XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DA CÂMARA BIOCLIMÁTICA DE BAIXO CUSTO (CBBC)

Rogerio Shibata (1); Antonia Gambati (2); Alícia Vieira (3); Clarisse Di Núbila (4); Daniel Trento (5); Deize Lellys da Silva (6); Eduardo Lemes Schlemm (7); Gabriel Celligoi(8); Jéssica Romanelli (9); Ticiana Patel Weiss Trento (10); Eduardo Krüger (11)

(1) Mestrando em Engenharia Civil, Arquiteto e Urbanista, rogerioshibata@alunos.utfpr.edu.br
(2) Pós-Graduanda em Engenharia Civil, Engenheira Civil, antonia.gambati@hotmail.com
(3) Graduanda em Engenharia Civil, alicia.vieira@hotmail.com
(4) Mestranda em Engenharia Civil, Engenheira Civil, clarissedinubila@gmail.com
(5) Mestrando em Engenharia Civil, Arquiteto e Urbanista, trento.daniel@gmail.com
(6) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, laylahh22@gmail.com
(7) Graduando em Arquitetura e Urbanismo, edschlemm@gmail.com
(8) Mestrando em Engenharia Civil, Arquiteto e Urbanista, gabrielcelligoi@gmail.com
(9) Mestranda em Engenharia Civil, Arquiteta e Urbanista, jromanelliarq@gmail.com
(10) Doutoranda em Engenharia Civil, Arquiteta e Urbanista, ticiana.weiss@hotmail.com
(11) Doutor em Arquitetura, Prof. do Departamento acadêmico de construção civil, ekruger@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000, Ecoville, Curitiba-PR, (41) 3279-6800

RESUMO

A CBBC está em funcionamento desde o início de 2018, é um laboratório constituído por dois módulos independentes, o de Controle (MC) com as características originais dos módulos e o Experimental (ME), passível de alterações para estudos diversos. Concebido sob a premissa de soluções replicáveis e de baixo custo, o laboratório é dedicado a estudos comparativos de conforto ambiental e desempenho de edificações. Este trabalho busca apresentar um diagnóstico das condições de conforto percebidas pelos usuários em uma Avaliação Pós-Ocupação (APO) realizada em março de 2019 buscando a análise em condições de final do verão. Detalha-se a metodologia adotada no experimento, as variáveis ambientais monitoradas e os resultados obtidos da APO aplicada a 126 alunos. Para o levantamento, foi acrescida ao ME uma janela adicional àquela da configuração original. A amostra buscou equilibrar a distribuição conforme sexo biológico e curso de origem dos voluntários. Os resultados mostraram em geral satisfação com o ambiente térmico (76%) e lumínico (71%), e em menor grau com o ambiente acústico interno (45%). Observa-se, nesse caso, que o ME apresentou maior satisfação em relação às condições de conforto acústico que o MC.
Palavras-chave: conforto ambiental, desempenho de edificações, câmara climática, avaliação pós-ocupação.

ABSTRACT

CBBC is in operation since the beginning of 2018. It is a laboratory consisting of two independent modules, control module (CM), maintaining the original characteristics of the modules and the experimental module (EM), which can be adjusted to various experiments. Conceived under the premise of replicable and low-cost solutions, the laboratory is dedicated to comparative studies of indoor comfort and overall performance of buildings. This paper aims to present a diagnosis of the comfort conditions perceived by the users in the Post-Occupancy Evaluation (POE) held in March 2019 seeking the analysis by users. The methodology used in the experiment, the monitored environmental variables and the results obtained from the POE applied to 126 students are described. For the survey, an additional window was added to the original one in EM. The sample sought to balance the distribution according to biological sex and course of origin of the volunteers. The results showed in general satisfaction with the thermal (76%) and luminous (71%) environment and less so with the acoustic (45%) environment. It is observed that EM presented greater satisfaction in relation to acoustic comfort conditions than CM.
Key words: indoor comfort, building performance, climate chamber, post-occupancy evaluation.

1. INTRODUÇÃO

É crescente a percepção, em nossa sociedade, de que nossas ações devam levar em conta seu impacto ambiental, com medidas socioambientais e outras que busquem maior eficiência na utilização dos recursos. Sendo a indústria da construção civil responsável pela utilização de grande parte dos recursos naturais não renováveis e a operação das edificações responsável pelo consumo de mais de 50% de toda energia elétrica produzida (ROAF; FUENTES; THOMAS, 2006; FARIA; SCHMID, 2015; GBC Brasil; AEC Web), é natural a crescente preocupação com a redução das demandas necessárias para manutenção do mercado sem comprometer, entretanto, a qualidade do espaço para o usuário.

