BRISES SOLEIL: DESEMPENHO LUMINOSO EM AMBIENTE ESCOLAR

Ludmila Brunow Orlandi (1); Andréa Coelho Laranja (2); Cristina Engel de Alvarez (3)
(1) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, ludmila.orlandi@ufes.br
(2) Doutora, Professora associada do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, andrea.laranja@ufes.br
(3) Doutora, Diretora Presidente da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – FAPES, Professora titular do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, cristina.engel@ufes.br
Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP), Tel.: (27) 4009-2581.

RESUMO
Esta pesquisa teve como objetivo investigar o desempenho luminoso de ambientes escolares com e sem a adoção de dispositivo tipo brise soleil, considerando o estudo de caso na cidade de Vitória – ES. A metodologia, construída a partir do uso de simulações computacionais, realizadas no *software* TropLux em um ambiente escolar previamente selecionado, de geometria retangular, adotando os tipos de céu padrões da CIE (Commission Internationale L´aclairage). A análise foi realizada em pontos específicos do ambiente, em horários e dias do ano pré-estabelecidos. As simulações foram feitas em duas etapas, sendo a primeira com abertura orientada para Norte e Sul, brise horizontal e sem brise; e a segunda com a abertura orientada para Leste e Oeste, brise horizontal (14 lâminas), brise inclinado (7 lâminas) e sem brise. As melhores performances foram para a orientação Norte, sendo que para o Sul constatou-se apenas uma pequena melhoria. Sobre a uniformidade, para os tipos de céu estudados, verificou-se uma melhora nas aberturas orientadas para Norte, havendo insignificante alteração na orientação Sul. Para Leste e Oeste, em céu 12 (claro), o brise inclinado permitiu reduzir pela metade o número de lâminas, possibilitando uma melhor relação do usuário com o ambiente exterior. De uma forma geral, o experimento possibilitou afirmar que os ambientes com brises auxiliaram na redução dos contrastes de luz e, consequentemente, também induzem à melhoria na eficiência energética da edificação, pois possibilitam o melhor aproveitamento da luz natural e a menor necessidade de uso da iluminação artificial.

Palavras-chave: iluminação natural, dispositivos de proteção solar, brise soleil.

ABSTRACT
This research aimed to investigate the luminous performance of school environments with and without a brise soleil, considering the case study in the city of Vitória - ES. The methodology, built from the use of computer simulations, made in the TropLux software in a previously selected school environment, with rectangular geometry, using types of standard skies from CIE (Commission Internationale L'Aclairage). The analysis was carried out at specific points of the environment, at pre-established times and days of the year. The simulations were made in two stages, the first with the opening oriented to North and South, horizontal brise and without brise; and the second with the opening oriented to East and West, horizontal brise (14 blades), inclined brise (7 blades) and without brise. The best performances are those to North orientation, and for South orientation only a small improvement was detected. As to the uniformity, for the studied types of sky, there was an improvement in the openings oriented to North, with an insignificant change in the South orientation. To East and West, in sky 12 (clear), the inclined brise allowed to reduce in half the number of blades, thus making possible a better relationship between the user and the outside environment. In a general way, the experiment made possible to affirm that the environments with brises helped to reduce the light contrasts and, consequently, also lead to improvement in the energy efficiency of the building, because they allow the best use of natural light and less need to use artificial lighting.

Keywords: natural lighting, solar protection devices, brise soleil.

1. INTRODUÇÃO

Ambientes internos iluminados naturalmente tendem a ser melhor avaliados pelos usuários, sendo indiscutível que a luz natural, quando adequadamente utilizada, contribui para este bem-estar, conferindo melhoria da saúde humana e aumento do desempenho nas atividades. Khademagha et al. (2016) afirmam que os olhos humanos quando expostos à iluminação além de possibilitar a visão tem a função de manutenção da saúde, influenciando também a sensação de bem-estar dos usuários das edificações. Martau e Scarazzato (2009) reforçam também a influência da luz nas questões metabólicas, visto que a iluminação influencia os ritmos biológicos dos seres humanos. Toledo e Cárdenas (2015) apresentam em suas pesquisas que em ambientes escolares, por exemplo, a luz do dia aumenta o estado de alerta e a performance dos estudantes. É importante salientar que, a visão externa também é um elemento a ser considerado nos estudos de iluminação. Mapelli e Laranja (2020), em pesquisa desenvolvida voltada para espaços escolares, identificaram a necessidade de se considerar a "integração de ambiente interno e ambiente externo" ratificando a importância da vista para o ambiente externo. As autoras apontam o aumento do bem-estar, saúde dos usuários e rendimento a partir de uma maior visão do ambiente externo.

O fato é que a luz natural que adentra pelas aberturas de um determinado recinto tem a tendência de tornar o ambiente bastante desuniforme no que se refere aos índices lumínicos, com elevada luminosidade próximo das aberturas, ao mesmo tempo em que nos espaços profundos do ambiente há uma grande redução desta luminosidade. Há quase meio século Hopkinson (1975) já mencionava o grande ganho de luz direta proveniente do Sol pelas aberturas laterais com consequências para o conforto luminoso do ambiente. Assim, já desde o século XX os brises soleil foram incorporados na arquitetura moderna brasileira com o intuito de adequar o ambiente interno às condições necessárias de conforto, em função da proliferação das grandes fachadas envidraçadas, independentemente do local da construção (CUNHA, 2011). Estes dispositivos contribuíam como redutores da insolação direta, minimizando o ganho térmico e melhorando a luminosidade do ambiente interno a partir da redução dos contrastes da iluminação.

Com o passar do tempo o uso do brise se disseminou e atualmente observam-se, especialmente nas edificações escolares brasileiras, a sua aplicação na envoltória como estratégia para ampliar o conforto luminoso do ambiente. Gregório e Basso (2005) afirmam que os brises se tornaram muito mais eficientes quando comparados à época em que foram criados, tanto em função do surgimento de novos materiais – tais como plástico, vidro e o próprio alumínio – bem como pela técnica da movimentação das lâminas. Majoros (1998) e Fiuza (2008) ressaltam que além de controlar a entrada da luz, esses dispositivos sombreadores também auxiliam na otimização da iluminação do ambiente ao evitar ofuscamentos. Desta forma, considerando a importância do controle da incidência solar direta na envoltória das edificações escolares, bem como o potencial dos brises no controle desta radiação com vistas ao conforto luminoso do ambiente interno, esta pesquisa analisou o desempenho de brises horizontais considerando o uso em espaços escolares.

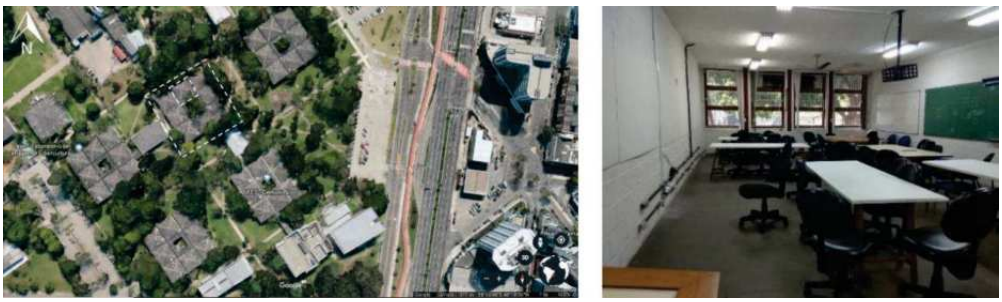
2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi investigar o desempenho luminoso de ambientes escolares com e sem a adoção de dispositivo tipo brise soleil, considerando o estudo de caso na cidade de Vitória – ES.

3. MÉTODO

Os procedimentos metodológicos foram alicerçados, principalmente, em simulações realizadas com o uso do *software* TropLux 7.3.2. Para o estudo de caso, foi considerado um ambiente interno (sala de aula) do edifício denominado Cemuni III, localizado no Centro de Artes da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), na cidade de Vitória – ES (LAT 20° 19' S). O ambiente possui 5,9m x 11,5m x 3,0m respectivamente para largura, comprimento e pé direito.

Considerando que o objetivo da pesquisa foi utilizar um ambiente existente, porém com resultados que podem extrapolar a realidade do objeto do estudo de caso, a simulação foi dividida em duas etapas, onde na primeira a abertura foi orientada para Norte e Sul; e na segunda para Leste e Oeste. A abertura consta de uma janela com dimensões de 5,90m x 2,0m x 1,0m, respectivamente largura, altura e peitoril. A área da sala corresponde a 67,85 m² e a área da abertura de 11,80 m², o que equivale a aproximadamente 17,39% da área da sala, conforme ilustra a Figura 1.



(A) (B)

Figura 1 – (A) Recorte territorial com a localização do Centro de Artes da Ufes e, em destaque, o Cemuni III e a sala de aula do estudo de caso (adaptado de Google Earth, 2018); (B) imagem interna da sala de aula (acervo da pesquisa, 2018).

Adotou-se a norma da ABNT, NBR 15215-4 (ABNT, 2005), que normaliza a quantidade de pontos de medições para avaliação da iluminação natural de um ambiente, bem como a localização desses pontos. O número de pontos para avaliação, de acordo com as características do estudo de caso, foi determinado em 16, entretanto, adotou-se 20 pontos visando ampliar a precisão do estudo. Os pontos foram alocados no plano de trabalho (75 cm de altura do piso) em uma malha ortogonal, dentro do ambiente interno, conforme ilustra a Figura 2, onde para cada um dos pontos foram feitas medições dos valores de iluminância e posteriormente o enquadramento destes valores nos intervalos percentuais das UDI (Useful Daylight Illuminances).

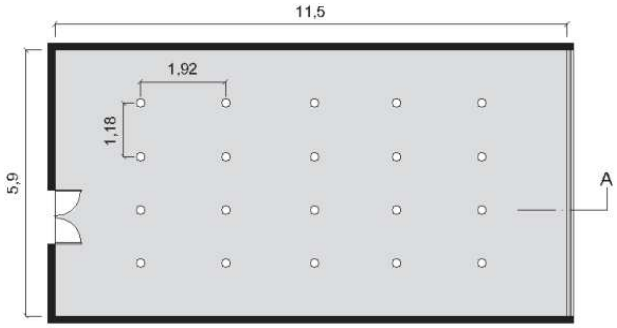


Figura 2 – Planta Baixa esquemática com identificação dos pontos de medição da iluminação (acervo da pesquisa, 2018).

A verificação dos ângulos solares foi feita com o auxílio da Carta Solar de Vitória – ES (Brasil) e o horário estabelecido para as simulações foi o período entre 8h e 16h, horário em que ocorre a maioria das aulas do Cemuni III. Foram considerados todos os dias do ano, prevendo-se atividades rotineiras e cursos de verão. Utilizando a carta solar de Vitória, foram estabelecidos os ângulos verticais para dimensionamento dos brises nas orientações Norte (α = 28°), Sul (α = 70°), Leste (α = 20°) e Oeste (α = 20°), conforme ilustra a Figura 3.

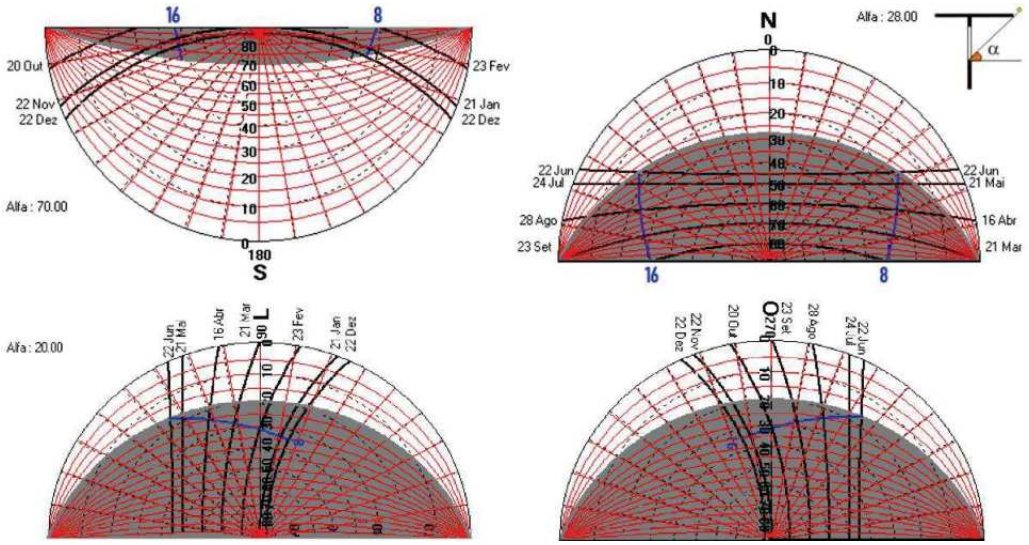


Figura 3 – Carta Solar de Vitória com as respectivas marcas de sombreamento, de acordo com a variação no ângulo α (elaborado a partir de SOL-Ar, 2018).

Através das máscaras, os brises foram projetados (quantidade, dimensões e posicionamento), observando-se que para se obter a maior visibilidade possível do ambiente exterior, optou-se por utilizar o dimensionamento máximo das lâminas dos brises admissível pela arquitetura da edificação, de forma a atender as respectivas angulações verticais estabelecidas na Carta Solar.

Nas duas etapas de simulação o ambiente foi simulado sem brises. Para a orientação Norte, quando simulado com brises, estes foram adotados com quatro lâminas de 94 cm de profundidade e, para a orientação Sul, duas lâminas de 36cm de profundidade.

Para a abertura orientada para Leste e Oeste, quando simulado com brises, estes foram adotados: horizontais e inclinados (rotacionados no eixo horizontal). Os brises horizontais foram projetados com 14 lâminas de 36,4 cm; e os brises inclinados satisfazem o mesmo ângulo vertical de incidência solar (20°) dos brises horizontais, determinado através da Carta Solar. Observa-se, porém, que com a intenção de aumentar a visibilidade para o exterior, no caso do ambiente com brises inclinados, estes contam apenas com a metade do número de lâminas do brise horizontal, tendo sua medida ajustada para 39,5 cm, conforme ilustra a Figura 4.

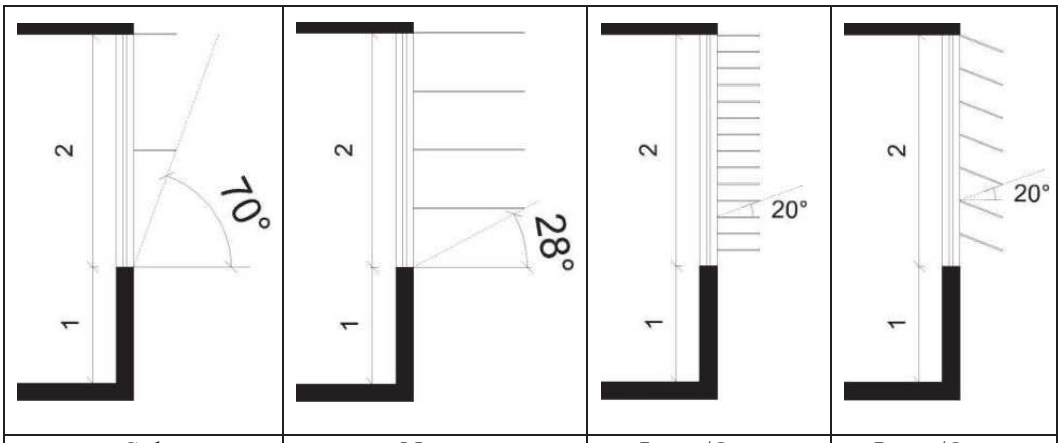


Figura 4 – Cortes esquemáticos com brises soleil simulados, de acordo com a angulação α (acervo da pesquisa, 2019).

Destaca-se que os brises foram incorporados em toda a fachada do edifício, visto que há outras salas de aula na mesma orientação. Os coeficientes de reflexão utilizados nas superfícies internas foram: 0,1 para o piso; 0,9 para o teto; 0,6 para a parede e 0,6 para os brises, representando um ambiente educacional padrão. Na janela utilizou-se vidro comum com refletância 0,1.

O software TropLux utilizado trata-se da versão 7.3.2, o qual permite somente a simulação dos 15 tipos de céus da CIE (Commission Internationale L´aclairage). Desta forma, nas simulações foram considerados dois tipos de céu de acordo com a CIE: céu 7 (parcialmente nublado) e céu 12 (claro), os quais apresentam valores médios e máximos de iluminância de acordo com Laranja (2010). Estes céus são os que mais se aproximam das características de céus da cidade de Vitória – ES, de acordo com Michel e Laranja (2020). As autoras, porém, esclarecem que há uma maior ocorrência da condição parcialmente nublado em grande parte do ano na cidade de Vitória - ES, mas apontam também a ocorrência de outras tipologias de céus, uma vez que o dinamismo é uma característica da iluminação natural. Para a análise dos resultados, os dados foram organizados em gráficos utilizando os valores obtidos com as simulações.

Na primeira etapa, para as orientações Norte e Sul, os resultados das simulações do ambiente com brises foram comparados com a mesma sala considerando a inexistência dos brises. Já na segunda etapa, para as orientações Leste e Oeste, foram comparadas as situações de ausência dos brises, com os brises horizontais e com os brises inclinados.

Foram calculados valores de iluminância médias diárias para cada um dos pontos no período de um ano. Estes valores da iluminância foram analisados em função dos intervalos das UDI (Useful Daylight Illuminances), propostos por Nabil e Mardaljevic (2006). Os intervalos propostos são: até 100lx = insuficientes; entre 100lx e 500lx = suficientes, mas com necessidade iluminação complementar; entre 500lx e 2000lx = suficiente; acima de 2000lx = excessivos. Segundo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 para qualquer ambiente, exigem-se condições de iluminância apropriadas ao trabalho visual a ser realizado. Desta forma, por ser um ambiente escolar, deve haver uma quantidade de luz ideal entre 500lx (salas de aula) e 750lx (salas de desenho técnico) (ABNT, 2013).

No caso do índice de uniformidade, segundo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 a uniformidade da iluminância na tarefa não pode ser menor que 0,7 e no entorno imediato, não pode ser inferior a 0,5. Na análise da uniformidade foram utilizados os valores das médias de iluminância dos solstícios e equinócios, de hora em hora, das 8h00 às 16h00, onde os valores encontrados foram então comparados ao valor mínimo aceitável de 0,5 para uniformidade.

