



**XV ENCAC** Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

**XI ELACAC** Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

## **EFEITOS DA ORIENTAÇÃO DE ABERTURAS EM AMBIENTES NA SATISFAÇÃO E PERCEPÇÃO DA ILUMINAÇÃO EM HUMANOS**

**Ticiania Patel Weiss Trento (1); Cintia A. Tamura (2); Daniel G. Trento (3); Eduardo L. Krüger (4)**

(1) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UTFPR, Arquiteta e Urbanista, [ticiania.weiss@hotmail.com](mailto:ticiania.weiss@hotmail.com)

(2) Doutora, Arquiteta e Urbanista, [cintiatamura@gmail.com](mailto:cintiatamura@gmail.com)

(3) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UTFPR, Arquiteto e Urbanista, [trento.daniel@gmail.com](mailto:trento.daniel@gmail.com)

(4) Doutor, Professor do Departamento de Engenharia Civil, [ekruger1965@gmail.com](mailto:ekruger1965@gmail.com)

Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Departamento de Engenharia Civil, Av. Deputado Heitor de Alencar Furtado, 5000. Campo Comprido, Curitiba – PR, 82280-340, Tel.: (41) 3279-4516

### **RESUMO**

A espécie humana evoluiu em ambiente natural e, sendo assim, tem seu desenvolvimento fisiológico, cognitivo e afetivo intrinsecamente ligado às variações do meio ambiente, entre estes, os provocados pela luz. Neste contexto, esta pesquisa objetiva identificar possíveis relações entre a disponibilidade de iluminação, as condições de céu e a percepção visual humana durante duas semanas do mês de agosto de 2018, a partir da diferenciação de orientação. Para tanto, utilizaram-se dois ambientes controlados (Câmara Climática de Baixo Custo – CBBC), projetados sobre apoios giratórios, os quais permitiram testar o efeito de diferentes orientações de fachada sobre variáveis subjetivas de 136 participantes voluntários, sob ambiente controlado. Aplicou-se um questionário para avaliação de situações de luz aos participantes (n=136) como parte de um experimento maior de análise pós-ocupação (APO), e de medições simultâneas da iluminância horizontal por actímetros com luxímetro acoplado. Os dados subjetivos e objetivos foram analisados e os resultados reportam satisfação com o ambiente em mais de 80% das respostas em ambos os módulos no caso de céu claro e encoberto. Sob níveis de iluminância abaixo de 350 lux, no módulo orientado para o sul, a satisfação e a percepção foram comparativamente menores quanto à claridade, ao passo que a sensibilidade a variações de iluminação e contrastes foi maior.

Palavras-chave: percepção de iluminação, câmara climática, análise pós-ocupação.

### **ABSTRACT**

Human species evolved in natural environment and, therefore, most of its physiology, problem-solving and emotional abilities are strongly connected to environmental variation, including light. In this context, this research aims to establish the relationship between daylight availability, sky conditions and human visual perception through façade orientation throughout two weeks of august 2018. For this purpose, a rotating controlled environment (Câmara Climática de Baixo Custo – CBBC) was used to test the effect of façade orientation on subjective variables of 136 volunteers under experimental conditions. The participants (n=136) responded a survey questionnaire as part of a more comprehensive post-occupancy evaluation (POE). Simultaneously, horizontal illuminance was measured by actimeters mounted with lux meters. Subjective and objective data were then analyzed, and results suggest more than 80% of the occupants were satisfied with ambient light under clear and overcast sky. In the south facing space, however, ambient satisfaction and brightness perception were lower and sensitivity to light and contrast variations was higher under light levels lower than 350 lux.

Keywords: light perception, climate chamber, post-occupancy evaluation.

## 1. INTRODUÇÃO

A tradução para o ambiente construído da afinidade inerente ao ser humano de se relacionar com sistemas e processos naturais é denominada biofilia (KELLERT, 2008). O conceito expande a noção de conforto ambiental (visual, térmico, acústico) para relacioná-lo com saúde e bem-estar (BROWNING et al., 2014).

Dentre os padrões biofílicos – combinações de medidas projetivas para resolver problemas ambientais sempre de forma a responder características locais – se destacam o dinamismo e a não uniformidade da iluminação natural (BROWNING et al., 2014). O sol e as nuvens mudam de posição, e a disponibilidade de luz (e existência de ofuscamento) depende da orientação da abertura e da posição do observador.

Neste contexto, também não se pode ignorar a interação dinâmica entre ser humano e ambiente. Isto significa, por exemplo, que se houver desconforto (em casos onde não há sistemas automatizados de sombreamento), o ocupante poderá tentar adaptar as características ambientais, fechando as persianas durante o dia, e forçando o uso de iluminação artificial por consequência.

Faz-se necessário, portanto, conhecer as variáveis objetivas que podem interferir na satisfação e o conforto dos ocupantes de ambientes e quais ações são necessárias para adequação do ambiente, a fim de ampliar as discussões acerca do conforto luminoso e adaptação dos indivíduos.

Estudos anteriores utilizaram métodos similares a esta pesquisa, – monitoramento de variáveis ambientais e aplicação de questionários – para investigar preferências de ocupantes quanto ao conforto visual. (DUIJNHOVEN et al., 2016; CHINAZZO et al., 2016; KRÜGER et al., 2018). Neste contexto, análises pós-ocupação (APOs) são ferramentas valiosas, pois medem a eficácia do edifício em promover e proteger a saúde e o conforto dos ocupantes (IWBI, 2015). Certificações como LEED (USGBC, 2013) e BREEAM (BRE, 2016) pontuam projetos que utilizam este método, ao passo que APOs são condições necessárias para a certificação WELL (IWBI, 2015).

Este estudo é parte integrante da primeira fase da APO realizada em ambientes-teste chamados Câmara Bioclimática de Baixo Custo (CBBC), em agosto de 2018. O propósito desta análise foi de diagnosticar as condições de conforto ambiental da CBBC, com base na percepção ambiental, térmica, lumínica e acústica de 136 participantes.

## 2. OBJETIVO

Este artigo tem por objetivo comparar dados objetivos de condições de iluminação e variáveis subjetivas de percepção de iluminação em ambientes-teste em câmaras climáticas giratórias.

