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

A AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO APLICADA À QUALIDADE AMBIENTAL INTERNA DE ESCRITÓRIO CORPORATIVO[1]

STRAUB, Eduardo (1); LEITE, Brenda C. C. (2)

(1) POLI-USP, eduardo.straub@usp.br
(2) POLI-USP, bcleite@usp.br

RESUMO

Este artigo resulta na aplicação do método de Avaliação Pós-Ocupação (APO) em um escritório corporativo para avaliação da qualidade do ar e conforto térmico. A pesquisa ocorreu no inverno de 2019 e verão de 2020, onde foram realizadas visitas guiadas, aplicação de questionários e medições de parâmetros de qualidade do ar e conforto térmico para verificar o atendimento deste ambiente junto a normas técnicas e legislações. A metodologia de Avaliação Pós-Ocupação se mostrou compatível para a análise da qualidade ambiental interna focada na qualidade do ar e conforto térmico pois fornece um entendimento claro dos parâmetros analisados e da percepção de satisfação dos ocupantes. Esta pesquisa traz os níveis de CO_2 pouco acima dos limites estabelecidos pela ANVISA e a concentração de particulados abaixo das recomendações da EPA e UE. Em relação ao conforto térmico, o índice de insatisfação é superior ao recomendado pela ASHRAE 55 (2017) para o conforto térmico geral (verão e inverno) e para o desconforto térmico localizado (verão).

Palavras-chave: *Qualidade Ambiental Interna. Qualidade do Ar. Conforto Térmico. Avaliação Pós-Ocupação.*

ABSTRACT

This article results in the application of the Post-Occupancy Assessment (APO) method in a corporate office to assess air quality and thermal comfort. The research took place in the winter of 2019 and summer of 2020, where guided tours were carried out, questionnaires were applied and measurements of air quality and thermal comfort parameters were carried out to check the compliance with this environment with technical standards and legislation. The Post-Occupancy Evaluation methodology proved to be compatible for the analysis of internal environmental quality focused on air quality and thermal comfort as it provides a clear understanding of the parameters analyzed and the perception of satisfaction of the occupants. This research brings CO_2 levels just above the limits established by ANVISA and the concentration of particulates below the recommendations of EPA and EU. Regarding thermal comfort, the dissatisfaction rate is higher than that recommended by ASHRAE 55 (2017) for general thermal comfort (summer and winter) and for local thermal discomfort (summer).

Keywords*: Internal Environmental Quality. Air Quality. Thermal Comfort. Post-Occupancy Evaluation.*

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho faz parte do projeto de pesquisa intitulado "Proposta de Melhoria

[1] STRAUB, Eduardo; LEITE, Brenda C. C. A Avaliação Pós-Ocupação aplicada à qualidade ambiental interna de escritório corporativo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

da Qualidade Ambiental Interna de Espaços Corporativos Visando a Mitigação de Problemas Associados à Saúde, Absenteísmo e Presenteísmo dos Ocupantes". A pesquisa visa identificar, através do método de Avaliação Pós-Ocupação (APO), a relação da qualidade do ar (CO_2 e particulados), conforto térmico e lumínico com o absenteísmo e presenteísmo dos ocupantes. Este artigo tem o objetivo de comparar as medições realizadas das variáveis de qualidade do ar (CO_2 e particulados) e de conforto térmico com as normas técnicas vigentes e com as respostas a questionários dos ocupantes de um escritório corporativo em São Paulo.

Nos grandes centros urbanos, as pessoas chegam a passar mais de 90% do tempo dentro de edificações (IWBI, 2016) e há pouca preocupação por parte das empresas brasileiras em verificar se a qualidade ambiental interna dos seus espaços corporativos e edificações vêm afetando a saúde de seus colaboradores e ocupantes. Segundo a EPA, o SBS, *Sick Building Syndrome*, descreve situações em que os ocupantes experimentam condições agudas relacionados à saúde e conforto durante o tempo em que permanecem no interior de uma sala, zona ou até mesmo de uma edificação. O termo BRI, *Building Related Illness*, é utilizado quando os sintomas da doença são identificados e podem ser atribuídos diretamente aos contaminantes do ar interno do edifício. Stadner (2015) define o BRI como reações ou infecções alérgicas cujos sintomas podem ser definidos clinicamente. As causas dos sintomas são conhecidas e os problemas associados continuam após o ocupante deixar a edificação.

