Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

AVALIAÇÃO PELO USUÁRIO DE UMA CÂMARA CLIMÁTICA: FOCO EM ASPECTOS DE CONFORTO AMBIENTAL[1]

SHIBATA, Rogerio (1); TREVISAN, Livia Yu Iwamura (2); MATIAS, André Luís de Sá (3); SILVA, Deize Lellys da (4); SCHLEMM, Eduardo Lemes (5);KRÜGER, Eduardo Leite (6);

(1) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, rogerio.shibata@unicuritiba.com.br
(2) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, livia.iwamura@gmail.com
(3) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, andreluis.matias21@gmail.com
(4) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, laylahh22@gmail.com
(5) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, edschlemm@gmail.com
(6) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, ekruger@utfpr.edu.br

RESUMO

A pesquisa busca elaborar um diagnóstico de aspectos positivos e negativos, com foco no conforto ambiental, avaliando percepção do usuário frente a aspectos térmicos e lumínicos relatados em ambientes-teste semi-controlados em duas campanhas com condições climáticas distintas. O laboratório é composto por dois módulos, configurados de forma similar a espaços de escritório, os quais foram projetados sobre apoios giratórios permitindo rotação de fachada. No estudo, 263 participantes voluntários foram submetidos a dois tipos de questionário. O primeiro, um teste psicológico que buscou avaliar diferenças na capacidade de resposta relacionada às condições ambientais. O segundo, buscando levantar aspectos subjetivos percebidos pelos voluntários em relação a diferentes aspectos de conforto ambiental. A partir desta análise, verificou-se de que forma as variáveis de conforto levantadas influenciaram na percepção do ambiente assim como nos resultados do teste psicológico, com resultados mais significativos encontrados na campanha de verão.

Palavras-chave: *Ambiente Construído. Avaliação Pós-Ocupação. Câmara Climática. Conforto Ambiental. Desempenho da Edificação. Percepção do Usuário.*

ABSTRACT

The research seeks to elaborate a diagnosis of positive and negative aspects, with a focus on indoor comfort, assessing user perception against thermal and luminous aspects reported in a semi-controlled test facility during two campaigns with distinct climatic conditions. The lab consists of two modules, office-like indoor environments, placed on top of rotating supports which allow testing different façade orientations. In the study 263 volunteer participants were invited to fill out two types of questionnaire. Firstly, a psychological test, which sought to assess differences in responsiveness related to environmental conditions. Secondly, a questionnaire sought to raise subjective aspects perceived by the volunteers in relation to

[1] SHIBATA, Rogerio (1); TREVISAN, Lívia Yu Iwamura (2); MATIAS, André Luís de Sá (3); SILVA, Deize Lellys da (4); SCHLEMM, Eduardo Lemes (5);KRÜGER, Eduardo Leite (6). Avaliação pelo usuário de uma câmara climática: foco em aspectos de conforto ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

different comfort aspects. From the analysis, it was verified to what extent comfort variables influenced the perception of the built environment as well as scores obtained in the psychological test, with more significant results found in the summer campaign.

***Keywords**: Built Environment. Post-Occupancy Evaluation. Climate Chamber. Indoor Comfort. Building Performance. User Perception.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, torna-se cada vez mais presente a adoção de medidas visando maior eficiência na utilização de recursos naturais em edificações, tornando-se o foco de tais ações cada vez mais centrado no usuário do espaço construído (BERKEBILE, 2017). Assim, aumenta a pressão na sociedade pela adoção de medidas visando maior eficiência na utilização dos recursos naturais, na tentativa de reduzir o impacto ambiental decorrente de suas ações. Cresce também a pressão sobre o mercado da construção pela redução das demandas necessárias para a operação de edificações, sem, entretanto, comprometer a qualidade do espaço percebida pelo usuário final.

