



## **VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DA PRATELEIRA DE LUZ EM ESCRITÓRIO DE CIDADE DE BAIXA LATITUDE**

**Mariana Vallory Michel (1); Andréa Coelho Laranja (2)**

(1) arquiteta e urbanista, pós-graduada em gestão de projetos e em design de interiores; mestranda bolsista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, [marianavallory@yahoo.com.br](mailto:marianavallory@yahoo.com.br)

(2) D.Sc, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, [andreacoelholaranja@gmail.com](mailto:andreacoelholaranja@gmail.com)  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Laboratório de Planejamento e Projetos, Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória - ES, 29075-910, Tel.: (27) 4009-2581.

### **RESUMO**

Muitos prédios comerciais são construídos com janelas em fita sem qualquer tipo de sombreamento. Os dispositivos de sombreamento são essenciais para locais que recebem muita incidência solar, mas, ao mesmo tempo, a claridade é essencial para o desempenho de atividades laborativas. Dessa forma, o objetivo deste artigo é verificar o desempenho da prateleira de luz em contribuir para a melhoria da qualidade lumínica no interior do ambiente de escritório de uma cidade de baixa latitude, analisando possíveis potencialidades desse dispositivo de sombreamento. Para isso, foram analisados os seguintes aspectos através de simulações no programa TropLux 7.3.2: (1) iluminância máxima; (2) iluminância mínima; (3) uniformidade ao longo do ano; e (4) decaimento da iluminância por intermédio da curva isolux. O recorte territorial escolhido foi Vitória (LAT 20°19'S). Para as simulações, foi utilizado o modelo de céu 7 (parcialmente encoberto) da *International Commission on Illumination* (CIE) considerando as orientações mais adequadas ao tipo de dispositivo de sombreamento estudado e ao bioclima do local de estudo: Norte e Sul. Como critérios de análise, foram consideradas as normas brasileiras e comparações de resultados do ambiente com abertura com e sem prateleira de luz. Os resultados compilados revelam que de 24 cenários analisados, a prateleira de luz com as configurações do projeto de estudo atende normativamente a apenas 8%, porém consegue ter desempenho superior à configuração de janela sem dispositivo de sombreamento em até 83% dos casos. Como principal conclusão, verificou-se que essa prateleira de luz é capaz de reduzir consideravelmente a iluminância inicial e de aumentar a uniformidade lumínica em 100% dos cenários analisados, mas é incapaz de incrementar o nível de luz natural no final do ambiente e de prolongar a luz no interior do ambiente em mais de 60% dos casos.

Palavras-chave: prateleira de luz; iluminação natural; desempenho lumínico.

### **ABSTRACT**

Many commercial buildings are built with windows on tape without any kind of shading. Shading devices are essential for locations that receive a lot of sunlight, but, at the same time, clarity is essential for the performing work activities. Thus, the objective of this paper is to verify the performance of the light shelf in contributing to the improvement of light quality within the office environment of a low latitude city, analyzing possible potentials of this shading device. For this, the following aspects were analyzed through simulations in the program TropLux 7.3.2: (1) maximum illuminance; (2) minimum illuminance; (3) uniformity throughout the year; and (4) decay of the illuminance through the isolux curve. The chosen territorial cut was Vitória (LAT 20°19'S). For the simulations, it was used model 7 (partly covered) of the *International Commission on Illumination* (CIE), considering the most appropriate orientations for the type of shading device studied and the bioclimate of the study site: North and South. As analysis criterions, they were considered brazilian norms and comparisons of results of the environment with window with and without light shelf. The compiled results reveal that of 24 analyzed scenarios, the light shelf with the study design configurations meets normatively only 8%, but it can perform better than the window configuration without a shading device in up to 83% of the cases. As a main conclusion, it was verified that this light shelf is able to considerably reduce the initial illuminance and to increase the light uniformity in 100% of the analyzed scenarios, however it is incapable to increase the level of natural light at the end of the environment and to prolong the light inside the environment in more than 60% of cases.

Keywords: lightshelf; daylighting; light performance.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o Movimento Moderno, quando a temática do conforto dos usuários no ambiente construído passou a ser enaltecida nas discussões projetuais, os dispositivos de proteção solar vêm sendo abordados como uma das principais soluções nesse sentido.

No cenário normativo, tem-se a Norma Brasileira 15.220-3 (ABNT, 2003) que dá diretrizes quanto à necessidade de sombrear as aberturas ou de permitir a incidência solar no ambiente. Há basicamente duas opções: as que precisam ser sombreadas o ano todo e as que necessitam de entrada de luz natural durante os períodos frios. A primeira, característica das latitudes mais baixas, é a mais típica no país e representa cinco das oito zonas bioclimáticas brasileiras. Dessas cinco, a zona 8 contempla a maior quantidade de cidades, entre as quais se encontra Vitória (ES).

Dentre os dispositivos de proteção solar, as prateleiras de luz são destacadas neste artigo para ambientes corporativos de locais de baixa latitude por proverem uma estratégia diferenciada de controle da luz natural em países com grande exposição à luz solar. Isso acontece por elas permitirem a entrada de luz de forma refletida na parte acima da prateleira, bem como por reterem parte da incidência solar através do sombreamento da parte debaixo dela. Dessa forma, a prateleira consegue sombrear a abertura garantindo uma luminosidade interna ao prover luz refletida em vez da indesejada luz direta da abóboda celeste (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014; BAKER; STEEMERS, 2002; VIANNA; GONÇALVES, 2001).

Baker e Steemers (2002) e Lamberts, Dutra e Pereira (2014) concordam que as prateleiras de luz têm como peculiaridade principal a melhoria da distribuição da luz natural no ambiente, prolongando a disponibilidade lumínica internamente (figura 1). Isso acontece por a prateleira reduzir bruscamente a incidência de luz diurna inicial e por sua configuração permitir maior reflexão da luz natural pelo teto. Para isso, no entanto, estabelece-se como premissa o posicionamento da prateleira acima do nível dos olhos dos usuários (figura 2).