A má qualidade do ar é a causa número um de mortalidade prematura, sendo responsável por 7 milhões de mortes anuais no mundo (WHO). Há inúmeros contaminantes do ar externo e interno de edificações e cabe aos edifícios adotarem estratégias para mitigar o problema (IWBI, 2018).

Este trabalho limitou-se a medir os parâmetros de CO_2 e particulados para a qualidade do ar. O CO_2 pode ser considerado um indicador da qualidade do ar interno, pois indica se a renovação de ar do ambiente está adequada. A Resolução Nº 9 de 2003 da ANVISA estipula a concentração limite de CO_2 em 1000ppm e o WELL (2018) em 800ppm. Referente às concentrações de particulados, a EPA limita o $PM_{2,5}$ em 15µg/m^3 e a Diretiva 2008/50/EC do Parlamento Europeu e do Conselho sobre a Qualidade do Ar limita o PM_{10} em 50µg/m^3.

Em relação a vírus e bactérias, existem tecnologias a base de ozônio e ultravioleta que podem ser instaladas nos dutos de ar condicionado para eliminação destes microrganismos, porém, por serem prejudiciais à saúde dos ocupantes, não podem ser aplicadas diretamente no espaço de trabalho. A tendência das empresas no pós-COVID-19 é diminuir a taxa de ocupação nos escritórios e, consequentemente, a concentração de CO_2 nos espaços. Estudos profissionais feitos pelo primeiro autor, anteriores a esta pesquisa, realizados em 2 escritórios corporativos, foi questionado aos ocupantes se o escritório possuía algum trabalho em relação à qualidade do ar. No escritório 1, 49% das pessoas não sabiam e 21% disseram que não. No escritório 2, 64% das pessoas não sabiam e 27% disseram que não. A tendência é que o pós-COVID-19 traga uma consciência nas pessoas sobre a qualidade do ar interna em edificações, dessa forma, esses percentuais tendem a cair.

Sobre o conforto térmico, a ASHRAE 55 (2017) o define como sendo uma condição da mente que expressa satisfação com a temperatura ambiente e é avaliada de forma subjetiva. Já a DIN EN ISO 7730 (2006) complementa que a insatisfação em relação ao conforto térmico pode ser causada pelo desconforto em relação ao frio e ao calor levando em consideração tanto o corpo como um todo, podendo ser

expresso pelo *Predicted Mean Vote* (PMV) e o *Predicted Percent Dissatisfied* (PPD), como por alguma parte específica do corpo, definida como desconforto térmico localizado. Neste artigo são apresentados os resultados de medições dos parâmetros de qualidade do ar, parâmetros de conforto térmico, os valores de PMV e PPD determinados, além dos parâmetros de desconforto térmico localizado como temperatura do piso, correntes de ar e diferença de temperatura entre tornozelo e cabeça.

Tanto para a qualidade do ar quanto para o conforto térmico foi desenvolvido um questionário e aplicado no momento das medições para verificação da percepção de satisfação dos ocupantes em relação a estes parâmetros de qualidade ambiental interna.

2 MÉTODO DE TRABALHO

A APO pode ser definida como um conjunto de métodos e técnicas que visa a avaliação de desempenho de edificações e ambientes construídos, levando em consideração a análise de especialistas e a satisfação dos usuários. Com a APO é possível entender os aspectos positivos e negativos do ambiente construído estudado para realizar um diagnóstico preciso do ambiente e retroalimentar projetistas e demais envolvidos com informações para futuros projetos (VILLA e ORNSTEIN, 2013). O BIM também pode ser utilizado como ferramenta para facilitar a revisão dos dados e métodos para a performance do edifício em relação à qualidade do ambiente interno (HABIBI, 2017).

Para este trabalho utilizou-se as seguintes ferramentas de APO: Walkthrough; aplicação de questionários e medições de qualidade do ar e conforto térmico. Para as medições de particulados foi utilizado o contador de partículas MET ONE HHPC-6 e para os parâmetros de conforto térmico e CO_2 foi utilizado o multifuncional Testo 435-4 com as sondas de globo negro para a temperatura radiante; sonda térmica para determinação da umidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura do ar do ambiente e a sonda de CO_2.

O questionário aplicado foi aprovado pelo comitê de ética 5467 - USP - Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo - ICB/USP e seu CAAE na Plataforma Brasil é o 14225219.5.0000.5467.