## 3. MÉTODO

O presente estudo é exploratório, e é parte de uma pesquisa maior em andamento, qual seja de analisar a percepção de usuários em câmara climática não só as condições de iluminação, mas também condições térmicas, acústicas e de ergonomia, a partir de procedimentos de APO.

As etapas de realização desta pesquisa sobre percepção de iluminação se apoiaram nos seguintes procedimentos: (a) caracterização e configuração dos módulos de teste; (b) descrição das variáveis monitoradas e instrumentos utilizados; (c) caracterização da amostra e protocolos aplicados; (d) análise de resultados, (e) discussão e (f) conclusões.

### 3.1. Caracterização e configuração dos módulos de teste

Os testes foram realizados em ambientes-teste chamados Câmara Bioclimática de Baixo Custo (CBBC) em espaço cedido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no campus Ecoville em Curitiba (25°26'33.7"S, 49°21'13.9"W).

A CBBC é composta por duas câmaras autônomas, cada uma com um ambiente-teste configurado à maneira de escritórios com 5,4 m<sup>2</sup>, equipados com mesa para trabalho com computador e acesso à internet. Cada um destes módulos comporta somente um indivíduo, e possui monitoramento e/ou controle de variáveis como temperatura do ar e temperatura de superfície, velocidade do ar, umidade relativa, entre outras. Também há registro de variáveis climáticas externas por meio de uma miniestação meteorológica posicionada na cobertura do módulo localizado ao norte.

A câmara é dotada de um sistema manual de rotação em sua base, o que possibilitou alinhar a fachada envidraçada dos módulos a diferentes orientações geográficas<sup>1</sup>. A Figura 1(a) apresenta a planta simplificada

---

<sup>1</sup> Uma descrição pormenorizada da CBBC é apresentada por Trevisan et al. (2018).

e a Figura 1(b), a implantação dos módulos em relação à via adjacente. As câmaras foram identificadas como módulo de controle (MC), próximo à via, e módulo experimental (ME), como mostra a Figura 1(c).

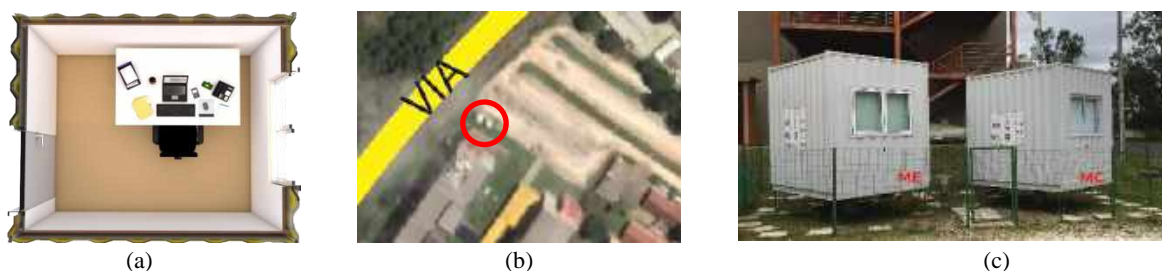


Figura 1 - (a) Planta baixa perspectivada da CBBC; (b) implantação dos módulos de teste; (c) identificação do módulo de controle (MC) e do módulo experimental (ME).

Fonte: (a) e (c) GT CBBC; (b) Google Earth.

A relação das áreas de piso ( $5,4 \text{ m}^2$ ), paredes externas ( $21,95 \text{ m}^2$ ) e abertura ( $1,4 \text{ m}^2$ ) permite determinar a razão entre janela e piso (*Window to Floor Ratio* – WFR) em 26%, e janela e paredes da fachada (*Window to Wall Ratio* – WWR) em 6% (não há diferenciação nestas características, pois os módulos são iguais).

Definiram-se as orientações de fachada a serem testadas a fim de obter máxima diferenciação de disponibilidade de luz natural no interior dos dois módulos. Assim, o MC, localizado próximo à via, teve sua janela orientada para o norte (MC-N), enquanto o ME teve a janela alinhada ao sul (MC-S).

As condições de céu para os dias de teste são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Condições de céu para os dias de teste

| DATA            | 21/08/2018 |     |     |     |     | 22/08/2019 |    |    |     |     | 23/08/2018 |     |     |     |     | 24/08/2018 |     |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|------------|-----|-----|-----|-----|------------|----|----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| HORA            | 12         | 13  | 14  | 15  | 17  | 10         | 13 | 14 | 15  | 16  | 17         | 11  | 13  | 14  | 15  | 17         | 9   | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 17 |
| CONDIÇÃO DE CÉU | OVC        |     |     |     | BKN | OVC        |    |    |     | BKN | BKN        | CLR | BKN |     |     | CLR        | BKN |    |    |    |    |    |    |    |
| DATA            | 27/08/2018 |     |     |     |     | 28/08/2018 |    |    |     |     | 29/08/2019 |     |     |     |     |            |     |    |    |    |    |    |    |    |
| HORA            | 11         | 13  | 14  | 15  | 17  | 10         | 11 | 12 | 14  | 15  | 16         | 17  | 9   | 10  | 11  | 12         | 13  | 14 | 15 | 16 | 17 |    |    |    |
| CONDIÇÃO DE CÉU | BKN        | SCT | FEW | CLR |     | BKN        |    |    | SCT | FEW |            | CLR |     |     | BKN | CLR        | FEW |    |    |    |    |    |    |    |
| DATA            | 30/08/2018 |     |     |     |     | 31/08/2018 |    |    |     |     |            |     |     |     |     |            |     |    |    |    |    |    |    |    |
| HORA            | 9          | 10  | 11  | 12  | 13  | 15         | 16 | 17 | 9   | 11  | 12         | 13  | 14  | 15  | 16  | 17         |     |    |    |    |    |    |    |    |
| CONDIÇÃO DE CÉU | CLR        |     |     |     |     | CLR        |    |    |     |     | FEW        |     |     | CLR |     |            |     |    |    |    |    |    |    |    |

SKC/CLR = 'Sky Clear'/'Clear' ou sem nuvens; NSC = 'No significant clouds' ou sem nuvens significativas; FEW = 'Few' ou poucas nuvens (1-2 oitavos<sup>2</sup>); SCT = 'Scattered' ou nuvens esparsas (3-4 oitavos); BKN = 'Broken' ou nublado (5-7 oitavos); OVC = 'Overcast' ou encoberto (8 oitavos) (KRÜGER; ROSSI, 2015).