Neste contexto, o cuidado com o projeto assim como sua avaliação são estratégicos na busca pelo aprimoramento da qualidade das edificações (KOWALTOWSKI, 2010). Estas avaliações, denominadas como de pós-ocupação (APOs) buscam o diagnóstico de um espaço já concluído e com sua utilização definida desde sua concepção, a partir da perspectiva do usuário, sob a análise de especialistas, aplicando uma série de técnicas ao longo do uso do ambiente. Pode abranger aspectos funcionais, sistemas de construção e manutenção, conforto ambiental, assim como a análise da relação entre o comportamento humano e sua interação com o meio construído (ORNSTEIN, 2005; PREISER, WHITE e RABINOWITZ, 2015).

O desempenho adequado da edificação, quando fundamentado somente em dados técnicos utilizados como base para o desenvolvimento do projeto, não garante necessariamente a satisfação do usuário, estando esta sujeita a variações subjetivas. Entende-se que conhecer a perspectiva do usuário é fundamental para diagnosticar as condições de conforto e bem-estar propiciadas pelo ambiente. Especialistas defendem que as deficiências de um projeto poderiam ser melhor divulgadas em formato apropriado, de modo que possam servir à aplicação no processo projetual de outras obras de uso similar (KOWALTOWSKI *et al*., 2006; VILLA e ORNSTEIN, 2010).

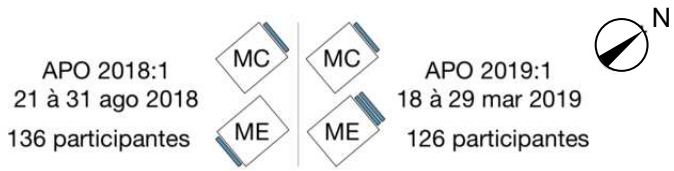
O presente trabalho aprofunda a análise dos resultados obtidos com a construção e validação dos ambientes-teste construídos em campus universitário, concebidos de forma a se assemelhar a locais de trabalho, similares a uma sala de estudos ou a um escritório. Buscou-se estabelecer a relação entre dados de percepção do ambiente pelos voluntários durante as campanhas de monitoramento, os resultados do teste psicológico aplicado durante cada sessão, e os dados objetivos dos ambientes interno e externo aos módulos, coletados em duas campanhas, de inverno (INV) e de verão (VER).

2 MÉTODO

Estudos realizados em Câmaras climáticas (CC) permitem controlar total ou parcialmente condições ambientais e de exposição pessoal a situações de conforto ou stress térmico (CARVALHAIS, 2011).

A CC utilizada no estudo, descrita por (TREVISAN, 2019), é composta por dois módulos, um deles denominado Módulo de Controle (MC) e o outro Módulo Experimental (ME). A utilização de dois módulos, cada qual com volume interno de aproximadamente 13,5m³, possibilita pesquisas experimentais comparativas com relação ao seu desempenho em levantamentos simultâneos. Neste estudo, na primeira campanha (INV), foram testadas orientações opostas de fachada buscando a máxima diferenciação em termos de disponibilidade de luz natural no interior dos módulos: MC teve sua abertura orientada para o norte enquanto ME teve sua janela direcionada para sul. Já na campanha VER, buscou-se testar o potencial de isolamento termo-acústico da aplicação de um duplo perfil de esquadria de janela, mantendo ambos os módulos uma mesma orientação (norte). Nessa campanha, um segundo perfil de esquadrias foi incorporado ao ME enquanto MC manteve características idênticas àquelas utilizadas na campanha anterior, conforme esquema representado na Figura 1.

Figura 1 – Orientação dos módulos, configuração das janelas e periodicidade das campanhas realizadas.



Fonte: Autoria própria (2020).

Para fins de comparação e análise de dados entre as diferentes campanhas, seguiu-se um mesmo protocolo de operação dos ambientes: a porta dupla (interna: madeira; externa: chapa metálica) e a janela de cada módulo foram mantidas fechadas com a persiana a meia altura da janela. A configuração da persiana buscou atenuar o ofuscamento no plano de trabalho embora garantindo uma iluminância mínima de 500 lux (requerida em ambientes de escritório, segundo a NBR ISO/CIE 8995 (ABNT, 2013). O equipamento de ar condicionado (padrão *split*) foi configurado apenas no modo ventilação, em velocidade alta e com a movimentação das aletas ativada, mantendo-se a temperatura ambiente suscetível às variações climáticas externas.