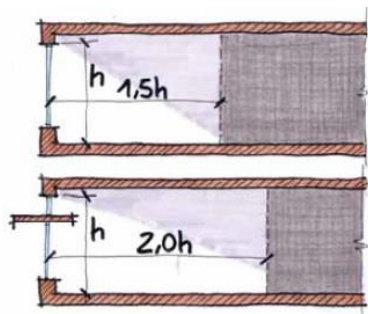


Figura 1 – Prateleira de luz: prolongamento da luz natural (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

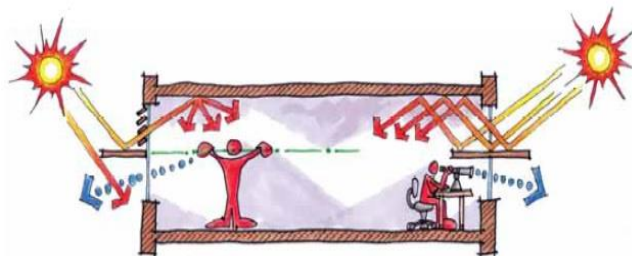


Figura 2- Prateleira de luz acima do nível dos olhos e refletindo luz natural pelo teto (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Ainda que o uso de prateleira de luz possibilite um incremento da iluminação natural no ambiente, Baker e Steemers (2002) ponderam que isso só se valida quando também ocorre uma melhoria na uniformidade dessa luz – o que tende a ser o mais provável quando se diminui a iluminância máxima e se aumenta a mínima. Assim, consolida-se um ambiente melhor iluminado, mais compatível ao desempenho de atividades laborativas e com menos probabilidade de necessidade de complementação da iluminação natural com a artificial.

Paralelamente, Ochoa e Capeluto (2006) advertem que há controvérsias quanto ao incremento de luz no fim do ambiente pela prateleira de luz e que nem sempre as prateleiras conseguem melhorar as condições de luminosidade do ambiente e de sua eficiência energética. Os autores acrescentam que o melhor desempenho das prateleiras ocorre quando as mesmas recebem luz solar direta por cima delas. Soler e Oteiza (1996; 1997) e Claros e Soler (2002) complementam citando que a eficácia da prateleira de luz depende da altura solar, da época do ano e das características das superfícies de refletância. Quanto às refletâncias das superfícies, Vianna e Gonçalves (2001) recomendam que o teto seja preferencialmente branco; os dispositivos e paredes, claros; e o piso, livre por ter pouca contribuição na luz refletida frente à quantidade de luz incidente na área de trabalho.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é verificar o desempenho da prateleira de luz em contribuir para a melhoria da qualidade lumínica no interior do ambiente de escritório de uma cidade de baixa latitude, focando em quatro possíveis capacidades da mesma: redução considerável da iluminância no início do ambiente; incremento do nível de luz natural no final do ambiente; aumento da uniformidade lumínica; e prolongamento da luz no ambiente.

### 3. MÉTODO

#### 3.1. Objeto de estudo

O ambiente de estudo simula um escritório em Vitória/ES (latitude 20° 19') pertencente a zona bioclimática 8, cuja recomendação normativa é de sombreamento das aberturas durante o ano todo. No interior desse ambiente, foi organizada uma malha central de sete pontos de medição equidistantes alinhados ortogonalmente à janela conforme as figuras 3, 4 e 5. As refletâncias foram: parede 0,6; teto 0,8; e piso 0,2 e prateleira de luz 0,8. A prateleira foi locada conforme orientação de Lamberts, Dutra e Pereira (2014) ficando acima do nível dos olhos do padrão de brasileiros.

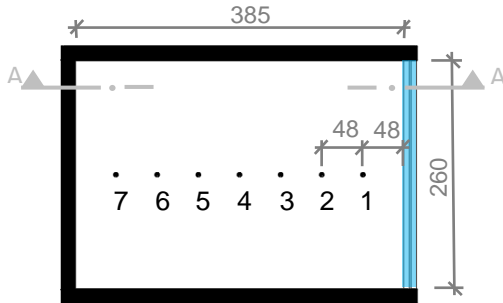


Figura 3 - Planta baixa - sem escala.

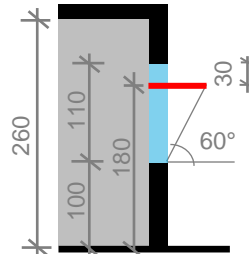


Figura 4 - Corte A - sem escala.

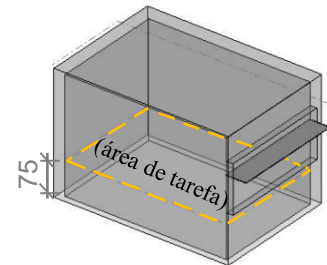


Figura 5 - Perspectiva.

#### 3.2. Simulações

As simulações foram realizadas no programa TropLux considerando o céu 7 (parcialmente nublado) da CIE 150 (*International Commission on Illumination*, 2003). Esse modelo de céu foi usado por ser o de iluminância mediana entre os quinze existentes (LARANJA, 2010). Acrescenta-se que o *software* escolhido se baseia em métodos que associam princípios estatísticos (Monte Carlo e Raio Traçado) com os cálculos de iluminação natural (CABÚS; VÍTOR, 2015; CABÚS, 2002). Além disso, para as simulações, utilizaram-se duas configurações de janela: a) sem dispositivo de sombreamento (SD); e b) com prateleira de luz (PL).

#### 3.3. Etapas da metodologia

Como critério de recorte do estudo, optou-se por utilizar as orientações que proovessem o melhor desempenho lumínico às prateleiras de luz para os horários de maior incidência lumínica nas principais datas solares do ano. Isto é, as melhores opções de inserção da prateleira de luz para as situações mais críticas lumínicamente no ano. Com essas premissas, as orientações Norte e Sul foram selecionadas.

Dessa forma, organizou-se a metodologia em quatro etapas: (1) seleção dos horários de maior incidência luminosa por orientação; (2) análise de iluminâncias máxima e mínima, e uniformidade da malha dos pontos de medição ao longo do ano; (3) análise do decaimento da iluminância pontualmente dentro do ambiente (curva isolux) nos equinócios e solstícios; e (4) compilação dos dados das etapas 2 e 3.