Fonte: (a) os autores.

O experimento, portanto, totalizou 61 horas. A Tabela 1 mostra a proporção de horas de teste para cada condição de céu. O céu aberto (CLR), sem nuvens e com incidência de sol sobre os módulos, teve maior ocorrência, seguido do céu nublado (BKN), em que não há incidência de sol sobre os ambientes de teste.

Tabela 1 – Proporção de horas de teste para cada condição de céu.

| Condição de céu | Quantidade de horas | % em relação ao total de horas | Tipo de disponibilidade solar |
|-----------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| CLR             | 25                  | 41.0                           | Total                         |
| FEW             | 5                   | 8.2                            |                               |
| SCT             | 4                   | 6.6                            | Parcial                       |
| BKN             | 18                  | 29.5                           | Nula                          |
| OVC             | 9                   | 14.8                           |                               |
| TOTAL DIAS      | 61                  | 100.0                          |                               |

Observa-se que as sessões de experimentos foram conduzidas por nove dias e cada indivíduo participou uma única vez. Ao início de cada teste, o ambiente era configurado de forma padronizada conforme Figura 2: janela fechada e persiana a meia altura da abertura. Assim, a área de passagem de luz correspondia a  $0,7 \text{ m}^2$

<sup>2</sup> Os oitavos são obtidos ao se dividir a abóbada celeste por oito. (VAREJÃO-SILVA, 2001). Assim, 4 oitavos seriam o mesmo que metade da abóbada celeste encoberta.

(WFR de 13% e WWR DE 3%). As características da fonte de iluminação artificial foram programadas para corresponder à temperatura de cor correlata (TCC) prevista para o horário de cada sessão, alteração possibilitada pelo sistema de iluminação Philips Hue. Tal sistema é composto por três lâmpadas cujas configurações de TCC podem ser pré-determinadas e/ou alteradas remotamente por meio de aplicativo para *smartphone*. Aos participantes, foi permitido somente alterar a altura da cadeira, abrir a janela e abrir ou fechar a persiana. Quaisquer alterações na configuração original realizada pelos participantes, juntamente com o horário de ocorrência, eram registradas para posterior consideração durante a análise dos resultados. Acionamento / desacionamento de fontes de iluminação artificial e do ar condicionado (ligado somente em modo ventilação) foram vetados. Além disso, os participantes eram orientados a não utilizar celulares ou quaisquer equipamentos que emitissem luz, pois poderiam alterar as configurações de iluminação pré-estabelecidas.



(a) (b)  
 Figura 2 - (a) Condição inicial do ambiente; (b) Participante em ambiente com a persiana aberta.  
 Fonte: GP CBBC

### 3.2. Descrição das variáveis monitoradas e instrumentos utilizados

Os dados objetivos de iluminância horizontal ( $E_h$ ) foram adquiridos a partir de medições a cada dois minutos por aparelhos calibrados das condições de iluminação nos escritórios. Utilizaram-se dois actímetros com luxímetro acoplado, modelo Actiwatch Spectrum, da Philips Respironics, um sobre cada mesa de trabalho de cada módulo, posicionados de forma que não houvesse sombreamento do sensor em nenhum momento durante os períodos de testes, conforme destacam as Figura 3(a) e Figura 3(b).



(a) (b)  
 Figura 3 - (a) actímetro Actiwatch Spectrum da Respironics Philips; (b) Localização do actímetro no plano de trabalho  
 Fonte: (a) <http://www.philips.com.br/healthcare/product/HC1046964/monitor-de-atividade-actiwatch-spectrum>. Acesso em: 09 mar. 2017.  
 (b) GT CBBC.

Os dados subjetivos quanto à percepção do ambiente em função das condições de iluminação e conforto visual foram coletados por meio de seis perguntas constantes de um questionário de APO desenvolvido especificamente para a avaliação da CBBC<sup>3</sup>. A pontuação destas perguntas segue uma escala numérica de cinco pontos (os valores semânticos variavam de acordo com as perguntas), que avaliavam o grau de satisfação dos participantes quanto à claridade, à distribuição de luz e ao ofuscamento.

A Tabela 2 reproduz as seis questões referentes à iluminação no ambiente utilizadas na pesquisa.

Tabela 2 – Questões sobre condições de iluminação e conforto visual aplicadas aos participantes e extremos das escalas semânticas

| Questão   | Valor mínimo        | Valor máximo      |
|---|---------------------|-------------------|
| 9. Quão satisfeito você está com a iluminação na CBBC?  | -1 = “insatisfeito” | +1 = “satisfeito” |
| 10. Como você percebe, no momento, a claridade na CBBC como um todo?                                | -1 = “escuro”       | +1 = “claro”      |
| 11. Como você preferiria que estivesse a iluminação na CBBC?  | -1 = “mais escuro”  | +1 = “mais claro” |
| 12. Como você percebe, no momento, a claridade na mesa?   | -1 = “escuro”       | +1 = “claro”      |
| 13. Como você preferiria que estivesse a mesa?  | -1 = “mais escuro”  | +1 = “mais claro” |
| 14. Como você percebe, no momento, o ofuscamento (desconforto causado pelo excesso de luz) na mesa? | 1 = “imperceptível” | 5 = “intolerável” |

<sup>3</sup> O questionário completo consta de Trevisan (2019).

### 3.3 Caracterização da amostra e protocolos aplicados

A amostra limitou-se a alunos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da UTFPR, que totalizavam no segundo semestre de 2018, respectivamente, 470 e 468 alunos (938 no total). Este recorte da população do campus se justificou para garantir a participação dos indivíduos e não teve qualquer relação com faixa etária. Para se definir a amostra necessária para a APO, adotou-se um erro amostral de 5%, nível de confiança de 95% e percentual mínimo de 10%. O resultado foi de 120 alunos (TREVISAN, 2019). A pesquisa, no entanto, extrapolou este número mínimo e totalizou 136 participantes, sendo que a proporção do total de participantes foi distribuída equitativamente entre ambos os cursos.

