermal and luminous performance of louvers in offices located in the city of Maceió-AL. The methodology is based on several parametric analysis, regarding to internal average illuminance and solar heat gains. Computer simulation has been carried out using the softwares *Troplux 5* and *DesignBuilder 3*. A typical office room model with a single opening was used, where louver parameters has been examined, considering the window oriented to North, South, East and West. It was observed that the choice between different configurations of shading devices, even with the same shadow-mask, changes its luminous and thermal performance. The information here produced can help to architect and design shading devices in practice.

Keywords: Solar control, Thermal performance, Luminous performance

1. INTRODUÇÃO

O sombreamento das aberturas é uma estratégia bioclimática adequada em edificações nas localidades de clima quente, cuja solução requer lidar com o conflito entre as necessidades de controle de ganho térmico e de iluminação natural nos ambientes internos.

Os trabalhos de Pereira (1992), Macêdo (2002) e David et al (2011) mostram que a utilização de componentes que combinem sombreamento e iluminação natural indireta por meio de reflexão podem ser dimensionados a fim de se alcançar um equilíbrio entre tais requerimentos. Os dois primeiros combinam dados experimentais e simulação computacional em diferentes sistemas de janela em *Sheffield* (Inglaterra) e em Florianópolis-SC, respectivamente. Já David et al (2011) relacionam diferentes coeficientes definidores de desempenho térmico e luminoso, utilizando simulação energética dinâmica para casos em *Reunion Island* (França).

A definição do mascaramento (ângulo de sombreamento proporcionado pelo protetor solar) consiste um importante passo neste processo de dimensionamento, que é prosseguido pela escolha dentre as diferentes configurações que podem atingir a máscara de sombra correspondente. Tais configurações podem apresentar diferentes efeitos no desempenho térmico e luminoso da abertura, fatores que, em conjunto, determinam a necessidade de sistemas artificiais de iluminação e de condicionamento do ar no ambiente em que a janela está localizada. Estudos anteriores considerando a determinação do Fator de Luz do Dia em salas de aula na cidade de Maceió-AL, tais como o realizado por Didoné e Bittencourt (2006), apresentam indicações de que essa escolha modifica, por exemplo, a admissão e distribuição de luz natural no ambiente.

O presente trabalho analisa a influência da inclinação, espaçamento e refletância de *brises* horizontais de mesma máscara de sombra na quantidade de luz natural e de ganhos térmicos solares em ambientes de escritório com diferentes orientações de abertura em Maceió-AL. Baseia-se em estudos realizados durante a pesquisa de mestrado de Lima (2012).

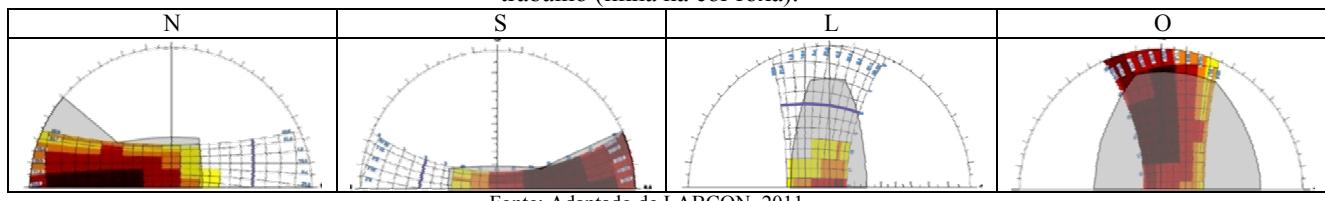
2. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido realizando-se uma análise comparativa de diferentes configurações de proteção solar, por meio de simulação computacional nos softwares TropLux 5 e DesignBuilder 3. O objeto de análise consiste de *brises* horizontais externos em aberturas de edificações de escritório, os quais serão contemplados em modelos de ambientes no contexto climático da cidade de Maceió-AL.

Maceió está localizada no estado de Alagoas, na latitude oficial 9.66° Sul e longitude 35.73° Oeste (IBGE, 2012). Segundo dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), sistematizados por Passos (2009), a cidade possui clima quente e úmido, caracterizando-se por pequenas variações de temperatura (diárias, sazonais e anuais), radiação solar intensa e alta umidade. Quanto à necessidade de sombreamento nessa localidade, a figura 1 e a tabela 1 contêm o registro dos ângulos de mascaramento determinados segundo a metodologia descrita por Pereira e Souza (2008), segundo a qual a máscara de sombra corresponde a limites aceitáveis de temperatura do ar e de intensidade de radiação solar, que podem ser sobrepostos graficamente na carta solar. As cores nas máscaras de sombra, por exemplo, referem-se a faixas de temperatura.