Após uma breve explicação sobre os procedimentos, levantamento da altura, peso e vestimenta dos voluntários, estes preenchiam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e eram conduzidos aos ambientes-teste, individualmente, para que o avaliassem após um breve período de aclimatação e uso. Aos participantes foram oferecidos 500 ml de água (sem gás, em temperatura ambiente) e uma barra de cereal, possibilitando-se também que abrissem a janela ou alterassem a posição da persiana durante a sessão. Portas e janelas foram abertas nos intervalos entre as sessões, buscando garantir a renovação do ar interno. A operação dos sistemas de climatização e de iluminação artificial foi vedada aos usuários. De forma complementar, o sistema de iluminação foi programado a fim de compensar de hora em hora a dinâmica da temperatura de cor (T_{COR}) da iluminação natural. Foi utilizado o aplicativo Philips Hue Pro (PRISMATIC, 2016), programando-se hora a hora a alteração da temperatura de cor (T_{COR}) da lâmpada no intervalo de realização das sessões, entre as 8h00 e as 18h00.

Para o monitoramento dos dados objetivos foram instalados nos dois módulos: dois sensores (marca Novus, modelo TagTemp Stick) a 0,10 m e 1,70 m registrando a Temperatura do Ar (T_{ar}); um sensor (marca Hobo, modelo Temp U10-001) a 1,10 m,

inserido em uma esfera plástica de forma similar a um termômetro de globo (T_{globo}); um sensor (marca Hobo, modelo 12-Bit S-THB-M002) a 1,10 m para T_{ar} e Umidade Relativa (UR); um anemômetro (marca Omega, modelo HHF-SD1), a 1,10 m verificando a Velocidade do Ar (V_{ar}); e um actímetro (marca Philips, modelo Actiwatch Spectrum) registrando a iluminância horizontal (E_h) e T_{cor} sobre o plano de trabalho (mesa).

A descrição completa dos equipamentos usados e posição dos mesmos no ambiente interno é feita por (TREVISAN, 2019). Ainda de forma complementar, foram coletados dados climáticos disponibilizados pelos órgãos oficiais de acompanhamento meteorológico presentes na região.

Para definição dos critérios para aclimatação de curto prazo, foram utilizadas as normativas da NBR 16401 (ABNT, 2008) e da ANSI/ASHRAE Standard 55 (ANSI/ASHRAE, 2017). Aproveitando-se do tempo mínimo de permanência de 15 minutos recomendado para aclimatação interna, 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. Após esse período, uma rotina programada liberava o questionário sobre percepção do ambiente (TREVISAN, 2019) para preenchimento. Foram analisadas aqui as seis questões relacionadas à percepção térmica percebida pelo usuário assim como as seis questões abrangendo a percepção lumínica. Além destas, o questionário possui também duas questões sobre a percepção acústica, uma sobre aspectos de ergonomia do mobiliário e outras três sobre a percepção do espaço construído. A duração total de cada sessão foi, em média, de 30 minutos.

3 RESULTADOS

Buscou-se sempre que possível uma distribuição equilibrada dos voluntários entre MC e ME balanceando-se a amostra de estudantes por sexo biológico e por curso de graduação de origem (Arquitetura e Urbanismo ou Engenharia Civil).

3.1 Aspectos térmicos

Para a avaliação quanto aos aspectos térmicos, foram utilizadas as respostas quanto a sensação térmica percebida, sensação de conforto e de preferência por eventuais mudanças na temperatura. Estas foram comparadas com os dados térmicos (Tabela 1), sendo posteriormente confrontadas com valores de PMV[2] calculado.