70 participantes eram do sexo feminino (51,5% da amostra) e 66 (48,5% da amostra), do sexo masculino. A altura, peso e idade médios foram de 1,71 m ( $\sigma = 0,09\text{m}$ ), 70,6 kg ( $\sigma = 14,7\text{kg}$ ) e 22,7 anos ( $\sigma = 6,1$  anos). A alimentação dos participantes foi controlada durante o período de teste a fim de minimizar a possibilidade de influência em respostas subjetivas. Os indivíduos podiam ingerir somente barra de cereal e água (sem gás, em temperatura ambiente) – alimentos que não provocam efeitos estimulantes.

Após o preenchimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), os participantes eram conduzidos aos módulos individualmente. Buscou-se alcançar uma distribuição equilibrada dos voluntários nos dois módulos, considerando-se o sexo biológico e curso de origem. Em seguida, os participantes eram orientados sobre o uso do ambiente e procedimentos para preenchimento dos questionários.

Conforme recomendam as normas NBR 16401/2008 e ANSI/ASHRAE Standard 55/2017, a permanência dos participantes nos ambientes deveria ser de, no mínimo, 15 minutos antes da coleta dos dados subjetivos. Sendo assim, antes da aplicação do questionário da APO, era solicitado aos participantes o preenchimento do Teste Psicológico G-38<sup>4</sup>, um teste de raciocínio e analogia não-verbal de inteligência com 38 questões (BOCCALANDRO, 2003), com tempo de preenchimento previsto em 20 minutos. Em seguida, iniciava-se preenchimento do questionário da APO, por meio de uma plataforma *online*<sup>5</sup>, totalizando o tempo médio de ocupação do ambiente em 27 minutos. Foi elaborado um questionário personalizado para os estudos na CBBC, abordando questões pertinentes aos diversos estudos em andamento relativos à percepção térmica, lumínica, acústica e ergonômica do ambiente além da percepção ambiental.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

As respostas subjetivas foram comparadas aos dados objetivos a fim de estabelecer se havia relação entre as variáveis. Primeiro, optou-se por avaliar uma possível relação entre o grau de satisfação reportado dos participantes que ocupavam os escritórios com as condições de céu segundo classificação da REDEMET. Em seguida, confrontaram-se as respostas individuais com a média dos dados medidos de  $E_h$  em cada aparelho durante cada sessão de teste.

Os dados objetivos analisados neste artigo foram os valores de  $E_h$  média de cada sessão medidos pelos actímetros com luxímetro acoplado sobre os planos de trabalho em cada sala.

Para facilitar o entendimento, optou-se por agrupar os resultados medidos em faixas de  $E_h$ . Assim, quando houve luz natural insuficiente, a iluminação foi compensada pela luz elétrica. Por isso, a faixa mínima corresponde a valores menores a 350 lux. Seguindo os critérios da *Useful Daylight Illuminance* (UDI), métrica desenvolvida por Mardaljevic e Nabil (2006) por meio de estudos com ocupantes de escritórios, definiu-se a faixa intermediária de 350 a 2000 lux, e a faixa superior (com probabilidade de desconforto térmico ou por ofuscamento), a partir de 2000 lux.

### 4.1. Satisfação com a iluminação vs. condições de céu

Com o objetivo de avaliar um possível grau de interferência das condições de céu nas respostas dos indivíduos, os registros horários foram pareados com a classificação horária da REDEMET para se definir a condição de céu durante as sessões. Compararam-se, então, estas condições com as respostas à questão 9 (satisfação com a iluminação), conforme Figura 4.

Para dias de céu aberto (CLR) e encoberto (OVC), quase não houve diferença na satisfação dos ocupantes, com 80% dos indivíduos de ambos os módulos reportando satisfação.

---

<sup>4</sup> Os dados deste questionário foram coletados para análise da relação entre conforto ambiental e desempenho cognitivo, proposta de outra pesquisa realizada em paralelo a este estudo.

<sup>5</sup> Os participantes acessaram os questionários por meio de uma plataforma interativa, desenvolvida em *Hypertext Markup Language* (HTML). O primeiro questionário era disponibilizado na tela do computador assim que o participante adentrava à câmara. Somente após 15 minutos do início desta primeira etapa, a plataforma disponibilizava ao participante o link para o início do preenchimento do questionário de APO.

As diferenças ocorrem quando há variação na cobertura de nuvens, em dias predominantemente abertos (FEW), com nuvens (SCT) e predominantemente encobertos (BKN). Nestes casos, mais pessoas reportaram insatisfação com a iluminação no ME-S.

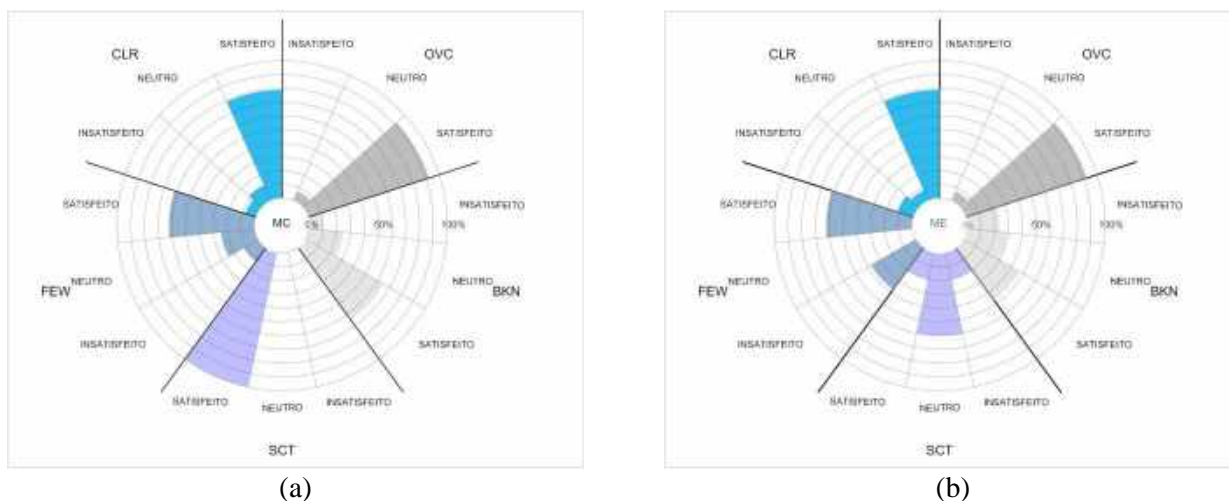


Figura 4 - Respostas à questão 9 (satisfação com a iluminação) em relação a diferentes tipos de céu para o MC-N (a) e ME-S (b).

#### 4.2. Respostas subjetivas vs. $E_h$

Para comparação com os valores médios de  $E_h$  obtidos em cada escritório, todas as questões da Tabela 1 foram selecionadas. O objetivo foi testar a percepção do ambiente e plano de trabalho mais claro ou escuro ou existência de ofuscamento quando houvesse variação nos níveis de  $E_h$ .

A Figura 5 mostra que, quando há pouca luz natural, somente os ocupantes do ME relataram satisfação neutra ou insatisfação. No caso de  $E_h$  medida entre 350 e 2000 lux, os participantes do MC-N tiveram 10% a mais de respostas reportando satisfação. E quando os níveis medidos excediam 2000 lux, a satisfação dos ocupantes do ME-S foi 5% maior que a reportada pelos participantes do MC. No entanto, a insatisfação foi maior no ME-S.

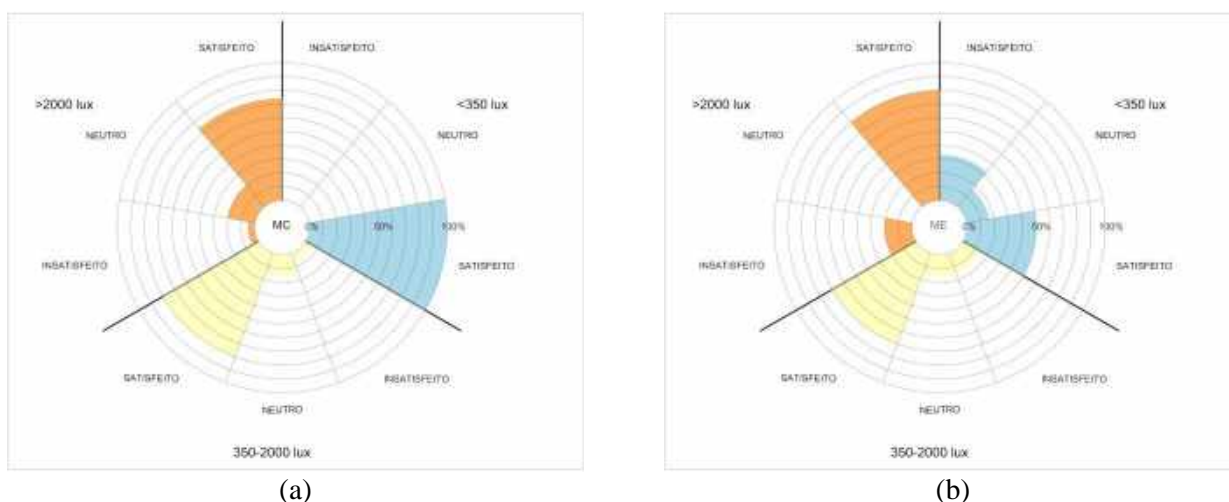


Figura 5 - Respostas à questão 9 (satisfação com a iluminação) em relação à  $E_h$  no MC-N (a) e ME-S (b).

Os mesmos dados medidos foram comparados com as respostas à questão 10 (percepção da claridade do ambiente). Também para esta análise se utilizou a média lida pelos actímetros para cada sessão.

Para a faixa com menor disponibilidade de luz, a Figura 6 mostra que a percepção dos ocupantes no ME-S foi diversa, com metade reportando o ambiente como claro. No MC-N, por outro lado, todas as respostas relataram o ambiente como neutro, ou seja, nem claro nem escuro. A faixa de  $E_h$  útil até 2000 lux teve predominância da classificação neutra em ambos os ambientes, com pouca variação. E acima de 2000 lux, a percepção de neutralidade também predominou, com 10% a mais das respostas do MC-N reportando ambiente claro em relação às respostas do ME-S.

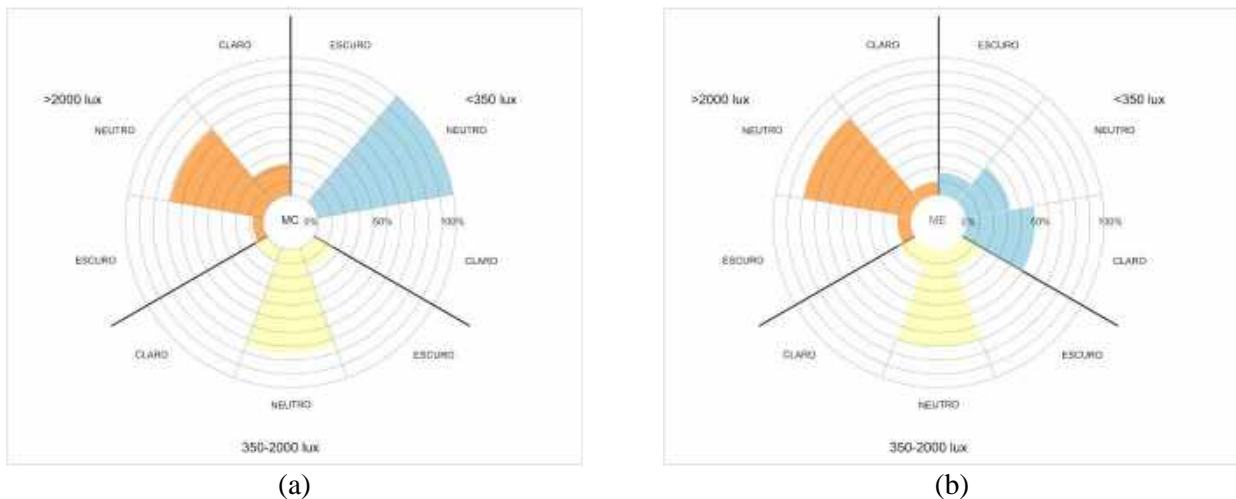


Figura 6 - Respostas à questão 10 (percepção de claridade no ambiente) em relação à  $E_h$  no MC-N (a) e ME-S (b).

A Figura 7 compara as respostas da questão 11 (preferência de claridade no ambiente) com as medições de  $E_h$ .

Quando a  $E_h$  ocorreu dentro da faixa inferior, todos os ocupantes do MC-N relataram não haver preferência (“neutro”). Por sua vez, 7% dos participantes do ME-S gostariam que o ambiente estivesse mais escuro, o mesmo número de pessoas que gostariam que o ambiente estivesse mais claro.

Quando a iluminação apresentou níveis dentro da faixa intermediária, metade dos ocupantes do MC-N não tinha preferência de claridade. A neutralidade foi 15% maior no ME-S. Mesmo com a luz dentro da faixa considerada útil pela métrica UDI, mais de 30% dos participantes de ambos os módulos prefeririam o ambiente mais claro.

Com excesso de iluminação (acima de 2000 lux), as respostas dos ocupantes dos dois módulos foram parecidas, com predominância da neutralidade e apenas cerca de 10% dos participantes de cada módulo desejaram o ambiente mais escuro.

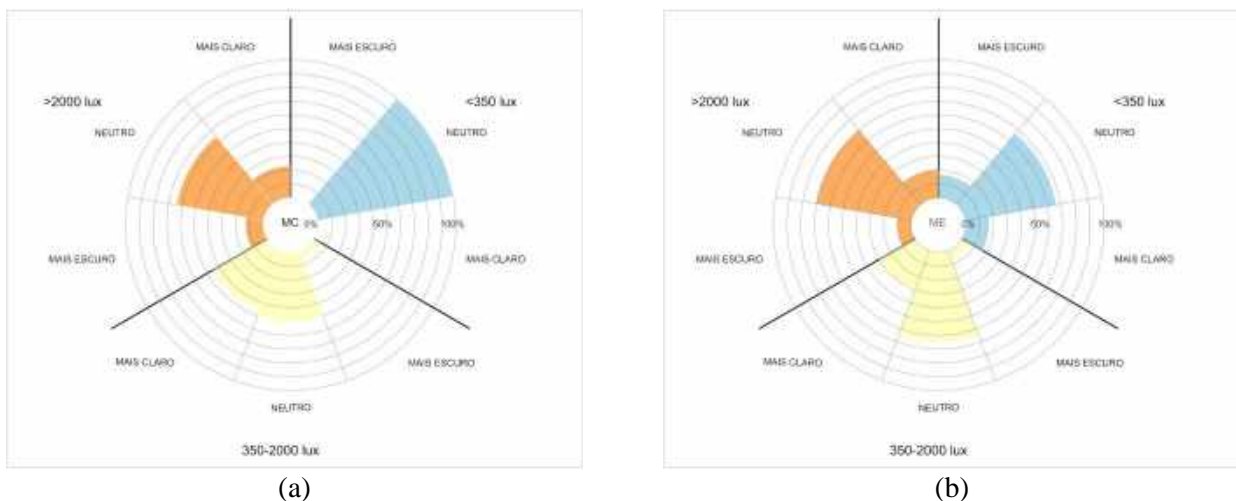


Figura 7 - Respostas à questão 11 (preferência de claridade no ambiente) em relação à  $E_h$  no MC-N (a) e ME-S (b).

Quando perguntados sobre como percebiam a iluminação no plano de trabalho, sob condições de luz abaixo de 350 lux, os participantes do MC-N tiveram respostas neutras, enquanto os do ME-S dividiram-se entre escuro (quase 70%) e claro, como mostra a Figura 8.

Na faixa de 350 a 2000 lux, novamente a maior parte dos ocupantes de ambas as câmaras não acharam a mesa nem clara nem escura, porém no ME-S houve opiniões indicando que o plano estava escuro (pouco mais de 20%), mas também claro (10%). Acima de 2000 lux, mais uma vez houve neutralidade predominante, e somente no MC-N houve opiniões sobre o plano estar escuro.



Figura 8 - Respostas à questão 12 (percepção de claridade no plano de trabalho) em relação à  $E_h$  no MC-N (a) e ME-S (b).

Na Figura 9, é possível observar que os participantes do MC-N não tiveram preferência quanto ao plano de trabalho quando a  $E_h$  apresentou níveis menores que 350 lux, mas a maioria dos ocupantes dos ME-S gostariam que a mesa estivesse mais clara.

Quando a iluminação se encontrava na faixa intermediária, as respostas de ambos os módulos foram similares, com predominância da neutralidade. Reação esta também parecida com as situações de iluminação excessiva (a partir de 2000 lux), com poucos indivíduos reportando desejo de um plano de trabalho mais escuro e alguns até sugerindo que a mesa deveria estar mais clara.

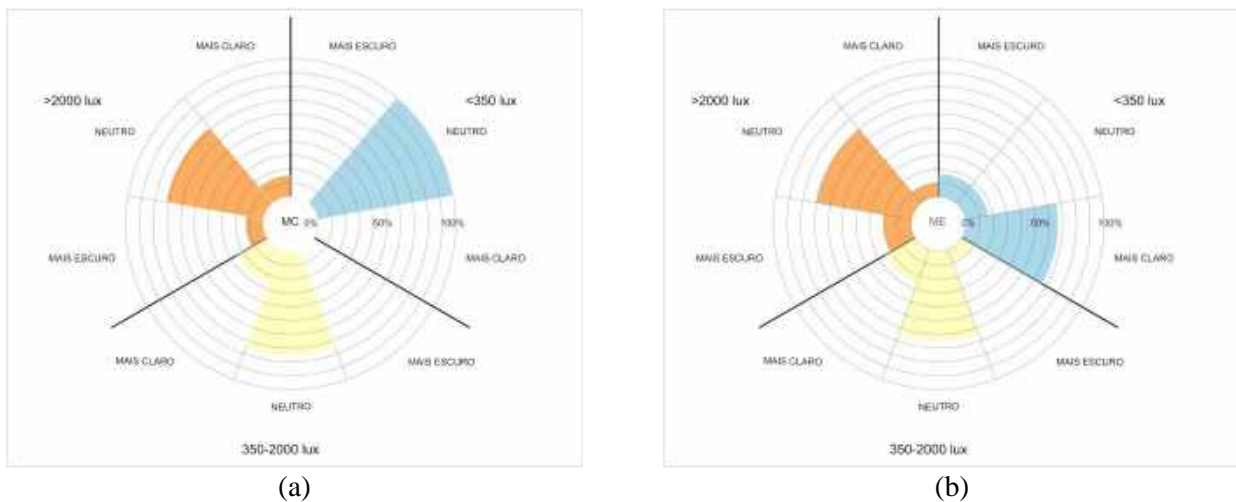


Figura 9 - Respostas à questão 13 (preferência de claridade no plano de trabalho) em relação à  $E_h$  no MC-N (a) e ME-S (b).

A última questão se referia à existência de ofuscamento. A Figura 10 mostra que, quando sob níveis mais baixos de iluminação, apenas os ocupantes do ME-S acusaram perceber ofuscamento. Aproximadamente 30% destes, inclusive, relataram ofuscamento intolerável. Para a faixa de 350 a 2000 lux, ambas as câmaras tiveram respostas similares, com maior percepção no MC-N (40%). Por fim, em momentos em que a  $E_h$  excedia 2000 lux, 20% dos participantes de ambas as câmaras acusaram ofuscamento perceptível e 10%, incômodo ou intolerável.



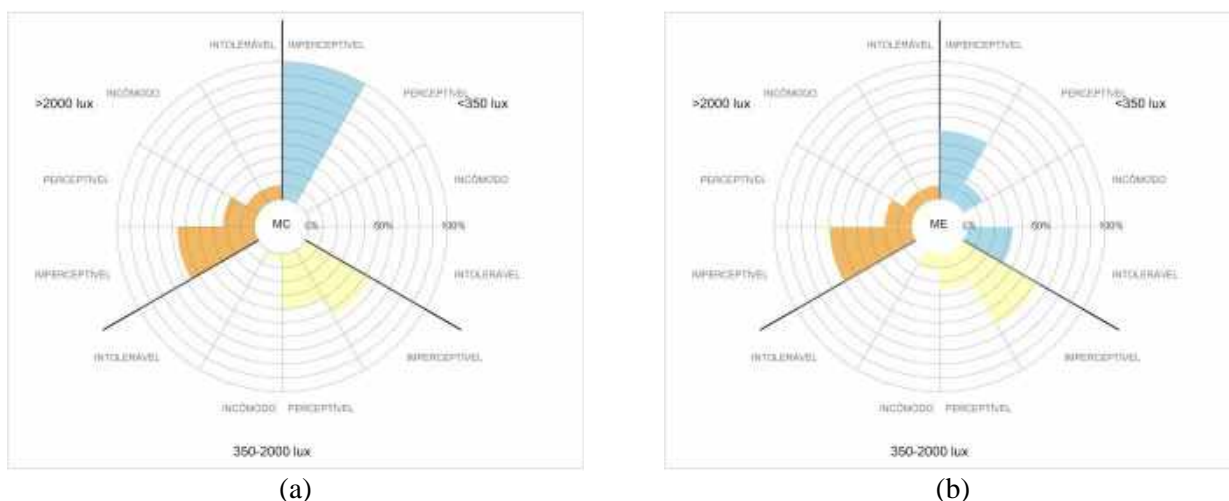


Figura 10 - Respostas à questão 14 (ocorrência de ofuscamento) em relação à  $E_h$  no MC-N (a) e ME-S (b).

## 5. DISCUSSÃO

Este estudo não se limitou apenas à luz natural. Logo, quando esta foi insuficiente (como no fim da tarde), ainda havia  $E_h$  suficiente gerada pela luz artificial para o desempenho de tarefas no ambiente.

No entanto, para  $E_h$ s abaixo de 350 lux, quase 20% dos ocupantes do ME-S, orientado para o sul, reportaram perceber o ambiente como “escuro”, ao passo que os participantes do MC-N declararam não achar o ambiente nem claro nem escuro. Também houve maior insatisfação do que para os ocupantes do MC-N sob a mesma faixa de nível de  $E_h$ .

É importante observar, no entanto, que esta diferença de satisfação e percepção de iluminação, menor (Figura 5) e mais variada (Figuras 5 a 9) para o ME-S, pode ser relacionada com outros fatores não analisados nesta pesquisa, como a vista das janelas. Beute e de Kort (2018) atentam para a dificuldade de se separar os efeitos da iluminação natural daqueles proporcionados pelas vistas para o exterior. Salientam, inclusive, a similaridade nos efeitos de satisfação e bem-estar (BEUTE; de KORT, 2014). Ressalta-se que, quanto à visão para o ambiente externo, o MC-N possui vista sem obstruções e com vegetação e o ME-S tem visão obstruída pelo edifício próximo. Neste sentido, a continuação da pesquisa deverá considerar também este fator.

## 6. CONCLUSÕES

A partir da comparação entre satisfação com a iluminação no ambiente interno e o tipo de céu, bem como entre respostas subjetivas relativas à iluminação no ambiente e a disponibilidade de iluminação, foi possível observar diferenças provocadas pelas orientações norte e sul.

Quando comparadas às condições de céu, as respostas dos ocupantes acerca da satisfação com a iluminação no ambiente foram positivas quando o céu estava aberto (CLR) ou encoberto (OVC). Conclui-se disto que, nestes casos, a orientação da abertura não provoca diferenças de percepção. Quando aberto, a intensidade maior da luz natural proporciona efeitos positivos, como esperado. Por outro lado, o céu encoberto gera satisfação igual em ambos os ambientes porque, pelas inúmeras reflexões que a cobertura homogênea de nuvens provoca, a luz incide igualmente de diferentes direções. Nos momentos em que o céu se encontrava com diferentes graus de nebulosidade (de FEW a BKN), a variação entre as orientações tornou-se evidente, com satisfação maior reportada pelos ocupantes do MC-N, orientado para o norte.

Quanto à  $E_h$ , a satisfação foi maior no MC-N e a percepção de claridade foi consistentemente neutra quando os níveis estavam abaixo de 350 lux. Isto quer dizer que, mesmo com a contribuição da luz artificial, os indivíduos no ME-S, orientado para o sul, sentiam a diferença de disponibilidade da luz natural.

Dentro do intervalo de  $E_h$  entre 350 e 2000 lux, as respostas dos participantes de ambas as câmaras foram similares, com satisfação alta e percepção neutra (nem claro nem escuro) predominante. Isto reforça a métrica utilizada de referência (UDI), pois comprova que estes níveis de iluminação são adequados para os ocupantes.

Acima de 2000 lux, ao contrário do esperado, não houve incremento significativo de respostas insatisfeitas ou de claridade excessiva. Como mencionado, a métrica UDI estabelece 2000 lux como o limite acima do qual há maior probabilidade de ofuscamento e desconforto térmico. Neste sentido, seria de esperar que houvesse maior número de relatos de insatisfação nesta faixa. Por outro lado, as respostas mais frequentes reportando ofuscamento intolerável ocorreram sob nível de  $E_h$  abaixo de 350 lux.

Apesar de o ofuscamento não ter sido medido durante o estudo, os resultados permitem excluir justamente os níveis elevados de  $E_h$  como determinantes da percepção de ofuscamento neste caso. Sob iluminação com níveis reduzidos, a causa provável incide sobre o contraste, principalmente se comparado com as respostas às questões 12 e 13 (percepção e preferência de claridade do plano de trabalho). Para esta faixa de  $E_h$ , as respostas foram significativas identificando o plano de trabalho como escuro (Figura 8) e que os ocupantes desejavam que estivesse mais claro (Figura 9). A pesquisa deverá incluir a medição do ofuscamento em testes futuros a fim de elucidar a questão.

Os resultados alinham-se às conclusões do estudo realizado a partir de uma amostra pequena com 16 indivíduos por Krüger et al. (2018), que já apontava que, sob iluminâncias mais baixas, a sensibilidade do ser humano em relação a menores variações de luz pode ser mais acentuada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8995 Iluminação de ambientes de trabalho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- \_\_\_\_\_. **NBR 16401 Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Standard 55-2017**, Thermal environmental conditions for human occupancy. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers: Atlanta, 2017.
- BEUTE, F.; de KORT, T. A. W. Salutogenic effects of the environment: review of health protective effects of nature and daylight. **Applied Psychology: Health and Well-Being**, v. 6, p. 67, 2014. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/aphw.12019>>. Acesso em 04 maio 2019.
- \_\_\_\_\_. The natural context of wellbeing: Ecological momentary assessment of the influence of nature and daylight on affect and stress for individuals with depression levels varying from none to clinical. **Health & Place**, v. 49, p. 7, 2018. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29156416>>. Acesso em 04 maio 2019.
- BOCCALANDRO, E. R. Coleção G-38: Teste Não Verbal de Inteligência. São Paulo: Vetor, 2003.
- BRE. **BREEAM International New Construction 2016**: Technical manual. Disponível em: <[https://www.breeam.com/BREEAMInt2016SchemeDocument/#\\_frontmatter/cover\\_newcon.htm%3FTocPath%3D\\_\\_\\_\\_1](https://www.breeam.com/BREEAMInt2016SchemeDocument/#_frontmatter/cover_newcon.htm%3FTocPath%3D____1)>. Acesso em: 05 abr. 2019.
- CHINAZZO, G.; WIENOLD, J.; ANDERSEN, M. A preliminary study on the sensitivity of people to visual and thermal parameters in office environments. **Proceedings of 9th Windsor Conference: Making Comfort Relevant**. Windsor, 7-10 Abril 2016.
- DUIJNHOVEN, J. van; ARIES, M. B. C.; ROSEMAN, A.; KORT, H. S. M. Light ratios, satisfaction, user perception, and general health in (day)lit offices. **Licht 2016**, Karlsruhe, 25-28 Setembro 2016.
- HINAZZO, G.; WIENOLD, J.; ANDERSEN, M. A preliminary study on the sensitivity of people to visual and thermal parameters in office environments. **Proceedings of 9th Windsor Conference: Making Comfort Relevant**. Windsor, 7-10 Abril 2016.
- BROWNING, W.; RYAN, C.; CLANCY, J. **14 patterns of biophilic design: improving health & well-being in the built environment**. Disponível em: <<https://www.terrapinbrightgreen.com/report/14-patterns/>>. Acesso em: 24 abr. 2019.
- INTERNATIONAL WELL BUILDING INSTITUTE (IWBI). **The WELL building standard**. V.1.0. Nova Iorque: Delos Living LLC, 2015.
- KELLERT, S. R. Dimensions, elements, and attributes of biophilic design. In: **Biophilic design: the theory, science, and practice of bringing buildings to life**. 2008, Hoboken: John Wiley & Sons Inc., 2008. p. 3-15.
- KRÜGER, E.; ROSSI, F. Quantificação da ilha de calor de Curitiba considerando aspectos de estabilidade atmosférica. **Revista Brasileira de Meteorologia**. Vol. 30, n. 4, São Paulo, out/dez 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862015000400394&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862015000400394&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em 04 maio. 2019.
- KRÜGER, E. L.; TAMURA, C.; TRENTO, T. P. W. Identifying relationships between daylight variables and human preferences in a climate chamber. **Science of the Total Environment (online)**, n. 642, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971832240X>>. Acesso em 04 maio 2019.
- MARDALJEVIC, John; NABIL, Azza. The useful daylight illuminance paradigm: A replacement for daylight factors. **Energy and Buildings**. Vol. 38, Ed. 7, jul. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.013>>. Acesso em 28 fev. 2017.
- REDE DE METEOROLOGIA DO COMANDO DA AERONÁUTICA (REDEMET). **Consulta de mensagens OPMET**. Disponível em: <<https://www.redemet.aer.mil.br/?i=produtos&p=consulta-de-mensagens-opmet>>. Acesso em 30 mar. 2019.
- TREVISAN, L. Y. I. **Concepção, construção e verificação da aplicabilidade de uma câmara bioclimática de baixo custo em estudos de conforto ambiental**. Tese (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.
- TREVISAN, L. Y. I.; TAMURA, C. A.; RIBEIRO, D; GOMES, B. de L. M.; DRACH, P.; HARA, M. M.; KRÜGER, E. L.. **Construção de câmara bioclimática de baixo custo para estudos de ambiência térmica no brasil**. XVII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, 14 Novembro 2018.
- U. S. GREEN BUILDING COUNCIL (USGBC). **Reference guide for building design and construction**. V.4. Washington: USGBC, 2013.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Pax, 2001.