A etapa 1, de identificação do horário de maior iluminância de cada orientação, foi feita a partir da compilação dos resultados das iluminâncias máximas da malha de pontos de medição em tabelas separadas por orientação. Essas tabelas para Sul e Norte foram organizadas considerando os dias 22 dos equinócios e solstícios nos horários de 7h às 17h (ABNT, 2005). As simulações exclusivamente desta etapa consideraram apenas a configuração de janela SD por representar a configuração original da sala e por servir como referencial comparativo dos resultados da prateleira de luz.

Na etapa 2, as iluminâncias máximas e mínimas e as uniformidades das configurações SD e PL foram obtidas para Sul e Norte para o horário de maior incidência lumínica dos dias 22 de cada mês. Esses resultados foram compilados em gráficos que possuíram como base a malha de pontos de medição. A uniformidade encontrada foi resultante da razão entre a iluminância mínima e a média das iluminâncias de cada dia analisado (ABNT, 2013).

Na etapa 3, as iluminâncias das curvas isolux foram obtidas através da mesma base dados da etapa 2, porém o diagnóstico foi feito ponto a ponto do primeiro ao sétimo e foi mais restritivo em termos de data, usando apenas: 22/06; 22/12; 22/03 e 22/09 – respectivamente: solstícios de inverno e de verão; e equinócios de outono e de primavera (ABNT, 2005). Tais dados foram trabalhados e apresentados em forma de gráficos.

Nos gráficos das etapas 2 e 3, foi usada uma linha auxiliar com a variação percentual (VP) dos resultados de PL em relação a SD, mostrando o quanto eles foram maiores ou menores. O cálculo que norteia VP é uma regra de três simples, na qual a incógnita é a variação desejada. VP positivo significa que o resultado foi ao encontro do esperado da capacidade da PL (expresso no objetivo); e negativo, o contrário.

Na etapa 4, os resultados das etapas 2 e 3 foram compilados em uma única tabela, restringindo-se aos solstícios e equinócios. Esses dados foram organizados em linhas com as quatro possíveis capacidades da prateleira de luz indicada no objetivo subdivididas por época do ano. Quanto as colunas, a tabela foi organizada por orientação e subdividida em resultados de SD, PL e “PL em relação a SD”. Em SD e PL, foi indicado se o item analisado atendeu ou não ao parâmetro normativo. “SD em relação a PL” foi subdividido em 3 colunas, uma inferindo se PL reduziu ou aumentou o item verificado em relação à SD; a outra com a porcentagem respectiva de variação relativa; e a terceira mostrando se correspondeu ao esperado da capacidade de PL prevista no objetivo. Essas porcentagens expostas em “SD em relação a PL” representam a compilação dos dados dos gráficos das etapas 2 e 3 com o recorte temporal dos solstícios e equinócios.

### 3.4. Critérios e parâmetros de análise

Para a análise do desempenho lumínico da prateleira de luz, foram adotados dois critérios: o atendimento às normas brasileiras e o desempenho relativo tendo como referência o projeto padrão. Este serviu como referência em termos comparativos - por esse motivo que as simulações foram realizadas para a configuração de janela com e sem prateleira de luz para todos os cenários analisados.

Com relação aos parâmetros de análise normativos, adotou-se para a uniformidade o valor mínimo de tarefa de 0,6. Esse valor é o adotado pela NBR ISO 8995-1 (ABNT, 2013) como o indicado para áreas de trabalho sem definição de locais precisos de trabalho cujas localizações podem ser estendidas até os limites da sala de escritório. Esse valor, segundo a norma, revela-se suficiente para alcançar a uniformidade mínima de 0,7 nos locais de trabalho individuais.

Para as iluminâncias máxima e mínima, adotou-se 200 a 750 lx como faixa de desempenho desejada por compreender as iluminâncias recomendadas para atividades previstas em escritório na norma brasileira específica de iluminação de interiores de ambientes de trabalho: NBR ISO 8995-1 (ABNT, 2013). Já para o decaimento da iluminância pontualmente no ambiente interno, adotou-se a referência de disponibilidade de luz desejável (200 a 750 lx) até duas vezes a altura do piso à parte superior da janela (“h”) na profundidade do cômodo conforme previsto para a prateleira de luz por Lamberts, Dutra e Pereira (2014) (figuras 6 e 7). No caso específico do projeto de estudo, “2h” representa uma medida que comporta todo o ambiente por ser maior que o mesmo e é avaliado no ponto 7 por ser o último da malha.

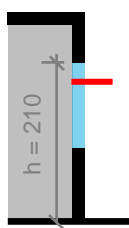


Figura 6 – “h” do projeto de estudo em corte.

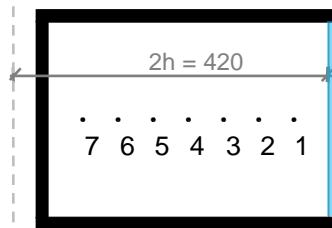


Figura 7 – “2h” do projeto de estudo em planta.

## 4. RESULTADOS

A seguir os resultados lumínicos internos serão apresentados em três etapas:

1. iluminâncias máximas da malha dos pontos de medição para as orientações Sul e Norte da janela SD;
2. grandezas lumínicas das janelas SD e com PL com a variação percentual dos resultados desta em relação àquela por orientação, sendo organizados pelos seguintes itens:
  - iluminação máxima da malha ao longo do ano;
  - iluminação mínima da malha ao longo do ano;
  - uniformidade da malha ao longo do ano;
  - decaimento da iluminância pontualmente dentro do ambiente nos solstícios e equinócios;
3. compilação dos dados da segunda etapa de exposição dos resultados (solstícios e equinócios).

### 4.1. Seleção do horário de maior iluminância por orientação

Essa etapa possibilitou a identificação do horário mais crítico das principais datas solares de cada orientação tendo como base o ambiente referencial sem dispositivo de sombreamento: 12h para ambas as orientações (destaque de vermelho - tabelas 2 e 3). Esse resultado foi utilizado para as etapas subsequentes.