De forma a se obter uma variação discreta e não categórica dos dados de percepção térmica, agruparam-se as respostas subjetivas para uma variação de 0.33 voto de sensação térmica segundo a escala de 7 pontos adotada no cálculo do PMV (Gráfico 1). A análise dos dados das duas campanhas em conjunto mostra que o PMV superestima a sensação e preferência térmica relatadas pelos estudantes, em especial para o calor. Enquanto o PMV sugere sensação térmica média de "um pouco de frio", valor do índice -1,0, a média dos votos relatados chega a um valor bem próximo, de -0,8, praticamente confirmando a sensação de

[2] A ISO 7730 (2005) relaciona a sensação térmica humana ao equilíbrio térmico corporal. Para tal, considera: taxa metabólica, isolamento térmico da vestimenta e condições ambientais. É possível assim prever a sensação térmica corporal por índices de conforto como o *Predicted Mean Vote* – PMV ou voto médio predito, que calcula o valor médio dos votos quanto à sensação térmica de um grupo de pessoas expostas a um mesmo ambiente.

frio. No extremo oposto dos dados, enquanto o PMV médio do intervalo indica +1,9 ("calor"), a média dos relatos dos participantes chega a +1,2 ("um pouco de calor"), quase um ponto abaixo na escala de votos de sensação térmica. A fim de entender melhor as causas dessas relações, obtendo-se uma análise mais robusta, foram analisadas as campanhas em separado, considerando as condições climáticas e grupos de resposta pertinentes à cada campanha.

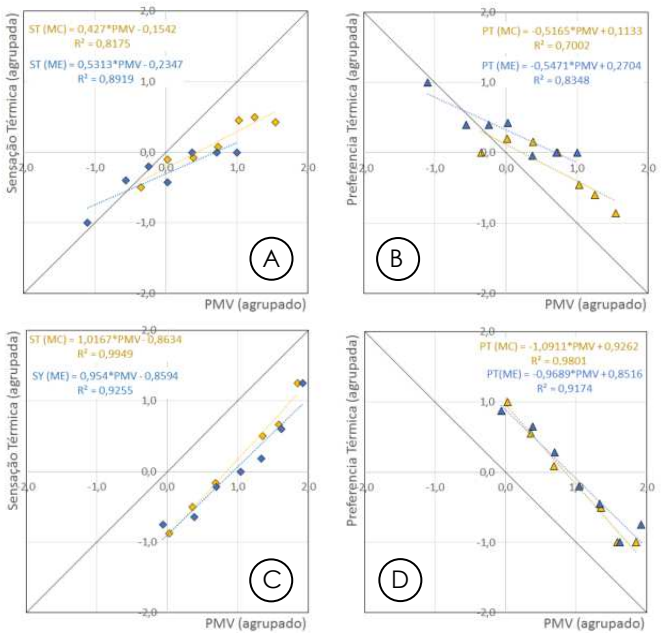
Tabela 1 – Resumo dos dados objetivos da condição climática dos módulos.

	T_{ar} (°C) mín	T_{ar} (°C) méd	T_{ar} (°C) máx	T_{globo} (°C) mín	T_{globo} (°C) méd	T_{globo} (°C) máx	UR (%) min	UR (%) méd	UR (%) máx	V_{ar} (m/s)
INV MC (69)	15,7	22,5	29,2	15,8	24,0	31,6	38,6	63,1	79,6	0,1
INV ME (67)	16,7	24,2	32,0	13,9	22,0	29,0	38,4	57,7	82,0	0,1
VER MC (63)	18,9	23,8	30,3	17,5	23,0	29,7	51,0	71,5	82,9	0,1
VER ME (64)	19,0	24,0	30,5	18,7	24,0	30,7	50,6	71,2	83,8	0,1

Obs.: 1. Valores referentes àqueles registrados durante as sessões realizadas;
2. Dados de T_{ar}, T_{globo}, UR e V_{ar} registrados a 110cm de altura;
3. V_{ar} atribuído face todos registros serem iguais ou inferiores a 0,1m/s nas sessões.

Fonte: Autoria própria (2020).

Gráfico 1 – Correlação entre votos agrupados de Sensação (A) e Preferência Térmica (B), relatadas em INV (n=129), e Sensação (C) e Preferência Térmica (D), relatadas em VER (n=120), versus PMV calculado



Valores de MC em amarelo e de ME em azul.
Fonte: Autoria própria (2020).