O desempenho eficiente do meio construído está diretamente relacionado ao conforto ambiental e à eficiência energética da edificação. O conforto ambiental, por sua vez, abrange um conjunto de condições que conferem sensação de bem-estar térmico, visual, acústico e antropométrico (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). Em outras palavras, os autores afirmam que o desempenho da edificação não garante a satisfação do usuário, impactada também por questões subjetivas que podem ou não estar relacionadas às condicionantes do ambiente.

Segundo Fanger (1970), a percepção térmica do espaço é influenciada por seis variáveis fundamentais; sendo quatro ambientais e duas individuais. Para ele a temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar (variáveis ambientais), combinadas à temperatura metabólica do indivíduo aliada ao vestuário (variáveis individuais), fornecem parâmetros que podem influenciar a resposta subjetiva em relação ao ambiente, atuando diretamente sobre o bem-estar e a saúde do usuário.

Uma forma de estabelecer um vínculo entre a percepção do usuário e a qualidade do projeto e da construção é com a aplicação de uma Avaliação Pós-Ocupação (APO), que abrange aspectos funcionais, sistemas de construção e manutenção, conforto ambiental e a relação do comportamento humano com o meio construído (ORNSTEIN, 2005). Neste estudo, o conceito de APO foi aplicado como instrumento de análise das condições proporcionadas por ambientes-teste, doravante denominados Câmara Bioclimática de Baixo Custo (CBBC). Apesar deste não ser um espaço de uso contínuo, com uma população fixa, entende-se que a avaliação do espaço a partir da análise de usuários eventuais ou de passagem também pode contribuir para a avaliação do ambiente (ORNSTEIN et al., 2018; BARBOSA, 2015).

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste estudo é apresentar um diagnóstico das condições de conforto ambiental da CBBC, baseada na percepção térmica, lumínica e acústica de 126 participantes da APO realizada em março de 2019.

3. MÉTODO

Além da descrição da CBBC e procedimentos de APO, apresentam-se também nesta seção, de forma concisa, o protocolo de operação dos ambientes-teste de monitoramento de variáveis internas aos módulos, assim como dados tomados no ambiente imediatamente externo a eles.

Destaca-se que o presente estudo integra o projeto de pesquisa “Avaliação Pós-Ocupação em Câmara Bioclimática de Baixo Custo” em desenvolvimento pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da UTFPR e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da mesma sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 92497018.5.0000.5547.

3.1. Caracterização da CBBC

A CBBC é um laboratório construído no Campus Curitiba da UTFPR (Figura 1) voltado a estudos de conforto ambiental e desempenho do ambiente construído, com exposição ao exterior cuja concepção baseia-se nas estratégias construtivas para Zona Bioclimática 1 apresentadas na NBR 15.220: Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005).



Figura 1 – CBBC: (A) localização no campus universitário; (B) vista frontal

A CBBC é composta por dois módulos independentes, passíveis de articulação rotação de forma individualizada, característica que possibilita o desenvolvimento de estudos de insolação e seus reflexos, ventilação natural, acústica entre outros. Os dois módulos denominados controle (MC) e experimental (ME), possuem 5,4m² de área de piso, com um volume interno de 13,5m³. A envoltória resultou em uma transmitância térmica de 0,87 W/m².K. A janela (1,40m × 0,90m) é de vidro temperado incolor de 8mm de espessura, composta por duas folhas, uma fixa e outra de correr. Ambos os módulos tiveram a janela voltada para o Norte verdadeiro.

No ME, foi adicionada uma segunda janela, sobreposta à original, composta por duas folhas em perfil de alumínio preenchido com isopor de funcionamento máximo-ar e vidro laminado 6mm (vidro incolor 3mm + PVB incolor + vidro incolor 3mm). Este sistema foi instalado na parte externa do ME a fim de viabilizar a operação e manutenção de duas esquadrias, mantendo um espaço de cerca de 15cm entre ambas. A janela adicional foi instalada com o intuito de viabilizar maior isolamento termoacústico a partir de uma solução corrente no mercado local que busca viabilizar o sistema a custo reduzido de instalação, principalmente em reformas.