Tabela 2– Sul: iluminâncias máximas por hora dos solstícios e equinócios (lx).

	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
<b>Solstício inv.</b>	606,4	1822,8	2693,7	3244,3	3547,9	3644,3	3547,8	3244,2	2693,8	1823,4	606,8
<b>Equinócios</b>	1742,3	3173,4	4259,6	4988,7	5403,7	5428,2	5402,2	4986,3	4275,2	3178,7	1742,8
<b>Solstício verão</b>	4446,5	5167,8	6677,7	7597,1	8152,5	8229,4	8189,9	7599,8	6769,0	5223,1	3293,6

Tabela 3 – Norte: iluminâncias máximas por hora dos solstícios e equinócios (lx).

	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
<b>Solstício inverno</b>	786,3	2897,0	8911,3	16106,7	21446,0	23872,2	21617,8	16065,0	9022,1	2899,3	789,1
<b>Equinócios</b>	1895,8	4052,7	6336,5	23035,3	30131,7	33324,6	30755,0	24104,0	14087,8	4020,1	1900,9
<b>Solstício verão</b>	2381,9	3785,8	5193,7	6417,2	7176,2	7456,8	7179,8	6412,2	5197,6	3777,2	2381,8

## 4.2. Disponibilidade da luz no ambiente interno

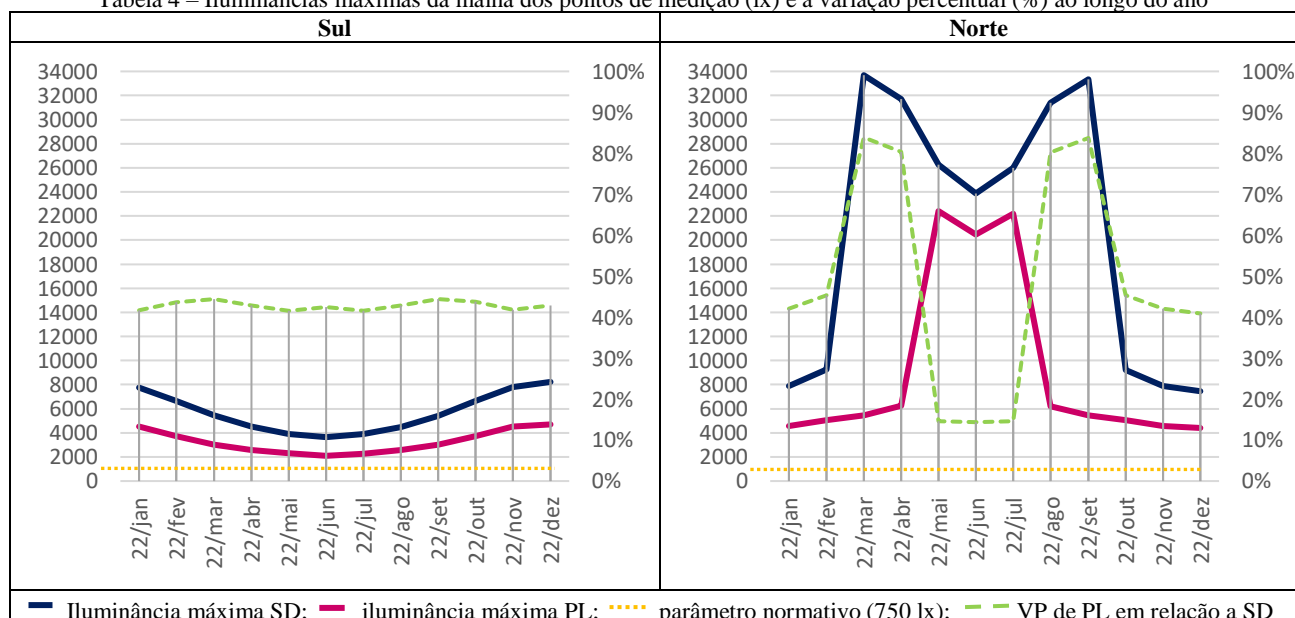
Os resultados de iluminância máxima, iluminância mínima e uniformidade ao longo do ano; e decaimento da iluminância pontualmente dentro do ambiente nos solstícios e equinócios são apresentados a seguir.

### • Iluminância máxima

As simulações da tabela 4 mostram as iluminâncias máximas da malha dos pontos de medição para as configurações de janela sem dispositivo (SD) e com prateleira de luz (PL) das orientações Sul e Norte ao longo do ano. A PL não alcança a zona recomendável de iluminância, ficando com seus valores ainda muito acima do máximo desejado (750 lx). Porém, analisando a variação percentual (VP), percebe-se que a PL consegue reduzir significativamente a iluminância do início do ambiente quando comparada ao SD.

Com os resultados da tabela 4, pode-se inferir que a PL consegue prover certa estabilidade lumínica para as situações em que a radiação incide diretamente na fachada e enquanto as alturas solares são altas. Considerando os dados de SD, nota-se, pois, que a potencialidade máxima da PL é revelada nos equinócios (84%) e a mínima no solstício de inverno (14%) ambos na orientação Norte. Na Sul, seu comportamento lumínico é bem mais estável devido à predominância da incidência solar indireta na fachada. Verifica-se inclusive que, conforme há uma aproximação do mês de dezembro, mês em que toda trajetória solar é 100% incidente diretamente nessa fachada para a latitude de Vitória (figura 8), as iluminâncias aumentam gradualmente. Por outro lado, não é perceptível a influência da altura solar na fachada Sul, uma vez que suas melhores performances lumínicas ocorrem nas alturas solares mais baixas. Em suma, evidencia-se que a PL não atinge valores normativos na iluminância inicial do ambiente, porém é bastante eficiente quando comparada ao SD, tendo uma performance mais estável para Sul e mais oscilante para Norte.