Os dados foram submetidos a uma Análise de Variância (ANOVA fator único) buscando verificar a existência de diferenças significativas entre algumas das relações estabelecidas, sendo adotada significância de 5% (Tabela 2). Foram comparados dados de sensação e preferência coletados nas campanhas INV e VER, assim como analisados os mesmos separadamente por módulo. O resultado mostra que, se considerados isoladamente dados de percepção térmica, a orientação dos módulos teve um impacto muito mais significativo que a alteração da janela de ME, com maior significância a diferença entre os conjuntos totais que entre INV e VER.

Tabela 2 – ANOVA fator único – percepção térmica.

	Qual é a sua sensação térmica neste exato momento? (escala: muito frio (-2) /muito calor (+2))		*Como você gostaria que estivesse a temperatura da CBBC? (escala: muito mais frio (-2)/ muito mais calor (+2))*	
	valor médio	**valor-P**	**valor médio**	**valor-P**
INV (136)	0,081	0,00568 **	-0,096	0,00973 **
VER (127)	-0,173		0,150	
INV MC (69)	0,203	0,03275 *	-0,232	0,03304 *
INV ME (67)	-0,045		0,045	
VER MC (63)	-0,190	0,81008	0,175	0,71718
VER ME (64)	-0,156		0,125	

Obs.: * diferença significativa comprovada estatisticamente;
** diferença extremamente significativa comprovada estatisticamente.

Fonte: Autoria própria (2020).

3.2 Aspectos lumínicos

Da mesma forma que na análise das variáveis térmicas, as respostas relativas à iluminação percebida foram comparadas aos dados objetivos coletados durante as campanhas buscando identificar as relações entre variáveis qualitativas e quantitativas. Os dados de exposição interna em cada situação em termos de iluminância no plano horizontal (E_h) (mesa) média por campanha são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resumo da Eh registrada no interior dos módulos.

	E_h mín (lux)	**E_h méd (lux)**	**E_h máx (lux)**
INV MC (69)	301	2.940	8.509
INV ME (67)	267	1.197	2.716
VER MC (63)	429	3.930	10.350
VER ME (64)	344	2.215	7.911

Obs.: Valores referentes àqueles registrados durante as sessões.

Fonte: Autoria própria (2020).

Os dados relativos à percepção quanto à iluminação interna dos módulos foram também submetidos a uma ANOVA fator único (Tabela 4). Foram utilizadas na análise as respostas às questões de percepção e preferência lumínica, a qual demonstrou diferença significativa somente das respostas relacionadas à preferência de iluminação entre as duas campanhas realizadas (INV e VER).

Tabela 4 – ANOVA fator único – percepção lumínica.

	Como você percebe, no momento, a claridade da CBBC como um todo? (escala: escuro (-1) / claro (+1))		*Como você preferia que estivesse a iluminação na CBBC? (escala: mais escuro (-1) / mais claro (+1))*	
	valor médio	**valor-P**	**valor médio**	**valor-P**
INV (136)	0,103	0,13341	0,221	0,02210 **
VER (127)	0,228		0,039	
INV MC (69)	0,174	0,21103	0,232	0,82244
INV ME (67)	0,030		0,209	
VER MC (63)	0,222	0,92034	0,032	0,90128
VER ME (64)	0,234		0,047	

Obs.: ** diferença extremamente significativa comprovada estatisticamente.

Fonte: Autoria própria (2020).

Apesar da aparente divergência entre as respostas de alguns aspectos analisados

(SHIBATA, 2020), o valor-P relativo à diferença de percepção de luz entre os módulos em uma mesma campanha (INV ou VER) indica que esta não é significativa, em especial quando os módulos têm mesma orientação solar (norte, VER).

3.3Teste G-38[3]

Verificou-se correlação significativa entre as respostas ao Teste G-38, de desempenho cognitivo frente às diferentes condições gerais de exposição nas duas campanhas. A análise dos testes demonstra também um maior índice de acertos nas avaliações realizadas na campanha VER quando comparadas aquelas realizadas no INV. O percentil médio em ambos módulos de VER indica que os participantes responderam corretamente numa proporção 10% acima que os respondentes da campanha INV, indicando que o grupo submetido às sessões no período mais quente e com maior disponibilidade de luz obteve resultados melhores no teste psicológico.

Tabela 5 – ANOVA fator único – G-38.

Percentil Teste G-38 (% acertos)		
	valor médio	**valor p**
INV (136)	55,44	0,00252 **
VER (127)	65,70	
INV MC (69)	56,38	0,71207
INV ME (67)	54,52	
VER MC (63)	66,23	0,81769
VER ME (64)	65,23	

Obs.: ** valores com diferença extremamente significante comprovada estatisticamente.

Fonte: Autoria própria (2020).

Os dados encontrados relacionando o conforto térmico e sua influência no desempenho cognitivo seguem os resultados encontrados da análise realizada por Yang *et al.* (2014) em seus estudos em uma câmara climática em Chongqing, região quente e úmida na China e o de Schiavon *et al.* (2016), com 56 pessoas aclimatadas a condições tropicais em ambientes de escritório em Singapura. Nesse estudo, a resposta às tarefas cotidianas dos voluntários foi melhor avaliada quando os mesmos foram submetidos a temperatura de 26°C e 29°C, com controle individual de ventilação, quando comparadas àquelas com temperatura mais baixa, de 23°C.

4 CONCLUSÕES

Os resultados evidenciam a importância do planejamento prévio de ambientes de trabalho dado seu possível impacto futuro na satisfação com o ambiente e produtividade dos usuários. Assim, a pesquisa busca ressaltar a importância de se incorporar desde a fase de projeto soluções que busquem não somente resolver problemas de ordem fisiológica, mas também subjetiva, ressaltando a complexidade e a interdisciplinaridade do tema.

[3] O Teste Psicológico G-38, aprovado pelo Conselho Federal de Psicologia tem como objetivo demonstrar o desempenho do avaliado em uma tarefa avaliando sua Inteligência Geral. Pode ser considerado um indicativo desse potencial na comparação entre grupos de pessoas (BOCCALANDRO, 2003).

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 16401 - Instalações de ar condicionado:** sistemas centrais e unitários. São Paulo: ABNT, 2008.

_____. **NBR ISO/CIE 8995 – Iluminação de ambientes de trabalho, Parte 1:** Interior. São Paulo: ABNT, 2013.

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

BERKEBILE, B. (2017). **REGENERATIVE COMPACT CITIES**. Urban acupuncture and human purposed design. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2017. Balneário Camboriú, SC. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2017.

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

CARVALHAIS, C. A. A. **Contribuição para o estudo da tolerância humana a ambientes térmicos extremos: ensaios de validação de câmara climática**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal. 2011.

ISO. **7730 – 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.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, abr/jun 2006.

KOWALTOWSKI, D. Prefácio. In: FABRICIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W. **Qualidade no projeto de edifícios**. São Carlos: RiMa, 2010.

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

PREISER, W. F. E.; WHITE, E.; RABINOWITZ, H. **Post-Occupancy Evaluation**. reimpressão. ed. [S.l.]: Routledge, 2015.

PRISMATIC. Aplicativo Hue Pro. **Hue Pro**, 2016. Disponivel em: <http://hueproapp.com>. Acesso em: 20 ago 2018.

SCHIAVON, S. et al. Thermal comfort, perceived air quality, and cognitive performance when personally controlled air movement is used by tropically acclimatized persons. **Indoor air**, p. 1-13, 2016.

SHIBATA, Rogerio. **Avaliação pelo usuário da Câmara Bioclimática de Baixo Custo**: Foco em aspectos de conforto ambiental. Dissertação (Mestrado) -) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

TREVISAN, L. Y. I. **Concepção, construção e verificação da aplicabilidade de uma Câmara Bioclimática de Baixo Custo em estudos de conforto ambiental**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2019.

VILLA, S.; ORNSTEIN, S. W.. Projetar apartamentos com vistas à qualidade arquitetônica a partir dos resultados da Avaliação Pós-Ocupação (APO). **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 5, n. 2, p. 35-60, 2010

YANG, Y. et al. A study of adaptive thermal comfort in a well-controlles climate chamber. **Applied Thermal Engineering**, 2014.