3.2. Instrumentos de prospecção junto aos usuários

Para definição da amostra, optou-se pela limitação a alunos dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da UTFPR, cursos com maior familiaridade com questões voltadas ao ambiente construído. Buscando maior participação do público-alvo, propôs-se um período de permanência dos participantes na câmara por não mais de meia hora. Para definição do número mínimo de participantes, foi considerado o total de alunos matriculados em ambos os cursos (938 alunos). Adotou-se um erro amostral de 5%, resultando em uma amostra mínima de 120 alunos. A altura, peso e idade médios foram de 1,63m, 64,86kg e 23 anos, respectivamente.

Após agendamento e preenchimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), os participantes foram conduzidos aos ambientes-teste individualmente, de forma a alcançar distribuição equilibrada entre os módulos considerando sexo biológico e curso de origem dos voluntários, para que avaliassem o ambiente após um breve período de aclimatação e uso.

Para definição dos critérios para aclimatação de curto prazo, foram utilizadas as normas NBR 16401/2008 e da ANSI/ASHRAE Standard 55/2017, as quais recomendam um tempo mínimo de permanência de 15 minutos. Aproveitando-se de uma proposta de um estudo paralelo quanto à relação conforto e desempenho cognitivo, foi aplicado o Teste Psicológico G-38, um teste de raciocínio e analogia não-verbal de inteligência com 38 questões (BOCCALANDRO, 2003), com duração aproximada de 20 minutos. Em seguida, foi aplicado questionário, por meio de uma plataforma online preparada para as diversas sessões, fechando o tempo médio de ocupação do ambiente em 30 minutos. O questionário de percepção do usuário, com perguntas fechadas (Google Forms, com opções de resposta) abordou questões pertinentes aos diversos estudos em andamento relativamente à percepção térmica, lumínica, acústica e ergonômica do ambiente, além da percepção ambiental. Previamente às sessões na CBBC, foi realizado um pré-teste do questionário em ambiente de sala de aula, com aperfeiçoamento da ferramenta.

3.3. Operação da CBBC

Para fins de comparação e análise dos dados entre as diversas sessões, optou-se em manter as condições dos ambientes com portas e janelas fechadas, sendo estas últimas passíveis de alteração pelo usuário. A situação padrão da persiana era semiaberta buscando atenuar o ofuscamento no plano de trabalho e garantindo a iluminância mínima de 300 lux conforme recomendado pela NBR 8995 (2013). O equipamento de ar condicionado (*split*) estava ligado no módulo ventilação, sem refrigeração nem aquecimento, em velocidade alta e com movimentação de aletas, sem possibilidades de interferência do usuário. O sistema de iluminação utiliza lâmpadas Philips Hue, programadas via aplicativo Hue Pro para compensação da temperatura correlata de cor (CCT) correspondente ao horário de cada sessão, mas também com operação vedada ao usuário.

Assim, ao participante foi dada apenas a possibilidade de abrir a janela e/ou a persiana durante a APO. A fim de garantir a renovação do ar interno, portas e janelas foram completamente abertas apenas nos intervalos de troca de participantes. Assumiu-se que os participantes tinham taxa metabólica equivalente a uma atividade de escritório, sentados (55-70 W/m², segundo a ISO 8996:2004). A vestimenta foi determinada via consulta à tabela de isolamento térmico de vestimentas (ISO 7730:2005), antes de cada sessão.

3.4. Monitoramento de variáveis

A fim de subsidiar a análise da percepção do usuário, as diversas variáveis ambientais foram registradas tanto no interior como na área externa aos módulos. A condição climática externa foi monitorada com sensores de Temperatura do ar (Ta) e Umidade relativa (UR) (marca HOBO, modelo S-THB-M002) instalados entre os módulos da CBBC, em um abrigo fixado sobre um tripé, a 2,00m de altura. Sobre o MC, foi adicionalmente instalada uma estação meteorológica HOBO, com a inclusão de sensor para medir velocidade e direção dos ventos predominantes (marca ONSET, modelo S-WCA-M003).