Tabela 4 – Iluminâncias máximas da malha dos pontos de medição (lx) e a variação percentual (%) ao longo do ano



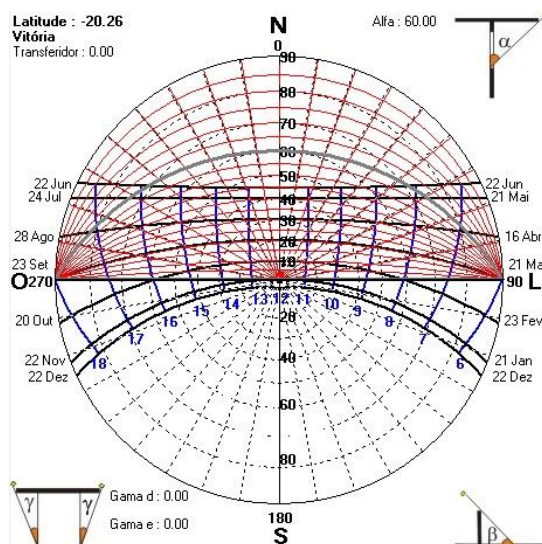


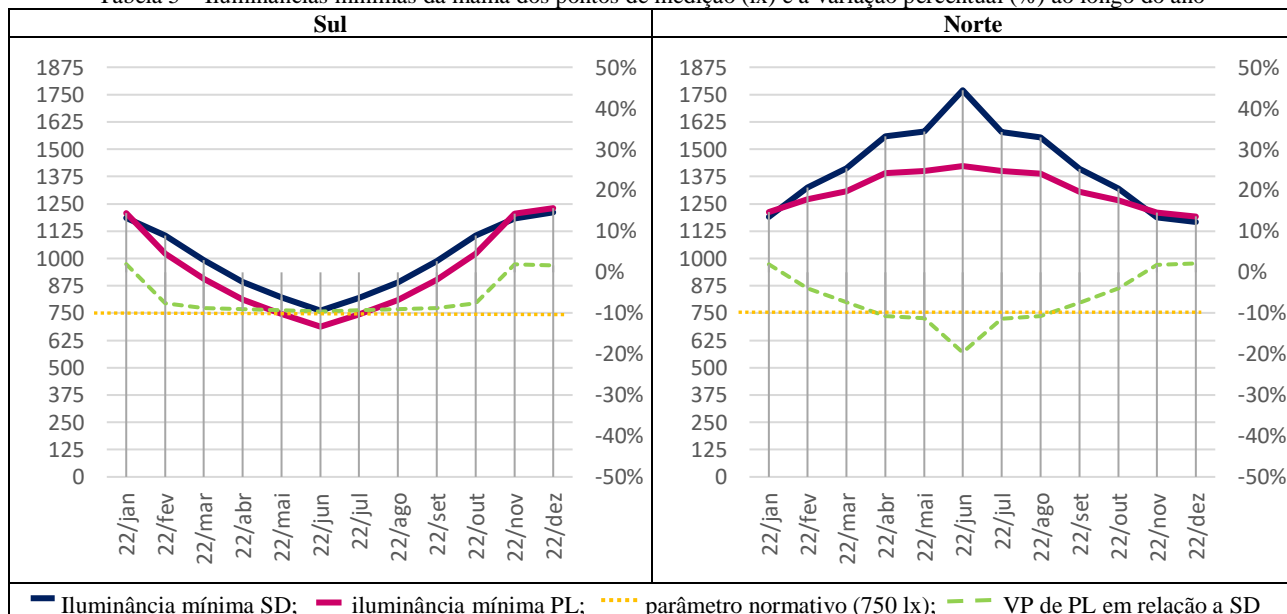
Figura 8 - Carta Solar de Vitória (LABEEE).

• **Iluminância mínima**

As simulações da tabela 5 mostram as iluminâncias mínimas da malha dos pontos de medição para as configurações de janela SD e PL das orientações Sul e Norte ao longo do ano. A PL se revela capaz de alcançar a zona recomendável de iluminância apenas de maio a julho na orientação Sul, ficando com seus demais valores ainda muito acima do máximo desejado (750 lx). Quando analisado a VP, percebe-se que a PL incrementa essa iluminância do final do ambiente apenas minimamente de novembro a janeiro nas duas fachadas quando comparada ao SD (VP positivo). Esse incremento lumínico no final do ambiente, apesar de ser a princípio algo desejado, torna-se algo contraindicado para esse projeto, visto que suas iluminâncias mínimas são maiores do que as recomendadas. Logo, esse aumento lumínico que há nos meses de maior insolação agravam o desempenho lumínico do ambiente em vez de melhorá-lo.

Além disso, nota-se de forma geral que a PL provém ao final do ambiente um desempenho lumínico muito parecido com o do SD, tendo uma VP de aproximadamente -8,5%, atingindo um pico de -20% em junho, fachada Norte. Dessa forma, conclui-se parcialmente que a PL: só atinge valores normativos na minoria das situações analisadas e não se revela capaz de incrementar a iluminância final do ambiente, o que, ao contrário do esperado, melhora as condições lumínicas do ambiente estudado.