O modelo de referência utilizado nas simulações consiste de um ambiente de 5m x 6m x 3m, com uma janela de 5m x 1m (dimensões que condizem com tipologias existentes em Maceió-AL), na qual foram inseridos os *brises*, dimensionados conforme os ângulos de sombreamento descritos.

Figura 1 - Máscara de sombra dos protetores solares modelados, com indicação do horário de início da jornada de trabalho (linha na cor roxa).



Fonte: Adaptado de LABCON, 2011.

Tabela 1 - Ângulos de sombreamento correspondentes às máscaras de sombra.

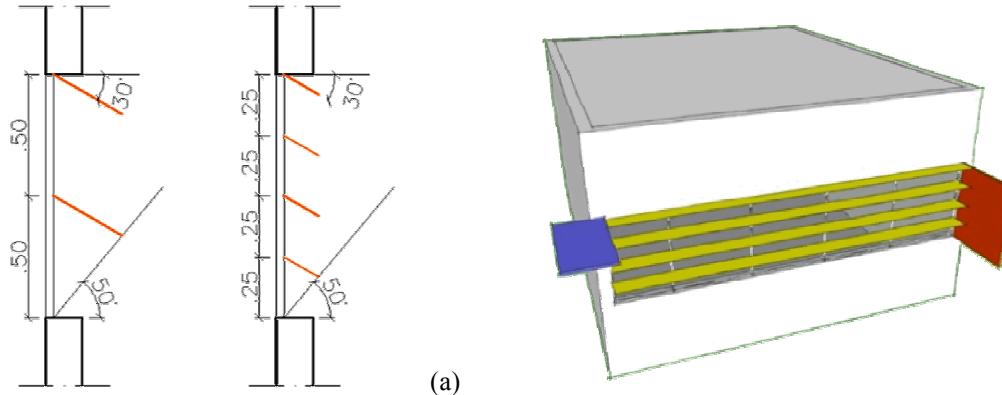
Fachada	Ângulos de sombreamento (medida interna)				
	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
N	50°	-	50°	65°	-
S	70°	65°	-	-	50°
L	15°	-	-	60°	60°
O	10°	-	-	20°	40°

Foram modeladas 100 configurações de *brise* diferentes em cada software, referentes à combinação de parâmetros apresentada na tabela 2 e exemplificada na figura 2a. Nos casos em que haveria necessidade de proteção vertical ou prolongamento lateral, foi modelada uma placa unitária e com características fixas para todas as simulações (exemplo no esquema da figura 2b).

Tabela 2 - Combinações de parâmetros analisadas.

Fachada	Sem <i>brises</i>	Com <i>brises</i>		
		Modelo de referência	Espaçamento (m)	Inclinação (°)
NORTE, SUL, LESTE e OESTE ¹			0,5; 0,25; 0,125	0; 30; 45; 60
				0,5; 0,8

Figura 2 – Corte esquemático de *brises* modelados na orientação Norte (a) e esquema dos complementos (b).



A espessura das aletas foi desprezada (cada aleta se constitui de um plano único), ação realizada para viabilizar as simulações e permitir a visualização do efeito isolado das propriedades que foram determinadas para os *brises* horizontais. A configuração dos modelos nos softwares utilizados foi feita conforme apresentado nos quadros 1 e 2.

¹ A simulação termoenergética da fachada leste não contemplou as situações com espaçamento 0,5 e inclinação 0, e da fachada oeste, as situações que combinam espaçamento 0,5 ou 0,25 e inclinação 0, dada a limitação de 1m como tamanho máximo de aleta a ser inserida no modelo do software DesignBuilder. Esses casos corresponderiam a dimensões impraticáveis numa aplicação real. Mesmo assim, para efeito da verificação das tendências de influência dos parâmetros estudados, essas situações foram simuladas quanto à iluminação.

Quadro 1 - Configurações do modelo no TropLux.

Localização	Maceió-AL
Ambiente simulado	Ambiente de 5mx6mx3m
Plano de trabalho	0,75m do piso
Pontos	Malha ortogonal de 30 pontos
Margem de erro	5%
Horários	8h às 18h, o ano todo
Condições de céu	1,10 e 14 da CIE (2003)
Iluminância horizontal difusa	Dados da <i>Illuminating Engineering Society of North America</i> – IES (disponibilizados no software)
Tipo de vidro	Comum transparente (disponibilizado no software)
Refletância das superfícies internas	piso=0.4, teto=0.7, paredes=0.6

Quadro 2 - Configurações do modelo do DesignBuilder.

Arquivo climático	Correspondente à cidade de Maceió-AL, de 1962 a 2005. Fonte: LABEEE, 2011
Ambiente	Ambiente de 5mx6mx3m - inserção de mais quatro ambientes, adjacentes às faces superior, inferior e laterais – para representar trocas com ambientes adjacentes
Padrões Construtivos	
Paredes	Bloco cerâmico com seis furos de seção quadrada + argamassa branca
Cobertura	Entre andares – laje de concreto e forro de gesso; Exposta - Telha cerâmica sobre laje de concreto
Vidros	Comum transparente (3mm)
Material dos brises	<i>Aluzinc</i> (material composto de alumínio (55%), zinco (43,4%) e silicone (1,6%))
Padrões de uso e ocupação	
Horários ocupados	8h às 18h, de segunda à sexta; 8h às 12h, aos sábados.
Ocupantes	4 pessoas (13/100m ²); vestimenta de 0,8clo no inverno e 0,5clo no verão
Atividade	Atividade de escritório (leve) - 120W/pessoa
Equipamentos	4 computadores com impressora – 22W/m ²
Iluminação artificial	11W/m ²
Condicionador de ar	Split, - COP 3,54 – controle da temperatura operativa a 24,5°
Controle	Lâmpadas e protetores solares fixos; Condicionador de ar com termostato

Para a análise do desempenho luminoso, foram extraídos os valores médios anuais de iluminância interna no plano horizontal, em lux, os quais foram ponderados de acordo com a ocorrência das condições de céu parcialmente nublado, nublado e claro. Segundo Cabús (2002, p. 3-10), o primeiro tem maior probabilidade de ocorrência (61,8%), enquanto os outros possuem 25,8% e 12,4%, respectivamente. Como referência, tem-se a faixa de iluminância entre 500 e 2000lx, aqui considerada como desejável, sendo a combinação da faixa considerada útil (NABIL, MARDALJEVIC, 2006), entre 100 e 500lx, com os níveis apresentados para as tarefas visuais de escritório da NBR 5413 (ABNT, 1992), que são 500, 750 ou 1000lx.

Quanto ao desempenho térmico, foi obtido o somatório de ganhos térmicos solares anuais pela janela, em kWh, diretamente do software utilizado. Como dados de referência da eficiência do *brise*, foi indicado o total de radiação solar incidente na janela, em kWh.

3. RESULTADOS

Os principais resultados da pesquisa são apresentados a seguir. O código para nomenclatura das diferentes configurações de *brise* analisadas é formado pela primeira letra de cada parâmetro (espaçamento, refletância e inclinação), cada uma seguida do algarismo correspondente à medida

na grandeza utilizada. Na figura 3, observa-se que a inserção de *brises* reduz consideravelmente o ganho térmico pela radiação solar através da janela, condição desejável na localidade analisada.

Esse resultado pode ser alcançado mantendo-se níveis de iluminação médios anuais entre 500 e 2000lx (figura 4), nas fachadas Norte e Sul. Nas demais fachadas, contudo, o sombreamento proporcionado leva a iluminâncias médias abaixo dessa faixa, o que pode ser indesejável. Uma solução de *brises* móveis poderia minimizar tal condição, pois permitiria um controle mais seletivo da radiação solar direta.

Figura 3 – Ganhos solares obtidos por simulação.

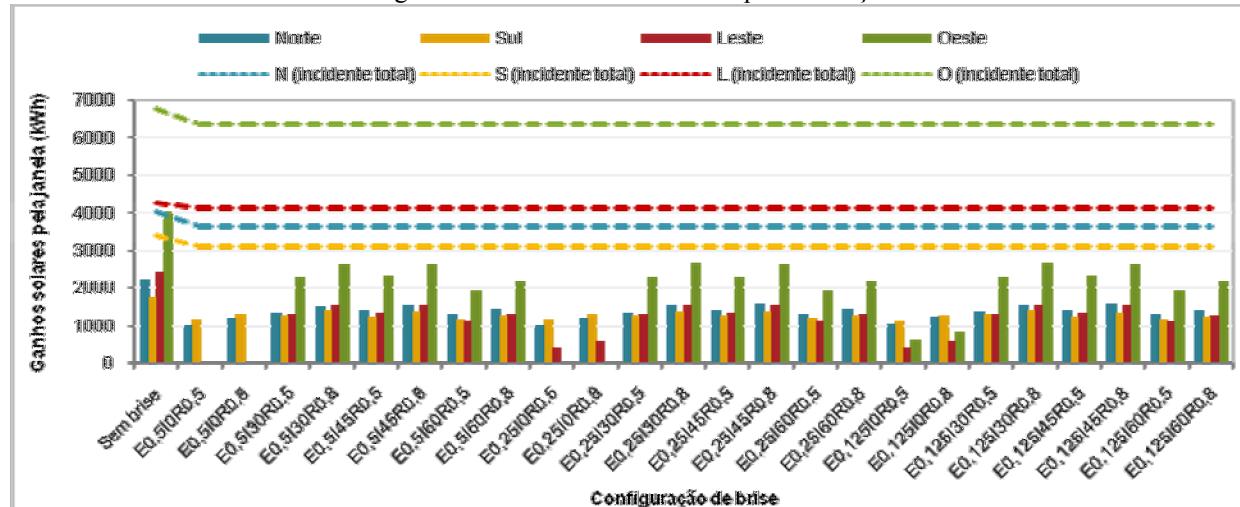
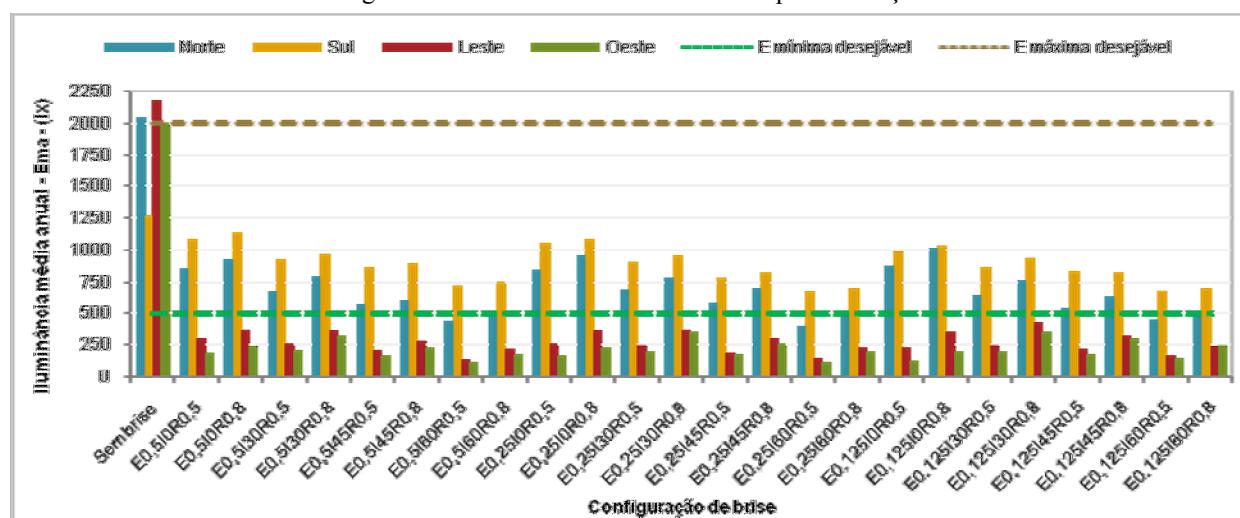
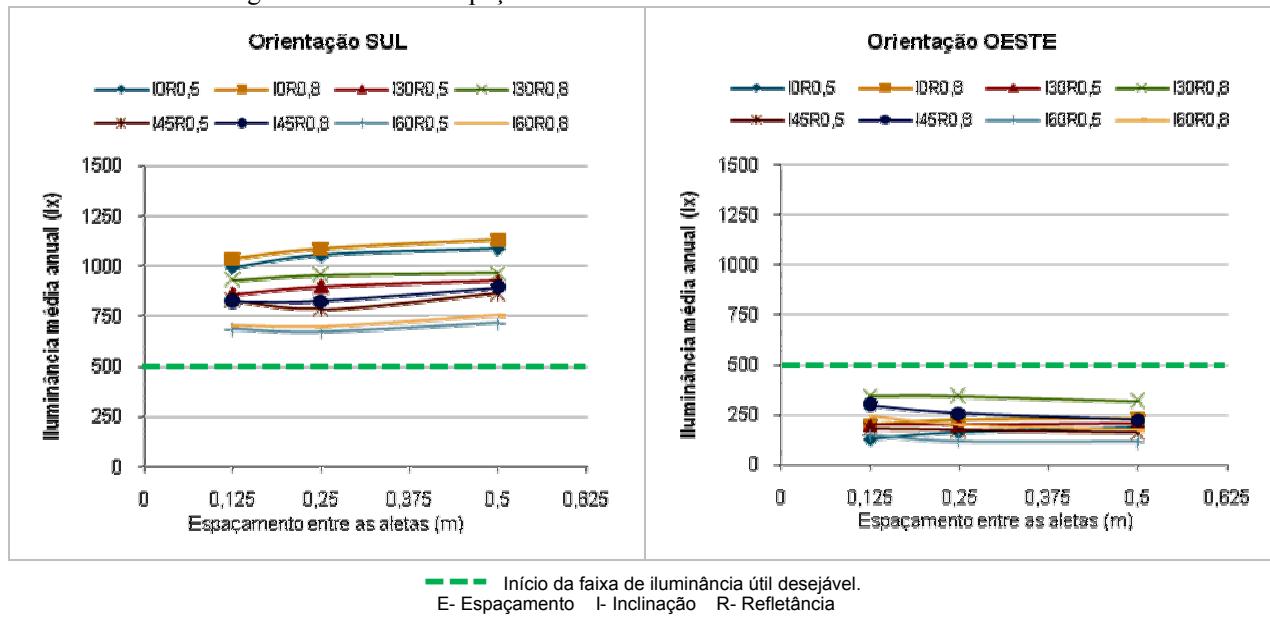


Figura 4 – Iluminâncias internas obtidas por simulação.



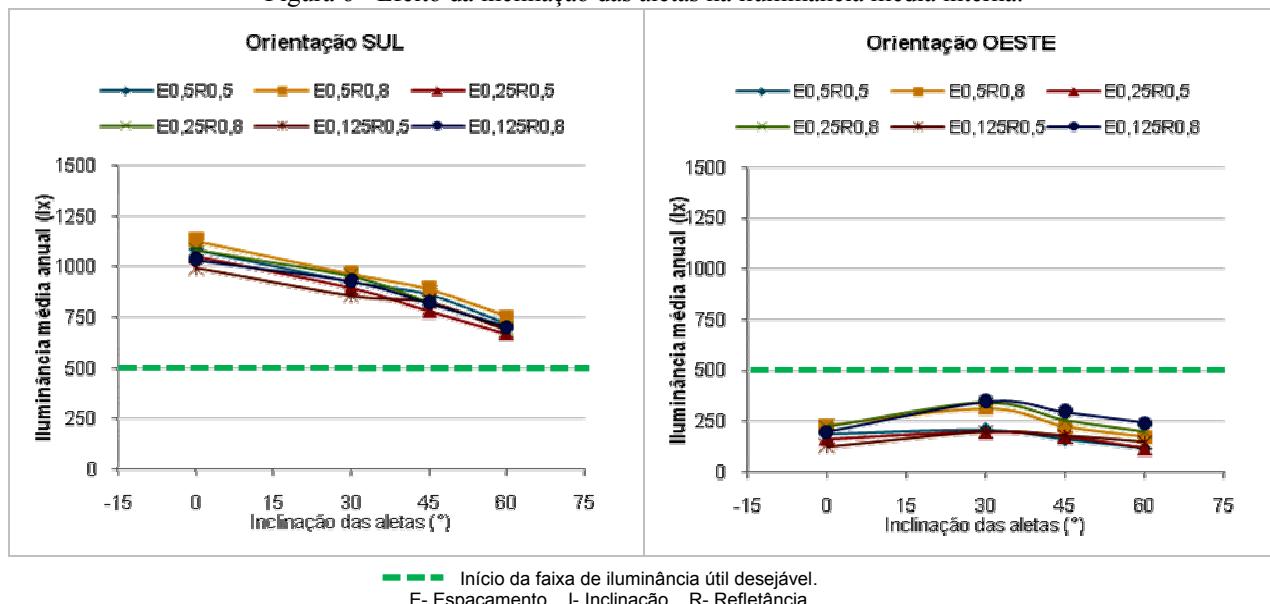
A seguir, é apresentado o efeito do espaçamento, inclinação e refletância das aletas, isoladamente, considerando a janela orientada a Sul e Oeste. De forma geral, os resultados com a janela orientada a Norte assemelham-se ao da fachada Sul, assim como aqueles referentes à orientação Leste assemelham-se aos da Oeste. O efeito do espaçamento entre as aletas na iluminância interna, ilustrado na figura 5, depende da inclinação considerada, sendo os resultados de um mesmo *brise* pouco alterados em função apenas desse primeiro parâmetro.

Figura 5 – Efeito do espaçamento entre as aletas na iluminância média interna.



A inclinação das aletas apresentou efeito aproximadamente linear sobre as iluminâncias: quanto mais inclinada a aleta, em relação à horizontal, menor a quantidade de luz que chega ao interior do ambiente (figura 6). Aumentando-se a inclinação, diminui-se a superfície das aletas visível pelo interior do ambiente, de forma a haver menos reflexão para o plano de trabalho e mais reflexão para o exterior. Contudo, isso não ocorre para a inclinação 0° nas fachadas Leste e Oeste. Acredita-se que este resultado esteja relacionado ao dimensionamento da aleta, que nesse caso é muito maior que nas demais inclinações, fator que pode resultar na redução da intensidade dos raios luminosos após sucessivas reflexões ao longo da aleta.

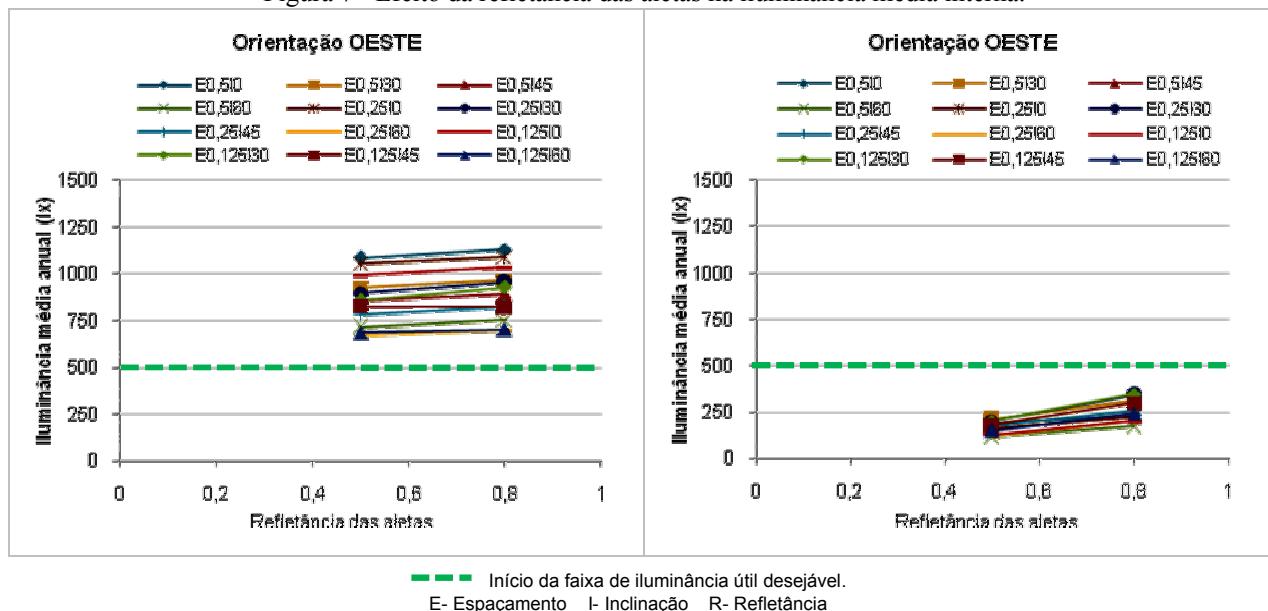
Figura 6 - Efeito da inclinação das aletas na iluminância média interna.



No que se refere à cor das aletas, naturalmente, o aumento da refletância de 0,5 para 0,8 aumenta a quantidade de luz que chega ao ambiente (figura 7). Observou-se que esse aumento é mais

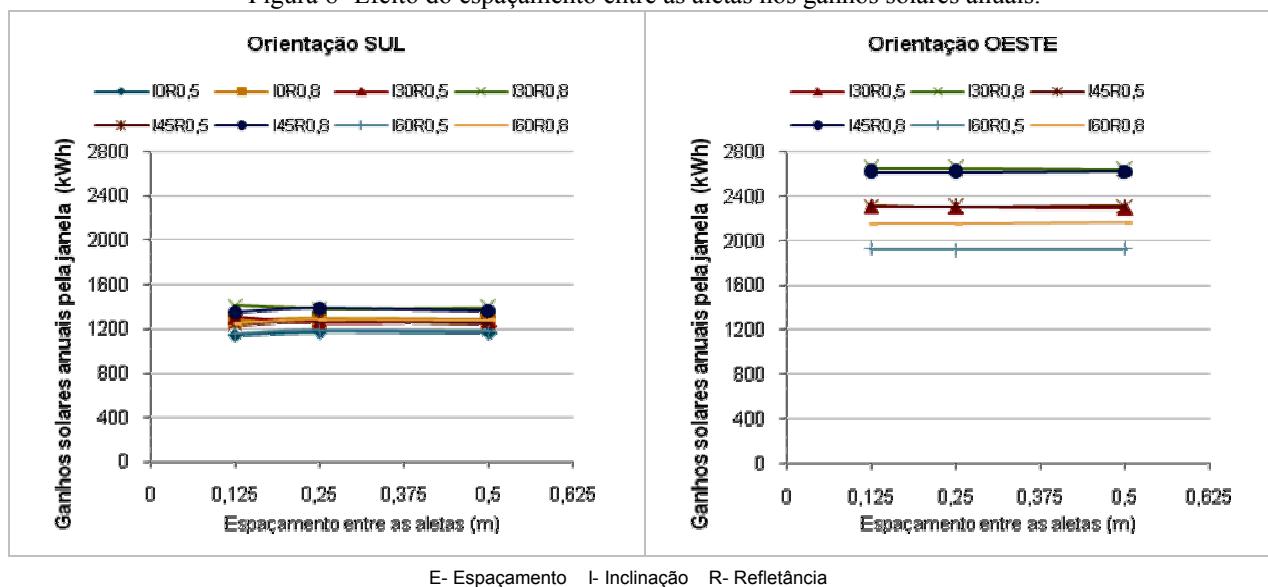
significativo nas orientações Leste e Oeste. Nessas, há uma tendência maior de reflexão da radiação solar para o interior dos ambientes, devido ao posicionamento do Sol em relação à mesma. Tal condição indica que a componente refletida da iluminação tem maior participação no resultado final do que nas orientações Norte e Sul.

Figura 7 - Efeito da refletância das aletas na iluminância média interna.



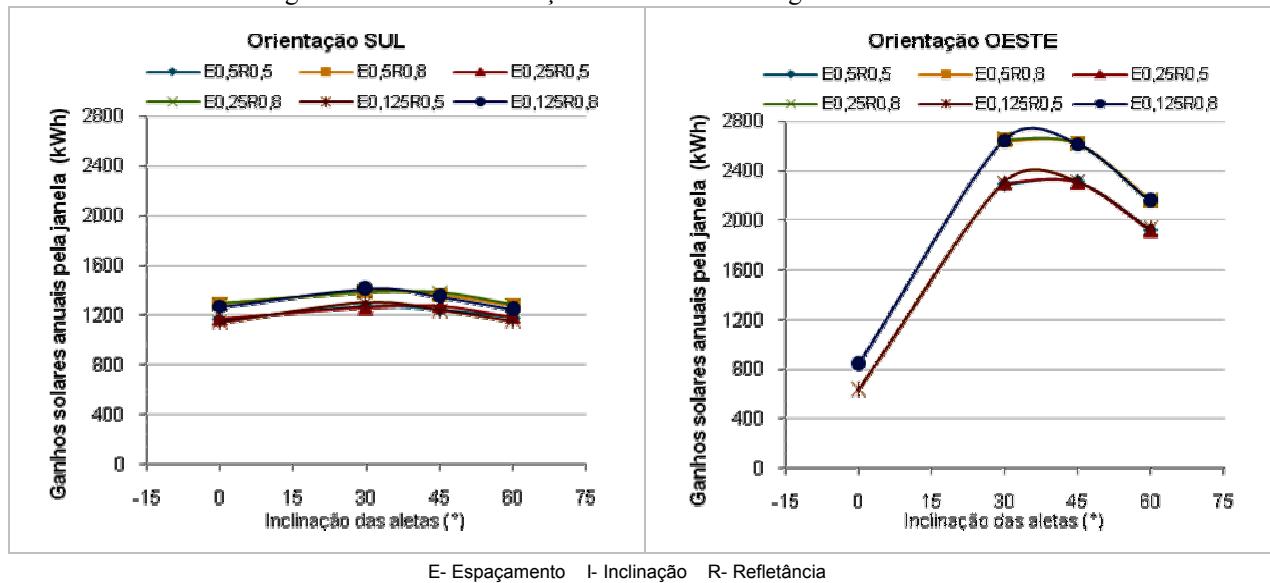
As figuras 8, 9 e 10 ilustram os resultados obtidos quanto ao desempenho térmico das diferentes configurações de *brise* analisadas. Observa-se que a variação do espaçamento não modifica significativamente a quantidade de radiação solar que chega ao interior do ambiente.

Figura 8- Efeito do espaçamento entre as aletas nos ganhos solares anuais.



Com relação ao efeito da inclinação das aletas, a figura 9 ilustra a uma variação dos ganhos solares em função da inclinação nos ambientes simulados. Os maiores totais de ganhos térmicos referem-se à inclinação 30° ou 45°, em todas as orientações.

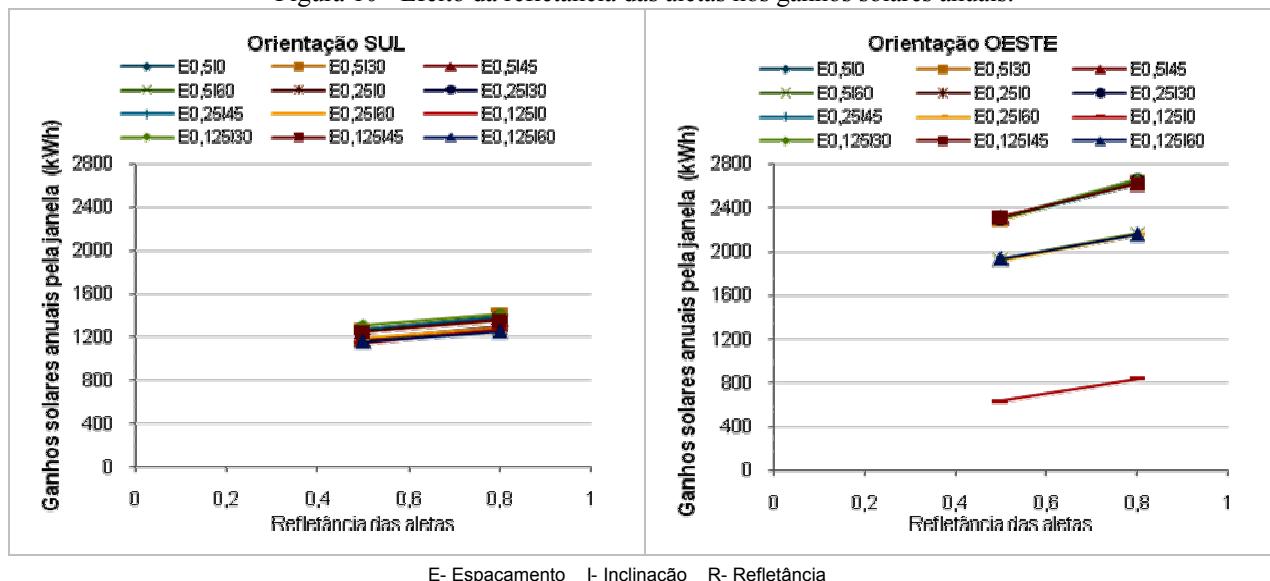
Figura 9- Efeito da inclinação entre as aletas nos ganhos solares anuais.



Essa análise considera o calor proveniente da radiação solar, o qual, de forma diferente do que acontece com a luz visível, sofre influência da emissividade das superfícies opacas do *brise*. O efeito conjunto desse fator com as possibilidades de reflexão da luz pelas superfícies das aletas (as quais podem resultar em mais reflexão para o interior ou sucessivas reflexões e “retorno” da luz para o exterior) teriam resultado na curva obtida do efeito da inclinação nos ganhos solares.

A figura 10 ilustra o efeito da refletância nos ganhos solares. Aqui, a diferença entre os resultados obtidos quando as aletas dos modelos foram consideradas de cor clara (refletância 0,8) ou de cor média (refletância 0,5) também é mais significativa nas fachadas Leste e Oeste.

Figura 10 - Efeito da refletância das aletas nos ganhos solares anuais.



4. CONCLUSÃO

Conforme os resultados apresentados, configurações de *brise* com mesma máscara de sombra podem apresentar desempenhos diferentes com relação à quantidade de iluminação e de ganhos

térmicos nos ambientes analisados, a depender das combinações de inclinação, refletância e espaçamento entre as aletas. Quanto à inclinação, a opção por *brises* com aletas mais inclinadas tenderia a reduzir os índices de iluminância e os ganhos solares. Quanto à cor das aletas, o aumento de refletância de 0,5 para 0,8 provocou aumento da quantidade de iluminação natural e dos ganhos solares, de forma mais acentuada nas fachadas Leste e Oeste. Já o efeito da variação no espaçamento entre as aletas foi pouco significativo (no caso do desempenho térmico) ou dependente dos demais parâmetros analisados (no caso do desempenho luminoso).

Observou-se ser possível dimensionar *brises* que garantem redução de ganhos térmicos solares com a manutenção de iluminâncias na faixa entre 500 e 2000lx, nas fachadas Norte e Sul, condição que foi obtida mesmo em casos com *brises* de cores médias (refletância 0,5). O trabalho realizado contribui para o desenvolvimento de escolhas no processo de projeto arquitetônico com vistas à adequação climática e eficiência energética de edificações.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5413:** Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

CABÚS, R.C. **Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil.** Tese (Doutorado em Arquitetura). School of Architectural Studies, University of Sheffield, 2002.

_____. **TropLux 5.00.10.** 2011.

DAVID, M. et al. Assessment of the thermal and visual efficiency of solar shades. **Building and Environment**, [S.I], v. 46, [S.n.], 2011.

DESIGNBUILDER SOFTWARE LTDA. **DesignBuilder 3.0.0.064.** 2011-a.

DIDONÉ, E.; BITTENCOURT, L.S.. Avaliação do desempenho de diferentes configurações de protetores solares na iluminação natural de salas de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006. p. 294-303. CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@:** Maceió-AL. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=270430>>. Acesso em 07jan.2012.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LABEEE. Arquivos climáticos. Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>>. Acesso em 18nov.2011.

LIMA, K. M. de. **Desempenho térmico e luminoso de *brises* externos em escritórios em Maceió-AL.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, 2012.

MACÊDO, C.C. **Análise do desempenho térmico e luminoso de sistemas de iluminação natural que utilizam a luz direta do Sol.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

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

PASSOS, I.C.S. **Cima e arquitetura habitacional em Alagoas: estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar.** Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, 2009.

PEREIRA, F.O.R. **Luminous and thermal performance of window shading and sunlighting reflecting devices.** Tese (Doutorado em Architectural Studies). School of Architecture, University of Sheffield, 1992.

PEREIRA, I.; SOUZA, R. V. G. Proteção solar em edificações residenciais e comerciais: desenvolvimento de metodologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2008. CD-ROM.