As condições térmicas no interior de cada módulo da CBBC foram monitoradas com a utilização de:

- Quatro sensores de Ta (marca Novus, modelo TagTemp Stick) a 0,10m, 0,60m, 1,10m e a 1,70m;
- Um sensor de Ta (marca Novus, modelo TagTemp Stick) a 1,10m, em uma esfera plástica equivalente a um termômetro de globo;
- Um higrômetro (marca HOBO, modelo LogBox-RHT-LCD) a 1,10m. Os sensores foram configurados para registrar Ta e UR a cada cinco minutos.

Quanto ao monitoramento das condições lumínicas sobre o plano de trabalho, a temperatura correlata de cor (CCT) e a iluminância (E) foram registradas a cada dois minutos por meio de um actímetro com luxímetro acoplado (marca Phillips Respironics, modelo Actiwatch Spectrum), fixado sobre a mesa.

Também foi instalado um anemômetro a 1,10m a fim de verificar a movimentação do ar no interior das câmaras o qual não acusou qualquer movimentação do ar interno.

O monitoramento do nível de pressão sonora foi inviabilizado pela indisponibilidade de equipamentos durante o período de realização da APO da CBBC; assim, a análise da percepção acústica tomou por base um mapa acústico da UTFPR Sede Ecoville desenvolvido no software SoundPLAN® versão 7.4 (AMARILLA et al., 2018) e medições no entorno da CBBC (abril de 2018). O objetivo deste último estudo foi avaliar o isolamento acústico de MC e ME ao ruído de tráfego, principal poluente sonoro no entorno da CBBC (RIBEIRO; AMARILLA, 2018). Utilizou-se um analisador de frequência (marca Brüel&Kjaer, modelo B&K 2250 Light classe 1), com microfone de ½" tipo campo aberto acoplado – Figura 5 (A). As medições externas ocorreram em pontos afastados a 1,20m do piso e 2,00m de paredes e/ou superfícies que pudessem refletir as ondas sonoras

4. RESULTADOS PRELIMINARES

As respostas subjetivas da APO podem ser verificadas nas figuras 2 a 6, referentes ao MC e ao ME. Estes resultados serão ainda contrapostos aos dados de temperatura em bulbo seco, umidade relativa, ponto de orvalho, velocidade do vento, dados de medição acústica, de nebulosidade e isolamento térmico da vestimenta dos participantes no momento da avaliação.

Apesar da maior participação de voluntárias do sexo feminino, buscou-se uma distribuição equitativa dos participantes em ambos os módulos de acordo com o sexo biológico e divisão pelos cursos.

Nota-se pelas respostas dos ocupantes (n=126) que o nível de desconforto em relação à temperatura foi menor no ME (Figura 2), indicando possível impacto positivo quanto à vedação decorrente da instalação da nova esquadria.

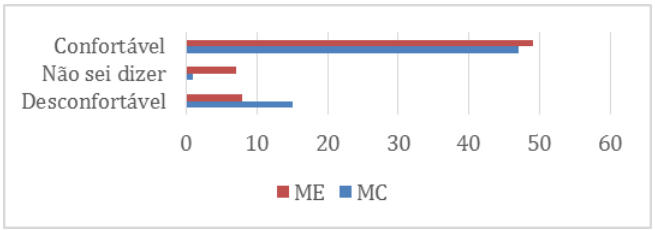

Figura 2 – Resultados para a questão "Como está a temperatura na CBBC?" – número total de respostas (126 respostas)

Esta afirmação se evidencia quando da análise das respostas apresentadas na Figura 3, a maior parte dos usuários (76%) indica o ambiente como confortável, sem necessidade de alteração quanto às condições térmicas internas. A maior concentração dos votos de mudança foi para "com um pouco mais de calor" (38%), situação esperada para condições de início de outono.

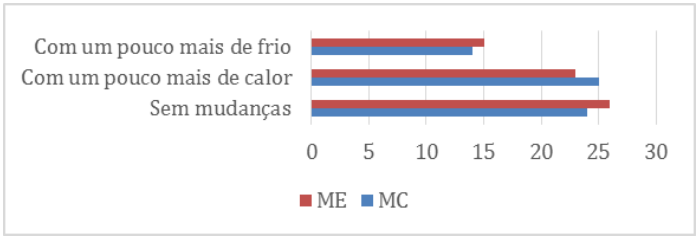

Figura 3 – Resultados para a questão "Como gostaria que estivesse a temperatura na CBBC?" – número total de respostas (126 respostas)

Uma vez tendo sido mantidas as dimensões da abertura em ambos os módulos, previa-se que a inclusão da esquadria no ME não causaria qualquer impacto no que tange a aspectos de conforto lumínico. Esta hipótese pode ser comprovada com a verificação das respostas apresentadas na Figura 4, sobre a percepção de claridade na CBBC como um todo.

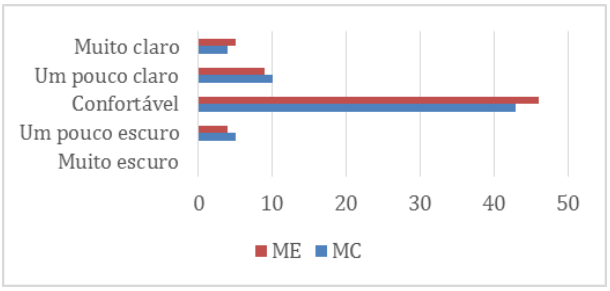

Figura 4 – Resultados para a questão "Como você percebe, no momento, a claridade da CBBC como um todo?" – número total de respostas (126 respostas)

A Figura 5, a respeito da satisfação com o nível de ruído dentro dos módulos, apresenta o resultado mais discrepante em relação aos dois ambientes, resultante do impacto da instalação do segundo perfil de esquadrias. Fica claro que, no ME, o nível de conforto em relação aos ruídos percebidos é o oposto daquele percebido no MC (64% versus 28%, para "Muito satisfeito" e "Satisfeito"), onde a maior parte dos ocupantes declarou-se insatisfeita (41%, para "Insatisfeito" e "Muito insatisfeito").

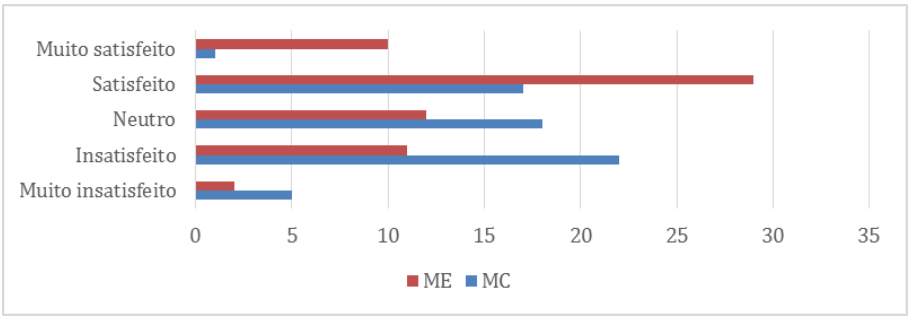

Figura 5 – Resultados para a questão "Quão satisfeito você está com o nível de ruído na CBBC?" – número total de respostas (126 respostas)

A afirmação é ainda reforçada quando analisamos o resultado apresentado na Figura 6, que indica a origem dos ruídos incômodos dentro dos módulos. Nesta, fica claro que o ruído exterior não interfere, ou interfere muito menos na percepção de desconforto acústico no ME.

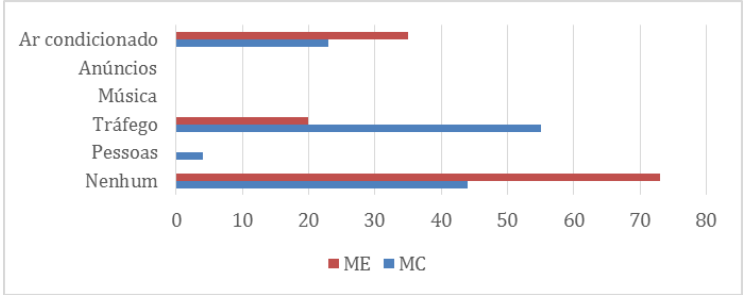

Figura 6 – Relação de ruídos que causam incômodo – múltipla escolha (mais de uma resposta possível)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS ou ETAPAS FUTURAS

O trabalho busca apresentar os resultados da APO realizada em abril de 2019 na CBBC. Este tipo de estudo em câmaras climáticas, apesar de difundido internacionalmente (SCHWEIKER et al., 2014; DE DEAR et al., 2013; TOFTUM; LANGKILDE; FANGER, 2004), é ainda pouco usual no Brasil. Desde fevereiro de 2018, estudos similares têm sido realizados na CBBC com foco nas áreas de conforto ambiental e desempenho de edificações, utilizando em alguns deles processos comuns às APOs.