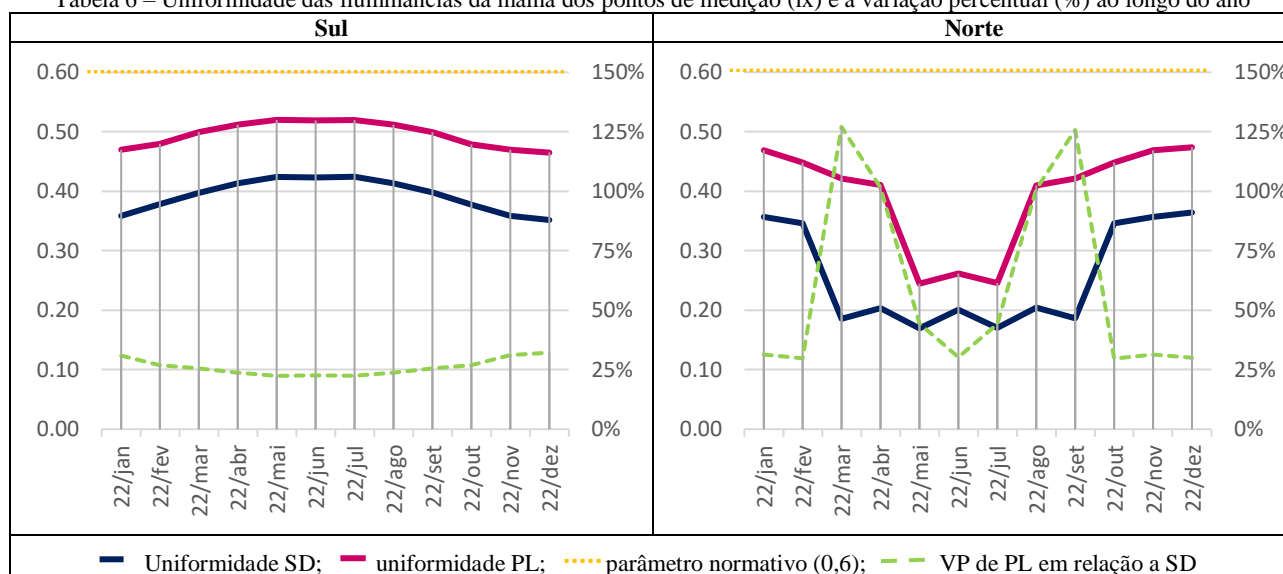
Tabela 5 – Iluminâncias mínimas da malha dos pontos de medição (lx) e a variação percentual (%) ao longo do ano



- **Uniformidade**

As simulações da tabela 6 mostram as uniformidades das iluminâncias da malha dos pontos de medição para as configurações de janela SD e PL das orientações Sul e Norte ao longo do ano. A PL não se revela capaz de alcançar o índice normativo de uniformidade, ficando com seus valores abaixo do mínimo desejado para as áreas de tarefa (0,6). Porém, analisando a VP, percebe-se que a PL consegue aumentar a uniformidade quando comparada a SD. No gráfico da orientação Norte, constata-se que a eficácia da PL reduz expressivamente nos meses em que a radiação solar é direta e baixa, oscilando sua VP a um mínimo de 30% no solstício de inverno. Nesse mesmo gráfico, também pode ser verificado o efeito que a estabilização do nível de iluminância máxima durante os equinócios repercute na uniformidade das iluminâncias de PL, atingindo um pico relativo de 127%. Conclui-se que a PL não consegue atender aos parâmetros normativos de uniformidade, porém se revela capaz em aumentá-la consideravelmente frente aos dados do SD.

Tabela 6 – Uniformidade das iluminâncias da malha dos pontos de medição (lx) e a variação percentual (%) ao longo do ano



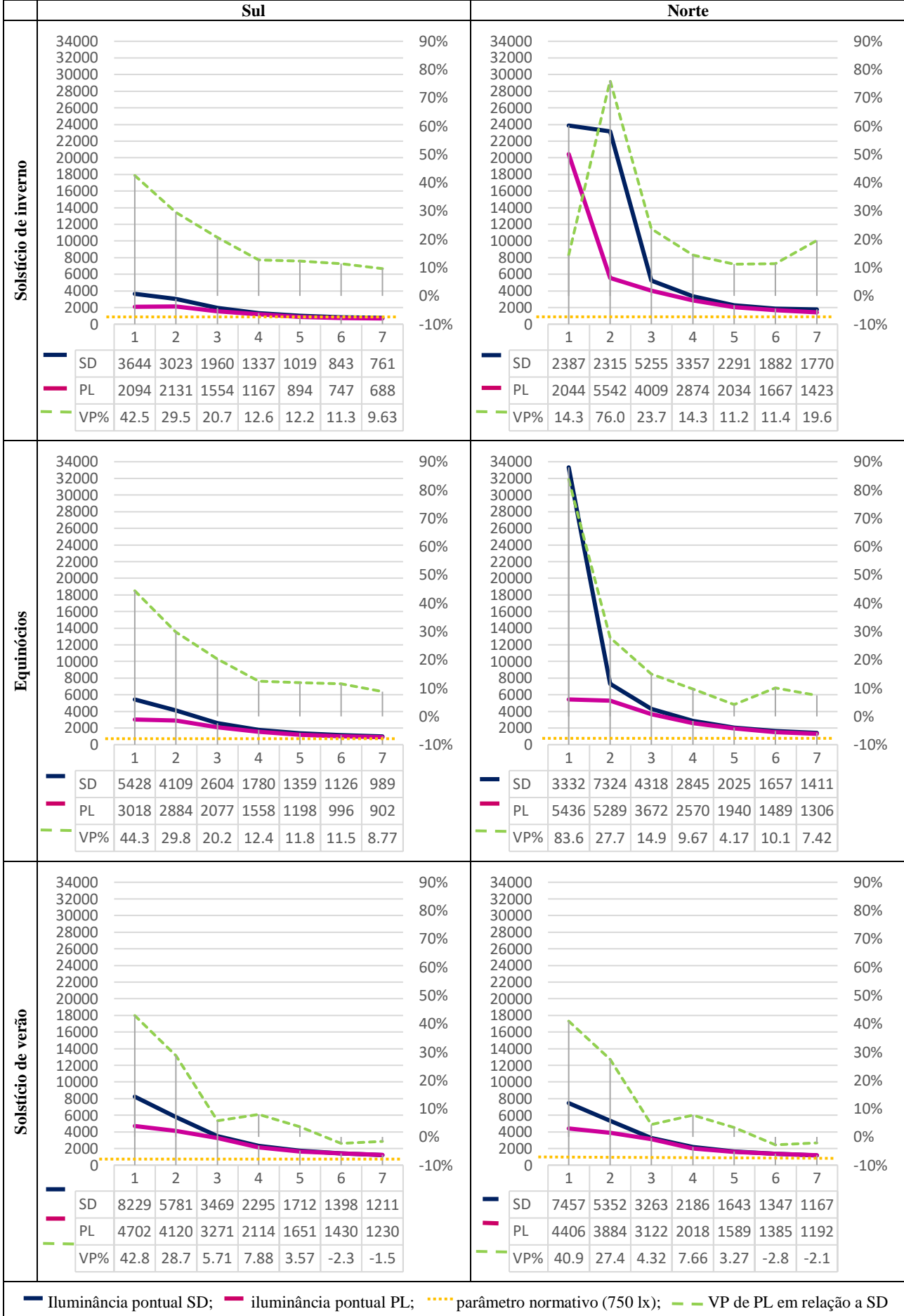
- **Decaimento da iluminância no ambiente**