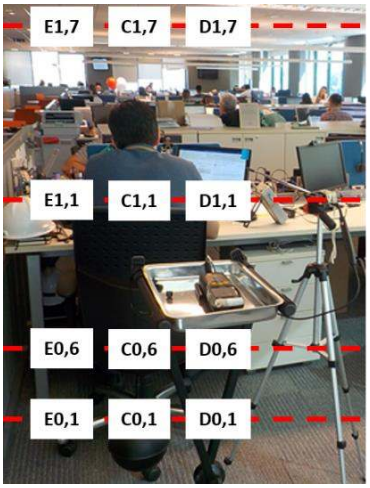
O objeto de estudo deste artigo é um escritório corporativo em São Paulo de 1.200m^2, 62 estações de trabalho, 49 ocupantes e ar condicionado central. Com exceção da recepção, todos os colaboradores se concentram no *open space*.

Para medição dos particulados, o contador de partículas foi posicionado em cima das mesas de trabalho e próximo da zona de respiração da pessoa. Após o período de ambientação de 10 minutos, iniciava-se a contagem das partículas por 10 minutos, coletando dados no intervalo de 30 segundos. O sensor de CO_2 foi posicionado na altura de 1,10m, próximo da zona de respiração da pessoa, e deixado por 5 minutos. Os dados foram coletados no intervalo de 10 segundos.

Para as medições de conforto térmico, o globo negro foi posicionado a 60 centímetros do piso coletando dados a cada 1 segundo durante 12 minutos, enquanto que a sonda de velocidade do ar, temperatura do ar e umidade relativa foi posicionada nas alturas de 1,70m; 1,10m; 0,60m e 0,10m do lado esquerdo (E), centro (C) e direito (D) da cadeira do ocupante para simular a interferência do ambiente no corpo do usuário, conforme mostra a figura 1. Cada medição da sonda térmica foi realizada durante 1 minuto e os dados coletados no intervalo de 1

segundo. Todos os equipamentos, antes de iniciarem suas medições, tiveram seu tempo de ambientação respeitados.

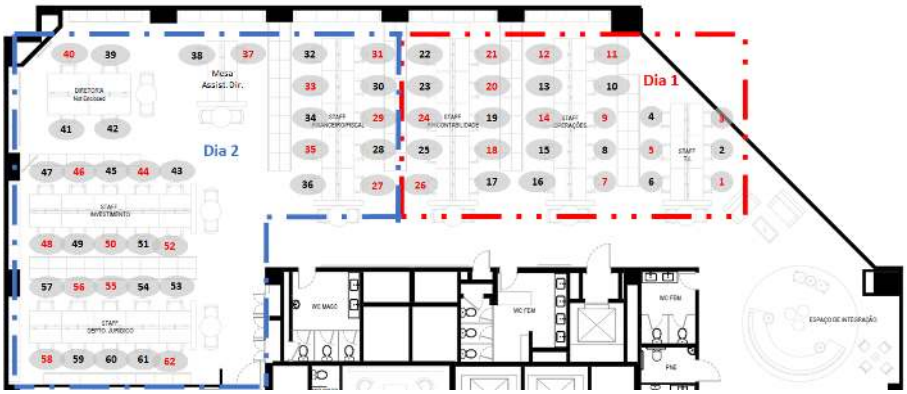
Figura 1 – Open Space Escritório Corporativo



Fonte: Autores, 2020

Para abranger o escritório como um todo e mapear os parâmetros de qualidade do ar e conforto térmico, os procedimentos foram realizados em 47% das estações de trabalho, como pode ser identificado na numeração em vermelho da figura 2. As medições e aplicação do questionário foram feitos em dois dias no inverno de 2019 (12/08/2019 e 13/08/2019) e em dois dias no verão de 2020 (11/03/2020 e 12/03/2020).

Figura 2 – Open Space Escritório Corporativo



Fonte: Autores, 2020

3 RESULTADOS

Durante as medições realizadas no inverno de 2019, 44% dos usuários responderam ao questionário, sendo 42% mulheres e 58% homens; a maioria, 64%, tem idade entre 18 e 39 anos. Já no verão de 2020 houve 65% de respondentes, sendo 38% mulheres e 62% homens com 57% dos ocupantes com idade entre 18 e 39 anos. Das 62 estações de trabalho existentes, foram realizadas medições em 47% delas.

3.1 Qualidade do ar

Em relação ao CO_2, a tabela 1 traz a mediana dos resultados obtidos. 100% das estações de trabalho medidas no dia 2 do inverno (2019) e 50% das estações de trabalho medidas no dia 1 do verão (2020) mostraram o nível de CO_2 superior aos

1000ppm, limitados pela Resolução Nº 9 da ANVISA (2003). Já os níveis de particulados, não foi possível estabelecer uma comparação com as normas e legislações vigentes uma vez que as mesmas tratam de particulados PM2,5 e PM10 e o contador de partículas utilizado mede partículas PM0,3; PM0,5; PM0,7; PM1,0; PM2,0 e PM5,0. No entanto, apesar de se manterem baixos, houve um aumento entre as medições de inverno e verão. Uma das causas para este aumento está na necessidade da troca do filtro F7 da tomada de ar externo do edifício, pois, contrastando com as medições realizadas no local, a mediana da concentração dos particulados do ar externo medidos pela estação de Congonhas da CETESB no inverno (PM2,0 = 21µg/m3; PM10 = 39µg/m3) se mostrou ligeiramente superior no verão (PM2,0 = 18,5µg/m3; PM10 = 39µg/m3).

Tabela 1 – Mediana dos Parâmetros de Qualidade do Ar

Parâmetros Medidos	**Normas / Legislações**	**Medição Inverno**	**Medição Verão**
CO_2	≤ 1000ppm (ANVISA, 2003)	Mín = 864ppm Máx = 1178ppm	Mín = 700ppm Máx = 1065ppm
PM2,0	≤ 15 µg/m³* (EPA, 2018)	Mín = 1,0 µg/m³ Máx = 4,3 µg/m³	Mín = 3,1 µg/m³ Máx =11,3 µg/m³
PM5,0	≤ 50 µg/m³** (EU, 2018)	Mín = 1,2 µg/m³ Máx= 6,1 µg/m³	Mín = 2,5 µg/m³ Máx =12,9 µg/m³

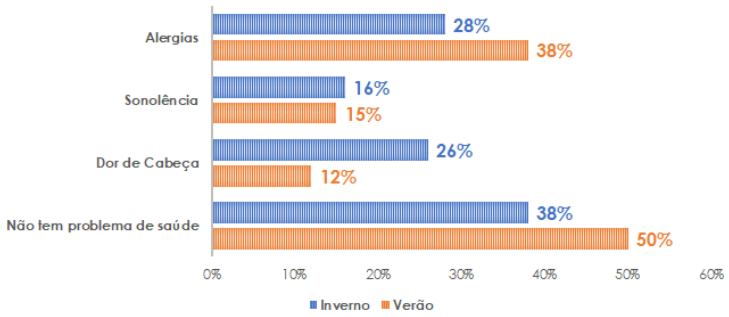
*Limite estabelecido para PM2,5

**Limite estabelecido para PM10

Fonte: Autores, 2020

Em relação às respostas dos ocupantes, o Gráfico 1 traz os sintomas apresentados pelos respondentes durante o período de medições.

Gráfico 1 – Resposta dos Ocupantes Quanto à Qualidade do Ar



Fonte: Autores, 2020

No geral, a percepção dos ocupantes quanto à qualidade do ar do ambiente estudado é boa, indicando o mesmo como leve e limpo.

3.2 Conforto térmico geral e desconforto térmico localizado

A tabela 2 traz os resultados das medições de conforto térmico geral e desconforto térmico localizado. Para o cálculo do PMV e PPD foi realizada uma simulação na plataforma do CBE Thermal Comfort Tool para atendimento da ASHRAE 55 (2017). As variáveis foram inseridas a partir dos dados medidos no inverno e verão, sendo: temperatura operativa (23,2ºC - inverno e 23,3ºC – verão); velocidade do ar (0,06m/s

– inverno e verão); umidade relativa (53,7% - inverno e 53,2% – verão); taxa metabólica (1 MET – inverno e verão); isolamento das vestimentas, obtidos a partir da mediana das respostas dos usuários ao questionário, (0,8clo - inverno e 0,4clo – verão). Como pode ser observado, as condições ambientais do inverno e verão se mantiveram muito próximas, no entanto, a diferença do isolamento das vestimentas entre as duas estações fez com que o PPD calculado atendesse a ASHRAE 55 (2017) no inverno, com PPD = 7%, mas não no verão, com PPD = 37%. A ASHRAE 55 (2017) limita o PPD em 20%, sendo 10% em relação à insatisfação do conforto térmico geral e 10% para o desconforto térmico localizado.

Em relação ao desconforto térmico localizado, 17% das estações de trabalho demonstraram velocidade do ar superior a 0,15m/s no inverno, chegando a 0,26m/s em algumas estações de trabalho. No verão, o percentual aumentou para 25%, chegando a 0,30m/s nas estações de trabalho. Já para a diferença de temperatura entre o tornozelo e cabeça, 100% das estações de trabalho atenderam a ASHRAE 55 (2017) durante a medição do inverno, com uma diferença máxima de 1,2°C e, no verão, apenas 3,8% das mesas tiveram a diferença de temperatura superior a 2,8°C (3,1°C). A temperatura do piso do ambiente estudado atendeu à ASHRAE 55 (2017) tanto na medição do inverno quanto no verão, com temperatura máxima de 25°C.

Tabela 2 – Mediana dos Parâmetros de Conforto Térmico

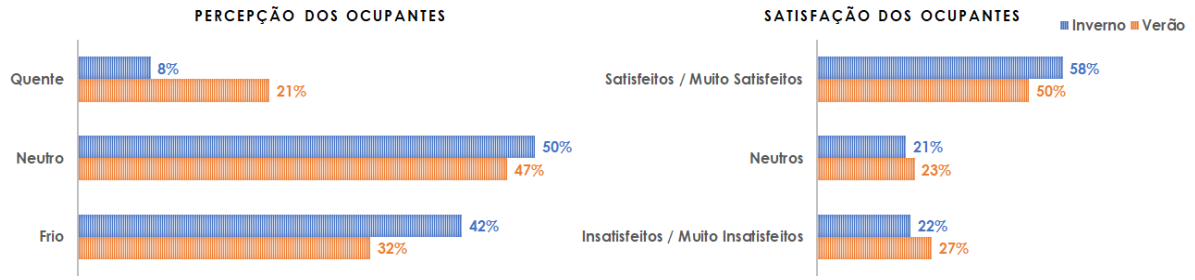
Parâmetros Medidos	**Normas / Legislações**	**Medição Inverno/19**	**Medição Verão/20**
PPD	≤ 20%*	7%	37%
Temp. do Ar do Ambiente	20°C a 22°C (Inverno)** 23°C a 26°C (Verão)**	23,1°C	22,9°C
Velocidade do Ar	≤ 0,15m/s*	Mín = 0,1m/s Máx = 0,26m/s	Mín = 0,03m/s Máx = 0,30m/s
ΔT Tornozelo/Cabeça	≤ 2,8°C*	Mín = 0,2°C Máx = 1,2°C	Mín = 0,1°C Máx = 3,1°C
Temp. do Piso	≥ 19°C* ≤ 28°C*	Mín = 21,4°C Máx = 24,6°C	Mín = 21,5°C Máx = 25,0°C

*ASHRAE 55, 2017
**ANVISA, 2003

Fonte: Autores

Abaixo segue o Gráfico 2 com as respostas dos ocupantes quanto à percepção e satisfação ao conforto térmico na sua estação de trabalho.

Gráfico 2 – Resposta dos Ocupantes Quanto à Percepção e Satisfação da Temperatura do Ar na Estação de Trabalho



Fonte: Autores, 2020

Sobre o desconforto térmico localizado, a Tabela 3 mostra a percepção dos

ocupantes em relação ao movimento do ar e a diferença de temperatura entre tornozelo e cabeça nas suas estações de trabalho. Já a tabela 4 traz a satisfação destes em relação a esses parâmetros.

Tabela 3 – Percepção dos Ocupantes Sobre o Movimento do Ar e ΔT Tornozelo/Cabeça na Mesa de Trabalho

Medição	**Percepção Movimento do Ar**	**Percepção ΔT Tornozelo/Cabeça**
Inverno	15% Percebem: • 5% Costas • 5% Cabeça • 5% Corpo inteiro	100% Não percebem
Verão	46% Percebem: • 4% Peito • 19% Costas • 8% Cabeça • 11% Pés • 4% Corpo inteiro	38% Percebem: • 19% Sentem os pés mais frios que a cabeça • 19% Sentem a cabeça mais fria que os pés

Fonte: Autores

Tabela 4 – Satisfação dos Ocupantes Sobre o Movimento do Ar e ΔT Tornozelo/Cabeça na Mesa de Trabalho

Medição	**Percepção Movimento do Ar**	**Percepção ΔT Tornozelo/Cabeça**
Inverno	• 100% - Desagradável / muito desagradável	• 100% Não percebem
Verão	• 70% - Desagradável / muito desagradável • 20% - Neutros • 10% - Agradável	• 78% - Desagradável / muito desagradável • 22% - Agradável

Fonte: Autores

4 CONCLUSÃO

De acordo com Sotsek, Leitner e Santos (2018), a revisão da literatura é de suma importância para dar sustentação aos estudos de avaliação da performance do edifício (BPE). Sugerem que os métodos mais utilizados pelos pesquisadores são, em sua maior parte, na aplicação de questionários, 67% dos pesquisadores utilizaram; visitas técnicas, 33% dos pesquisadores utilizaram e entrevistas, 27% dos pesquisadores utilizaram.

Nesta pesquisa, usando o método da APO, buscou-se entender a percepção da satisfação dos ocupantes por meio de questionários e cruzando esses dados com medições realizadas em campo, normas técnicas e legislações vigentes.

Com base nos resultados foi possível mostrar que o objeto de estudo tem os níveis de CO_2 no limite máximo estabelecido pela Resolução Nº 9 da ANVISA (2003), o que pode ocasionar os problemas de dor de cabeça, sonolência e cansaço apontados pelos respondentes do questionário. Além disso, os ocupantes (28% - inverno e 38% - verão) disseram ter algum tipo de alergia; porém, os níveis de particulados se mostraram baixos.

Sobre o conforto térmico, os dados das medições apontam um desconforto em relação ao frio menor no inverno (7%) do que no verão (37%). Entretanto, o

questionário mostrou que o percentual de ocupantes insatisfeitos com a temperatura em sua mesa de trabalho é de 22% no inverno e 27% no verão. Já a percepção em relação ao frio é de 32% no inverno e 42% no verão, enquanto que em relação ao quente foi de 21% no inverno e 8% no verão. Conclui-se que, de qualquer forma, que o índice de insatisfação é superior ao recomendado pela ASHRAE 55 (2017), que é de 10% para conforto térmico geral.

Referente ao desconforto térmico localizado, as medições indicaram que a velocidade do ar no inverno está acima dos limites estabelecidos pela ASHARE 55 (2017) em 17% das estações de trabalho. No verão, a velocidade do ar e a diferença da temperatura entre os níveis do tornozelo e cabeça estão acima dos limites estabelecidos pela ASHARE 55 (2017), chegando em 25% e 3,8% das estações de trabalho, respectivamente. Dos que sentem correntes de ar (10% - inverno e 35% - verão), 100% se disseram insatisfeitos no inverno e 78% se mostraram insatisfeitos no verão. Dos que sentem diferença da temperatura do ar entre os níveis do tornozelo e cabeça (0% - inverno e 39% - verão), 80% se disseram insatisfeitos no verão. De forma geral, conclui-se que, no verão, na opinião dos usuários, o índice de insatisfação é superior ao recomendado pela ASHRAE 55 (2017), que é de 10% para desconforto térmico localizado. Já no inverno, a insatisfação quanto ao desconforto térmico localizado se manteve dentro da recomendação da ASHRAE 55 (2017).

REFERÊNCIAS

ANVISA. Resolução – RE/ANVISA nº 9, 2003. 14.

ASHRAE 55. **ANSI/ASHRAE Standard 55-2017 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. [S.l.]: [s.n.], 2017.

CETESB. Qualidade do Ar. **CETESB**. Disponivel em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>. Acesso em: 18 ago. 2020.

DIN EN ISO 7730:2006-05. 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. **DIN EN ISO 7730:2006-05**, 2006-05. 59.

EPA. NAAQS Table. **EPA**. Disponivel em: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>. Acesso em: 04 Maio 2020.

HABIBI, S. The promise of BIM for improving building performance. **Energy and Buildings**, 15 Outubro 2017. 525-548.

IWBI. **The WELL Certification Guidebook v2**. [S.l.]: [s.n.], 2018.

SOTSEK, N. C.; LEITNER, D. S.; SANTOS, A. D. P. L. A systematic review of Building Performance Evaluation criterias (BPE). **Revista ALCONPAT**, 30 Dezembro 2018.

THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL THE EUROPEAN UNION. **DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL**. The European Parliament and of the Council the European Union. [S.l.], p. 34. 2008.

VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. (.). **Qualidade ambiental na habitação:** Avaliação pós-ocupação. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

WHO. Air Pollution. **World Health Organization**. Disponivel em: <http://www.who.int/airpollution/en/>. Acesso em: 10 Setembro 2018.