Apesar deste estudo apresentar dados preliminares que possibilitem uma leitura das diferentes propostas nos espaços analisados, é necessário ainda o cruzamento destes com os demais dados coletados durante as diferentes estações do ano a fim de verificar os efeitos das alterações construtivas sob influências climáticas diversas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220 -** Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 8995** - iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013.

AMARILLA, R. S. D.; AVELAR, M.; RIBEIRO, R. S.; CATAI, R. D.; SOUSA, R. P.; MATOSKI, A. **Modelagem acústica: processo de avaliação de poluição sonora em um Campus Universitário na Cidade de Curitiba - Paraná**. In: XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica. Anais... Porto Alegre: SOBRAC, 2018.

ANSI-ASHRAE - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE; AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITINING ENGINEERS. **Standard 55-2017: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: ANSI/ASHRAE, 2017.

BARBOSA, M. B. P. **Wayfinding na jornada da pessoa com deficiência visual no sistema metroferroviário**. São Paulo, 2015. 549 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Blog **GBC Brasil** - Eficiência energética para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <http://blog.gbcbrasil.org.br/?p=4038>. Acesso em abril, 2019.

BOCCALANDRO, E. R. **Coleção G-38: Teste Não Verbal de Inteligência**. São Paulo: Vetor, 2003.

DE DEAR, R.; NATHWANI, A.; CANDIDO, C.; CABRERA, D. **The next generation of experientially realistic lab-based research**: The University of Sydney's Indoor Environmental Quality Laboratory. Architectural Science Review, v. 56, n. 1, p. 83-92, 2013.

FANGER, P. O. **Thermal comfort-analysis and applications in environmental engineering**. Copenhagen: DanishTechnical Press, 1970.

FARIA, Fernanda Cardoso de; SCHMID, Aloísio Leoni. **Avaliação do comportamento de tintas naturais para a construção civil frente ao intemperismo através de ensaio de envelhecimento acelerado.** Artigo do XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. Campinas - SP, 2015.

ISO 8996:2004. **Ergonomics of the thermal environment -- Determination of metabolic rate.** ISO, Genebra, 2004.

ISO 7730: 2005. **Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.** ISO, Genebra, 2005.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R**. Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

ORNSTEIN, S. W. **Post-Occupancy Evaluation in Brazil**. Em: ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (Eds.). Evaluating Quality in Educational Facilities. Paris: OECD, 2005. p. 135–143.

ORNSTEIN, S. W.; ONO, R.; FRANÇA, A. J. G. J; LEITNER, A. D.; BARBOSA, M. B. P.Aplicação em edifícios institucionais.Em: **Avaliação Pós-Ocupação na arquitetura, urbanismo e design: da teoria à prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

Revista AEC Web - **Os verdadeiros impactos da construção civil**. Disponível em :<https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/os-verdadeiros-impactos-da-construcao-civil_2256_0_20>.Acesso em março, 2019

RIBEIRO, R. S.; AMARILLA, R. D. **Relatório de ruído ambiental no entorno da Câmara Bioclimática de Baixo Custo (CBBC)**. Curitiba: UTFPR, 2018.

ROAF, Susan; FUENTES, Manuel; THOMAS, Sthephanie. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável** – Tradução Alexandre Salvaterra. 2 ed. Porto Alegre-RS. Bookman, 2006

ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L.; BRÖDE, P; Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 41-59, jan./mar. 2012.

SCHWEIKER, M.; BRASCHE, S.; HAWIGHORST, M.; BISCHOF, W.; WAGNER, A. **Presenting LOBSTER, an innovative climate chamber, and the analysis of the effect of a ceiling fan on the thermal sensation and performance under summer conditions in an office- like setting**. In: WINDSOR CONFERENCE, 8., Windsor, 2014. Proceedings... Windsor: NCEUB, 2014. v. 1, p. 924-937.

TOFTUM, J.; LANGILDE, G.; FANGER, P. O. **New indoor environment chambers and field experiment offices for research on human comfort, health and productivity at moderate energy expenditure**. Energy and Buildings, v.36, p. 899-903, 2004.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à UTFPR, pelo suporte ao desenvolvimento desta pesquisa; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro; à Delta Containers, pelo fornecimento e execução da CBBC, e à Eternit, LP Brasil, Pado, Philco Eletrônicos S.A. e Placo Saint-Gobain, pelas doações de aparelhos e insumos.