A tabela 7 expõe as iluminâncias em cada ponto de medição para as configurações de janela SD e PL das orientações Sul e Norte nos solstícios e equinócios. A PL atende à iluminância recomendada (entre 200 e 750 lx) no comprimento “2h” da sala apenas no solstício de inverno fachada Sul – que, no caso, é avaliado no ponto 7 por “2h” ser maior que o comprimento de todo o escritório nesse projeto. Já em relação a SD, PL só consegue prolongar (minimamente) o nível de iluminância no solstício de verão, tanto para Sul quanto para Norte (VP’s negativos). É importante pontuar que o prolongamento da luz, apesar de ser a princípio desejado, é interpretado para esse projeto como um fator que agrava a performance lumínica do ambiente, uma vez que as iluminâncias mínimas detectadas no fim do ambiente são superiores às normativas.

De forma geral, percebe-se que a PL interfere na iluminância de modo expressivo nos primeiros pontos (principalmente nos 1 e 2), repercutindo em VP’s bem mais altas. Do terceiro ao sétimo pontos, os índices de VP são bem menores e estáveis. Ratifica-se, pois, que a PL em relação ao SD: é muito mais eficaz em reduzir a iluminância inicial do ambiente; possui valores de iluminância no final do ambiente muito similares; e consegue manter a iluminância mais uniforme no ambiente.

Nesses gráficos da tabela 7, visualiza-se melhor os desempenhos lumínicos iniciais da PL: o alto desempenho na fachada Norte nos equinócios relativo à SD; a similaridade do desempenho de Sul e Norte no solstício de verão; e o desempenho bem menor (14%) da iluminância máxima no solstício de inverno. Sobre este, nota-se nessa análise de pontos que essa performance reduzida se restringe ao primeiro ponto, pois no segundo o desempenho já sobe bruscamente para 76%. Tal fato revela que, para a fachada Norte, o desempenho da PL em alturas solares baixas nesse objeto de estudo é reduzido às áreas muito próximas à janela (no caso, profundidade inferior a 96 cm). Em suma, a PL atinge valores normativos de iluminância em seu comprimento “2h” apenas no solstício de inverno fachada Sul e prolonga a iluminância interna apenas no solstício de verão - o que, entretanto, agrava as condições lumínicas do ambiente estudado.

Tabela 7 – Decaimento da iluminância nos pontos de medição do (lx) e a variação percentual (%) nos solstícios e equinócios





### 4.3. Compilação dos resultados

A tabela 8 compila os resultados apresentados de iluminância máxima, mínima, uniformidade e decaimento da iluminância interna de SD e PL nas orientações Sul e Norte focando nas principais datas solares: solstícios e equinócios. Na parte “norma”, é verificado se o cenário analisado atende aos parâmetros normativos; e em “PL em relação a SD” se subdivide em três colunas: (1) se o desempenho de PL comparativamente a SD reduziu ou aumentou a grandeza lumínica analisada; (2) em qual porcentagem; e (3) se sua capacidade prevista no objetivo deste artigo foi confirmada.

Analisando a tabela, verifica-se que a prateleira de luz atendeu normativamente a apenas dois dos 24 cenários compilados (8%). Esse percentual, apesar de muito baixo, é superior ao do sem dispositivo (0%). Assim, já se observa uma melhoria de desempenho ao implementar a prateleira de luz a um ambiente padrão. Essa melhoria relativa do desempenho da PL em relação a SD atende ao esperado em 66% dos casos. Tal percentual aumenta para 83% quando trocados os vermelhos na tabela 8 de atendimento para não-atendimento e vice-versa conforme às peculiaridades do projeto apresentadas. Observa-se que as VP’s das grandezas 2 e 4 são iguais por o prolongamento de luz no interior do ambiente também ser analisado no sétimo ponto nesse projeto visto que esse é o ponto mais perto de “2h”.

Simplesmente pela análise da variação percentual de cada orientação na tabela 8, não se consegue detectar o melhor desempenho por fachada, pois eles são muito similares em média. O que basicamente os diferencia é que na orientação Sul há índices mais estáveis. Porém, com os valores específicos de iluminância e uniformidade dos cenários analisados anteriormente, percebe-se que na Sul o desempenho da prateleira é melhor por predominar incidência solar indireta. Em resumo, apesar de a prateleira de luz atender percentualmente muito pouco às NBR’s, ela se revela com desempenho muito superior à configuração de janela sem dispositivo, conseguindo atender a maioria de suas possíveis potencialidades apontadas.

Tabela 8 – Desempenho da prateleira de luz (PL) segundo parâmetro normativo e em relação ao sem dispositivo (SD)

		Sul						Norte				
		Norma		PL em relação a SD				Norma		PL em relação a SD		
		SD	PL					SD	PL			
<b>1 - Iluminância máxima/ inicial</b>	<b>Solst. inverno</b>	X	X	Redução	43%	√	X	X	Redução	14%	√	
	<b>Equinócios</b>	X	X	Redução	44%	√	X	X	Redução	84%	√	
	<b>Solst. verão</b>	X	X	Redução	43%	√	X	X	Redução	41%	√	
<b>2 - Iluminância mínima/ final</b>	<b>Solst. inverno</b>	X	√	Redução	-10%	×	X	X	Redução	-20%	×	
	<b>Equinócios</b>	X	X	Redução	-9%	×	X	X	Redução	-7%	×	
	<b>Solst. verão</b>	X	X	Aumento	2%	√	X	X	Aumento	2%	√	
<b>3 - Uniformidade lumínica</b>	<b>Solst. inverno</b>	X	X	Aumento	23%	√	X	X	Aumento	30%	√	
	<b>Equinócios</b>	X	X	Aumento	26%	√	X	X	Aumento	126%	√	
	<b>Solst. verão</b>	X	X	Aumento	32%	√	X	X	Aumento	30%	√	
<b>4 - Decaimento da iluminância/ Prolongamento da luz interna</b>	<b>Solst. inverno</b>	X	√	Redução	-10%	×	X	X	Redução	-20%	×	
	<b>Equinócios</b>	X	X	Redução	-9%	×	X	X	Redução	-7%	×	
	<b>Solst. verão</b>	X	X	Aumento	2%	√	X	X	Aumento	2%	√	