4. RESULTADOS

De acordo com a Figura 5, para a orientação Sul e céu 07 (parcialmente nublado), na situação do ambiente sem brise, observa-se que cerca de 20% a 30% do percentual de horas, entre todos os meses simulados, possui iluminância excessiva (E > 2000lux). Já na situação do ambiente com brise, nota-se que há uma pequena redução neste intervalo. Ainda na Figura 5, sem o dispositivo sombreador, cerca de 30% a 35% de horas no período avaliado encontram-se no intervalo suficiente (500 ≤ E ≤ 2000lux), e no intervalo das UDI suficientes, mas com necessidade iluminação complementar (100 ≤ E ≤ 500lux), este percentual encontra-se entre 30% e 50%. Com a inserção dos brises, estes dois intervalos sofreram um pequeno aumento nestes percentuais também para todos os meses do ano. Em ambos os casos não há percentuais que se aproximam do intervalo (100lux < E). Conclui-se que não houve alteração significativa nos intervalos avaliados, mantendo-se o ambiente praticamente com as mesmas características lumínicas. Diante do exposto, é questionável a real necessidade de inserção de dispositivos tipo brise em ambientes orientados para Sul em localidades do tipo céu 07 (parcialmente nublado), em função do pequeno aumento de performance lumínica do ambiente com o uso de brises, visto que em ambos os casos será necessário complementar a iluminação natural com a artificial.

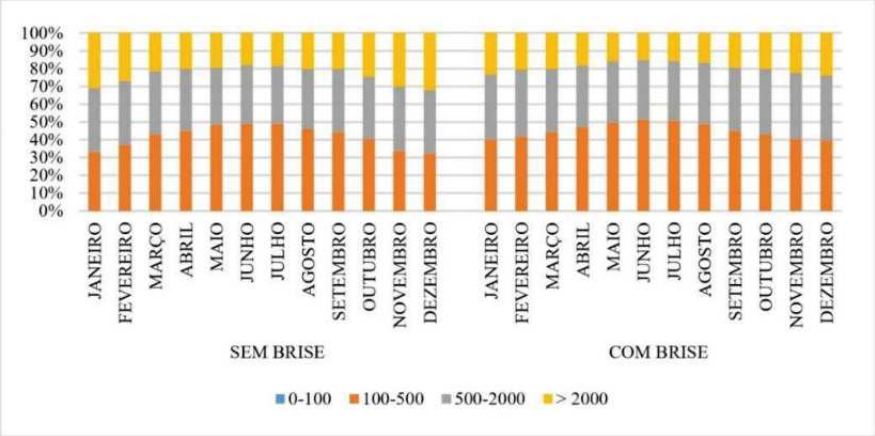


Figura 5 – Iluminância para o céu 07 (parcialmente nublado), orientação Sul (acervo da pesquisa, 2018).

De acordo com a Figura 6, para a orientação Sul e céu 12 (claro), na situação do ambiente sem brise, observa-se que cerca de 5% a 25% do percentual de horas avaliados, entre todos os meses simulados, possui iluminância excessiva (E > 2000lux). Destaca-se que janeiro e dezembro são os meses com percentual mais elevado e o mês de junho possui percentual de horas mais baixo para essa condição. Já na situação do ambiente com brise, nota-se que há redução no excesso de iluminância e o percentual passa a ser entre 0% a 20%, sendo os meses de junho e julho os que possuem percentual de horas inexistente do intervalo da UDI excessivo (E > 2000lux). Ainda na Figura 6, sem o dispositivo, observa-se que cerca de 40% de horas encontram-se no intervalo suficiente (500 ≤ E ≤ 2000lux), já no intervalo das UDI suficientes, mas com necessidade iluminação complementar (100 ≤ E ≤ 500lux), este percentual encontra-se entre 35% e 50%. Com a inserção dos brises, estes dois intervalos sofreram um pequeno aumento nestes percentuais, também para todos os meses do ano. Não há percentuais que se aproximem do intervalo insuficiente (100lux < E). Conclui-se que não houve alteração significativa nos intervalos avaliados, mantendo-se o ambiente praticamente com as mesmas características lumínicas. Assim, questiona-se sobre a real necessidade de inserção de dispositivos de proteção solar em ambientes orientados para Sul em localidades do tipo céu 12 (claro), em função do pequeno aumento da performance lumínica do ambiente, visto que em ambos os casos será necessário complementar a iluminação natural com a artificial.

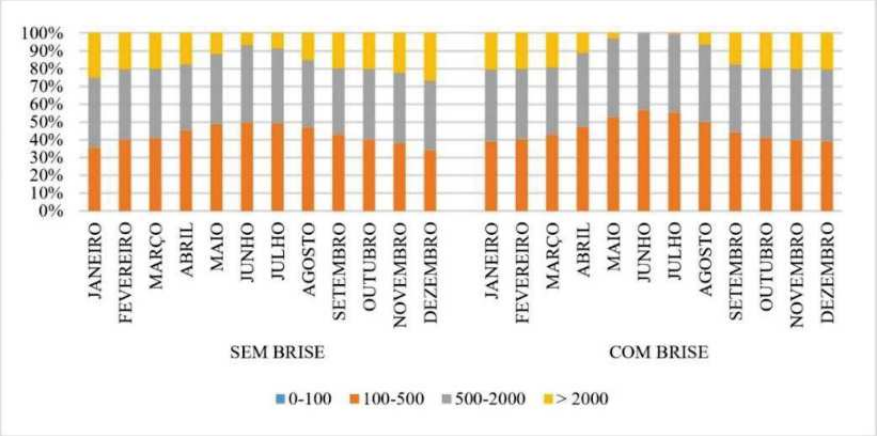


Figura 6 – Iluminância para o céu 12 (claro), orientação Sul (acervo da pesquisa, 2018).

De acordo com a Figura 7, para a orientação Norte e céu 07 (parcialmente nublado), na situação do ambiente sem brise, observa-se que cerca de 30% do percentual de horas possui iluminância excessiva (E > 2000lux). Já no ambiente com brise somente nos meses de menor altura solar, entre março e outubro, há ocorrência de iluminação excessiva em cerca de 10% do período analisado, comprovando a eficiência do sombreador. Ainda na Figura 7, observa-se que sem o dispositivo tipo brise, cerca de 30% a 35% de horas estão no intervalo suficiente (500 ≤ E ≤ 2000lux). Com o uso do brise estes percentuais aumentaram ao longo do ano, ocorrendo em cerca de 40% a 50% de horas do dia com iluminância suficiente, ou seja, sem necessidade de utilizar iluminação artificial. No que se refere ao intervalo da UDI suficientes, mas com necessidade iluminação complementar (100 ≤ E ≤ 500lux) com o uso do brise há um aumento do percentual presente neste intervalo em todos os meses do ano, o que significa que aumentou a necessidade do uso de iluminação artificial complementar em determinadas horas do dia. Desta forma, conclui-se que o brise colabora na redução da parcela excessiva de luz que gera ofuscamento, diminuindo a necessidade de utilizar cortinas, persianas ou outros elementos que bloqueiem a entrada de luz natural excessiva, reduzindo desta forma o contraste de luz no ambiente. Observa-se, porém, que para o ambiente com brise, há um aumento no intervalo da UDI suficientes, mas com necessidade iluminação complementar (100 ≤ E ≤ 500lux), acarretando na necessidade de complementação da iluminação natural em mais horas do dia. Apesar deste ponto negativo, acredita-se que ao longo do ano o uso das janelas sem elementos que bloqueiem a iluminação natural irá gerar uma melhora na eficiência energética da edificação por reduzir a necessidade de consumo de energia elétrica com iluminação artificial.

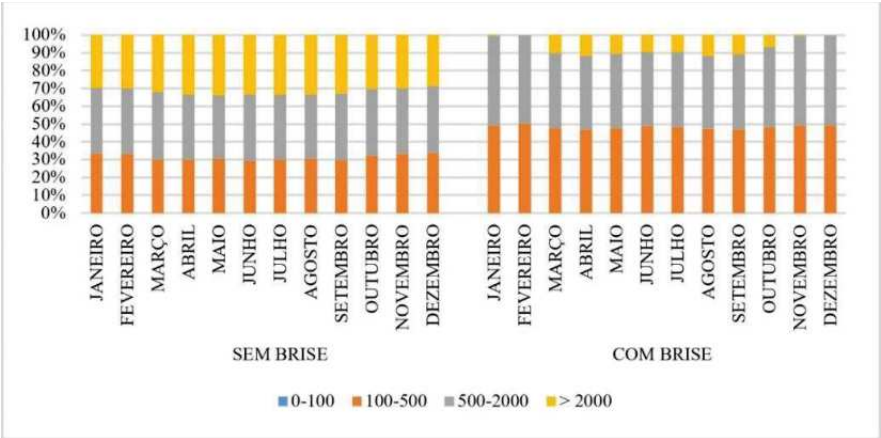


Figura 7 – Iluminância para o céu 07 (parcialmente nublado), orientação Norte (acervo da pesquisa, 2018).

De acordo com a Figura 8, para a orientação Norte e céu 12 (claro), na situação do ambiente sem brise, observa-se que cerca de 20% a 40% do percentual de horas possui iluminância excessiva (E > 2000lux). Já na situação do ambiente com brise, houve uma redução de quase 20% nestes percentuais. Com o dispositivo tipo brise, observa-se um pequeno aumento no percentual de horas no intervalo suficiente (500 ≤ E ≤ 2000lux) somente nos meses entre outubro a março, ao contrário de abril a setembro onde verifica-se uma redução do percentual neste intervalo. No intervalo da UDI suficientes, mas com necessidade iluminação complementar (100 ≤ E ≤ 500lux), com o uso do brise, é evidente que há um aumento do percentual presente neste intervalo em todos os meses do ano, principalmente nos meses de menor altura solar. Assim, este

aumento mais expressivo no intervalo (100 ≤ E ≤ 500lux) na situação com brise, acarretará maior necessidade do uso de iluminação artificial complementar, provavelmente nas áreas do ambiente que são mais profundas, ou seja, mais distantes da abertura. Não há percentuais que se aproximem do intervalo insuficiente (100lux < E). Desta forma, o grande benefício no uso do brise está no seu desempenho em reduzir a parcela excessiva de luz, próxima à abertura, a qual gera ofuscamento e grandes contrastes de luz no ambiente. Porém, apesar desta vantagem, observa-se que se agrava a necessidade de iluminação complementar em muitas horas do dia, o que provavelmente acontecerá nas áreas mais profundas do ambiente. Os resultados permitem afirmar que o uso do brise proporcionará um ambiente que não necessitará de persianas, cortinas ou películas para escurecimento dos vidros, os quais bloqueariam o acesso da iluminação natural no ambiente interno e, também, a visão para o ambiente externo.

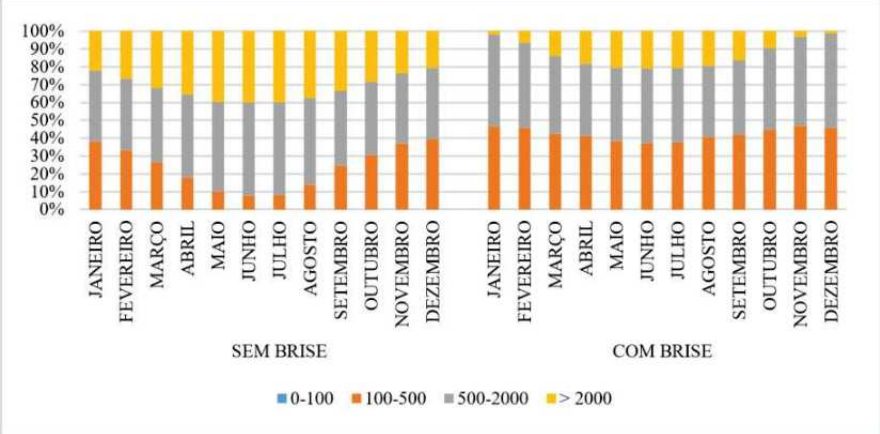


Figura 8 – Iluminância para o céu 12 (claro), orientação Norte (acervo da pesquisa, 2018).

Na Figura 9, para o céu 07 (parcialmente nublado) para as orientações Norte e Sul, para as datas simuladas (solstícios e equinócios), os resultados mostraram-se muito próximos, desta forma optou-se por utilizar apenas um gráfico de uniformidade para a orientação Sul e um outro gráfico para a orientação Norte. No gráfico onde se analisa a abertura orientada para Sul, sem e com brise, o índice de uniformidade é muito inferior à situação ideal e à situação aceitável. Já no gráfico onde a abertura está orientada para Norte, pode-se notar um aumento considerável no índice de uniformidade do ambiente. No entanto, essa uniformidade continua inferior ao ideal, porém se tornou mais próxima do valor aceitável. Conclui-se que a adoção do brise permite melhorar a uniformidade do ambiente, principalmente nas aberturas orientadas para Norte.

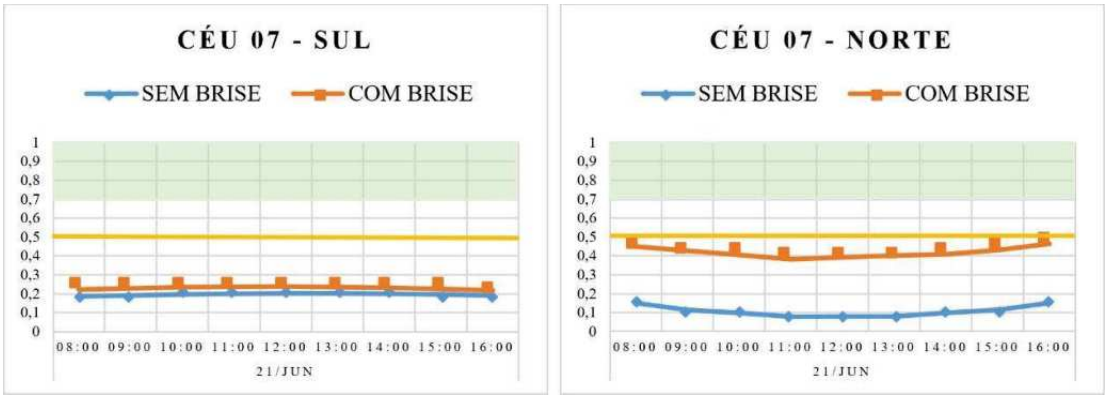


Figura 9 – Uniformidade do ambiente no céu 07 (parcialmente nublado) para as orientações Sul e Norte (acervo da pesquisa, 2018).

Na Figura 10, para a condição de céu 12 (claro), observa-se que para a orientação Sul, os resultados são semelhantes à orientação Norte. Pode-se notar que sem e com brise, o índice de uniformidade é inferior ao ideal, apesar de na situação com brise haver uma melhora insignificante no resultado. Conclui-se que para essas condições deve-se avaliar a real necessidade de inserção de dispositivos externos de sombreamento, em função do pequeno aumento de performance lumínica do ambiente.

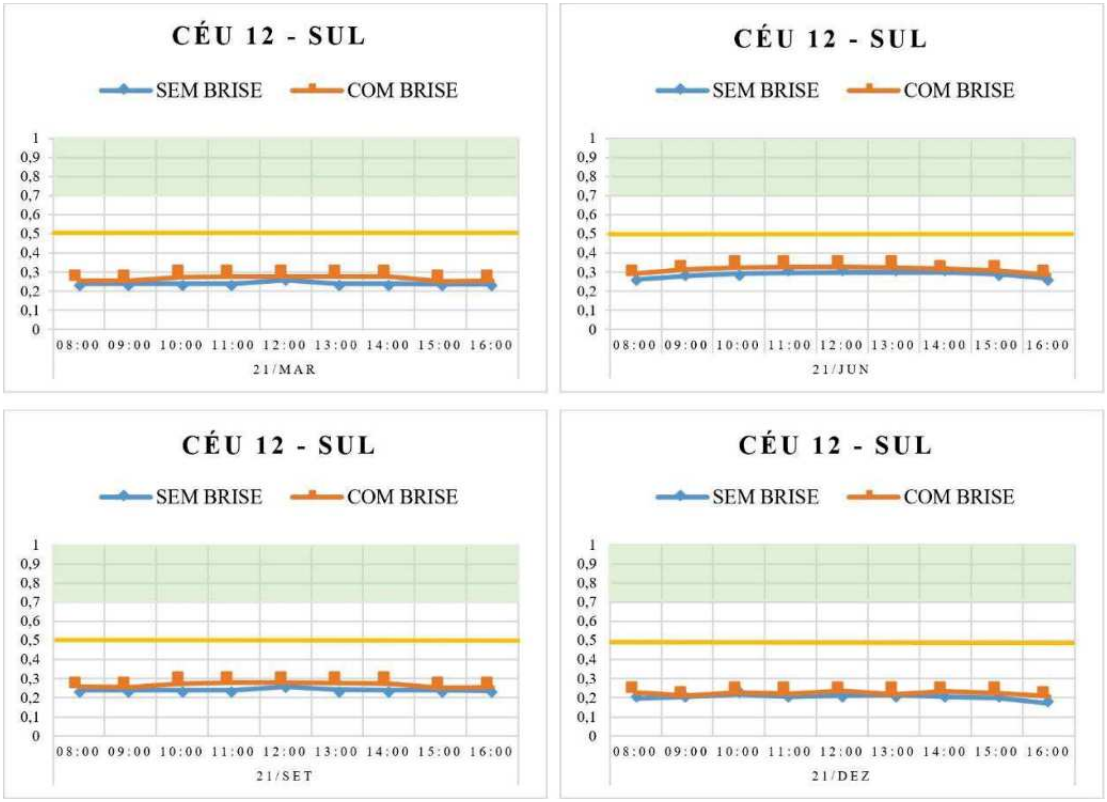


Figura 10 – Uniformidade do ambiente no céu 12 (claro) para a orientação Sul (acervo da pesquisa, 2018).

Na Figura 11, observa-se que para o céu 12 (claro) com orientação Norte, ao contrário da orientação Sul com o uso do brise, há uma redução no contraste lumínico do ambiente. Apesar de o índice continuar inferior ao ideal, ele se tornou mais próximo do valor aceitável. Desta forma, confirma-se o potencial do brise de melhorar a uniformidade do ambiente, principalmente nas aberturas orientadas para Norte, destacando ainda a melhor performance na época do Solstício de Inverno (21 de junho) em quase todos os horários do dia simulado.

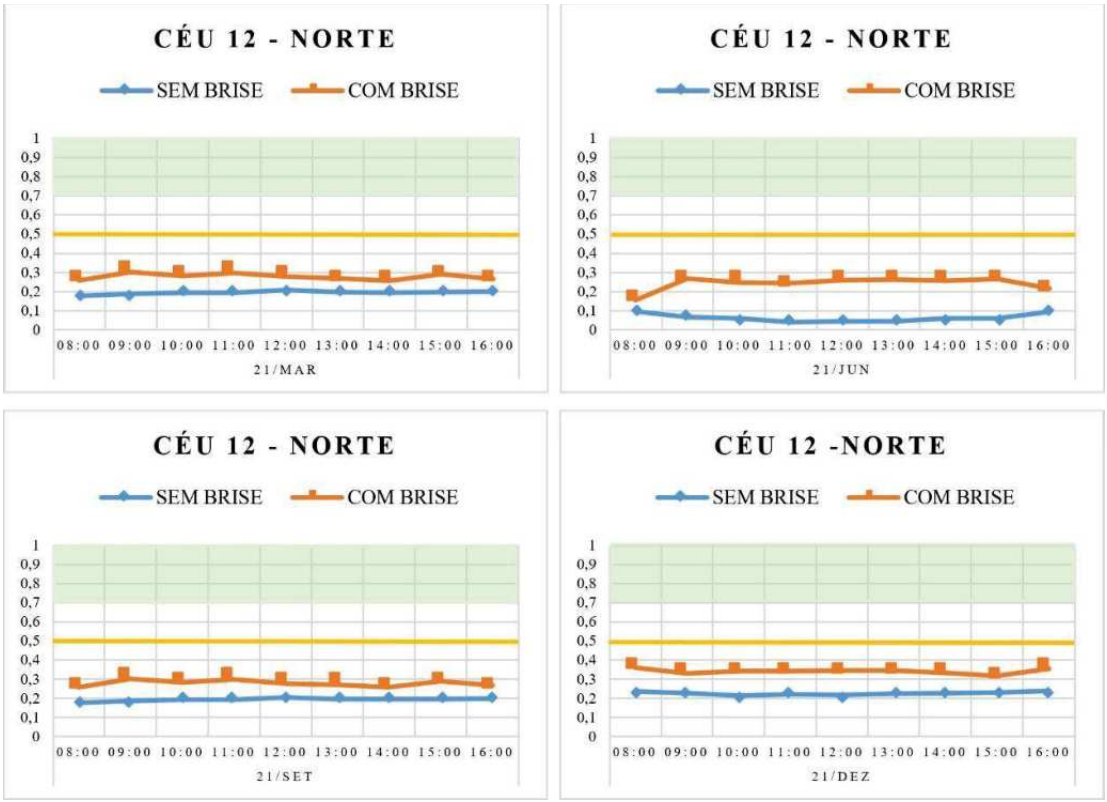


Figura 11 – Uniformidade do ambiente no céu 12 (claro) para a orientação Norte (acervo da pesquisa, 2018).

Para a orientação Leste e Oeste, em situação de céu 7 (parcialmente nublado) e céu 12 (claro), refletância 0,6, como já era esperado, o ambiente com brise horizontal e brise inclinado possuem uma performance superior ao ambiente sem brise ao reduzir os percentuais de iluminação excessiva (E > 2000lx) em todos os meses do ano.

Para a condição de céu 12 (claro) o uso do brise inclinado não traz alterações significativas nos intervalos da UDI quando comparado ao brise horizontal, Figura12. Todavia, a incorporação do brise inclinado garante maior economia em relação ao brise horizontal, devido ao menor número de lâminas instaladas, além de que há um aumento do ângulo de visão para o exterior.

No céu 7 (parcialmente nublado) o uso do brise inclinado aumenta o percentual de iluminação insuficiente (E < 100lx), quando comparado ao brise horizontal. Logo, nessa situação, é preferível utilizar o brise sem inclinação, conforme ilustra a Figura 13.

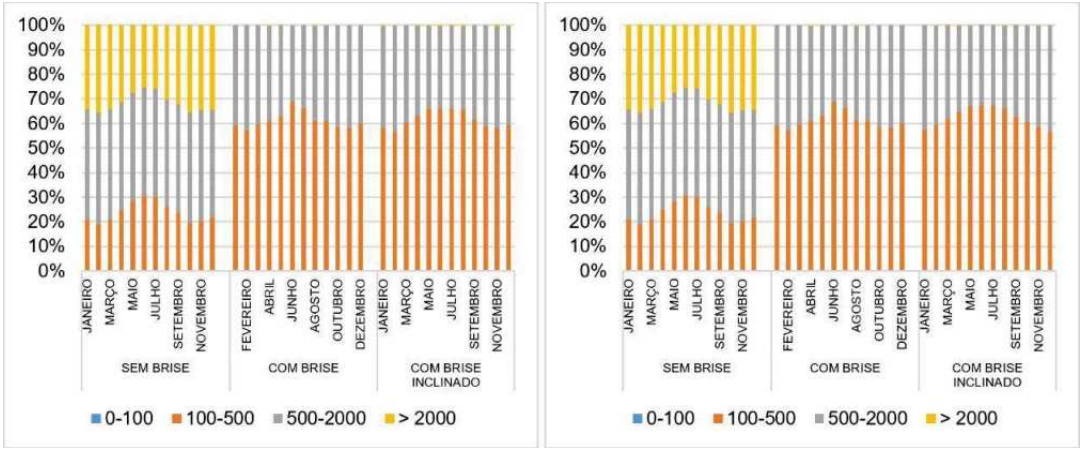


Figura 12 – Iluminância para o céu 12 (claro), orientações Leste (esquerda) e Oeste (direita) (acervo da pesquisa, 2018).

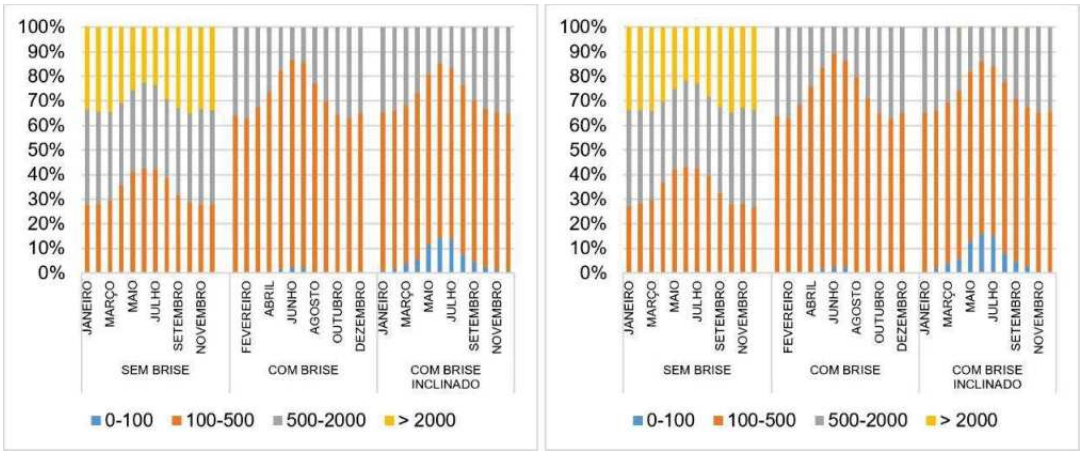


Figura 13 – Iluminância para o céu 07 (parcialmente nublado), orientações Leste e Oeste (acervo da pesquisa, 2018).

5. CONCLUSÕES

Para as condições de céu 7 (parcialmente nublado) e céu 12 (claro), na orientação Sul, há de se avaliar a real necessidade de inserção de dispositivos tipo brise, em função do pequeno aumento de performance lumínica do ambiente interno com o uso desse dispositivo de sombreamento, visto que nos dois casos – com e sem brise – será necessário complementar a iluminação natural com a artificial. Entretanto, para o céu 7 (parcialmente nublado) na orientação Norte, o brise colabora na redução da parcela excessiva de luz que gera ofuscamento, diminuindo a necessidade de utilização de elementos internos que bloqueiem a entrada de luz natural excessiva e a visão para o exterior, como por exemplo, cortinas e persianas. Para a condição de céu 12 (claro), na orientação Norte, o grande benefício do uso do brise também está no seu desempenho em reduzir a parcela excessiva de luz, próxima à abertura, a qual gera ofuscamento e grandes contrastes de luz no ambiente. Entretanto, neste caso, o uso do dispositivo agrava a necessidade de iluminação complementar em muitas horas do dia, especialmente nas áreas mais profundas do ambiente. Considerando que a cidade de Vitória - ES possui características de céu que se aproximam muito do parcialmente nublado, os resultados encontrados na simulação se aproximarão muito do esperado na prática.

No que se refere à uniformidade, para os dois tipos de céu considerados, verifica-se o potencial do brise em melhorar a uniformidade do ambiente, nas aberturas orientadas principalmente para Norte, havendo,

porém, insignificante alteração na orientação Sul. Vale lembrar que em nenhum dos casos o resultado atende ao mínimo estabelecido pela norma NBR ISO/CIE 8995-1 (2013).

Para a orientação Leste e Oeste, para todos os céus analisados, ambientes com brise, sejam eles horizontais ou inclinados, tendem a ter uma performance superior ao ambiente sem brise ao reduzir a iluminação excessiva em todos os meses do ano, colaborando desta forma no controle do ofuscamento. Observa-se também que ambientes em condições de céu 12 (claro), não possuem alterações significativas nas performances entre os brises inclinados e horizontais, sendo assim, a incorporação do brise inclinado garante maior economia em relação ao brise horizontal, devido ao menor número de lâminas instaladas além de que há um aumento do ângulo de visão para o exterior, permitindo com isso, o acesso visual ao ambiente externo, com maior integração entre o espaço externo e interno, o que confere uma sensação de satisfação melhor para o usuário. Já para o céu 7 (parcialmente nublado) o uso do brise horizontal apresenta performance superior ao brise inclinado.

Por fim, vale ressaltar que esta pesquisa é exploratória e válida para o ambiente específico aqui estudado. Não foram consideradas as interferências da configuração urbana do entorno, bem como variações das características internas do ambiente como: as refletâncias das superfícies internas, proporções do ambiente e tipos variados de vidro. Destaca-se, ainda, que os resultados obtidos foram feitos a partir da simulação com o TropLux 7.3.2, o qual ainda não utilizava céu dinâmico com as características climáticas de Vitória - ES. A nova versão do TropLux, lançada em 2020, já permite a simulação com céu dinâmico de Vitória - ES, a qual será aplicada como continuidade desta pesquisa. O cálculo da uniformidade foi realizado apenas para os solstícios e equinócios, para trabalhos futuros considera-se uma análise mais abrangente, para todo o ano, assim como, a incorporação de análises de suficiência de luz natural por meio da métrica DA (Daylight Autonomy) e do desconforto visual de áreas expostas à luz solar por métrica ASE (Annual Sunlight Exposure). Como complementação aos resultados aqui encontrados. Enfatiza-se que este trabalho foi realizado com um número reduzido de modelos de brise soleil para orientações específicas e os resultados não devem ser generalizados a outras orientações, cabendo analisar a real necessidade de incorporar dispositivos sombreadores para cada orientação de fachada com vistas a melhora do conforto lumínico do usuário bem como mitigação do consumo de energia elétrica com iluminação artificial. Por fim ressalta-se que os resultados obtidos são um incentivo para a continuidade dos estudos, utilizando outros tipos de dispositivos sombreadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. (NBR 15215-4).

CUNHA, Eduardo Grala da. **Mitos e verdades sobre o brise-soleil: da estética à eficiência energética**. 2011. Arquitetura revista. Vol. 7, n. 1, p. 73-80, jan/jun 2011. Disponível em: http://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/viewFile/1279/339. Acesso em: 31 nov. 2018.

FIUZA, J. M. **Influência de elementos de proteção solar horizontais aplicados a aberturas laterais, na admissão e distribuição da luz natural**. 2008. 184f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008. Área de Concentração Comportamento Ambiental e Eficiência Energética.

GREGÓRIO, C., BASSO, A. A. (2005). **Apropriação e eficiência dos brise-soleil: o caso de Londrina (PR)**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 29-45, out./dez. 2005.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação natural**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975.

LARANJA, A. C. **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. 2010. 285 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

KHADEMAGHA, P. et al**. Implementing non-image-forming effects of light in the built environment: A review on what we need**. Building and Environment, v. 108, p. 263–272, nov. 2016. http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.08.035.

MAJOROS, András (1998). **Daylighting. Série Design tools and techniques**. PLEA Notes, n° 4, Ed. Universidade de Queensland, Austrália.

MAPELLI-BASILIO, Yulli; LARANJA, Andréa. **Iluminação natural no processo de projeto de edificações escolares**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2020.

MARTAU, Betina Tschiedel; SCARAZZATO, Paulo Sérgio. **Impactos não visuais da iluminação**. Editado por ENCAC X. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Natal, 2009.

MICHEL, M. V.; LARANJA, A. C. **Condições e tipos de céu para simulações de iluminação natural com céu estático**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 11, p. e020001, 2020. DOI: 10.20396/parc.v11i0.8652766. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652766. Acesso em: 21 jun. 2021.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. **Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors**. Energy and Buildings, London: Elsevier, v.38, p. 1343-1348, 2006.

TOLEDO, G. E, CÁRDENAS, O. F. **Análise dos efeitos visuais e não visuais da iluminação natural: benefícios e estratégias. Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**. P.113- 119, 2015. Mackenzie.