X Não atendimento; √ atendimento

## 5. CONCLUSÕES

Este artigo se delineou na verificação do desempenho de quatro possíveis capacidades da prateleira de luz na contribuição da melhoria de disponibilidade da luz natural no interior de escritório situado em cidade de baixa latitude: redução considerável da iluminância no início do ambiente; incremento do nível de luz natural no final do ambiente; aumento da uniformidade lumínica; e prolongamento da luz no ambiente. Essa análise foi balizada pelos critérios norteadores de atendimento às normas brasileiras e de desempenho relativo em relação ao mesmo ambiente desprovido de qualquer tipo de dispositivo de sombreamento.

Pôde-se constatar que a prateleira de luz com a configuração e local de estudo não atende aos parâmetros normativos em praticamente todos os cenários analisados, mas se mostrou bastante eficaz quando comparada com a configuração de janela sem dispositivo de sombreamento. Isso ratificou que a opção de implementar dispositivo de sombreamento à fachada veio ao encontro da melhoria da qualidade de disponibilidade de luz natural no interior do ambiente, porém colocou em questão a hipótese de que a prateleira de luz seria um protetor lumínico benéfico normativamente às atividades laborativas.

Quanto às análises, vale inferir que o ponto mais crítico a ser tratado entre as quatro grandezas lumínicas aplicadas ao projeto é a iluminância máxima, pois, como visto, ela foi exorbitantemente maior que o recomendado, repercutindo diretamente em iluminâncias mínimas maiores e em uniformidades menores que as recomendadas. Observa-se também a importância da análise específica para cada situação de projeto. Isso porque o aumento da iluminância no final do ambiente (iluminância mínima) e o prolongamento da luz no interior do ambiente (decaimento de iluminância pontualmente) são características a princípio desejáveis, porém demonstraram piorar o desempenho lumínico no projeto analisado.

Outro ponto relevante a ser destacado é que, com as análises, evidenciou-se a relação que há entre a eficácia da prateleira de luz com dois fatores específicos: a incidência e a altura solar. Pôde-se perceber que o dispositivo analisado respondeu de maneira mais negativa conforme a incidência solar se tornava mais direta. Quanto às alturas solares, percebeu-se um limiar a partir do qual a prateleira reduziu bastante seu desempenho. No caso, a prateleira de luz funciona realmente melhor para altos ângulos solares.

Observa-se então que a prateleira de luz do estudo não atendeu às NBR's na maioria dos cenários analisados, entretanto, em relação à configuração de janela sem dispositivo de sombreamento, a prateleira se revelou nos cenários totais analisados: capaz de reduzir consideravelmente a iluminância inicial e aumentar a uniformidade lumínica em 100% dos casos; incapaz de incrementar o nível de luz natural no final do ambiente em 75% dos casos e capaz, porém de forma irrisória, em 25%; e incapaz de prolongar a luz no interior do ambiente em 67% dos casos e capaz, porém de forma irrisória, em 33%. Além disso, o desempenho da prateleira de luz foi melhor na orientação Sul, na qual a predominância de incidência solar indireta proveio ao ambiente resultados lumínicos mais amenos e estáveis.

Diante desse cenário, recomendam-se outros estudos com prateleira de luz com as mesmas condicionantes de projeto diminuindo apenas a área de entrada de luz sem proteção. Isto é, uma prateleira de luz mais alta de modo que ainda fique pequena, porém menor área de incidência solar sem proteção lumínica mantendo as características e dimensões da janela. Dessa forma, será verificado se a prateleira de luz com as variáveis do projeto é uma opção que realmente não atende normativamente aos parâmetros lumínicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.215**: Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15.220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.
- \_\_\_\_\_. **NBR ISO/CIE 8.995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.
- INTERNACIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. **CIE 150**: Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations. Vienna, 2003.
- BAKER, Nick; STEEMERS, Koen. **Daylight design of buildings**. London: James & James, 2002.
- CABÚS, Ricardo Carvalho. **Tropical daylighting**: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil. 2002. Tese (Doutorado em Filosofia) – School of Architectural Studies, University of Sheffield, Londres, 2002.
- CABÚS, Ricardo; VÍTOR, Pedro. **TropLux 7**: Guia do Usuário. Maceió: Instituto Lumeiro, 2015.
- CLAROS, Santiago-Tomás; SOLER, Alfonso. **Indoor daylight climate** – influence of light shelf and model reflectance on light shelf performance in Madrid for hours with unit sunshine fraction. *Building and Environment*, v. 37, n. 6, p. 587-598, jun. 2002.
- FROTA, Anesia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**: arquitetura, urbanismo. 8. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.
- LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (LABEEE). **Analysis SOL-AR**. Versão 6.2.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na Arquitetura**. 3. ed. Florianópolis: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.
- LARANJA, Andréa Coelho. **Parâmetros urbano e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. 2010. 285 f. Tese (Doutorado em Ciências em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- OCHOA, Carlos Ernesto; CAPELUTO, Isaac Guedi. **Evaluating visual comfort and performance of three natural lighting systems for deep office buildings in highly luminous climates**. *Building and Environment*, v. 41, n. 8, p. 1128-1135, ago. 2006.
- SOLER, Alfonso; OTEIZA, Pilar. **Dependence on solar elevation of the performance of a light shelf as a potential daylighting device**. *Renewable Energy*, v. 8, n. 1, p. 198-201, jan. 1996.
- \_\_\_\_\_. **Light shelf performance in Madrid**, Spain. *Building and Environment*, v. 32, n. 2, p. 87-93, mar 1997.
- VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla Soares. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Vitrus, 2001.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao apoio da Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP).