

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO – DEHA

Juliana Barros dos Santos

**O USO DO PMV PARA AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM EDIFÍCIO
DE ESCRITÓRIO TIPO PLANO ABERTO E SUA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO
EM CLIMA QUENTE E ÚMIDO**

Maceió

2018

JULIANA BARROS DOS SANTOS

**O USO DO PMV PARA AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM EDIFÍCIO
DE ESCRITÓRIO TIPO PLANO ABERTO E SUA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO
EM CLIMA QUENTE E ÚMIDO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas como requisito para obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a Juliana Oliveira Batista

Maceió

2018

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central

Bibliotecário Responsável: Janis Christine Angelina Cavalcante

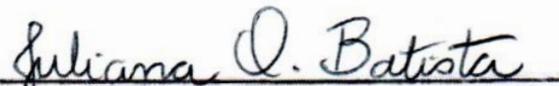
- S237u Santos, Juliana Barros.
O uso do PMV para avaliação do conforto térmico em edifício de escritório tipo plano aberto e sua viabilidade de aplicação em clima quente e úmido / Juliana Barros dos Santos – 2018.
122 f.: il., graf., tabs.
- Orientadora: Juliana Oliveira Batista.
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2018.
- Bibliografia: f. 92-98.
Apêndices: f. 99-122.
1. Climatização artificial. 2. Conforto térmico. 3. Escritórios. 4. NBR 16401.
I. Título.
- CDU: 725.23

FOLHA DE APROVAÇÃO

JULIANA BARROS DOS SANTOS

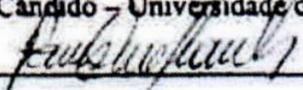
O USO DO PMV PARA AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIO TIPO PLANO ABERTO E SUA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO EM CLIMA QUENTE E ÚMIDO.

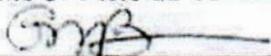
Dissertação julgada adequada à Universidade Federal de Alagoas, exigida como requisito parcial pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado, para a obtenção do título de MESTRE em Arquitetura e Urbanismo.

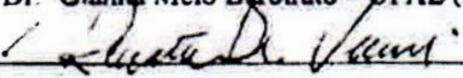

Prof.ª Dr.ª Juliana Oliveira Batista (Orientadora)

Banca examinadora:


Prof.ª Dr.ª Christhina Maria Cândido - Universidade de Sydney (Examinadora externa)


Prof. Dr. Fernando Antonio de Melo Sá Cavalcanti - UFAL (Examinador interno)


Prof.ª Dr.ª Gianna Melo Barbirato - UFAL (Examinadora interna)


Prof.ª Dr.ª Renata De Vecchi - FESSC (Examinadora externa)

Aos meus pais, por todo apoio e
suporte nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Por alguns instantes me peguei pensando em qual seria a parte mais difícil no decorrer deste trabalho; a resposta não demorou: a parte mais difícil seria condensar aqui as pessoas a quem eu deveria agradecer por terem contribuído nesta caminhada. Simplesmente anjos em minha vida.

À minha família, especialmente à minha mãe, pai e irmãos, pelo carinho, apoio e amor incondicional.

Ao Ivan, pelo carinho e incentivo no decorrer desta etapa.

À querida Juliana Batista, que foi muito mais que orientadora. Acompanhou incansavelmente a luta para o desenvolvimento desta pesquisa, transmitindo sua experiência e me incentivando a prosseguir com a proposta. Tive realmente muita sorte de conhecer essa pessoa tão especial, linda e dedicada.

Aos servidores da Diretoria de Infraestrutura e Expansão do Instituto Federal de Alagoas que responderam pacientemente aos questionários desta pesquisa. Foram companheiros fiéis nessa jornada.

Aos meus amigos, em especial à Raffaella, que puderam compreender as minhas ausências sem duvidar do amor fraternal que compartilhamos.

Aos professores que fizeram parte da banca de avaliação, pelo conhecimento compartilhado e pelas recomendações importantes para desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos do curso de mestrado, pela união nos momentos de angústia e felicidade.

Obrigada, de coração.

RESUMO

Escritórios costumam ser locais de permanência prolongada enquadrados como ambientes térmicos moderados. Ao longo dos anos o layout e a configuração física desses espaços evoluíram em função de diversos fatores como a redução de custos e a ampliação dos processos de comunicação entre as pessoas. O desenvolvimento de sistemas de climatização e refrigeração permitiu a adequação desses ambientes a um número cada vez maior de ocupantes para que não houvesse prejuízos relacionados ao conforto térmico. Embora o uso de condicionadores de ar tenha se evidenciado crescente em edificações de escritório, há poucas referências que orientem o projeto de ambientes que optem por essa alternativa de resfriamento; as existentes não levam em consideração os efeitos sobre o conforto térmico dos ocupantes conforme o sistema elencado para a edificação. As únicas referências normativas que discorrem a respeito do conforto térmico nesses ambientes são a NR-17 – Ergonomia e a parte 2 da ABNT NBR 16401:2008, que atualmente possui uma revisão (ABNT CB-55: 2016) elaborada com base no texto proposto pela Norma americana ANSI/ASHRAE STANDARD - 55, com propósito de integração à Norma Brasileira de Conforto Térmico. Nesse sentido, esse trabalho objetivou analisar a viabilidade do uso do PMV, constante na proposta para a ABNT CB-55: 2016, a partir de estudo de campo em ambiente de escritório localizado na Reitoria do Instituto Federal de Educação Tecnológica de Alagoas, em Maceió. Os procedimentos metodológicos incluíram a coleta das variáveis ambientais internas (temperatura do ar, velocidade do ar, temperatura de globo e umidade relativa do ar) de maneira simultânea à aplicação de questionários referentes aos hábitos dos ocupantes; características antropométricas; aceitabilidade, preferência e sensação térmica, além de questões direcionadas à predileção dos ocupantes quanto aos sistemas de climatização e refrigeração. Os dados resultantes das medições foram calculados a partir do método analítico indicado pela proposta para a ABNT CB-55: 2016 e avaliados com base no limite estipulado como confortável pela Norma (PMV entre +/- 0,50). Os resultados demonstraram que, de acordo com os parâmetros indicados nas normas para a avaliação de ambientes condicionados, houve certa imprecisão na utilização dos limites propostos pela Norma referente à estimativa da sensação de calor e frio de parte dos ocupantes, na situação em que o experimento foi realizado. Foi evidenciado, ainda, que as sensações e as preferências térmicas relatadas pelos ocupantes são influenciadas pela disposição do sistema de refrigeração empregado.

Palavras-chave: Climatização artificial, conforto térmico, escritórios, NBR 16401.

ABSTRACT

Offices are often long-stay places framed as moderate thermal environments. Over the years the layout and physical configuration of these spaces have evolved due to several factors such as cost reduction and the expansion of communication processes between people. The development of air conditioning and refrigeration systems allowed the adaptation of these environments to an increasing number of occupants so that there were no damages related to thermal comfort. Although the use of air conditioners has been increasing in office buildings, there are few references that guide the design of environments that opt for this cooling alternative; the existing ones do not take into account the effects on the thermal comfort of the occupants according to the system listed for the building. The only normative references that discuss thermal comfort in these environments are the NR-17 - Ergonomics and part 2 of ABNT NBR 16401: 2008, which currently has a revision (ABNT CB-55: 2016), based on the proposed text by the American Standard ANSI / ASHRAE STANDARD - 55, with the purpose of integration to the Brazilian Standard of Thermal Comfort. In this sense, this work aimed to analyze the feasibility of the use of PMV, which is included in the proposal for ABNT CB-55: 2016, based on a field study in an office environment located at the Rectory of the Federal Institute of Technological Education of Alagoas, Maceió. The methodological procedures included the collection of internal environmental variables (air temperature, air velocity, globe temperature and relative air humidity) simultaneously with the application of questionnaires referring to occupants habits; anthropometric characteristics; acceptability, preference and thermal sensation, as well as issues related to the preference of the occupants for air conditioning and refrigeration systems. The data resulting from the measurements were calculated from the analytical method indicated by the proposal for ABNT CB-55: 2016 and evaluated based on the limit stipulated as comfortable by the Standard (PMV between +/- 0.50). The results showed that, according to the parameters indicated in the norms for the evaluation of conditioned environments, there was a certain imprecision in the use of the limits proposed by the Standard regarding the estimation of the sensation of heat and cold of the occupants, in the situation in which the experiment was performed. It was also evidenced that the sensations and thermal preferences reported by the occupants are influenced by the arrangement of the refrigeration system used.

Keywords: *Air conditioner, thermal comfort, offices, NBR 16401*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Nomograma de temperatura efetiva com a representação da zona de conforto.....	28
Figura 2: Representação da escala sétima da ASHRAE, ou escala de sete pontos.	30
Figura 3: Correlação entre os índices PMV e PPD. Intervalo “aceitável”: PMV = + 0,5 e PPD = 10%.....	32
Figura 4: Método Gráfico de Temperatura de Conforto: intervalo aceitável de temperatura operacional e umidade em espaços onde: $1.0 \leq met < 1.3$ e $0.5 < clo < 1.0$	36
Figura 5: Intervalos de Temperatura operativa aceitável para espaços naturalmente condicionados.	38
Figura 6: Método Gráfico usado para avaliar todos os casos de conforto sob uma velocidade de ar elevada, acima de 0,2 m/s	38
Figura 7: Zona de conforto térmico para ambientes internos de acordo com a NR 17 (BRASIL, 2007)	41
Figura 8: Localização do edifício onde se encontra o ambiente estudado	53
Figura 9: Edifício sede da Reitoria do Instituto Federal de Alagoas	54
Figura 10: Localização da sala no pavimento	54
Figura 11: Imagens do ambiente escolhido para estudo.....	55
Figura 12: Imagem dos aparelhos de ar condicionado 01 (a) e do ar condicionado 02 (b) da sala em estudo.....	56
Figura 13: localização do ar condicionado 01 e 02 respectivamente.	56
Figura 14: Instrumentos utilizados no experimento: a) termo-anemômetro de fio quente, b) termômetro de globo c) sensor de temperatura e umidade.....	57
Figura 15: Planta com a localização dos sensores de temperatura e umidade	59
Figura 16: Demonstração da disposição dos Hobos acima das bancadas	60
Figura 17: Esquema do Protocolo de medição adotado no estudo	60
Figura 18: Comportamento da velocidade do ar com o climatizador 01 em funcionamento...	68
Figura 19: Comportamento da velocidade do ar com o climatizador 02 em funcionamento...	69
Figura 20: Corte esquemático do ambiente estudado com indicação do fluxo de ar do climatizador 01	70
Figura 21: Corte esquemático do ambiente estudado com indicação do fluxo de ar do climatizador 02	70

Figura 22: Porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) em função do Voto Médio Predito (PMV)= -0,23	73
Figura 23: Porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) em função do Voto Médio Predito (PMV) = 0,32.....	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Percentual de prédios públicos que dispõem de sistemas de ar condicionado e/ou ventilação em 2005	23
Gráfico 2: Distribuição de consumo do setor público por uso em 2015	24
Gráfico 3: Frequência usuários masculinos e femininos durante o estudo.....	63
Gráfico 4: Posto de trabalho de preferência dos usuários	64
Gráfico 6: Problemas declarados pelos ocupantes quanto ao uso do climatizador de ar	65
Gráfico 5: Problemas declarados pelos ocupantes quanto ao uso da ventilação natural.....	65
Gráfico 7: Temperaturas mínimas e máximas mapeadas durante o estudo.....	66
Gráfico 9: Médias de temperatura e umidade - Manhã e tarde	67
Gráfico 8: Valores de umidade mínimas e máximas mapeadas durante o estudo.....	67
Gráfico 10: Velocidade média (m/s) por estação de trabalho	71
Gráfico 11: Sensações térmicas x PMV predito – Turno manhã	74
Gráfico 12: Sensações térmicas x PMV predito – Turno tarde	75
Gráfico 14: Preferências térmicas x PMV predito – Turno tarde.....	76
Gráfico 13: Preferências térmicas x PMV predito – Turno manhã.....	76
Gráfico 15: Intervalos aceitáveis de temperatura operativa (°C) e Velocidade do ar(m/s).	77
Gráfico 16: Votos de sensação térmica declarados pelos ocupantes.....	78
Gráfico 17: Votos de preferência térmica declarados pelos ocupantes.....	78
Gráfico 18: Comparação entre o voto de sensação térmica e o voto médio predito (PMV) dos ocupantes	79
Gráfico 19: Comparação entre o voto de sensação térmica e o voto médio predito (PMV) dos ocupantes masculinos	81
Gráfico 21: Comparação entre o voto de sensação térmica e o voto médio predito (PMV) dos ocupantes femininos	82
Gráfico 22: Votos de sensação térmica dos ocupantes masculinos.....	82
Gráfico 23: Votos de sensação térmica dos ocupantes femininos.....	83
Gráfico 23: Comparação entre o voto de preferência térmica e o voto médio predito (PMV) dos ocupantes masculinos.....	84
Gráfico 24: Votos de preferência térmica dos ocupantes masculinos	84
Gráfico 25: Comparação entre o voto de preferência térmica e o voto médio predito (PMV) dos ocupantes femininos.....	85

Gráfico 26: Votos de preferência térmica dos ocupantes femininos	86
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Percentual do consumo de energia por setor entre os anos de 2006 e 2015.....	23
Tabela 2: Fatores pessoais e ambientais utilizados para estimar o PMV	30
Tabela 3: Valor de A para a Equação 1	39
Tabela 4: Assimetria máxima da temperatura radiante do ambiente em C°	51
Tabela 5: Assimetria máxima permitida na temperatura radiante	51
Tabela 6: Especificações do termômetro digital utilizado no estudo de campo	57
Tabela 7: Especificações do termômetro de globo portátil utilizado no estudo de campo	57
Tabela 8: Especificações dos sensores de temperatura e umidade (HOBO data logger modelo UX100-003) utilizado no estudo de campo	58
Tabela 9: Resumo dos dados obtidos no experimento de campo por estação e turno.....	62
Tabela 10: Perfil dos usuários abordados no experimento	63
Tabela 11: Caracterização dos ocupantes monitorados no ambiente	72
Tabela 12: Resumo de votos por gênero e turno	80
Tabela 13: Frequência (%) dos votos de sensação e preferência térmica obtidos dos ocupantes do gênero feminino.....	87
Tabela 14: Frequência (%) do PMV predito para as condições dos ocupantes do gênero feminino.....	87
Tabela 15: Frequência (%) dos votos de sensação e preferência térmica obtidos dos ocupantes do gênero masculino.....	88
Tabela 16: Frequência (%) do PMV predito para as condições dos ocupantes do gênero masculino.....	88
Tabela A. 1: Tabela resumo das características relatadas pelos ocupantes durante o experimento	99
Tabela B. 1: PMV e PPD calculados para o turno da manhã	101
Tabela B. 2: PMV e PPD calculados para o turno da tarde	103
Tabela B. 3: Cálculo das sensações relatadas para o turno da manhã	104
Tabela B. 4: Cálculo das sensações relatadas para o turno da tarde.....	106
Tabela B. 5: Cálculo das preferências térmicas relatadas para o turno da manhã.....	107
Tabela B. 6: Cálculo das preferências térmicas relatadas para o turno da tarde	109

Tabela B. 7: Calculo das sensações térmicas relatadas para o turno da tarde (velocidade acima de 0,20m/s)	110
Tabela B. 8: Calculo das preferências térmicas relatadas para o turno da tarde (velocidade acima de 0,20m/s).....	111
Tabela C. 1: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 05/05/17, turno da manhã.....	112
Tabela C. 2: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 08/05/17, turno da manhã.....	113
Tabela C. 3: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 09/05/17, turno da manhã.....	114
Tabela C. 4: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 11/05/17, turno da manhã.....	115
Tabela C. 5: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 12/05/17, turno da manhã.....	115
Tabela C. 6: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 08/05/17, turno da tarde.....	116
Tabela C. 7: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 09/05/17, turno da tarde.....	117
Tabela D. 1: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV ajustado, para o dia 08/05/17, turno da tarde.....	121
Tabela D. 2: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV ajustado, para o dia 09/05/17, turno da tarde.....	122

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.2	Objetivos.....	18
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos específicos.....	18
1.3	Estrutura do trabalho	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1	A arquitetura e a evolução tecnológica.....	20
2.2	A evolução do layout dos escritórios.....	21
2.3	A climatização artificial nos edifícios de escritórios no Brasil	22
2.4	A avaliação do conforto térmico	24
2.4.1	Os índices de conforto térmico na avaliação de ambientes condicionados	26
2.4.1.1	O Índice de Temperatura Efetiva.....	27
2.4.1.2	O modelo estático (<i>Predicted Mean Vote - PMV</i>)	29
2.5	As Normas e as Regulamentações relacionadas ao conforto térmico em ambientes moderados	34
2.6	Os estudos de conforto térmico direcionados a ambientes internos condicionados.....	43
3	METODOLOGIA	48
3.1	Procedimentos metodológicos	48
3.1.1	Protocolo de comprovação de atendimento ao 3º projeto revisão ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016).....	49
3.1.2	Análise de Desconforto Térmico Localizado	50
3.2	O clima local e a edificação em estudo	51
3.3	O ambiente investigado.....	53
3.4	Instrumentos de medição	56
3.5	Questionários	60
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	62

4.1	Quantitativo de dados obtidos no experimento	62
4.2	Caracterização dos ocupantes	63
4.3	Rotina de funcionamento dos climatizadores de ar durante o estudo de campo	65
4.4	Caracterização das variáveis ambientais	65
4.4.1	Comportamento da temperatura do ar (°c) e da umidade do ar (%)	65
4.4.2	Comportamento da velocidade do ar (m/s).....	67
4.4.3	Velocidade do ar (m/s)	71
4.5	Cálculo do PMV e PPD	72
4.6	Votos declarados: sensação e preferência térmica – Análise média por estação de trabalho.....	74
4.6.1	Modelo analítico (PMV).....	74
4.6.1.1	Sensações térmicas	74
4.6.1.2	Preferências térmicas	75
4.6.2	Modelo de temperatura efetiva padrão	76
4.6.3	Avaliação do método analítico de acordo com o gênero.....	80
4.6.3.1	Comparação entre os votos declarados de sensação térmica e PMV predito.....	80
4.1.1.1	Comparação entre os votos declarados de preferência térmica e o PMV predito	83
4	CONCLUSÕES	90
	REFERÊNCIAS.....	92
	APÊNDICE A	99
	APÊNDICE B.....	101
	APÊNDICE C	112
	APÊNDICE D	118
	APÊNDICE E.....	120

1 INTRODUÇÃO

O rápido desenvolvimento de tecnologias de engenharia de sistemas de refrigeração e a facilidade na aquisição desses equipamentos acentuam progressivamente a inserção deles ao estilo de vida contemporâneo. O uso constante do condicionador de ar em casa, no trabalho, nos meios de transporte acaba por limitar a dinâmica de exposições térmicas da vida diária, o que pode levar os indivíduos ao desejo de manter as temperaturas internas cada vez mais uniformes (LUO et al, 2016 – tradução livre).

O costume da uniformidade climática a que essas pessoas estão submetidas no ambiente interno condicionado pode gerar exigências maiores relacionadas à preferência e aceitabilidade térmica e, conseqüentemente, o aumento do consumo energético devido à tentativa de manutenção de temperaturas internas menores. De acordo com Brager e De Dear (1998) esse nível de exigência é decorrente das diferenças contextuais resultantes da história térmica, e aumentar os níveis de conforto térmico e a aceitabilidade entre os ocupantes ajuda a reduzir o consumo de energia.

Especialmente em climas quentes as pessoas buscam constantemente equipamentos de climatização como alternativa para a obtenção de condições térmicas favoráveis nos ambientes. De acordo com McNeil e Letscher (2008) as aquisições de aparelhos condicionadores de ar são cada vez mais frequentes em países em desenvolvimento e com esse tipo de clima como o Brasil, a China, a Indonésia e a Índia.

Segundo estimativa da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), divulgada em 30 de agosto de 2017 no Diário Oficial da União, o Brasil possui 207.660.929 de habitantes e é considerado um dos países mais populosos do mundo. Frente a isso, já é evidente a inserção crescente de equipamentos condicionadores de ar no cotidiano da população juntamente aos impactos oriundos dessa demanda.

Particularmente nas edificações públicas, o condicionador de ar é apontado como um dos maiores responsáveis pelo aumento no consumo energético no país (ELETROBRÁS, 2007). Escritórios de repartições públicas costumam ser ambientes de uso prolongado, onde o condicionador de ar geralmente é usado como alternativa principal para a obtenção o equilíbrio térmico.

No setor público, de modo particular em ambientes com foco administrativo, em função da busca pelo melhor aproveitamento dos espaços, redução de custos, maior interação entre os ocupantes para propor convivência de funcionários de diferentes hierarquias, é comum o uso de espaços tipo *open plan* (de plano aberto). Surgidos entre a década de 60 e 70,

esse tipo organização transformou o ambiente de trabalho de modo a integrar a equipe de funcionários e tornar as comunicações mais rápidas (KJELLBERG; LANDSTRÖM, 2000). O layout dos escritórios de plano aberto (EPA), onde vários usuários compartilham da mesma sala, tem sido cada vez mais adotado em substituição aos típicos escritórios com salas individuais.

Os escritórios de plano aberto foram amplamente difundidos entre as empresas administrativas, principalmente após a crise do petróleo, onde a preocupação com a eficiência energética tomou corpo. Contudo, é importante refletir que para esse sistema funcionar de maneira efetiva é necessário que haja o dimensionamento adequado para o tipo do ambiente, pois a depender do sistema de climatização escolhido, quanto maior o número de estações de trabalho num determinado ambiente, maior a probabilidade de haver locais termicamente desconfortáveis para o usuário devido a questões de layout do mobiliário ou mesmo da própria localização do aparelho de climatização definido para o espaço.

No território brasileiro não há normas específicas que tratem do conforto térmico. As únicas referências que fazem menção aos parâmetros de conforto térmico em ambientes moderados são: a Norma Regulamentadora 17 (BRASIL, 2007) e a parte 2 da ABNT NBR 16401:2008 (ABNT, 2008). A NR-17 (BRASIL, 2007) é utilizada como referência por Engenheiros de Segurança e Médicos do trabalho para a avaliação das condições do ambiente em empresas regidas pela CLT (Consolidação das Leis do Trabalho); esta norma se refere à ergonomia do ambiente e tem como proposta o estabelecimento de parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores.

A parte 2 da ABNT NBR 16401:2008 (ABNT, 2008) foi revisada com base na ANSI/ASHRAE Standard – 55:2017 (ASHRAE, 2017) com o intuito de integração do projeto de Norma Brasileira de Conforto Térmico e aguarda revisão para a publicação. A ANSI/ASHRAE Standard 55:2017, elaborada pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE, 2017) é a versão mais atualizada desta norma de referência mundial destinada a tratar das “condições térmicas ambientais para ocupação humana”, em tradução livre. Sua primeira publicação é de 1966 e, após diversas atualizações, continua bastante usada como referência científica, inclusive para fundamentação de outras normas como a NBR15220 (ABNT, 2008b) e a nova proposta de Norma Brasileira para Conforto Térmico ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) apresentada em Lamberts et al. (2016).

A NR-17 (BRASIL, 2007) não faz alusão a metodologias e parâmetros específicos direcionados aos escritórios de plano aberto e a diferentes sistemas de condicionamento artificial. Já os índices mais utilizados para a avaliação de ambientes condicionados presentes na proposta para a ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016), o PMV e o PPD, podem apresentar divergências entre as sensações de conforto relatadas quando aplicados a determinadas realidades climáticas e situações, pelo fato de não considerar as características individuais das pessoas no momento que correlaciona os processos físicos de transferência de calor com suas sensações (XAVIER, 2000; HUMPHREYS; NICOL, 1996) e por não considerar os possíveis modos de operação entre os diferentes sistemas de climatização artificial (CAETANO, 2017).

Sabe-se que a iniciativa de uma proposta de norma de conforto térmico para o Brasil é relevante e que quanto maior sua aplicabilidade a um determinado contexto climático e situação apresentada, menor o desperdício de energia e maior a porcentagem de usuários satisfeitos com o clima interno do ambiente de uso habitual. No entanto, a fundamentação de uma nova proposta de norma de conforto em parâmetros de uma Norma internacional pode não significar a contextualização tão almejada. A relevância desta pesquisa se apresenta, então, diante da carência de dados de estudos de campo dessa natureza e da inexistência de normas adequadas à avaliação de ambientes térmicos com diferentes sistemas de condicionamento artificial no contexto climático brasileiro. Esses estudos são capazes de auxiliar na determinação de fatores que contribuem para a satisfação do indivíduo e seu bem-estar térmico e possibilitam a melhoria e a inovação dos parâmetros de projeto, métodos, normatizações, além de proporcionar economia de energia.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem por objetivo geral investigar a viabilidade de utilização do PMV em um ambiente de escritório de plano aberto (EPA), climatizado artificialmente, na cidade de Maceió, durante a jornada de trabalho.

1.2.2 Objetivos específicos

Para a realização deste trabalho foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a influência da localização do condicionador de ar no conforto térmico dos usuários posicionados nas diferentes estações de trabalho;

- Identificar a correspondência entre os votos declarados pelos usuários quanto à sensação e preferência térmica com os índices elencados como parâmetros pela proposta ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016);
- Investigar a influência do gênero na sensação e preferência térmica dos ocupantes.

1.3 Estrutura do trabalho

No capítulo introdutório desta pesquisa é apresentada uma visão geral sobre a evolução da tecnologia aplicada à arquitetura e a evolução dos ambientes administrativos de escritórios. Evidencia-se a grande demanda por aparelhos condicionadores de ar nesses ambientes e é ressaltada a existência de possíveis incompatibilidades entre os padrões apresentados como confortáveis pelas normas internacionais frente às situações possíveis de organização de layout e sistemas de climatização definido para os ambientes; em seguida, são apresentados os objetivos propostos pela pesquisa e estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, é feita uma revisão de literatura apresentando-se alguns estudos inerentes ao conforto térmico e aceitabilidade térmica para o contexto brasileiro, além da normatização existente em conforto térmico vigente e em projeto.

O terceiro capítulo descreve todo o procedimento metodológico adotado, materiais, equipamentos e protocolo de medição utilizado durante os experimentos de campo. Encontram-se ainda os procedimentos estatísticos utilizados para o tratamento dos dados e a formatação utilizada para as análises finais.

Os resultados da pesquisa e as discussões estão apresentados no capítulo 4, onde inicialmente foi descrito o quantitativo de dados coletados durante o estudo de campo, a rotina de uso e ocupação do ambiente no período analisado, o perfil dos ocupantes e o mapeamento das variáveis ambientais, para que fosse possível argumentar, na sequência, sobre efeitos do ambiente térmico estudado nos ocupantes.

O capítulo 5 é constituído pelas conclusões obtidas, as limitações deste trabalho e as sugestões de temas futuros a serem desenvolvidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Inicialmente, neste capítulo, é apresentada uma breve evolução histórica dos materiais e tecnologias aplicados às edificações e evolução do layout dos escritórios. Em seguida a pesquisa evidencia a crescente demanda por aparelhos condicionadores de ar em regiões de clima quente e é exposto um panorama sobre a situação energética do Brasil, especificamente nas edificações públicas, considerando a importância da eficiência energética e sua relação com os parâmetros de conforto térmico, visando a neutralidade térmica. Adiante são apontados os índices de conforto elaborados para auxiliar na avaliação térmica em ambientes condicionados e apresentadas as referências normativas que tratam do conforto térmico em ambientes moderados. Por fim, são discutidas as zonas de conforto propostas por normas, vigentes ou em fase de elaboração, que fundamentam os procedimentos relativos à avaliação de conforto térmico.

2.1 A arquitetura e a evolução tecnológica

Ao observar a história do homem e sua contribuição na arquitetura, pode-se verificar sua evolução e desenvolvimento tecnológico em relação ao aproveitamento de recursos naturais. Tido como um dos grandes princípios da arquitetura vernacular, de acordo com Lamberts et al. (2014, p. 9), o aproveitamento das características naturais desejáveis era fundamental para propor um maior conforto para os indivíduos de maneira sustentável. Segundo os autores, na Roma antiga “existiam sistemas para aquecimento de água conhecidos como *Calidarium* e para aquecimento de ambientes como o *Ipoocausto* - túneis subterrâneos onde uma fornalha aquecia o ar, que por sua vez aquecia os ambientes”.

Com o passar dos anos, a evolução tecnológica e o surgimento de novos materiais na indústria permitiu o aperfeiçoamento de técnicas e concepções arquitetônicas cada vez mais ousadas. O período da revolução industrial, marcado pelo domínio do homem sobre as máquinas, foi revolucionado com o surgimento do aço, do concreto e do vidro nas construções.

A arquitetura de Mies Van de Rohe¹, com suas inovadoras cortinas de vidro nas fachadas, virou ícone desse período. No entanto, para adaptar esse novo estilo às diferentes realidades climáticas sem alterar o formalismo *clean* tão almejado pela nova cultura era necessária a utilização de sistemas sofisticados de condicionamento artificial e iluminação,

¹ Ludwig Mies van der Rohe, famoso pela frase “menos é mais”, foi um arquiteto alemão nascido em 1886, defensor de uma arquitetura com linhas simples e pouco ornamento.

que passaram a ser utilizados em larga escala. O final do século XX foi, então, marcado pelo aumento consumo de energia, culminando na crise energética dos anos 70, posteriormente agravada pelo aumento populacional nos centros urbanos na década de 80.

Para superar a crise foi necessário um novo pensar em arquitetura. O economizar se tornou essencial e as discussões relacionadas à diminuição de custos e eficiência energética foram intensificadas.

Diante disto, os ambientes administrativos também tiveram de se adaptar à nova realidade e sofreram modificações ao longo de todo esse processo. Isto representou uma grande mudança nas formas de uso do espaço, que exigiu diferentes soluções, no que se refere ao planejamento de locais de trabalho de escritório.

2.2 A evolução do layout dos escritórios

No decorrer da história, a depender da necessidade de seu tempo, diversos padrões de arranjo físico, mobiliário e condições ambientais foram evidenciados nos ambientes administrativos de escritórios.

As ideias concebidas por Frederick W. Taylor (1856- 1915), no final do século XIX e início do século XX, influenciaram significativamente vários aspectos do trabalho, como a organização, a gestão do trabalho e a configuração espacial dos ambientes.

As teorias de Taylor, quanto à concepção espacial, fundamentavam-se na segregação espacial como modo de reafirmar as diferenças hierárquicas e aumentar a eficiência no trabalho fabril e dos setores administrativos. O layout de escritórios dessa fase, de acordo com Fonseca (2004) apresentava uma organização espacial semelhante à planta industrial: com uma grande área destinada aos funcionários dos escalões inferiores. Na periferia dessas áreas situavam-se as salas privativas da gerência. Os pavimentos superiores eram destinados aos ocupantes dos cargos mais altos da empresa.

Segundo Shoshkes (1976), na década de 1930, as inadequadas condições dos locais de trabalho a que as pessoas estavam submetidas já era objeto de preocupação entre os profissionais de projeto. Por conseguinte, nos anos 40 e 50 foram levantadas questões relacionadas às necessidades de melhorar a qualidade de vida nesses ambientes. As fachadas de vidro, famosas nesse período, possibilitaram aberturas generosas e a melhoria da iluminação dos pavimentos, no entanto, comprometeram o conforto térmico dos ocupantes nos ambientes.

Conforme cita Chávez (2002), durante as décadas de 1950 e 1960 a concepção espacial dos espaços de escritório, chamada de *General Office* (Escritório Geral), era fundamentada na distribuição dos chefes e gerentes na periferia do pavimento, enquanto os demais funcionários ocupavam o centro. Após certo tempo, houve a volta do escritório individual (*Single office*), onde novamente os executivos se situavam na periferia do pavimento, mas desta vez não havia o centro ocupado pelos demais funcionários.

Já no início dos 60, surgiu o sistema de núcleos (*Executive Core*), que posicionava os executivos no centro do pavimento e o restante dos funcionários, na periferia. No entanto, esta nova concepção espacial também não teve muito êxito.

Por fim, se chegou à proposta do escritório em Planta Livre (*Open Plan*) e, paralelamente a esse sistema, em 1958, surgiu na Europa o escritório panorâmico (*Office Landscape*). O sistema de Planta livre permitia maior rapidez nas comunicações, apresentava ótima flexibilidade e reduzia as diferenças hierárquicas entre os indivíduos.

A principal característica desses sistemas de planejamento de escritórios era que o arranjo físico deveria ser em planta livre, ou seja, o espaço não deveria ser delimitado por paredes fixas, para que houvesse uma maior interação entre as pessoas e as comunicações fossem mais rápidas em oposição à concepção espacial que priorizava a segregação, preconizada nas propostas de Taylor.

Rapidamente o arranjo físico em planta livre foi difundido entre as empresas administrativas e seus conceitos permanecem até hoje. Porém, como indica Fonseca (2004), estudos posteriores demonstraram que este tipo de espaço apresentava condições ambientais que exigia atenção dos projetistas. Problemas como as distrações provenientes de conversas entre os usuários do ambiente e ruído de máquinas podem comprometer o desenvolvimento das atividades e superar os benefícios da “interação entre os usuários” preconizada (KIM, J.; DE DEAR, R., 2013). Há ainda pouca privacidade e os ocupantes tendem a não exercer o controle sobre a temperatura interna, principalmente onde há sistemas centrais de condicionamento de ar.

2.3 A climatização artificial nos edifícios de escritórios no Brasil

O ar condicionado pode ser definido como uma alternativa de resfriamento que visa proporcionar um ambiente termicamente aceitável para o conforto e o trabalho humano. Seu uso já é realidade em grande parte das edificações do Brasil. A melhoria da produtividade no

trabalho no ambiente térmico interno, aliada a saúde e à necessidade atual de conservação de energia é considerada um fator muito importante nos estudos de conforto térmico.

O Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007), apontou uma previsão de aumento de 300% na demanda de energia entre o período de 2005 a 2030. De acordo com o Balanço Energético Nacional (EPE, 2016), em 2015 no Brasil, os edifícios residenciais foram responsáveis por 25,1% do consumo total de energia elétrica, os comerciais por 17,5% e os edifícios públicos 8,2% (Tabela 1).

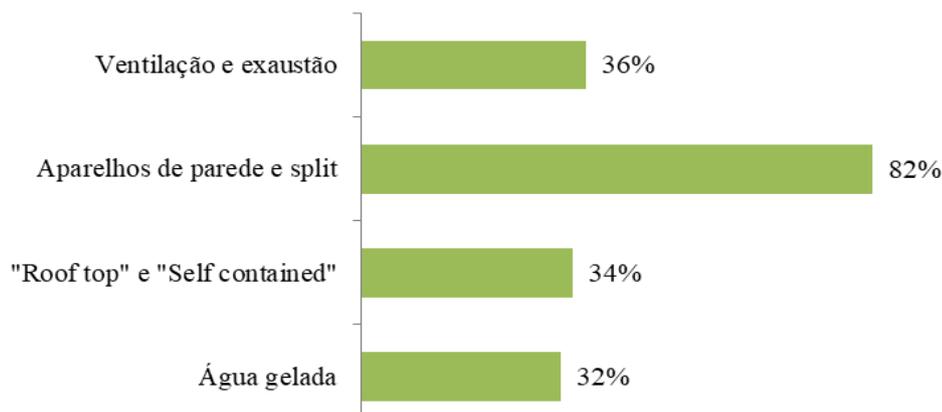
Tabela 1: Percentual do consumo de energia por setor entre os anos de 2006 e 2015.

SETORES	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	SECTORS
CONSUMO FINAL (10 ⁹ tep)	33.536	35.443	36.829	36.638	39.964	41.363	42.861	44.373	45.782	44.946	FINAL CONSUMPTION (10 ⁹ toe)
SETOR ENERGÉTICO	3,7	4,2	4,3	4,3	5,8	5,0	5,3	5,8	5,9	6,1	ENERGY SECTOR
RESIDENCIAL	22,0	22,1	22,3	23,6	23,1	23,3	23,6	24,2	24,8	25,1	RESIDENTIAL
COMERCIAL	14,2	14,2	14,6	15,5	15,0	15,4	16,0	16,4	17,0	17,5	COMMERCIAL
PÚBLICO	8,5	8,2	8,1	8,3	8,0	7,9	8,0	8,0	8,0	8,2	PUBLIC
AGROPECUÁRIO	4,2	4,3	4,3	4,2	4,1	4,5	4,7	4,6	5,0	5,1	AGRICULTURE AND LIVESTOCK
TRANSPORTES	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	TRANSPORTATION
INDUSTRIAL	47,0	46,7	46,1	43,8	43,8	43,5	42,1	40,7	38,9	37,6	INDUSTRIAL
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: EPE, 2016 (Adaptado)

Entre os anos de 2006 e 2015 os setores comercial e público chegaram a representar em média 24% do consumo total do país. O Gráfico 1 aponta que, em 2005, 82%, dos prédios públicos possuíam sistemas de ar condicionado instalados.

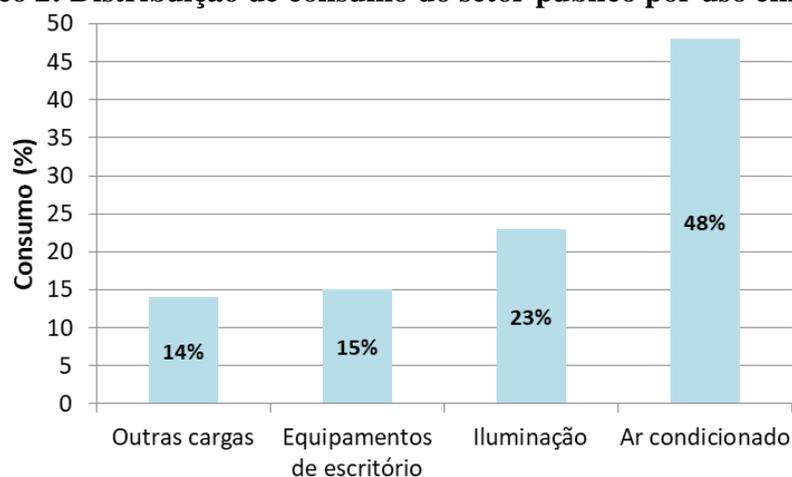
Gráfico 1: Percentual de prédios públicos que dispõem de sistemas de ar condicionado e/ou ventilação em 2005



Fonte: EPE, 2007 (Adaptado).

O relatório de pesquisa apontou que em 2015 os principais usos estavam relacionados à climatização, iluminação e equipamentos de escritórios, responsáveis, juntos, por cerca de 86% do consumo de energia dos prédios públicos, sendo 48% correspondentes apenas a demanda de ar condicionado (Gráfico 2), enquanto 14% estão associados à energia consumida principalmente nos sistemas de bombeamento de água e de transporte vertical. Quanto aos tipos de sistemas de climatização, no geral, os sistemas individuais de parede e/ou Split foram os mais encontrados nas instalações dos prédios públicos (82%) (EPE, 2016).

Gráfico 2: Distribuição de consumo do setor público por uso em 2015



Fonte: EPE, 2007. (Adaptado)

As previsões para o aumento do consumo de energia nos próximos anos, no país, são preocupantes. Diante dessa crescente demanda no uso de condicionadores de ar, principalmente em edificações relacionadas a atividades administrativas, a necessidade de uma referência normativa direcionada à avaliação de conforto térmico no Brasil é notória, tanto no âmbito da melhoria do conforto térmico para os ocupantes, quanto para a possibilidade de redução do consumo energético. A escassez de dados de experimento de campo que fundamentem parâmetros térmicos numa esfera nacional implica na dificuldade da composição de normas adequadas à avaliação do conforto térmico no contexto brasileiro. Por outro lado, a aplicação de normas internacionais descontextualizadas em relação à realidade climática do país podem resultar em escolhas inadequadas de sistemas de climatização e também na insatisfação do usuário relacionada ao ambiente térmico.

2.4 A avaliação do conforto térmico

O corpo humano tende a manter o equilíbrio térmico em função da própria sobrevivência e adaptação ao meio ambiente. O conforto térmico é definido, de acordo com a

ASHRAE Standard – 55:2017 (2017), como o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico. Para Fanger (1970), o indivíduo está em conforto térmico quando se encontra sob condições tais em que nenhum tipo de desconforto para o frio ou para o calor seja experimentado.

Durante o processo metabólico, parte da energia interna produzida pelo homem através da alimentação é consumida para a manutenção das funções vitais do organismo, parte é transformada em calor. O controle da temperatura corporal acontece graças ao sistema termorregulador, que propicia a manutenção da temperatura corpórea. Portanto, quanto mais esse sistema atuar para que haja a manutenção da temperatura interna do corpo, maior será a sensação de desconforto térmico no indivíduo.

Segundo a norma americana ANSI/ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017) um ambiente térmico é definido pelas condições ambientais térmicas que afetam a perda de calor de uma pessoa e, para classificar um ambiente como termicamente aceitável, é necessário especificar as combinações de variáveis térmicas ambientais e pessoais que produzam condições aceitáveis para a maioria dos ocupantes (percentual igual ou maior que 80%) em um determinado ambiente.

Estudos de Cândido et al. (2016) apontaram que o layout do ambiente é capaz de interferir diretamente no bem-estar e satisfação do usuário e pode, por conseguinte, influenciar na realização das atividades que lhes são atribuídas.

Mesmo num ambiente fechado e condicionado o fluxo de ar pode se comportar de diferentes maneiras, a depender do sistema empregado. Num ambiente de trabalho, quanto maiores suas dimensões e o número de estações de trabalho que fizerem parte do layout, maiores podem ser as diferenças evidenciadas entre os usuários. Uma pesquisa proposta por Caetano et al. (2017) concluiu que o tipo do sistema de climatização definido para o ambiente pode influenciar diretamente na percepção dos ocupantes em relação à temperatura interna. Segundo os autores, o fato de permitir que as temperaturas interiores oscilem ao invés de mantê-las constantes e uniformes, o que é comum na maioria dos edifícios com condicionador de ar, talvez seja um meio viável de reduzir a demanda de energia no edifício e, diante do notório crescimento no número de aparelhos condicionadores de ar no cotidiano da população, faz-se necessário refletir sobre a importância de se considerar os diferentes sistemas de refrigeração nas Normas Brasileiras.

De acordo com De Dear (2004), em edifícios dotados de sistema de condicionador de ar central, o microclima observado pode ser considerado permanente ao longo do tempo e é

possível afirmar que os ocupantes têm uma relação de regime estacionário juntamente ao ambiente. A medição das condições ambientais para a avaliação do conforto térmico dependerá das variações locais, já que o tipo de sistema de condicionador de ar e a eficiência da distribuição de ar influenciam na homogeneidade térmica do ambiente. Segundo a ISO 7726 (ISO, 1998) um ambiente pode ser considerado homogêneo se em um determinado momento a temperatura do ar, radiação, velocidade do ar e umidade puderem ser considerados praticamente uniformes em volta do indivíduo. Quando o ambiente não é homogêneo, as medições devem ocorrer em diversos pontos em torno do indivíduo para se chegar a um valor médio.

2.4.1 Os índices de conforto térmico na avaliação de ambientes condicionados

Entende-se que embora uma pessoa esteja em equilíbrio térmico com o ambiente circundante, as sensações de conforto são subjetivas, isto é, variam de pessoa para pessoa. Em vista disso, um ambiente pode ser termicamente confortável para um ocupante enquanto ser frio ou quente para outro.

Sabe-se que por conta das diferenças individuais é uma tarefa impossível conseguir projetar um ambiente térmico que satisfaça a todos os ocupantes. No entanto, podem-se especificar ambientes que satisfaçam termicamente a maioria de seus ocupantes.

Atualmente as medições associadas aos índices de conforto, simulações em câmaras climáticas, medições e entrevistas com usuários em ambientes reais fazem parte dos principais métodos para a investigação do conforto térmico.

Os índices de conforto térmico são fundamentados a partir de diversos aspectos do conforto; eles têm por objetivo avaliar o efeito conjunto das variáveis de conforto térmico. Eles são apresentados sob a forma de cartas ou nomogramas, basicamente desenvolvidos a partir da fixação de um tipo de atividade e vestimenta relacionadas às variáveis e condições ambientais, por exemplo. De acordo com Bittencourt e Cândido (2008) muitos índices foram propostos na intenção de classificar o conforto térmico, a maioria deles expressa a combinação de temperatura do ar, umidade, radiação e movimento do ar como a resultante determinante desse aspecto do conforto ambiental. A partir deles é possível relacionar as variáveis de influência nas trocas térmicas entre o corpo e o meio, de modo a quantificar os resultados com base nas relações entre o indivíduo e as condições julgadas inerentes à satisfação térmica.

A partir dos índices de conforto é possível estabelecer as Zonas de Conforto Térmico. As zonas de conforto são faixas de variação bidimensional na qual são previstas condições de aceitabilidade térmica para valores mínimos e máximos de dados. Pode-se afirmar que quando os pontos determinados pelas variáveis que compõem essas cartas ou nomogramas se localizam dentro da zona de conforto definida, as condições apresentadas serão consideradas como de conforto. Quando não, há necessidade de serem tomadas medidas corretivas. No entanto, como indica Frota e Schiffer (2007), essas Zonas devem ser vistas como uma indicação e posteriormente analisadas para a verificação da sua aplicabilidade para a realidade local.

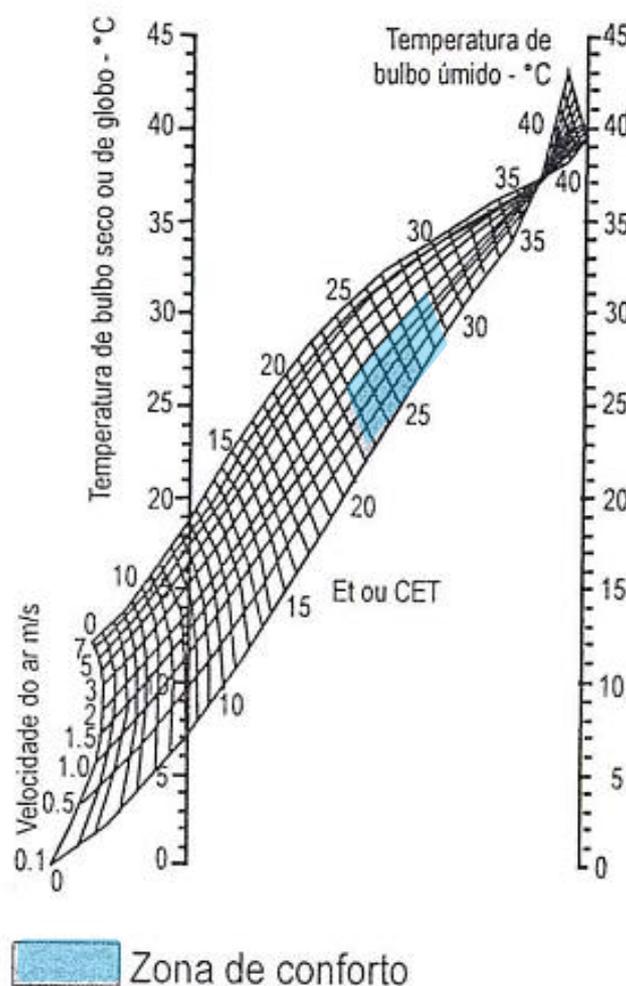
Para a escolha do método de determinação do conforto térmico é fundamental avaliar as variáveis ambientais e pessoais disponíveis para o cálculo, além dos requisitos estabelecidos pelas referências normativas elencadas como parâmetro.

A NR-17 (BRASIL, 2007), por exemplo, define que o método a ser utilizado para determinação do conforto térmico dos ocupantes é o Índice de Temperatura Efetiva; para ambientes condicionados, a ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017) e a ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) indicam o uso do método estático (*Predicted Mean Vote – PMV*).

2.4.1.1 O Índice de Temperatura Efetiva

Na NR-17 (BRASIL, 2017) o Índice de Temperatura Efetiva é utilizado como referência para a avaliação de conforto térmico. O Índice de Temperatura Efetiva (Figura 1), como indica Frota e Schiffer (2007), foi elaborado por Yaglow e Houghten em 1923. Ele estabelece correlações entre as sensações de conforto e as condições de temperatura, umidade e velocidade do ar sob a forma de nomogramas. Vernon e Warner apresentaram em 1932 uma proposta de correção para o índice sendo denominado, conforme indica Araújo (2008), de Temperatura Efetiva Corrigida (CET - *Corrected Effective Temperature*). Na correção a temperatura de bulbo seco foi substituída pela temperatura do termômetro de globo. Em 1971, após uma nova substituição, surgiu a Nova Temperatura Efetiva (ET* - *Effective Temperature*), adotada pelas normas ASHRAE Standard-55 (revisões 1974, 1981 e 1992) para determinar o intervalo de conforto (RUAS, 2001). Segundo Araújo (2001), após a inclusão de diferentes níveis de atividade e de vestimenta a (ET*) acabou sendo substituída pela Temperatura Efetiva Padrão (SET*- *Standard Effective Temperature Star*).

Figura 1: Nomograma de temperatura efetiva com a representação da zona de conforto



Fonte: Koenigsberger, 1974 e Izard 1979 *apud* Bittencourt e Cândido (2005).

A SET* pode ser conceituada como:

A temperatura uniforme de um ambiente imaginário com ar parado, umidade relativa de 50% e temperatura igual à temperatura radiante média, no qual uma pessoa com vestimenta padrão para aquela atividade, com a mesma temperatura média e teor de superfície molhada da pele, teria a mesma perda de calor que no ambiente real. A atividade é a mesma no ambiente real e no imaginário e a vestimenta é padrão para aquela atividade. O isolamento térmico da vestimenta padrão é matematicamente relacionado ao metabolismo; assim para atividades com metabolismo de $58,2 \text{ W/m}^2$, $116,4 \text{ W/m}^2$ e 174 W/m^2 corresponderiam, respectivamente, vestimentas padrão com isolamento térmico básico de 0,67 clo, 0,39 clo e 0,26 clo (RUAS, 2001, p.44).

O índice SET* converte qualquer combinação de variáveis ambientais e pessoais reais na temperatura do ambiente padrão imaginário, permitindo que os efeitos da velocidade do ar no conforto térmico sejam relacionados em uma ampla gama de valores de temperatura do ar,

temperatura radiante e umidade (ASHRAE, 2017 – tradução nossa). A norma americana ASHRAE Standard-55:2017 (ASHRAE, 2017) indica o uso do índice SET* para avaliar o conforto em ambientes térmicos onde os valores de velocidade de ar estão acima de 0,20 m/s. Segundo a referida norma, o SET* contabiliza o efeito de arrefecimento das velocidades do ar superiores ao máximo permitido.

A ASHRAE Standard-55:2017 (ASHRAE, 2017) determina que o SET* seja calculado pela primeira vez a partir das condições reais do ambiente. Em seguida, o valor calculado do SET* deve ser mantido e a velocidade média do ar (aferida) deve ser substituída pela velocidade onde o ar é imóvel (a Norma considera 0,10 m/s). Após essas alterações a temperatura média do ar e a temperatura radiante serão ajustadas de acordo com o efeito de resfriamento (EC). O efeito de resfriamento da velocidade do ar elevada é o valor que, quando subtraído igualmente da temperatura média do ar e da temperatura média radiante, produz como resultado um valor de SET* para o ar parado idêntico ao SET calculado inicialmente para o ambiente, sob velocidade do ar elevada.

Esse protocolo de correção permite o uso do índice desenvolvido por Ole Fanger (Predicted Mean Vote - PMV) para a avaliação do conforto térmico no ambiente mesmo quando a velocidade do ar ultrapasse os limites de aplicabilidade da equação do PMV.

2.4.1.2 O modelo estático (*Predicted Mean Vote* - PMV)

Os estudos de conforto térmico podem ser subdivididos em dois grupos distintos: (a) os efetuados em câmaras climatizadas ou condições ambientais controladas, como os de Fanger (1970) e os efetuados com base de pesquisas de campo sem intervenção sobre as condições ambientais, como os de Humphreys (1976) e Nicol (1994).

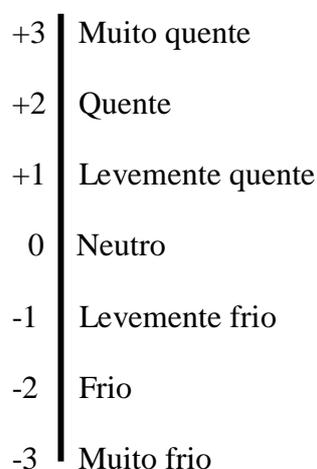
O primeiro grupo foca numa abordagem analítica que, de acordo com Xavier (2000), é baseada em modelos físicos de troca de calor entre o homem e o ambiente. Segundo Vecchi (2011), essa abordagem considera o homem como um receptor passivo do ambiente térmico.

Os experimentos realizados por Fanger (1970) na Dinamarca impulsionaram os estudos em conforto térmico. As análises estatísticas das condições térmicas preferidas pela maioria das pessoas resultaram no chamado PMV (*Predicted Mean Vote* – Voto Médio Predito), e na porcentagem dos insatisfeitos PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied* – Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas). A teoria referente à sensação de conforto térmico ficou conhecida como Modelo do PMV/ PPD ou Modelo do balanço térmico (XAVIER, 2000).

O PMV é um índice de conforto térmico conhecido como sensação analítica de conforto. É fundamentado no balanço de calor do corpo com o ambiente e representa as sensações térmicas médias das pessoas submetidas a determinadas condições ambientais e individuais, através de uma escala quantitativa da sensação de calor e de frio, semelhante à escala apresentada na Figura 2. (GOMES, 2002).

O voto médio predito (PMV) é obtido através das respostas do indivíduo relacionadas ao ambiente térmico, que são representadas na escala sétima da ASHRAE. O PMV também pode ser estimado através de um modelo matemático que correlaciona os fatores pessoais e ambientais, descritos na Tabela 2.

Figura 2: Representação da escala sétima da ASHRAE, ou escala de sete pontos.



Fonte: ASHRAE, 2017 (Adaptado).

Tabela 2: Fatores pessoais e ambientais utilizados para estimar o PMV

Fatores pessoais	Fatores ambientais
Atividade desempenhada, M (W/m^2) e Isolamento térmico das roupas utilizadas, I_{cl} (clo);	Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); Temperatura radiante média, T_{rdmed} ($^{\circ}\text{C}$); Velocidade do ar, v_{ar} (m/s); Umidade Relativa do ar, UR (%); Pressão parcial do vapor de água no ar ambiente, p_a (kPa)

Fonte: Lamberts et al. (2016).

O PMV é calculado através da equação desenvolvida por Fanger, conforme o modelo do balanço térmico (Equação 1) (ASHRAE Fundamentals cap.8 – 2005):

(Equação 1)

$$PMV = [0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028] \cdot L$$

Onde:

PMV = Voto médio predito (adimensional)

M = Atividade desempenhada pelo indivíduo (W/m²)

L = Carga térmica atuante sobre o corpo (W/m²)

Este modelo foi incorporado pela ASHRAE em 1981 e é amplamente difundido no meio científico. Fanger e Toftum (2002) indicam que o principal aspecto positivo relacionado a esse modelo é a sua flexibilidade quanto a inclusão de diversas variáveis (humanas e ambientais) capazes de interferir na sensação de conforto, o que tornaria a caracterização do meio ao qual o indivíduo encontra-se submetido mais compatível com a realidade.

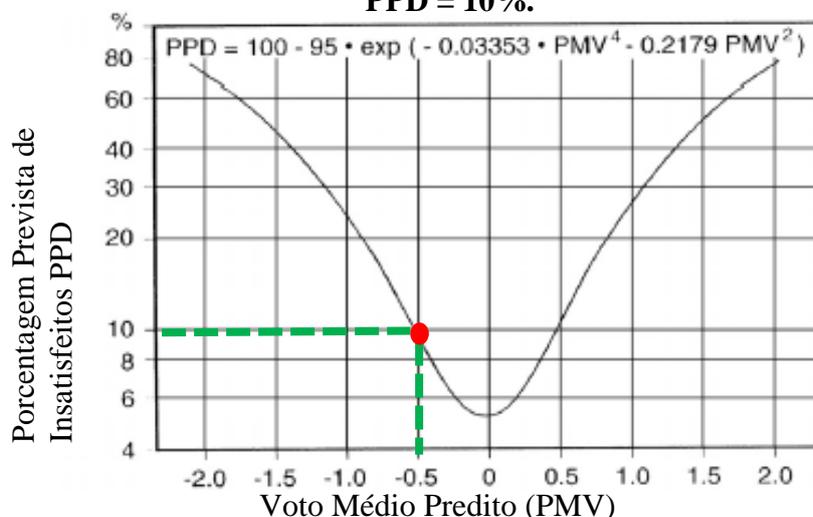
O PPD pode ser definido como um índice que estabelece a quantidade estimada de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico. As pessoas podem votar de acordo com uma escala que varia de -3 à +3, do mais frio ao mais quente, na escala sétima de sensações. O PPD se correlaciona ao PMV através da Equação 2:

(Equação 2)

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp \cdot [-(0,03353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2)]$$

A Figura 3 representa o Gráfico de correlação entre os valores do PMV e do PPD. Para um PMV = - 0,5, o PPD correspondente é aproximadamente igual a 10%. De acordo com a ISO 7730, o “intervalo aceitável” para o PMV varia entre - 0,5 e + 0,5, o que corresponde a um PPD inferior a 10%. Pesquisas como as de Araújo (1996), De Dear (1998), Xavier e Lamberts (1998), Xavier e Lamberts (1999), Xavier (2000) demonstraram que os resultados apresentados pelo modelo PMV divergem de modo significativo dos encontrados nos estudos de campo no que se refere às sensações relatadas pelos indivíduos. Essa divergência, segundo Xavier (2000), deve-se principalmente ao fato dessas pesquisas de Fanger (1970) terem sido realizadas em câmaras climáticas e sob uma realidade completamente distinta.

Figura 3: Correlação entre os índices PMV e PPD. Intervalo “aceitável”: PMV = + 0,5 e PPD = 10%.



Fonte: ASHRAE 55 2013, (Adaptado).

Segundo Batista (2006), atentando-se às divergências entre os resultados obtidos e o método original constante na ISO 7730 (ISO, 1994), diversas maneiras de verificação do PPD foram empregadas em estudos de campo variados (XAVIER; LAMBERTS, 1999; FANGER, 1970 e ARAÚJO, 1996).

Xavier (2000), em sua Tese apresentou uma metodologia de predição das sensações térmicas de pessoas desempenhando atividades sedentárias e apontou que é possível verificar o PPD através de quatro formas distintas:

- a) Através da comparação direta entre os votos de sensações térmicas e os votos de preferências térmicas. Os que votaram +3, +2, +1, -1, -2 e -3 na escala de percepção e mantiveram esses votos na escala de preferência foram considerados insatisfeitos;

- b) Aqueles que votaram +3, +2, -2 e -3 na escala de percepção e 50% dos que votaram +1 ou -1, também nesta mesma escala, formaram a representação de pessoas insatisfeitas;
- c) Considerando como insatisfeitos apenas os que votaram +3, +2, -2 e -3 na escala de percepção;
- d) Considerando insatisfeitos todos os indivíduos de votos iguais a +3, +2, +1, -1, -2 e -3 na escala de percepção.

Xavier (2000) observou que dentre as formas apresentadas a mais representativa foi a que considerou como insatisfeitas todas as pessoas que votaram +3, +2, -3 e -2, mais 50% daquelas que votaram +1 ou -1 na escala de sensações. Em sua pesquisa, o autor pôde concluir que dentro da faixa sugerida pela ISO 7730 ($-0,5 \leq PMV \leq +0,5$), houve grande variabilidade do percentual de pessoas insatisfeitas com o ambiente, o que aponta que as características subjetivas individuais, percepção ou sentimentos em relação ao ambiente termicamente são bastante relevantes.

Segundo Xavier (2000) a segunda abordagem, conhecida como adaptativa, não se fundamenta nas considerações sobre as trocas de calor entre o homem o ambiente e sim na existência de uma série de ações que o homem pode realizar para atingir o conforto térmico, levando em consideração suas oportunidades de adaptação. De acordo Lamberts et al. (2016) ela leva em consideração aspectos além dos físicos e dos psicológicos que influenciam na percepção térmica. Essa abordagem fundamenta-se nos conceitos de aclimatação e condições como gênero, idade, classe social, contexto, composição da edificação, estação, clima, atitudes, preferências e expectativas.

De Dear et al. (1997) afirmam que “o termo genérico ‘adaptação’ pode ser amplamente interpretado como a diminuição gradual da resposta do organismo à estimulação ambiental repetida. Diante desta definição, os autores apontam três mecanismos utilizados pelo corpo humano para se proteger dos efeitos do clima:

- Ajustes comportamentais: são as modificações conscientes ou inconscientes das pessoas; podem modificar o fluxo de calor e massa que governam as trocas térmicas do corpo. Estes ajustes podem ainda ser divididos em subcategorias, conhecidos como os ajustes pessoais (roupa, atividade, postura), ajustes tecnológicos ou ambientais (abrir/fechar janelas, ligar ventiladores, usar óculos escuros) e os ajustes culturais.
- Ajustes Fisiológicos: são aqueles que incluem todas as mudanças nas respostas fisiológicas das pessoas, que são resultado da exposição a fatores ambientais e térmicos, conduzindo a uma diminuição gradual na tensão criada por tal exposição. As mudanças fisiológicas podem ser divididas em: adaptação genética, que são aquelas que se tornaram parte da herança

genética de um indivíduo ou grupo de pessoas; e a aclimatação, que são as mudanças inerentes ao sistema termo-regulador.

- Ajustes Psicológicos: percepções e reações das informações sensoriais. A percepção térmica é diretamente atenuada por sensações e expectativas ao clima interno. Esta forma de adaptação pode ser comparada à noção de hábito, exposição repetida ou crônica, que conduz a uma diminuição da intensidade da sensação evocada anteriormente (DE DEAR et al. 1997, apud VECCHI, 2011).

Nicol (2004) e Van Der Linden et al. (2006) defendem a abordagem adaptativa como uma ferramenta ideal para a avaliação precisa do conforto humano em relação à temperatura ambiente. A partir desta abordagem, segundo Nicol e Humphreys (2002), quando alguma mudança climática resulta em desconforto as pessoas reagem de maneira a reestabelecer seu conforto, seja através de pequenos ajustes nos ambientes ou mesmo com a adaptação a ele através dos ajustes psicológicos.

O modelo adaptativo baseia-se em uma perspectiva fenomenológica que enfatiza a forma como as pessoas interagem e mudam seu ambiente, e explica as maneiras pelas quais a experiência passada de uma pessoa, planos futuros e intenções influenciam a percepção de alguém (CANTER 1983, WOHLWILL 1974, HELSON 1964, VEITCH E ARKKELIN 1995, KAPLAN E KAPLAN, 1982). (DE DEAR et al., 1997 – Tradução nossa).

Diante da especificidade desta pesquisa, trataremos apenas do modelo analítico, aplicável a ambientes térmicos condicionados e indicado na ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017) e na ABNT NBR 16401-2:2016 (ABNT, 2016) para avaliação de ambientes condicionados.

2.5 As Normas e as Regulamentações relacionadas ao conforto térmico em ambientes moderados

O grande foco dos estudos voltados ao conforto térmico é, como citam Lamberts et al. (2016), “analisar e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupação humanas, bem como estabelecer métodos e princípios para uma detalhada análise térmica de um ambiente.”

De acordo com Kuchen et al. (2011), o modelo de Fanger corresponde a uma pequena amostra de pessoas submetidas a um mesmo ambiente térmico predefinido. A temperatura operativa variava entre 18,9 °C e 32,2 °C, enquanto os demais parâmetros físicos do ambiente que afetam o conforto térmico (umidade e velocidade do ar) e parâmetros físicos das pessoas (isolamento da roupa) e fisiológicos (níveis de atividade metabólica) permaneciam constantes.

As equações derivadas das análises de Ole Fanger foram aceitas internacionalmente e fundamentaram normas importantes como a ANSI/ASHRAE 55 e a ISO 7730 (ISO, 1994). A

ISO (International Organization for Standardization) e a ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) são responsáveis pela elaboração das principais normas referentes ao conforto térmico:

- 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, 2005): Esta norma expõe métodos para que seja determinada a sensação térmica e o grau de desconforto das pessoas expostas a ambientes térmicos moderados. Ela permite a indicação analítica e a interpretação do conforto térmico através da utilização do cálculo de PMV (*Predicted Mean Vote*), do PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) e do conforto térmico local, apresentando as condições ambientais consideradas aceitáveis para o conforto térmico geral e as que representam o desconforto. Esta versão também apresenta informações sobre o desconforto térmico localizado, condições em estado não estacionário e adaptação.

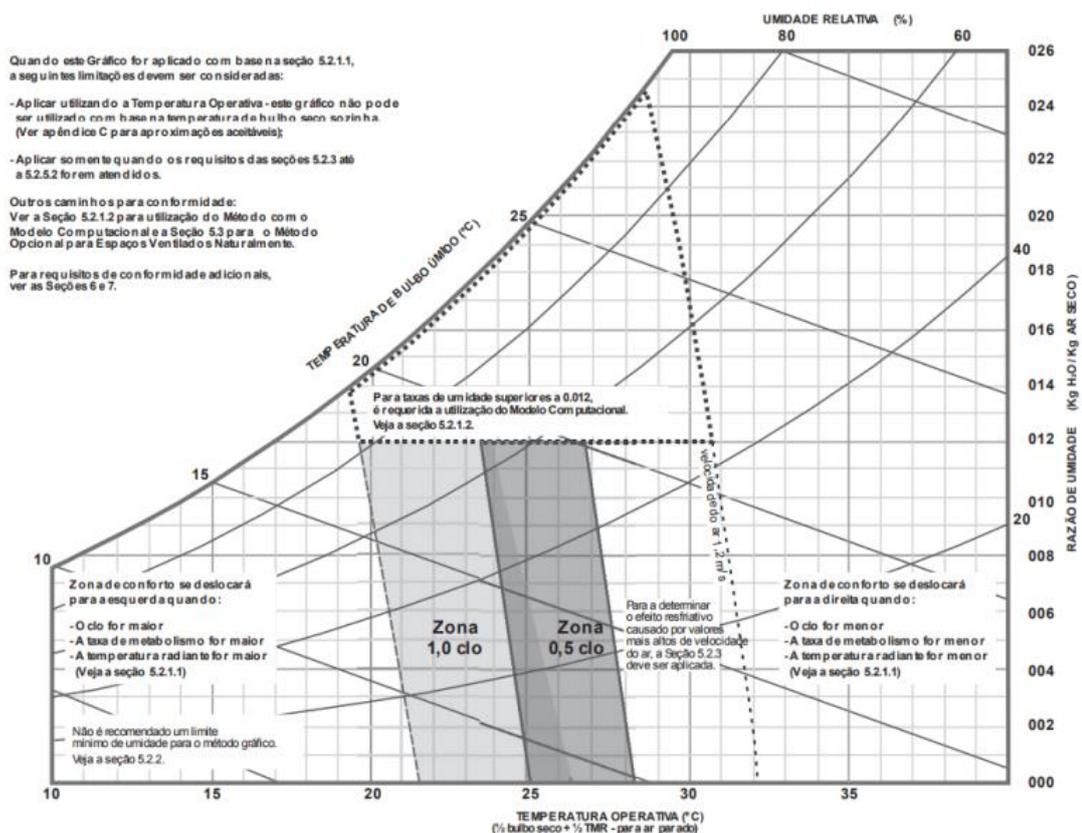
- ISO/DIS 7726/98 - Ergonomics of the thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities (ISO, 1998): Tem por objetivo especificar as características mínimas dos instrumentos de medição das variáveis físicas, tanto para ambientes termicamente moderados como ambientes extremos, assim como apresenta métodos de medição desses parâmetros.

- ASHRAE Fundamentals Handbook (ASHRAE, 2017): Este guia normativo da sociedade americana de aquecimento, refrigeração e ar condicionado apresenta os fundamentos dos princípios básicos e dados utilizados na indústria de aquecimento, ventilação e ar condicionado de edificações. A versão mais recente inclui um capítulo voltado ao gerenciamento de umidade em edifícios.

- ASHRAE Standard 55:2017 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (ASHRAE, 2017): Esta norma americana especifica condições ambientais aceitáveis para a saúde das pessoas sujeitas a pressões atmosféricas equivalentes a altitudes superiores a 3,00 m, em ambientes internos projetados para ocupação humana por períodos não inferiores a quinze minutos. Essa versão da Norma contempla método opcional para determinação de condições térmicas aceitáveis em ambientes naturalmente ventilados e incorpora sete adendos publicados na edição de 2013. São apresentados três métodos diferentes para a avaliação:

- a) O método Gráfico da zona de conforto (Figura 4) deve ser limitado a ambientes condicionados que apresentem ocupantes com taxas metabólicas entre 1,0 e 1,3 met (ocupantes desenvolvendo atividades sedentárias que incluem, por exemplo, atividades de escritório como leitura, escrita e arquivamento sentado) e isolamento de vestuário (Icl) entre 0,5 e 1,0 clo (incluem conjuntos de roupas leves, que podem ser compostos por calça e camisa de manga curta ou esse mesmo conjunto mais a adição de um suéter de manga longa e uma camiseta) e velocidade média do ar inferior a 0,2 m/s. É possível calcular a máxima e a mínima temperatura operativa em função da vestimenta (clo) e da velocidade média do ar. As condições de conforto necessárias para os ocupantes são construídas sobre uma carta psicrométrica. Este método não é aplicável para espaços naturalmente ventilados.

Figura 4: Método Gráfico de Temperatura de Conforto: intervalo aceitável de temperatura operacional e umidade em espaços onde: $1.0 \leq \text{met} < 1.3$ e $0.5 < \text{clo} < 1.0$



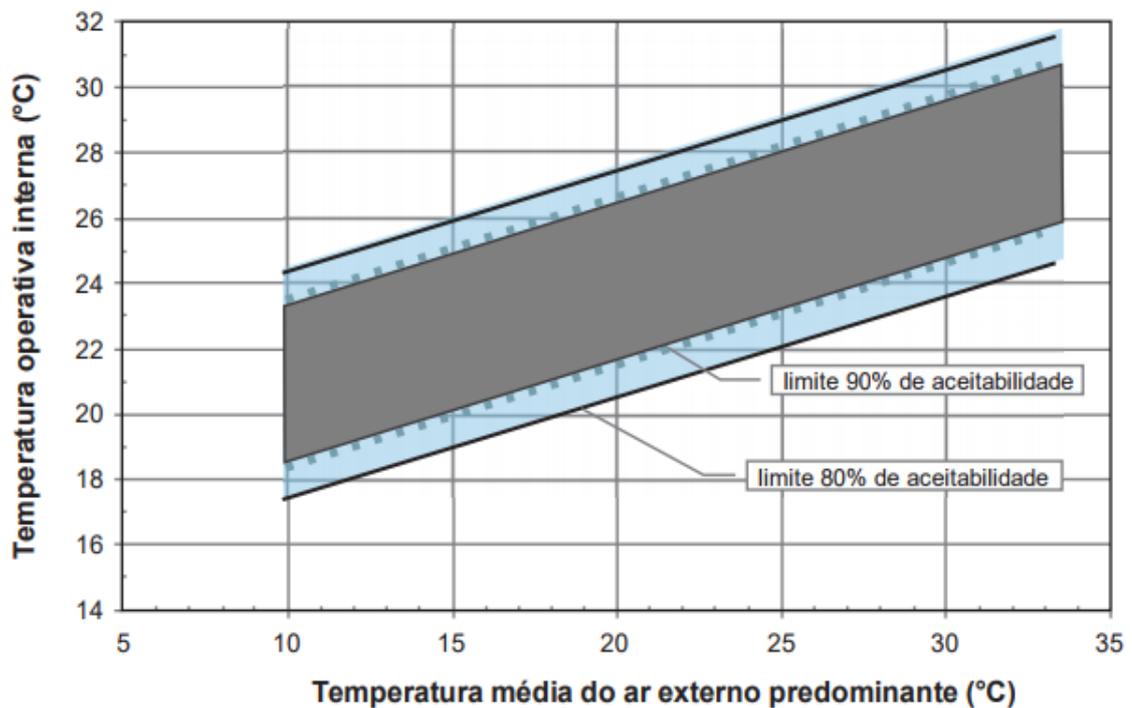
Fonte: Lamberts et al (2016).

- b) O método da Zona de Conforto Analítica é fundamentado no Método do Voto Preditado (Predicted Mean Vote Based - PMV), que prevê o valor médio dos votos de sensação térmica de um determinado grupo de indivíduos através de uma escala de sensação térmica. A velocidade do ar para este método também é limitada a até 0,20m/s, mas são estabelecidos cálculos e condições adicionais para velocidades acima desse valor. A diferença entre o primeiro e o segundo método é a taxa metabólica requerida. Para o método do Gráfico da Zona de Conforto a taxa deve estar entre $1,0 < met < 1,3$ e para o método da Zona de Conforto Analítica é requerido $1,0 < met < 2,0$ (2,0 met inclui atividades como empacotar e caminhar numa superfície plana).
- c) O terceiro método apresentado é utilizado para a determinação de condições térmicas aceitáveis para espaços que sejam naturalmente ventilados e que possam ser controlados pelos ocupantes (Figura 5). Os seguintes critérios devem ser observados:
- A. Não deve existir um sistema de arrefecimento mecânico (por exemplo, ar condicionado refrigerado, refrigeração radiante ou refrigeração dessecante) e nenhum sistema de aquecimento deve estar em operação.
 - B. Os ocupantes representativos devem apresentar taxas metabólicas variando de 1,0 a 1,3 met.
 - C. Os ocupantes representativos devem ser livres para adaptar suas roupas às condições térmicas interiores e/ou exteriores dentro de um intervalo de 0,5 a 1,0 clo.
 - D. A temperatura externa média predominante deve ser superior a 10°C e menor que $33,5^{\circ}\text{C}$ (ASHRAE STANDARD-55, 2017 -Tradução nossa).

São apresentadas, na Figura 5, duas faixas que definem o conforto do usuário. A norma apresenta equações para viabilizar níveis de aceitabilidade do conforto onde 80% de aceitabilidade é o valor adotado para os casos em geral.

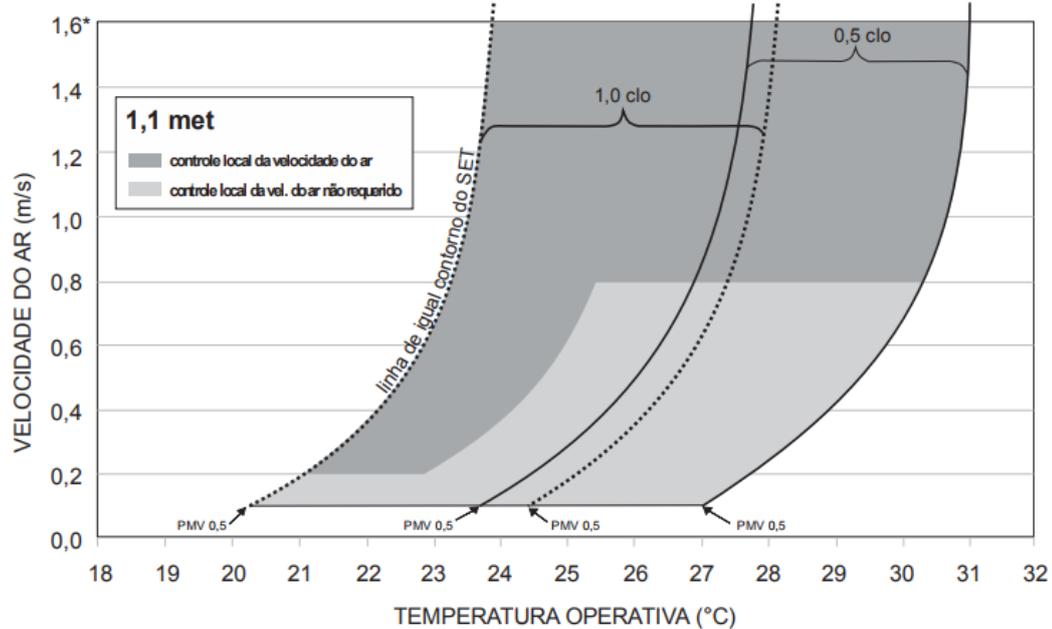
Na ocorrência de velocidades do acima de 0,20m/s, não aplicáveis nos métodos descritos nos itens a e b da seção 2.4 da norma, é indicada a aplicação do método gráfico disposto na Figura 6.

Figura 5: Intervalos de Temperatura operativa aceitável para espaços naturalmente condicionados.



Fonte: ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017) - adaptada.

Figura 6: Método Gráfico usado para avaliar todos os casos de conforto sob uma velocidade de ar elevada, acima de 0,2 m/s



*não existe limite máximo para a velocidade do ar quando os ocupantes têm o controle do ambiente

Fonte: ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017) - adaptada.

A aplicação do método gráfico apresentado na Figura 6 está condicionada a seguir os seguintes parâmetros:

- Ambientes que dispuserem de controle local de ar utilizem como parâmetro a área cinza escura.
- Ambientes que não dispuserem de controle de ar local os limites estabelecidos na área cinza clara devem ser utilizados.

Observa-se que na ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017) a temperatura operativa (T_o), é utilizada como critério básico para a avaliação das condições térmicas do ambiente. Seu cálculo é baseado na Equação 3.

$$T_o = A \cdot T_a + (1 - A) T_r \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

T_o = temperatura operativa (°C)

T_a = temperatura média do ar (°C)

T_r = temperatura média radiante (TMR) (°C)

A = valor dado em função da velocidade relativa do ar (V_r), de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3: Valor de A para a Equação 1

V_r	<0,2 m/s	0,2 a 0,6 m/s	0,6 a 1,0 m/s
A	0,5	0,6	0,7

Fonte: ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017) - adaptada.

Segundo a ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017) o índice SET* deve ser usado para contabilizar o efeito de arrefecimento das velocidades do ar superiores ao máximo permitido, e indica a utilização conjunta do método de cálculo constante no Apêndice Normativo D da referida norma. O cálculo objetiva ajustar o PMV para um ambiente com elevada velocidade média do ar. É calculado usando a temperatura média ajustada do ar, a temperatura radiante ajustada e o ar imóvel, como indicado no subitem 2.4.1.1 deste trabalho.

No território brasileiro as únicas referências normativas direcionadas à avaliação de conforto térmico são:

- Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia (NR-17, 2007): A Norma regulamentadora nº 17 (NR-17) é regulamentada pela Portaria Nº 3.214, de 08 de Junho de 1978, que aprova as normas regulamentadoras do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. Essa Norma apresenta como objetivo estabelecer parâmetros que permitam as adaptações das condições de trabalho às condições psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. Foi elaborada pelo Ministério do Trabalho e do Emprego e é assegurada, a nível de legislação ordinária, através do artigos 198 e 199 da CLT e sua redação dada pela Portaria nº 3.751, de 23 de novembro de 1990.

A NR-17 é estruturada da seguinte maneira:

- Levantamento, transporte e descarga individual de materiais;
- Mobiliário dos postos de trabalho;
- Equipamentos dos postos de trabalho;
- Condições ambientais de trabalho;
- Organização do trabalho.

Apresenta ainda dois anexos relacionados às condições ergonômicas nas seguintes áreas de trabalho:

Anexo I – Trabalho dos Operadores de Check outs;

Anexo II – Trabalho em Teleatendimento/Telemarketing.

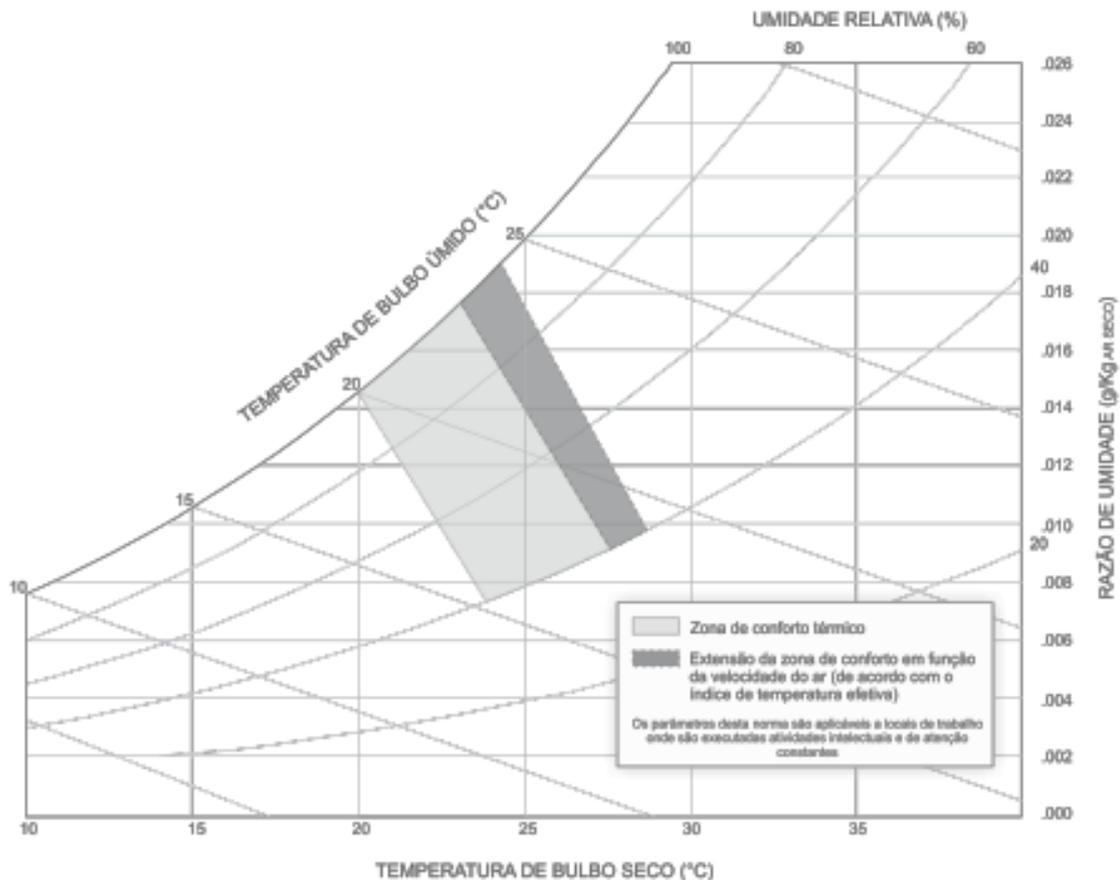
O artigo 17.5 da referida Norma estabelece parâmetros para as condições ambientais de trabalho.

No que tange o conforto térmico em espaços internos, são definidos três subitens: (a) índice de temperatura efetiva entre 20°C (vinte) e 23°C (vinte e três graus centígrados); (b) velocidade do ar não superior a 0,75m/s; (d) umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento.

Lamberts et al. (2013) demonstraram estes três itens plotados na carta psicrométrica (Figura 7). Nela é possível visualizar a relação da temperatura efetiva, da velocidade do ar e sua variação de acordo com a temperatura de bulbo úmido e seco.

Esta norma não apresenta indicação de métodos para a determinação do conforto térmico em ambientes, nem faz menção a referências necessárias.

Figura 7: Zona de conforto térmico para ambientes internos de acordo com a NR 17 (BRASIL, 2007)



Fonte: Lamberts et al. (2013)- adaptada.

- ABNT NBR 16401:2008 (ABNT, 2008): A Parte 1 da ABNT NBR 16401 (ABNT, 2008) é direcionada a projetos de instalações de ar condicionado, a Parte 2 aos parâmetros de conforto térmico em ambientes condicionados e, a parte 3 na qualidade do ar interior. Fundamentada basicamente no ASHRAE Handbook Fundamentals de 2005 (ASHRAE, 2005), aponta parâmetros de temperaturas operativas internas, umidade relativa e de vestimenta. Os limites de velocidade do ar são apresentados por Lamberts et al. (2016) como conservadores, por conta disso podem não representar de maneira segura a realidade de novos espaços condicionados que possuem novas tecnologias de condicionamento artificial e circulação de ar.

A norma delimita temperaturas operativas internas de 22,5°C a 25,5°C com umidade relativa de 65%, e 23,0°C a 26,0°C para umidade relativa de 35% e vestimenta de 0,5 clo; a velocidade deve limitar-se a 0,20 m/s, quando o sistema de distribuição de ar é convencional e 0,25 m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento. Já durante os períodos

mais frios (1,0 clo) a temperatura operativa e a umidade relativa devem estar delimitadas por 21,0°C e 23,5°C para 60% de umidade e, 21,5°C e 24,0°C para 30%. A velocidade do ar neste caso não deve ultrapassar 0,15 m/s para distribuição de ar convencional e 0,20 m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento.

Não há alusão ao modelo adaptativo na NR-17 (BRASIL, 2007) nem na ABNT NBR 16401:2008 (ABNT, 2008). Lamberts et al. (2013) elaboraram uma proposta para uma nova norma de conforto térmico brasileira produzida a partir do texto proposto pela ASHRAE 55 Standard (ASHRAE, 2010). O documento já foi editado e incorporado à parte 2 da ABNT NBR 16401:2008 (ABNT, 2008) e atualmente aguarda a abertura para consulta pública e posterior publicação. Nesta nova versão, além do método que segue a fundamentação teórica de Fanger (1970) e do ASHRAE Handbook Fundamentals (ASHRAE, 2005), foi incorporado o novo método proposto pela ASHRAE 55 (ASHRAE, 2017) para ambientes condicionados e com valores mais altos de velocidade do ar, além do método adaptativo para avaliação em espaços ventilados naturalmente.

A proposta ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) foi dividida em oito seções e seis apêndices. Os textos introdutórios são apresentados nas seções 1, 2, 3 e 4, nas quais estão descritos o objetivo, o escopo, as definições e os requisitos gerais que possibilitam a aplicação dos critérios normativos. A seção 5 aponta as condições requeridas de conforto térmico. Esta seção é utilizada para determinar as condições térmicas aceitáveis do ambiente para usuários representativos de diferentes tipos de espaços. São indicados dois métodos de avaliação: Método geral para a determinação das condições térmicas aceitáveis em ambientes ocupados; e o Método para determinação das condições térmicas aceitáveis em ambientes ventilados naturalmente e controlados pelos usuários. A seção 6 descreve as formas de avaliar conforto térmico por meio de medições, discorre sobre como são medidas e calculadas as variáveis ambientais envolvidas e os índices de conforto térmico utilizados. Nas seções 7 e 8 são apontadas as condições para a comprovação de atendimento à norma na fase de projeto e para o caso de edificações existente.

Em edifícios existentes, caso desta pesquisa, a Norma indica que a comprovação de atendimento pode ser feita para um dia crítico ou para um período crítico, em climas com pequenas variações podem ser utilizados apenas os dias típicos. Há disponíveis duas maneiras de obter a comprovação: por meio da sensação dos usuários e dos índices de conforto.

Para que a análise seja efetuada, a proposta normativa indica estabelecer o percentual previsto de ocupantes insatisfeitos ou em desconforto térmico, o número de horas excedidas e a média ponderada do grau de severidade das horas excedidas.

2.6 Os estudos de conforto térmico direcionados a ambientes internos condicionados

Como já apresentado, o tema conforto térmico em edificações tem sido bastante discutido nos últimos anos, sobretudo aqueles relacionados à minimização do consumo energético nas edificações e à aceitabilidade térmica dos usuários sob a ótica do conforto adaptativo. Esses estudos visam basicamente a satisfação térmica do homem no ambiente.

As pesquisas relacionadas ao conforto térmico tendem a seguir duas linhas distintas: as fundamentadas em experimentos em câmaras climatizadas, com variáveis controladas pelo pesquisador e as pesquisas feitas em campo, onde há influência das características climáticas da localidade em que foi realizado o estudo. Para ambientes condicionados, diante da uniformidade térmica a qual estão submetidos os ocupantes, normas como a ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017) e a proposta ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) indicam a utilização da metodologia proposta por Ole Fanger, o modelo predicted mean vote/predicted percentage of dissatisfied (PMV/PPD), para prever e avaliar as condições térmicas internas. No entanto, Xavier (2000) afirmou que o uso deste modelo, com parâmetros de conforto limitados a um PMV de +/- 0,50, pode não ser tão representativo.

Dentre algumas outras contribuições sobre o estudo do conforto térmico em ambientes internos condicionados pode-se mencionar Rupp et al. (2017), que analisaram o conforto térmico em edificação de escritórios com sistema central de condicionamento de ar, localizada em Florianópolis. Os autores avaliaram e compararam os resultados de sensação térmica obtidos nos estudos de campo com os valores calculados de PMV/PPD provenientes do método analítico adotado pela ASHRAE 55 (2013). Os estudos foram efetuados durante o ano de 2014, nos períodos de outono, inverno e primavera, totalizando 25 medições em ambientes diferentes. Os resultados apontaram que, embora 91% dos ocupantes tenha avaliado o ambiente como confortável termicamente, o PPD médio indicou 16% de insatisfeitos termicamente. Constatou-se certa inadequação do modelo ao clima em questão, principalmente quando se considera o restrito intervalo de PMV entre $\pm 0,50$ delimitado como confortável pela ASHRAE 55 Standard (ASHRAE, 2017).

O estudo de Chow et al. (2010) sobre a sensação térmica de pessoas em Hong Kong submetidas a uma maior velocidade do ar, temperatura e umidade em um ambiente com ar-

condicionado reuniu cerca de 300 pessoas, com idade entre 19 e 50 anos, em um ambiente térmico controlado. Seus votos de sensação térmica foram reunidos e os resultados demonstraram que a temperatura e a velocidade do ar interferiram mais na sensação térmica dos ocupantes do que a umidade. Com a velocidade do ar variando de 0,1 a 0,2 m/s, nível de vestimenta 0,55 clo e taxa metabólica 1,0, a temperatura neutra encontrada foi em torno de 25,4 °C para o ambiente, em trabalho sedentário.

Na pesquisa de Chow et al. (2010), as mulheres entrevistadas apresentaram-se mais sensíveis à mudança de temperatura e menos à mudança de velocidade do ar, do que os homens para as faixas de temperatura avaliadas. O estudo concluiu que do ponto de vista sustentável para o edifício, seria mais indicado aumentar o movimento do ar ao invés de reduzir a temperatura e a umidade do ar, alcançando uma sensação térmica aceitável com o mínimo uso de energia.

Kim et al. (2016) averiguou as influências que afetam as decisões de uso do ar condicionado em residências e o conforto dos ocupantes em regiões de clima temperado na Austrália. As observações de campo registraram os padrões de uso de ar condicionado, fatores climáticos internos, externos, percepção de conforto térmico e comportamentos adaptativos. Nos dois anos de monitoramento foram coletados 2105 questionários de conforto em 42 residências. Os autores concluíram que a temperatura neutra dos proprietários foi estimada em dois graus abaixo do previsto pelo modelo adaptável da ASHRAE Standard 55. As descobertas indicaram que as pessoas em suas residências são mais adaptáveis e tolerantes a variações de temperatura significativamente maiores do que o esperado.

Em relação à produtividade, as pesquisas de Al Horr et al. (2016) e Lan et al. (2011) demonstraram que o conforto térmico desempenha papéis importantes nesse âmbito juntamente à satisfação dos ocupantes com o ambiente do escritório. Uma investigação realizada em Hong Kong em 2012, por Mak e Lui (2012), constatou novamente que o conforto térmico tem grande correlação com a produtividade do trabalho. Maula et al. (2016) também demonstraram que as altas temperaturas inadequadas têm um impacto negativo no humor, motivação, concentração e assim por diante.

Tanabe et al. (2013) analisaram o conforto e a produtividade dos ocupantes em cinco prédios de escritórios em Tóquio durante a temporada de verão, que estavam sob economia obrigatória de eletricidade implementada após um terremoto no Japão em 2011. Foram alteradas as configurações de temperatura, iluminação e taxa de ventilação para investigar seus efeitos sobre o conforto térmico, produtividade e consumo de energia. Observaram nos

resultados uma maior aceitabilidade dos ocupantes à diminuição da iluminação do que ao aumento da temperatura, indicaram ainda uma redução de 6,6% de produtividade (declarada pelos ocupantes) em relação ao verão anterior.

Cui et al. (2013) realizaram experimentos subjetivos em câmaras climáticas, na China, com o objetivo de avaliar os efeitos da temperatura do ar no conforto térmico, motivação, desempenho e sua relação com o ambiente. Evidenciaram que a aprendizagem foi um fator bastante afetado pelos efeitos da temperatura. Os ocupantes submetidos a situações termicamente desconfortáveis, em relação ao calor ou frio, tiveram a taxa de aprendizado diminuída. Houve melhora na motivação quando as pessoas estavam mais confortáveis e aumento no desempenho devido à melhoria na motivação. Logo, a mudança no desempenho não só foi influenciada por fatores ambientais objetivos (temperatura do ar neste estudo), mas também por fatores subjetivos como a motivação.

Kang et al. (2017) avaliaram o impacto da qualidade ambiental e produtividade em espaços de plano aberto (escritórios, universidades) na China. O estudo mostrou como a produtividade do escritório é afetada pelo layout, qualidade do ar, conforto térmico, iluminação e acústica. Os autores concluíram que o layout de um escritório é um dos fatores básicos que influencia o desempenho e comportamento dos ocupantes. De certo, um escritório de plano aberto acomoda mais pessoas do que um escritório privado e facilita a comunicação entre colegas de trabalho. No entanto, os autores afirmam que este tipo de design e de layout leva a redução do tamanho do espaço de trabalho de cada ocupante, a falta de visualização e de privacidade e o aumento de contatos sociais incontroláveis e interrupções.

Além das preocupações acerca da maior demanda energética decorrente do uso de sistema de condicionamento artificial na contemporaneidade e da produtividade relacionada ao desconforto térmico há outras inquietações não menos relevantes. A rotina de uso desse tipo de sistema, para Lin et al. (2016), é capaz de tornar os indivíduos cada vez mais “exigentes” perante o ambiente térmico, proporcionando uma possível dependência de sistemas de climatização artificial para a obtenção do conforto térmico e, como consequência, a demanda mais alta de eletricidade.

Vecchi (2015), em sua Tese, avaliou as condições de conforto térmico em edificações comerciais que operavam sob o modo misto de condicionamento e comparou às edificações que operam com sistemas centrais durante todo o ano, em Florianópolis. A autora coletou dados de temperatura do ar, velocidade do ar, temperatura de globo e umidade relativa do ar simultaneamente ao preenchimento de questionários aplicados a partir de um software

desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE/UFSC). Nos resultados a temperatura neutra preferida apontou diferenças de $1,1^{\circ}\text{C}$ entre os dois tipos de edificações, e de $2,6^{\circ}\text{C}$ entre os dois modos de operação observados em edificações com sistemas mistos (ar condicionado vs. ventilação natural). Foi evidenciada ainda uma tendência à superestimação da sensação de calor e de frio quando utilizado o método de cálculo analítico (PMV) para as avaliações.

Luo et al. (2016) também avaliaram ambientes que operam tanto com ventilação natural, quanto com condicionadores de ar (de forma mista), na China. A comparação entre os votos declarados de sensação térmica e os valores de PMV preditos para as duas situações indicou uma falha no índice em ambas as predições.

Muitos desses estudos citados demonstram que a avaliação da satisfação com o meio ambiente e posterior relação com o seu nível de produtividade depende de vários fatores não mensuráveis como o seu estado psicológico, expectativas e sua postura social no local de trabalho. Em grande parte dessas pesquisas há aparentes discrepâncias relacionadas à análise comparativa entre sensações térmicas de conforto relatadas e parâmetros previstos pelas normas avaliadas.

Com base na teoria do equilíbrio térmico, juntamente com a fisiologia da termorregulação, o modelo de previsão de conforto térmico conhecido como índice PMV é determinado por seis parâmetros, incluindo quatro parâmetros físicos (temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura radiante média) e dois humanos variáveis (isolamento da roupa e taxa metabólica) e fornece um método padrão para a avaliação do conforto térmico interno. No entanto, deve-se atentar que um julgamento mais preciso e abrangente do conforto térmico deve incluir aspectos físicos, fisiológicos e psicológicos, como cita Lin e Deng (2008) e Horr et al. (2016). Para Horr et al. (2016) este julgamento varia de forma individual e geográfica devido a uma grande variedade de fatores, incluindo idade, gênero, localização, estação do ano e assim por diante. Uma das possíveis causas dessa diferença está ligada às alterações na resposta fisiológica do organismo que resultam da exposição contínua a determinada condição térmica, a aclimatação humana.

Outro fator importante é a influência da localização e tipologia dos aparelhos condicionadores de ar no ambiente, capazes de interferir na sensação e preferência térmica do ocupante, como exposto por Caetano et al., 2017. Os autores avaliaram o conforto térmico dos ocupantes de três prédios de escritórios submetidos a diferentes tipos de sistemas de condicionamento de ar.

Um dos edifícios é sede do Núcleo de Estudos em Água e Biomassa (NAB) e está localizado na cidade de Niterói; os outros dois estão localizados no Rio de Janeiro, o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) e o edifício de escritórios da Comissão de Implantação do Sistema de Controle do Espaço Aéreo (CISCEA). O prédio de escritórios (CISCEA) é condicionado por um sistema central (refrigeradores refrigerados a ar), os outros (COPPE e NAB) empregam sistemas descentralizados (unidades divididas com condensadores sob o telhado). Em todos os edifícios, os ocupantes poderiam influenciar o ambiente interno controlando o sistema de sombreamento solar interno. Os ambientes foram avaliados com base no modelo PMV e as conclusões demonstraram que os usuários provavelmente aceitam temperaturas mais altas em climas quentes e úmidos. A pesquisa demonstrou que os sistemas de resfriamento podem interferir na percepção do usuário e apontou para a necessidade de uma revisão dos requisitos de conforto térmico no padrão normativo NBR considerando a gama climática e o conceito de refrigeração empregado no prédio.

Como visto nos estudos citados, embora haja avanços científicos, ainda há lacunas relacionadas à regionalização, métodos e limites adotados como confortáveis presentes nas referências normativas mais utilizadas para a avaliação do conforto térmico no Brasil e, é diante de todo esse contexto que as pesquisas nessa área apresentam sua relevância; suas respostas são capazes de auxiliar a determinação de fatores para a satisfação do indivíduo e seu bem estar térmico e também possibilitam a melhoria e a inovação dos parâmetros de projeto, métodos e normatizações.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta uma descrição da metodologia adotada nesta pesquisa. Inicialmente são explicados os procedimentos metodológicos e o protocolo para aplicação da proposta normativa elaborada por Lamberts et al. (2016). Logo após é apresentada uma caracterização do clima de Maceió/AL e são descritas as características do ambiente estudado. Posteriormente são especificados os instrumentos de medição, os questionários utilizados para a avaliação e descritos os procedimentos de medição e de comprovação ao atendimento ao projeto de revisão ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016).

3.1 Procedimentos metodológicos

O método adotado neste trabalho consiste em uma análise qualitativa da sensação de conforto. O estudo foi desenvolvido em um escritório situado na cidade de Maceió, com medições das variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura de globo, velocidade do ar e umidade relativa do ar) de forma simultânea ao preenchimento de questionários de conforto e aceitabilidade térmica pelos usuários.

A escolha do local para a realização dos experimentos de campo compreendeu parâmetros pré-definidos: a facilidade de acesso ao local para as medições e observações, um edifício de escritórios que utilizasse a climatização artificial como estratégia de resfriamento, que contasse com a presença usuários desempenhando a mesma atividade e dispostos a contribuir com a pesquisa.

Anteriormente aos experimentos foi feita a caracterização do ambiente a partir da investigação da rotina de uso e ocupação. Foi verificado também o perfil das pessoas que utilizam a sala através da aplicação de questionário referente aos hábitos e preferências pessoais. Foi feita ainda a análise de desconforto térmico localizado. Diante do objetivo desta pesquisa em avaliar a influência das variáveis de conforto pessoais e subjetivas para cada ocupante no ambiente definido, as medições das variáveis foram feitas em vários pontos representativos, e não apenas num ponto central da sala.

As roupas utilizadas pelos ocupantes e as atividades realizadas em cada momento de medição foram declaradas nos questionários e, com base nisso, foi calculado o isolamento térmico e estimada a atividade metabólica. Os valores referentes ao isolamento da vestimenta estão disponíveis no anexo B, Tabela B.1, Tabela B.2 e Tabela B.3 da proposta ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016). Tais dados foram utilizados para os cálculos analíticos de conforto térmico.

As sensações e preferências térmicas, que fundamentaram as análises subjetivas, foram relatadas pelos ocupantes nos questionários que foram aplicados simultaneamente às medições das variáveis ambientais.

As características físicas do local foram levantadas e representadas através de plantas, cortes e registros fotográficos. O intervalo delimitado para as avaliações foi das 08h30 às 18h30, correspondente ao período da jornada de trabalho do setor no período avaliado. Os usuários trabalharam em jornadas de 06 horas diárias em esquema de turnos. Houve grupos que exerceram suas atividades das 07h às 13h e outros das 13h às 19h. O experimento ocorreu de acordo com a presença de pessoas no setor: foram realizados nos dias 05/05, 11/05 e 12/05/2017 durante o período da manhã e nos dias 08/05 e 09/05/2017 nos turnos da manhã e da tarde.

A aferição dos dados foi feita a partir de diversos pontos representativos no ambiente. Após esta etapa as informações foram organizadas e reunidas em um banco de dados elaborado com base em planilha eletrônica do Microsoft Excel. Foi feita ainda uma análise do desconforto térmico localizado, para evidenciar se os usuários das estações de trabalho analisadas estavam sujeitos ao desconforto térmico derivado de fatores que alteram a uniformidade do ambiente de maneira local.

A tabulação dos dados proporcionou a união das características antropométricas, hábitos e preferências pessoais perante o ambiente térmico. Também reuniu o quantitativo de medições por turnos e os dados aferidos.

Como o ambiente se apresentava continuamente condicionado, os índices utilizados para a avaliação do conforto térmico foram o PMV e o PPD, conforme indica a ISO 7730 (ISO, 2005) e a proposta ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016).

Em seguida foi realizado o cruzamento de dados entre as respostas dos ocupantes relacionadas à aceitabilidade, sensação e preferência térmica com as variáveis ambientais correspondentes. Por fim foi aplicado o protocolo para comprovar o atendimento ao 3º projeto revisão ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) em edificações existentes.

3.1.1 Protocolo de comprovação de atendimento ao 3º projeto revisão ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016)

Em edificações existentes, de acordo com a proposta para a Norma apresentada em Lamberts et al. (2016), a comprovação de atendimento ao conforto pode ser feita para um dia crítico ou para um período crítico. No entanto, na proposta não há definição de período

crítico. O ambiente escolhido para o estudo foi ocupado durante os dois turnos por usuários diferentes, portanto, todo o período de ocupação foi considerado nas análises.

Os valores de PMV e PPD foram calculados a partir dos dados de: temperatura do ar (t_a), temperatura radiante média (t_{rm}), umidade relativa (UR) e velocidade do ar (V_{ar}), medidos para cada horário de voto de acordo com os valores da taxa de metabolismo (M) e de isolamento de vestimenta (I_{cl}) estimados para cada usuário. De acordo com o 3º Projeto Revisão ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) a determinação dessas variáveis é obrigatória para a definição das condições aceitáveis de conforto.

A taxa metabólica utilizada como referência para o cálculo do PMV (Predicted Mean Vote – Voto Médio Estimado) seguiu os parâmetros da Tabela A.1, correspondente às atividades de leitura, escrita e digitação, e o isolamento das vestimentas foi calculado com base na Tabela B.2 (o valor de clo ficou entre 0,5 e 0,6). Todas as tabelas constam no projeto de revisão ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016).

Os métodos utilizados para a determinação das condições térmicas aceitáveis em espaços ocupados constam na seção 5.2 da proposta para ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) e descrevem-se pelo Método analítico para avaliação de ambientes internos (aplicado em ambientes onde a atividade metabólica dos ocupantes está entre 1,0 e 2,0 met, e o isolamento térmico da vestimenta é inferior a 1,5 clo) e pelo SET*, que é o índice indicado nas avaliações onde a velocidade do ar é superior a 0,20 m/s.

Os questionários de aceitabilidade, sensação e preferência térmica, aplicados concomitantemente às medições, resultaram nos dados utilizados para a comparação.

A comprovação de atendimento à norma em edificações existentes deve ser feita após ser estabelecido o percentual previsto de insatisfeitos ou em desconforto térmico, o número de horas excedidas e a média ponderada do grau de severidade das horas excedidas, utilizando os dados disponíveis.

Para o estudo, a comprovação foi estabelecida com base no percentual previsto de insatisfeitos ou em desconforto térmico, considerando os limites de PMV +/- 0,5.

3.1.2 Análise de Desconforto Térmico Localizado

De acordo com o projeto de norma ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016), o desconforto localizado pode ser causado por assimetria da temperatura radiante devido às superfícies frias ou quentes, ou devido à radiação solar direta, por convecção localizada devido a correntes de ar indesejadas no período do inverno, por gradiente vertical de temperatura do ar entre as

diferenças nas temperaturas registradas à altura da cabeça e à altura do tornozelo dos usuários e/ou por pisos quentes ou frios, devido à temperatura superficial do piso.

Neste estudo, os resultados das medições das temperaturas das superfícies e do ar, em diferentes alturas, estavam muito próximos uns dos outros e não havia incidência de radiação solar direta em pontos do ambiente, pois as janelas são protegidas por persianas e película durante todo o tempo. Quanto ao movimento do ar nos períodos avaliados, 100% dos usuários relataram que estava aceitável. Na análise da assimetria de temperatura radiante, foram consideradas as temperaturas superficiais obtidas com o auxílio de termômetro digital infravermelho, por pares de superfícies paralelas (teto/piso; parede Norte/Sul e parede Leste/Oeste). Na Tabela 4 é possível observar que as diferenças máximas entre as temperaturas superficiais registradas durante a medição foram menores do que as máximas permitidas no projeto de Norma Brasileira ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) (Tabela 5). Portanto, não foi constatado desconforto por assimetria radiante.

Tabela 4: Assimetria máxima da temperatura radiante do ambiente em C°

ASSIMETRIA MÁXIMA DA TEMPERATURA RADIANTE (C°) REGISTRADA		
Texo x Piso	Parede Norte x Sul	Parede Leste x Oeste
0	4	1

Fonte: A autora (2017)

Tabela 5: Assimetria máxima permitida na temperatura radiante

ASSIMETRIA MÁXIMA PERMITIDA TEMPERATURA RADIANTE (C°)			
Teto quente	Parede fria	Teto frio	Parede quente
< 5	< 10	< 14	< 23

Fonte: Projeto de revisão ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016)

3.2 O clima local e a edificação em estudo

A cidade de Maceió está localizada na latitude 9°45' ao sul do Equador e longitude 35°42' a oeste do meridiano de Greenwich. De clima tropical úmido, apresenta duas estações características durante o ano, a seca e a chuvosa. O inverno na cidade configura-se por um período chuvoso e de temperaturas mais amenas, com meses mais chuvosos de abril a julho. Não são verificadas amplitudes térmicas elevadas ao longo do ano; as normais climatológicas de 1961 a 1990 demonstram temperaturas médias variando de 26,5 °C (maior) em janeiro e fevereiro e 23,6 °C (menor) em julho e agosto. A proximidade da cidade a grandes massas líquidas como as margens do Oceano Atlântico e do complexo lagunar Mundaú – Manguaba promove uma umidade relativa média anual considerada alta, de aproximadamente 78,5%. (INMET, 2017).

Possui influência dos ventos alísios de Sudeste, de maior frequência e de velocidade fraca a moderada, e dos ventos de retorno do Nordeste entre os meses de janeiro, fevereiro e março. A velocidade de vento média nos meses é de 3,69 m/s (INMET e SEMARH-AL, 2017).

Diante dos dados característicos da cidade de Maceió, a ventilação é apresentada como a estratégia mais recomendada para a obtenção do conforto térmico e deve ser levada em consideração na etapa projetual. É indicado ainda proteger as aberturas contra a insolação direta por meio de dispositivos de sombreamento, principalmente as superfícies envidraçadas, assim como indica Bittencourt e Cândido (2008). Entretanto, outras variáveis interferem no aproveitamento da ventilação natural nos edifícios, como o ruído, a poluição externa e, em ambientes de escritório, o incômodo causado pelo voo de papéis.

O edifício onde está situado o ambiente de estudo encontra-se entre a Avenida Júlio Marques Luz (considerada um corredor de atividades múltiplas) e a Rua Odilon Vasconcelos, no bairro de Jatiúca, Maceió (Figura 8). O bairro está compreendido na Zona Residencial 04 do Código de Urbanismo Edificações de Maceió². Esta zona é predominantemente residencial, tem a verticalização restrita ao Cone do Farol da Marinha e a possibilidade de implantação de algumas atividades comerciais, de serviços e industriais definidas no código. Embora esteja localizado num bairro de edificações com predominância de uso residencial, as edificações vizinhas ao edifício em estudo são escolas, academias, padarias e restaurantes. Devido aos horários de entrada e saída de alunos nos turnos da manhã e da tarde, o trânsito é intensificado em horários de pico, proporcionando momentos ruidosos nas imediações ao longo do dia.

Segundo Allard e Santamouris (1998) o elevado nível externo de ruído nos ambientes urbanos é a justificativa frequentemente utilizada para o uso do ar condicionado em edifícios, já que o uso de ventilação natural implica em aberturas para promover o fluxo de ar e, tais aberturas não contribuem para o isolamento sonoro.

Considerando a orientação do edifício, há ambientes com aberturas voltadas diretamente a Leste/Oeste e a Norte/Sul. Os ambientes com aberturas voltadas a Leste e Sul são os que mais recebem influência de ruídos externos, devido à proximidade da via de acesso à edificação escolar. Já os ambientes voltados a Leste e Oeste são os que apresentam maior probabilidade de desconforto térmico proporcionado pelo calor devido à incidência solar direta na fachada nos períodos mais quentes do dia.

² MACEIÓ. Código de Urbanismo e Edificações. Maceió: Prefeitura Municipal de Maceió, 2004.

Figura 8: Localização do edifício onde se encontra o ambiente estudado



Fonte: Google maps - Adaptado (2017)

3.3 O ambiente investigado

O ambiente selecionado está localizado na porção norte do primeiro pavimento do edifício de sete pavimentos onde funciona a sede da Reitoria do Instituto Federal de Educação Tecnológica de Alagoas (Figura 9). Possui uma das fachadas orientada à Leste (Figura 10). A sala escolhida para o estudo possui área útil de 43 m², forro de gesso e janelas da tipologia correr que estão posicionadas na parede leste, que é constituída de alvenaria com revestimento cerâmico na parte externa.

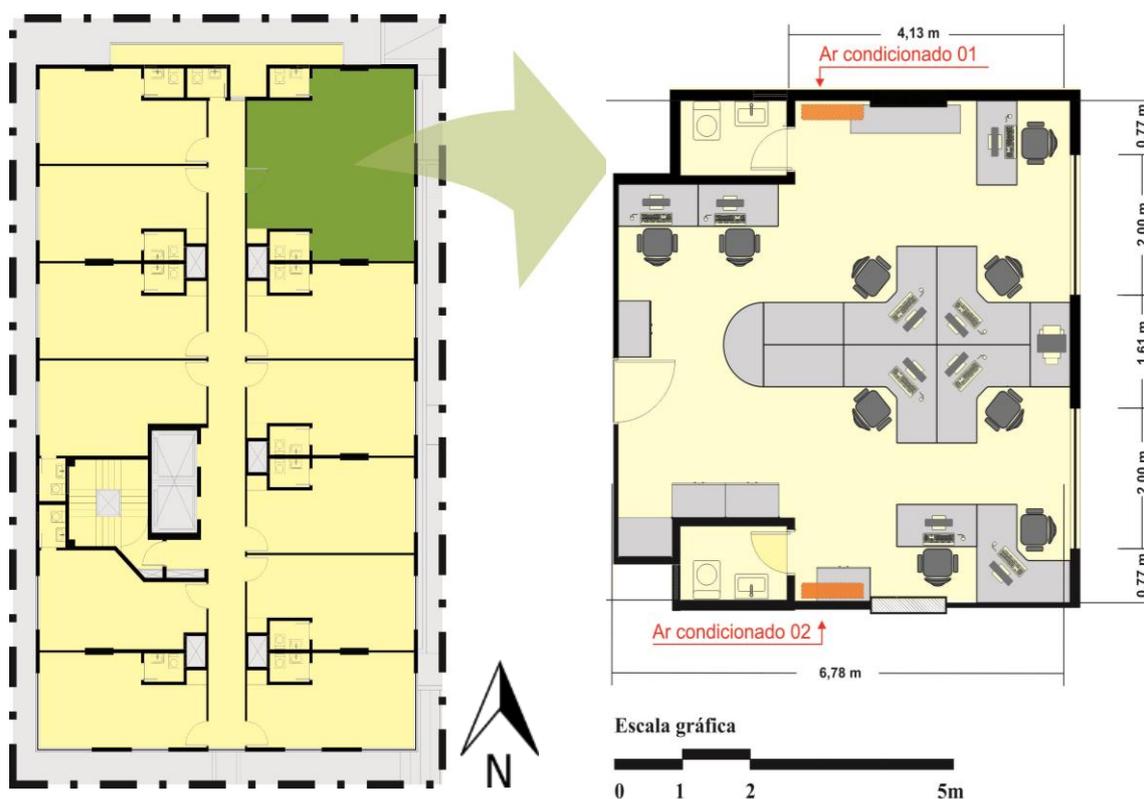
Figura 9: Edifício sede da Reitoria do Instituto Federal de Alagoas



Sala definida para o estudo

Fonte: A autora (2017)

Figura 10: Localização da sala no pavimento

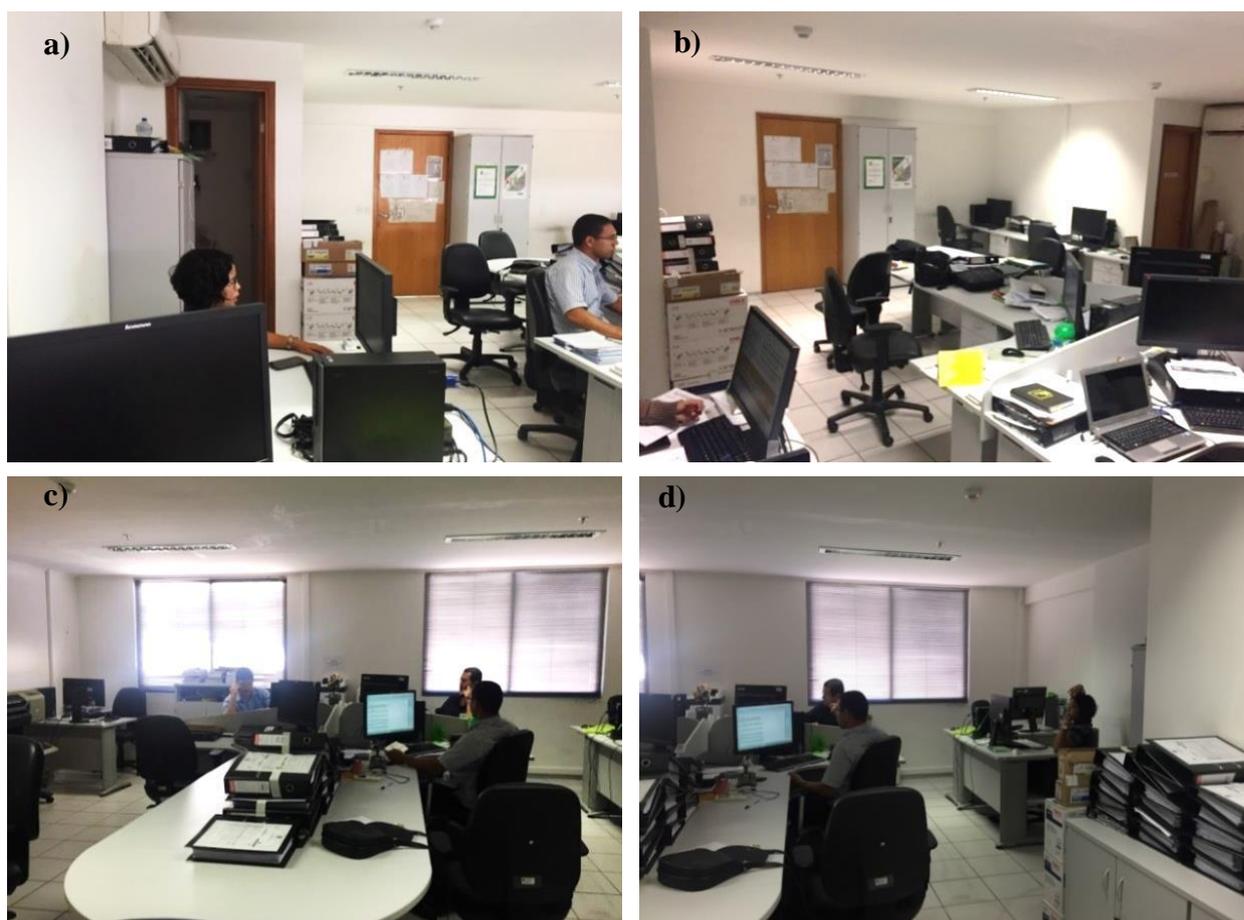


Fonte: A autora (2017)

As janelas são tipo correr, demonstradas na Figura 11(c)(d), e costumam permanecer fechadas e sempre protegidas por persianas, pois o ruído do trânsito intenso de veículos em horários de pico e a insolação direta incomoda os ocupantes.

A sala é composta por nove estações de trabalho, com plano de trabalho com altura padrão de 0,75m, com computadores que são compartilhados por doze pessoas num esquema de turnos (manhã e tarde). As quatro estações de trabalho, localizadas na área central, são delimitadas por divisórias com altura de 1,00m.

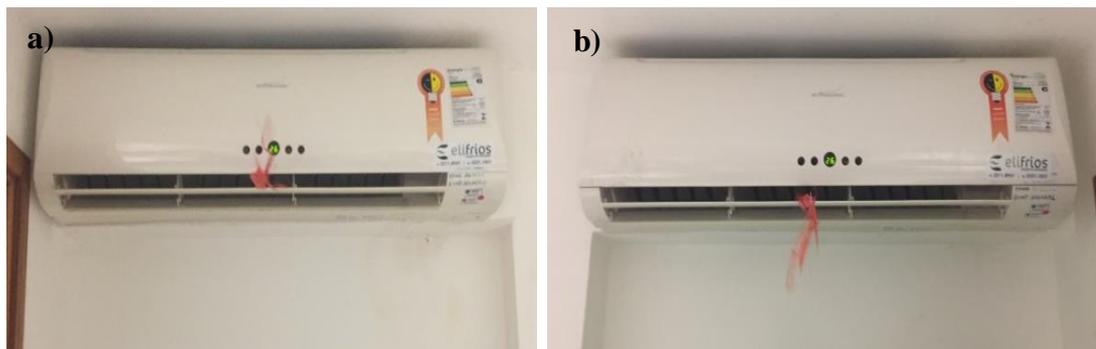
Figura 11: Imagens do ambiente escolhido para estudo



Fonte: A autora (2017)

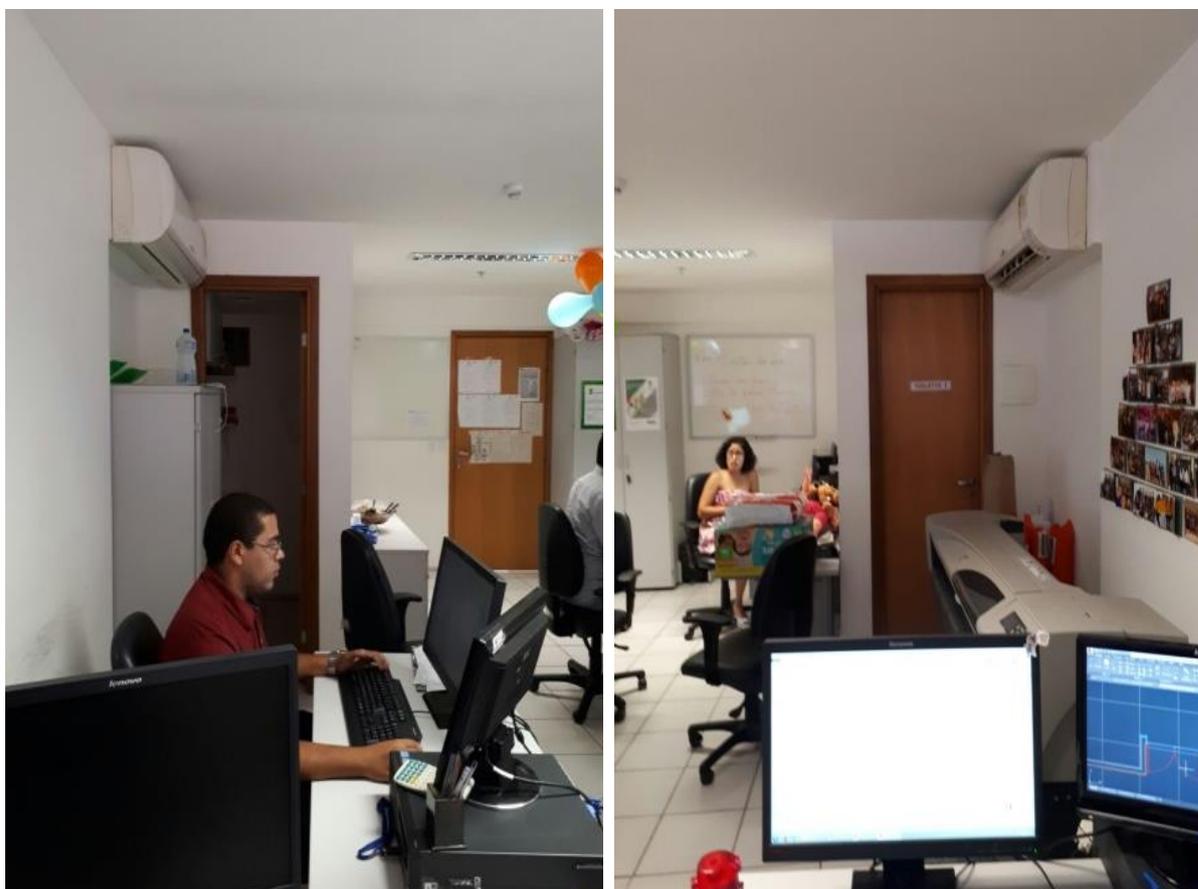
No ambiente há dois aparelhos de ar condicionado tipo split modelo Starcool- 18.000 BTUs (Figura 12) situados em lados opostos (Figura 13). Os ocupantes ficaram livres para alterar as temperaturas quando houvesse desconforto para o frio ou calor, portanto, os equipamentos não ficaram programados para uma temperatura específica. As temperaturas observadas nos aparelhos variaram entre 18 °C e 23 °C.

Figura 12: Imagem dos aparelhos de ar condicionado 01 (a) e do ar condicionado 02 (b) da sala em estudo.



Fonte: A autora (2017)

Figura 13: localização do ar condicionado 01 e 02 respectivamente.



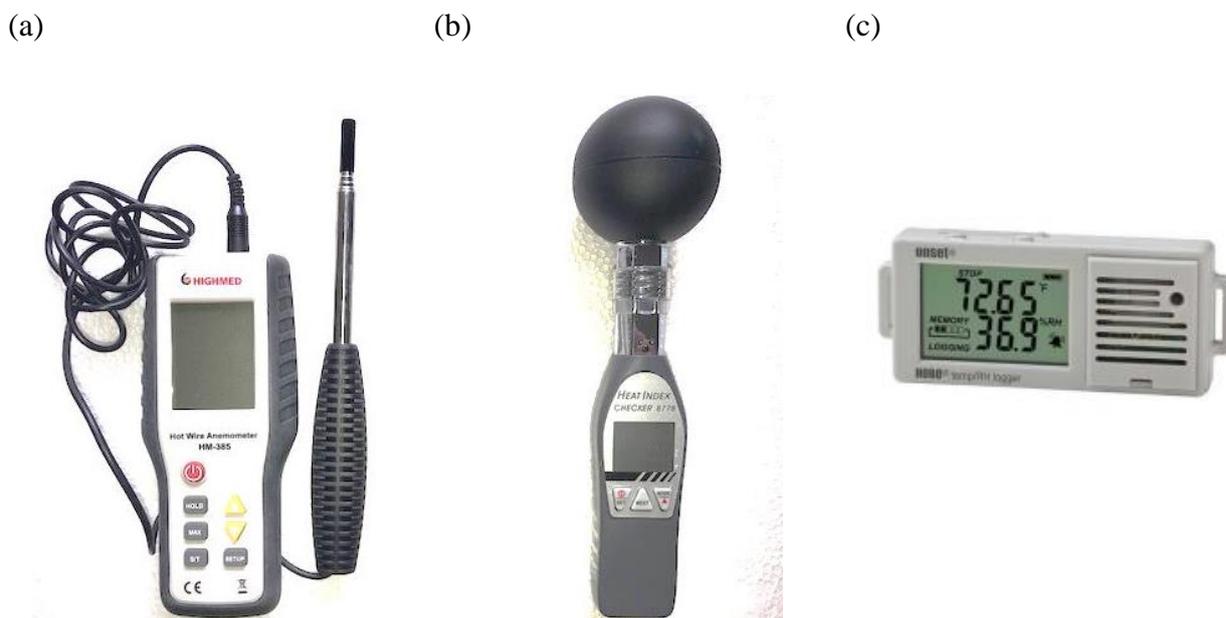
Fonte: A autora (2017)

3.4 Instrumentos de medição

Para a obtenção dos dados de velocidade do ar foi utilizado um termo-anemômetro digital portátil de fio quente - Figura 14 (a); a temperatura de globo foi obtida através de um

termômetro de globo portátil – Figura 14 (b) ; a temperatura do ar e a umidade foram medidas com auxílio de sensores tipo data logger (Hobo) – Figura 14(c) - dispostos na bancada de trabalho, em altura onde as trocas térmicas são semelhantes às quais os usuários estão sujeitos, portanto, o projeto de norma foi aplicado, mas as alturas de medições tiveram de ser adaptadas. As Tabelas 6 a 8 apresentam as especificações dos equipamentos utilizados.

Figura 14: Instrumentos utilizados no experimento: a) termo-anemômetro de fio quente, b) termômetro de globo c) sensor de temperatura e umidade.



Fonte: A autora (2017)

Tabela 6: Especificações do termoanemômetro digital utilizado no estudo de campo

Item	Descrição
Escala de medição (ventilação)	0,01 m/s a 25 m/s
Exatidão (ventilação)	±5% + 0,1 m/s
Resolução (ventilação)	0,01 m/s

Fonte: Highmed, (2017)

Tabela 7: Especificações do termômetro de globo portátil utilizado no estudo de campo

Item	Descrição
Sensor de globo (Faixa de medição)	0°C a 80°C
Sensor de bulbo seco (Faixa de medição)	0°C a 50°C
Umidade relativa do ar (UR) (Faixa de medição)	0 a 100%UR
Resolução	0,1°C / 0,1%UR
Precisão	1°C

Continua

Continuação	
Esfera do globo	2 polegadas
Temperatura de operação	0°C a 50°C
Temperatura Precisão	± 0.6°C
Diâmetro de Esfera	75 mm

Fonte: Instrutemp (2017)

Tabela 8: Especificações dos sensores de temperatura e umidade (HOBO data logger modelo UX100-003) utilizado no estudo de campo

Sensor de temperatura	
Gama	-20 ° a 70 ° C (-4 ° a 158 ° F)
Precisão	± 0,21 ° C a partir de 0 ° C a 50 ° C (± 0,38 ° C a partir de 32 ° a 122 ° F)
Resolução	0,024 ° C a 25 ° C (0.04 ° F a 77 ° F); ver Lote A
Tempo de resposta	4 minutos em ar em movimento 1 m / s (2,2 mph)
Desvio	<0,1 ° C (0,18 ° F) por ano
RH Sensor	
Gama	de 15% a 95%
Precisão	± 3,5% a partir de 25% a 85% ao longo do intervalo de 15 ° a 45 ° C (59 ° a 113 ° F) , incluindo histerese; ± 5% de 25% a 95% ao longo do intervalo de 5 ° C a 55 ° C (41 ° a 131 ° F), incluindo histerese, ver curva B
Resolução	0,07% a 25 ° C (77 ° F) e 30% de HR
Tempo de resposta	43 segundo e 90% no fluxo de ar de 1 m / s (2,2 mph)
Desvio	<1% por ano típico
Logger Faixa de Operação	
Logging	-20 ° a 70 ° C (-4 ° a 158 ° F); 0 a 95% RH (sem condensação)
Lançamento / Leitura	0 ° a 50 ° C (32 ° a 122 ° F) por USB especificação Logging Taxa 1 segundo a 18 horas, 12 minutos e 15 segundo
Tempo Precisão	± 1 minuto por mês a 25 ° C (77 ° F), ver Lote C

Fonte: Onset (2017)

Antes de iniciar as medições foi realizada a aferição dos hobs com o objetivo de identificar diferenças relativas à precisão das medições dos aparelhos utilizados. Seis hobs e um termômetro de mercúrio permaneceram, lado a lado, no interior de um compartimento isolado (caixa de isopor) durante um intervalo de 48h, sendo os mesmos programados para registrar temperatura do ar (C°) e umidade relativa (%). Os valores aferidos encontraram-se

dentro do intervalo correspondente à incerteza do equipamento: $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ no caso das temperaturas. Os sensores de umidade relativa foram comparados entre si e apresentaram resultados semelhantes e compatíveis com a precisão indicada pelo fabricante.

Os sensores de temperatura e umidade (Hobos indicados pelos itens A, B, C, D, E e F), foram dispostos conforme demonstrado na Figura 15 e posicionados na parte mais próxima ao ocupante e de menor interferência dos equipamentos (Figura 16). Foi tomada a precaução de aguardar 30 minutos antes de iniciar as medições para que fosse certificada a estabilização dos equipamentos portáteis. Os equipamentos fixos (hobos) foram instalados com três semanas de antecedência em cada estação.

Figura 15: Planta com a localização dos sensores de temperatura e umidade

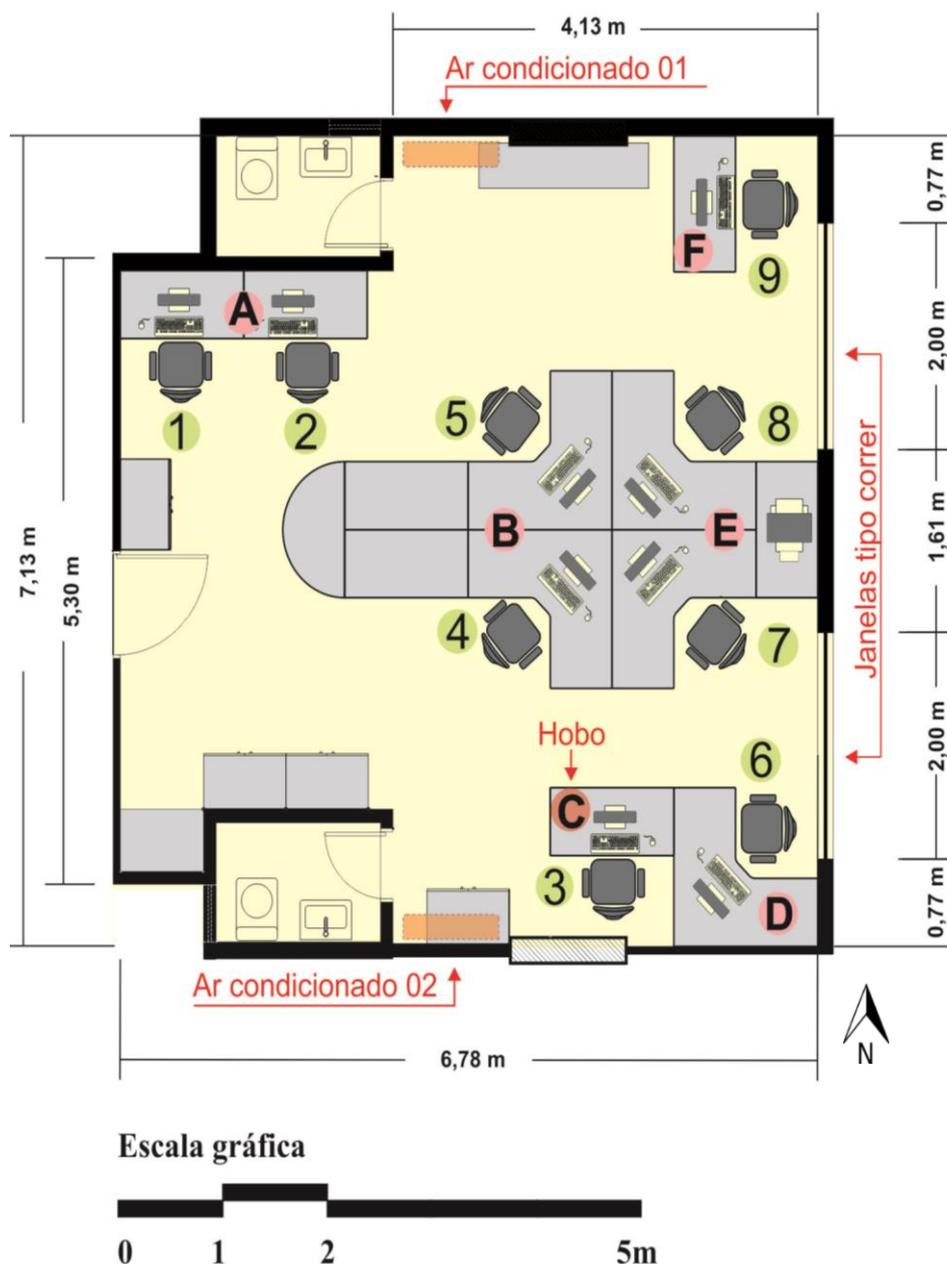


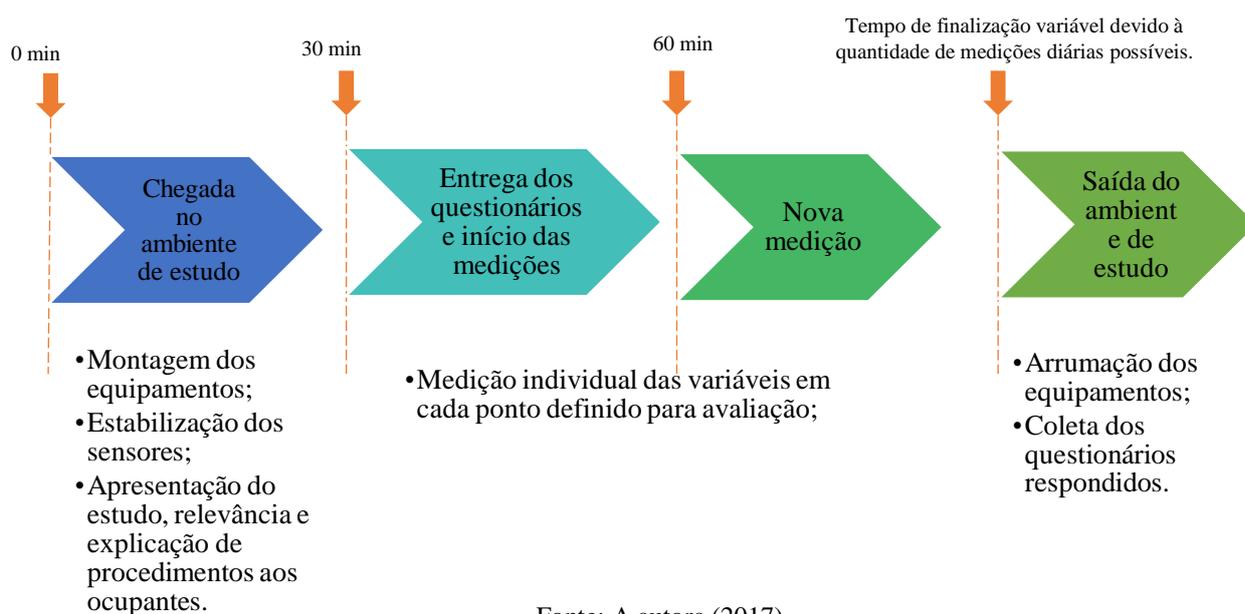
Figura 16: Demonstração da disposição dos Hobos acima das bancadas



Fonte: A autora (2017)

Em todas as medições, os procedimentos para a obtenção dos dados foram os mesmos, os quais podem ser observados mais detalhadamente na Figura abaixo:

Figura 17: Esquema do Protocolo de medição adotado no estudo



Fonte: A autora (2017)

3.5 Questionários

Para o experimento foram formatados dois tipos de questionário (APÊNDICE D):

- a) Questionário para investigação dos hábitos e preferências

Foi aplicado dias antes à etapa de medições e estava relacionado aos hábitos e preferências dos usuários, com o objetivo da definição do perfil dos ocupantes do ambiente. Sua estrutura envolvia indagações sobre as características antropométricas, locais de preferência no ambiente, predileção por estratégias de resfriamento e problemas decorrentes da escolha, número de horas de exposição ao ar condicionado por dia, dentre outras.

b) Questionário para avaliação térmica

O segundo questionário foi aplicado concomitantemente às medições. Sua estrutura foi composta de três partes:

Parte A: características antropométricas individuais dos usuários como o peso, altura, idade e gênero. Envolve também informações relativas à vestimenta dos usuários, bem como a sua localização dentro do escritório.

Parte B: questões que buscam verificar a exposição prévia dos usuários ao uso dos aparelhos de ar condicionado, preferência de climatização (ativa, passiva ou mecânica) de ambientes e problemas relacionados ao uso dos condicionadores de ar.

Parte C: questões de sensação, conforto, aceitabilidade e preferência térmica, bem como aceitabilidade e preferência do movimento do ar.

Os votos declarados de conforto térmico, juntamente aos dados do monitoramento ambiental e das variáveis pessoais foram comparados através de gráficos possibilitando a correlação entre as respostas individuais e o Voto Médio Predito (PMV) e subsidiando as análises do conforto térmico.

Através desta investigação foi possível avaliar a adequação do modelo preditivo PMV e dos limites admitidos como confortáveis, elencados na proposta para a ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016), à realidade constatada in loco.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo reúne todos os resultados da pesquisa proveniente de 33 medições de campo que abrangeram os dias 05/05, 08/05, 09/05, 11/05 e 12/05/2017. Cada medição equivale ao conjunto de votos coletados por estação de trabalho, em um dia. A pesquisa envolveu 12 usuários que participaram respondendo ao questionário de conforto térmico, o que totalizou 215 votos. O capítulo trata, ainda, das semelhanças e diferenças encontradas na comparação entre os votos de sensação e preferência térmica para cada estação de trabalho.

4.1 Quantitativo de dados obtidos no experimento

O quantitativo referente aos 215 votos individuais de conforto está disponível na Tabela 9, que sintetiza a frequência e a quantidade de dados obtidos no período de medição.

Tabela 9: Resumo dos dados obtidos no experimento de campo por estação e turno

Medição	Data	Turno	Estação de trabalho	Nº de questionários aplicados por estação
1	05/05/2017	Manhã	01	2
2			03	10
3			06	5
4			07	10
5			08	10
6	08/05/2017	Manhã	02	8
7			03	7
8			04	1
9			08	8
10			09	4
11		Tarde	03	10
12			04	10
13			06	2
14			08	10
15			09	6
16	09/05/2017	Manhã	01	5
17			02	4
18			03	4
19			04	4
20			06	9
21			07	9
22			08	4
23			09	8
24		Tarde	03	10
25			04	10

Continua

				Continuação
26			07	10
27	11/05/2017	Manhã	03	4
28			07	4
29			08	4
30			09	4
31			03	10
32	12/05/2017	Manhã	06	6
33			07	3
Total				215

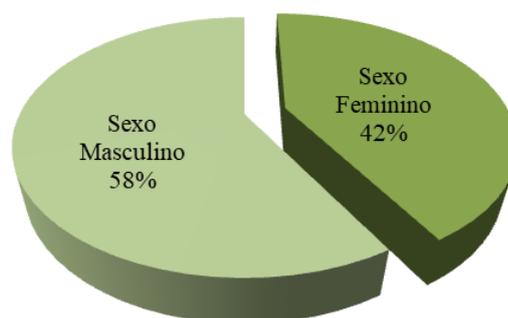
Fonte: A autora (2017)

A quantidade de questionários por estação de trabalho teve variações devido ao tempo de permanência do ocupante no local. Quanto maior o tempo, maior o número de questionários respondidos.

4.2 Caracterização dos ocupantes

Do total de entrevistados (12 ocupantes), 7 (58%) são do gênero masculino e 5 (42%) do gênero feminino (Gráfico 3). A idade dos entrevistados variou entre 23 e 48 anos (Tabela 10), sendo que todos utilizam o ar condicionado por no mínimo 8 horas. O isolamento térmico das vestimentas no período de medição variou entre 0,5 e 0,6 clo.

Gráfico 3: Frequência usuários masculinos e femininos durante o estudo



Fonte: A autora (2017)

Tabela 10: Perfil dos usuários abordados no experimento

Caracterização do perfil				
Item	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Idade	23	48	35,5	6,8
Altura (m)	1,54	1,86	1,70	0,1
Peso (Kg)	49,00	93,00	74,00	14,2

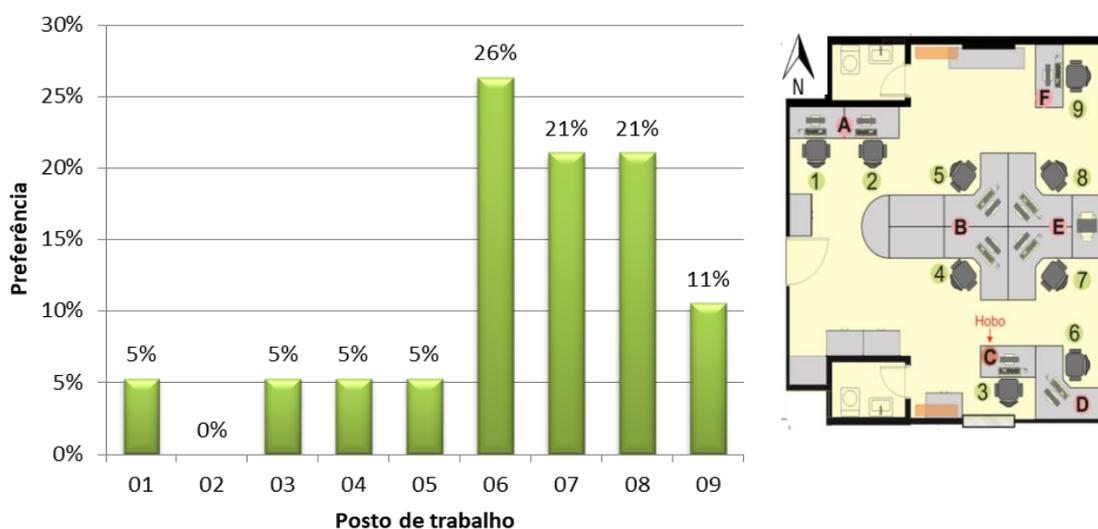
Fonte: A autora (2017)

Das mulheres entrevistadas, 83% se classificaram como sensíveis ao frio e definiram seus locais de trabalho com base neste quesito. Já em relação aos homens entrevistados, 71% se declararam mais sensíveis ao calor e 57% definiram seu local de trabalho com base no conforto térmico.

Os postos de trabalho mais disputados (Gráfico 4) foram o 06, 07 e 08, respectivamente com 27%, 21% e 21% da preferência. 73% das respostas indicaram que o motivo de preferência estava relacionado ao conforto térmico e 27% relacionaram sua preferência ao local onde pudessem ter uma visão geral do ambiente.

Quando as mulheres foram perguntadas sobre a estratégia preferida para climatização o resultado foi equilibrado: 33% elencaram a ventilação natural, 33% o ar condicionado e 33% a ventilação natural combinada com ventiladores. Já entre os homens entrevistados, 58% elegeram o ar condicionado como a estratégia de climatização preferida no ambiente de trabalho.

Gráfico 4: Posto de trabalho de preferência dos usuários



Fonte: A autora (2017)

O Gráfico 6 mostra os principais problemas relatados pelos ocupantes quanto ao uso da ventilação natural: 32% relataram que a possibilidade do voo de papéis seria o maior problema, já 18% disseram que o maior problema seria o ruído externo. Quando indagados sobre os problemas relacionados à utilização do ar condicionado (Gráfico 5) 33% identificou o aumento do consumo energético e apenas 20% relataram o frio.

Como mostrado anteriormente (Figura 10), as janelas do ambiente estudado ficam voltadas à rua que dá acesso à edificação escolar e, o trânsito intenso nos horários de pico é a causa do incômodo relatado por parte dos ocupantes. Esses resultados reafirmam as pesquisas

de Allard e Santamouris (1998), que indicam que o elevado nível externo de ruído derivado dos ambientes urbanos é posto como justificativa para a frequente utilização de condicionadores de ar em edifícios.

Gráfico 6: Problemas declarados pelos ocupantes quanto ao uso da ventilação natural



Gráfico 5: Problemas declarados pelos ocupantes quanto ao uso do climatizador de ar



Sabe-se, ainda, que de acordo com as características climáticas da cidade de Maceió, a ventilação é apresentada como a estratégia mais recomendada para a obtenção do conforto térmico, no entanto, o incômodo do voo de papéis numa edificação de escritórios, provocado pela abertura das janelas para que permita a passagem do vento, ainda é apontado como fator determinante na escolha da alternativa de resfriamento.

4.3 Rotina de funcionamento dos climatizadores de ar durante o estudo de campo

Durante a manhã, a primeira pessoa que chega ao ambiente costumava ligar os dois aparelhos de ar condicionado e, após determinado período, um aparelho era desligado.

A rotina de funcionamento dos condicionadores de ar foi modificada durante os turnos; no período da manhã o aparelho 01 era acionado e o 02 permanecia desligado (vide Figura 15), enquanto no período da tarde ocorria o contrário. A mudança no turno vespertino ocorria devido a uma solicitação de uma ocupante da estação 03, que se sentia desconfortável em relação ao frio.

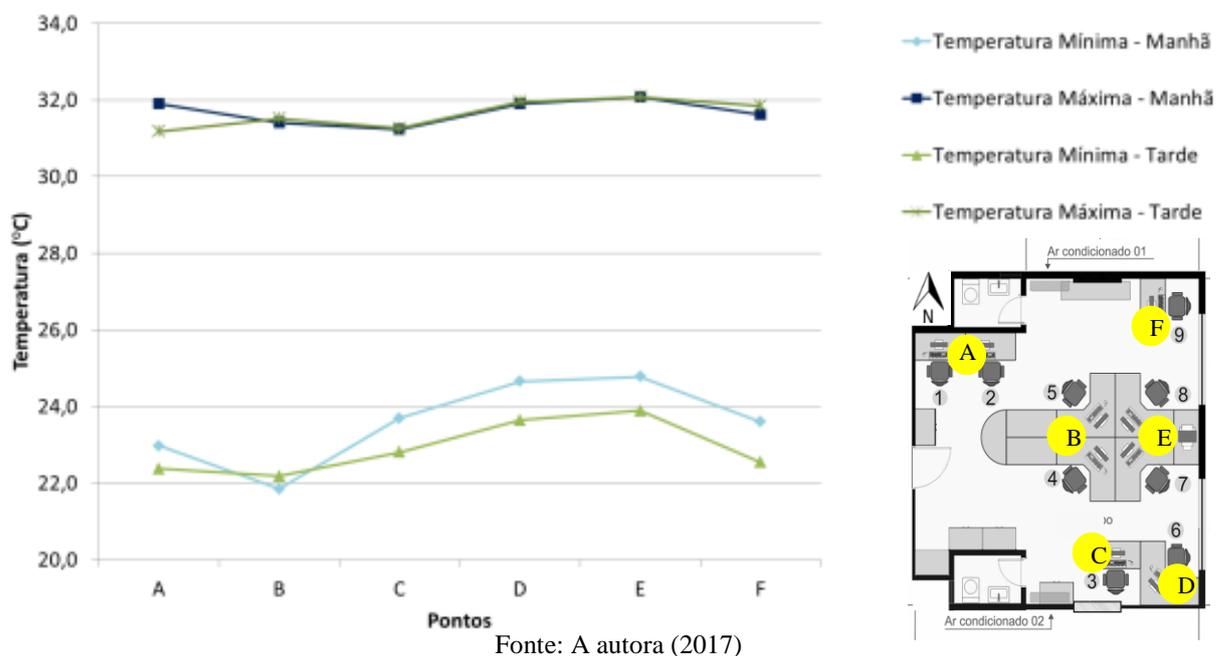
4.4 Caracterização das variáveis ambientais

4.4.1 Comportamento da temperatura do ar (°C) e da umidade do ar (%)

A instalação dos equipamentos de monitoramento de temperatura e umidade foi feita um mês antes da efetivação dos experimentos, o que permitiu avaliar o comportamento da

temperatura e umidade no ambiente a partir de um maior conjunto de dados. Demonstrou-se (ver Gráfico 7) que para os turnos da manhã e da tarde a menor temperatura foi evidenciada no ponto B, possivelmente devido ao seu posicionamento frente ao condicionador de ar 01, acionado no turno da tarde, e ao condicionador de ar 02, acionado no turno da manhã. Também para os dois turnos, as máximas temperaturas foram medidas no ponto E.

Gráfico 7: Temperaturas mínimas e máximas mapeadas durante o estudo

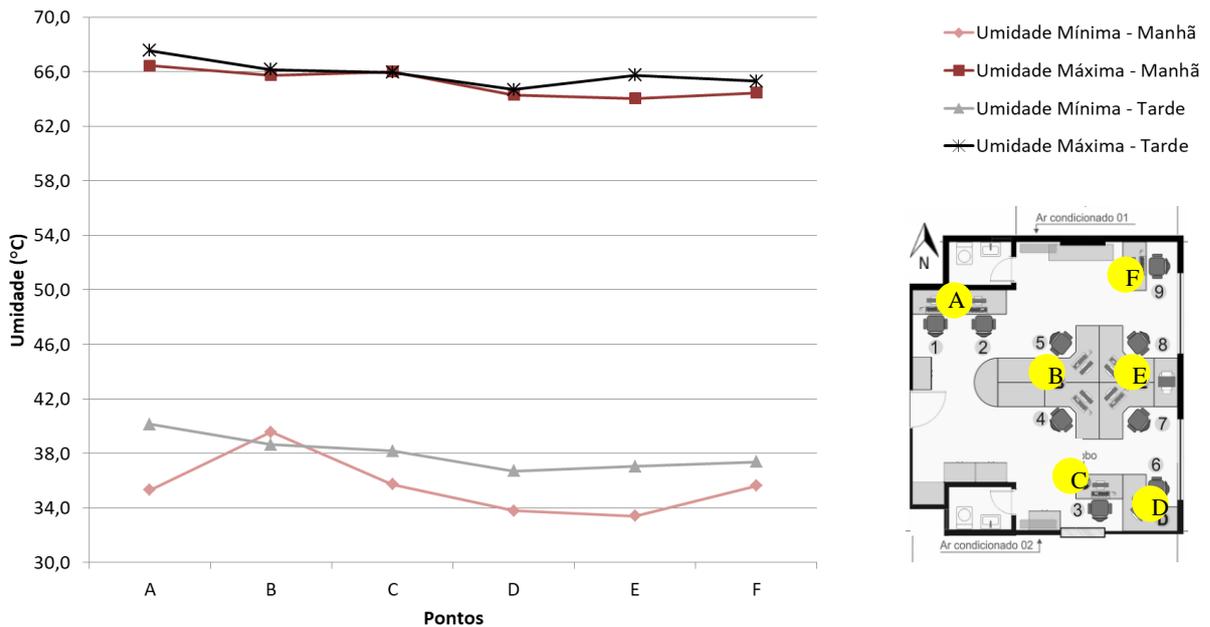


Os valores de umidade encontrados para os pontos e D, E e F (Gráfico 9) apresentaram as menores médias nos dois turnos analisados. A proximidade dos pontos D, E e F em relação à parede externa e as janelas é o fator que pode estar relacionado à identificação dos maiores valores de temperatura e menores valores de umidade nesses pontos.

Estes elementos estão orientados a Leste e recebem grande quantidade de radiação solar durante a manhã, na qual parte é transferida ao ambiente sob a forma de calor. No período da tarde as temperaturas e umidades no ambiente tendem a assumir um comportamento mais uniforme, já que não há a incidência de radiação direta na fachada, neste período.

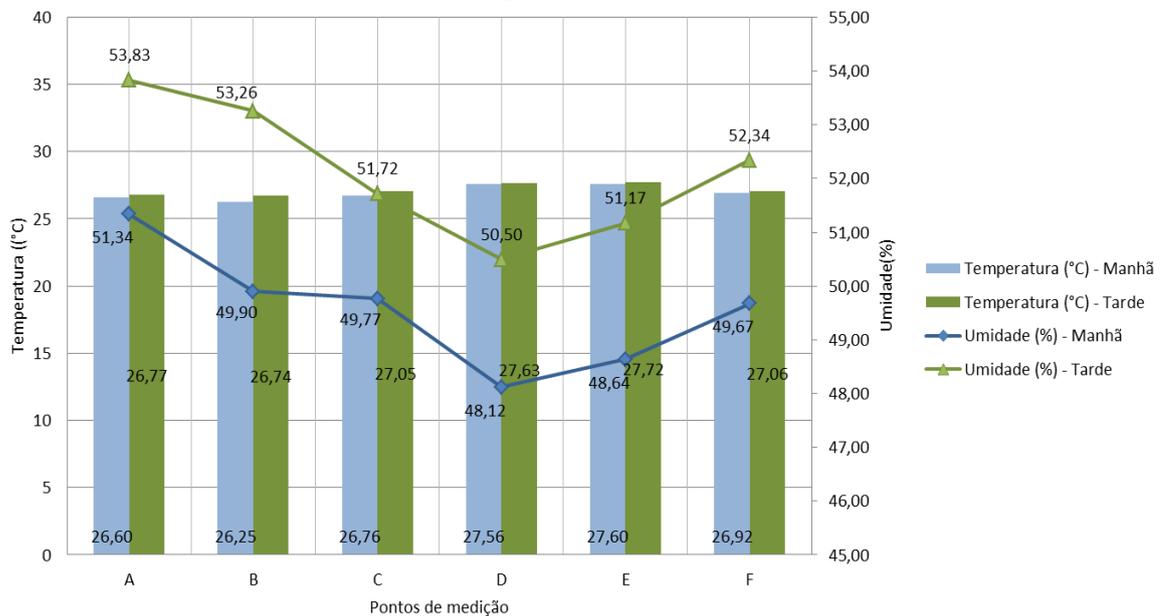
Ao observar as médias de temperatura e umidade foi observado que o ponto B apresentou, também, a menor média de temperatura do ar para os dois turnos (Gráfico 8). No geral, as diferenças observadas entre cada ponto confirmam a influência do posicionamento do condicionador de ar na temperatura do ar nos diferentes layouts das estações de trabalho analisadas para um mesmo turno.

Gráfico 9: Valores de umidade mínimas e máximas mapeadas durante o estudo



Fonte: A autora (2017)

Gráfico 8: Médias de temperatura e umidade - Manhã e tarde



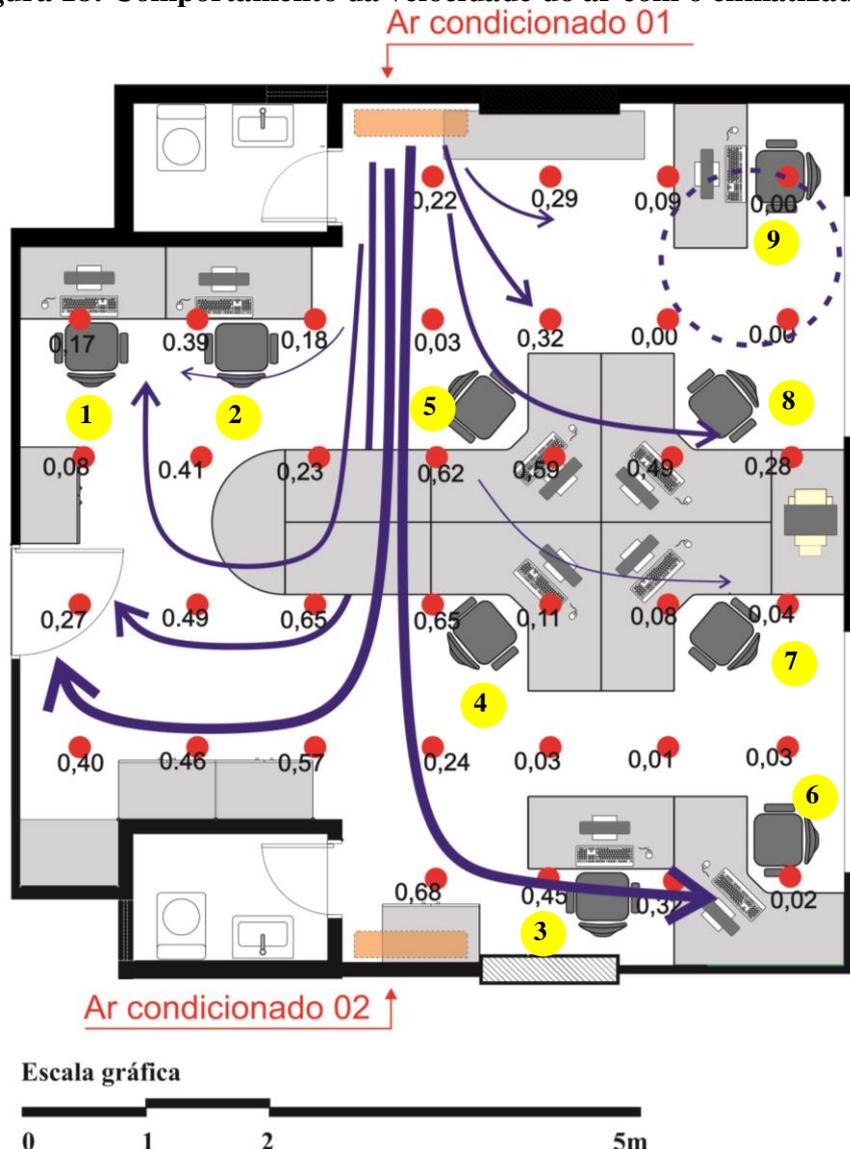
Fonte: A autora (2017)

4.4.2 Comportamento da velocidade do ar (m/s)

Assim como cita Cândido (2006) é necessário analisar a associação entre a velocidade e a distribuição do fluxo de ar para que não haja o comprometimento do conforto dos usuários. Ao avaliar apenas os valores de velocidade média é possível que haja a omissão de zonas onde o fluxo de ar não circula em detrimento de outras onde há concentração de jatos com maiores velocidades.

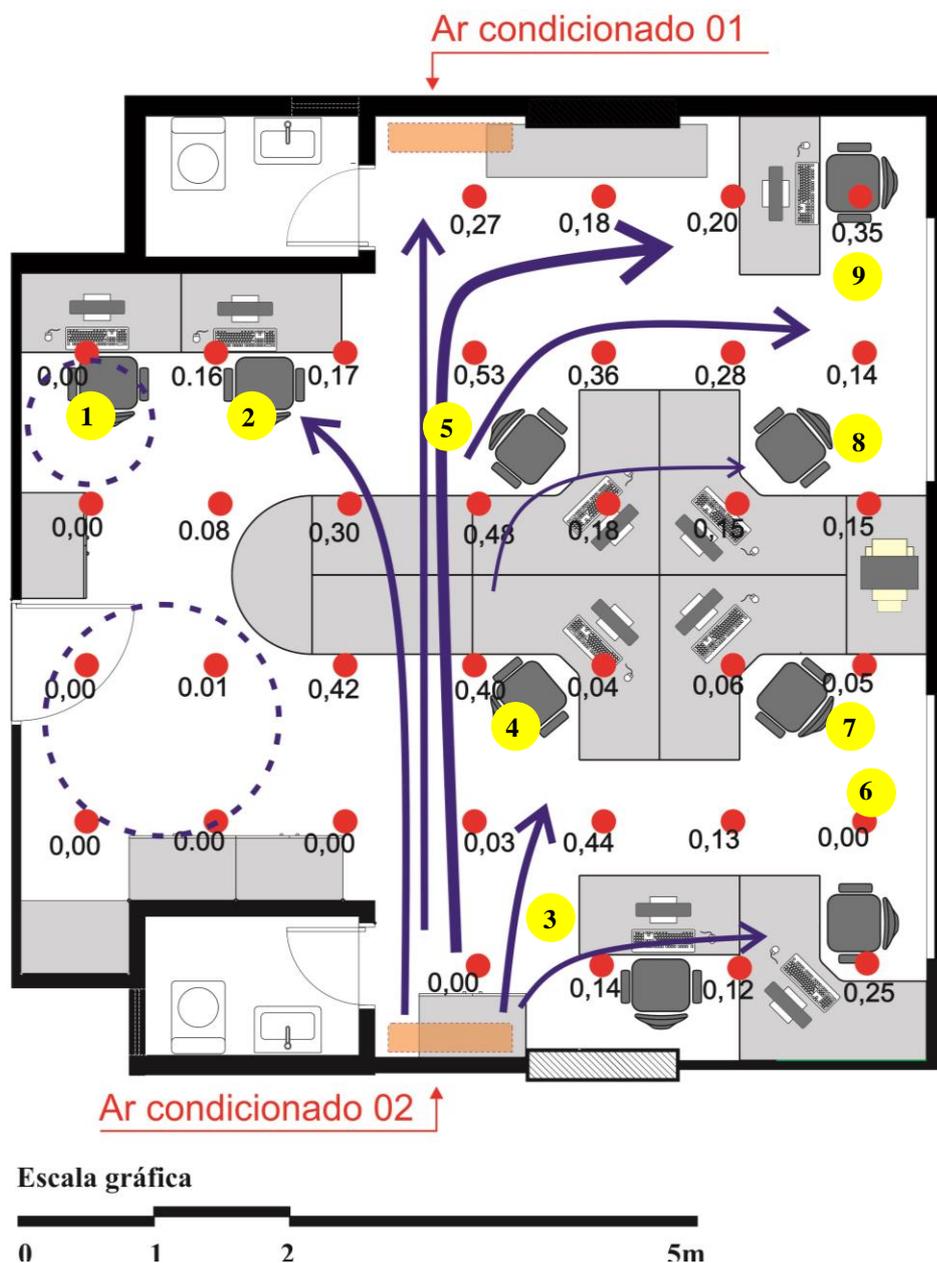
A análise do comportamento da velocidade do ar e da distribuição dos fluxos no ambiente foi realizada com as portas e janelas fechadas. Para tal, foram feitos registros de velocidade do ar em diferentes pontos de medição, a uma altura de 0,60 m em relação ao piso, constituindo uma malha distribuída no interior do ambiente vazio. Foram levadas em consideração duas situações: A primeira situação representa a rotina de uso dos ocupantes que trabalham no turno da manhã, com o ar condicionado 01 em funcionamento e o ar condicionado 02 desligado (Figura 18), a segunda situação representa a rotina de uso dos ocupantes do turno da tarde, com o ar condicionado 02 em funcionamento e o ar condicionado 01 desligado (Figura 19). Com base nos valores de velocidade do ar encontrados para cada ponto definiram-se os mapas de fluxo concebidos de maneira que as setas mais largas representam os pontos onde se obteve valores mais altos de velocidade.

Figura 18: Comportamento da velocidade do ar com o climatizador 01



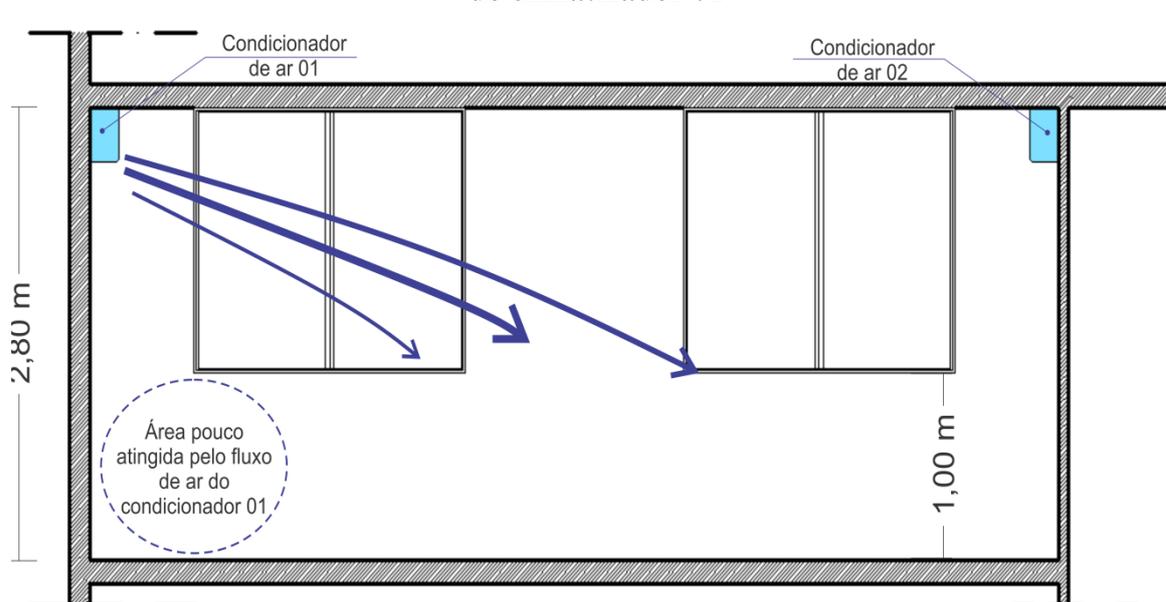
Ao observar a Figura 18 e a Figura 19, nota-se que nos pontos situados à esquerda do ar condicionado 01 e 02 concentram os menores valores de velocidade do ar. A Figura 18 demonstra que na condição do ar condicionado 01 em funcionamento, os usuários das estações 06, 07 e 09 são os mais afetados pelos valores mais baixos de velocidade do ar. Já a Figura 19 demonstra que na situação do ar condicionado 02 ligado, os usuários da estação 01 são os mais afetados; os pontos próximos à porta de entrada foram os que apresentaram valores mais baixos de velocidade do ar.

Figura 19: Comportamento da velocidade do ar com o climatizador 02 em funcionamento



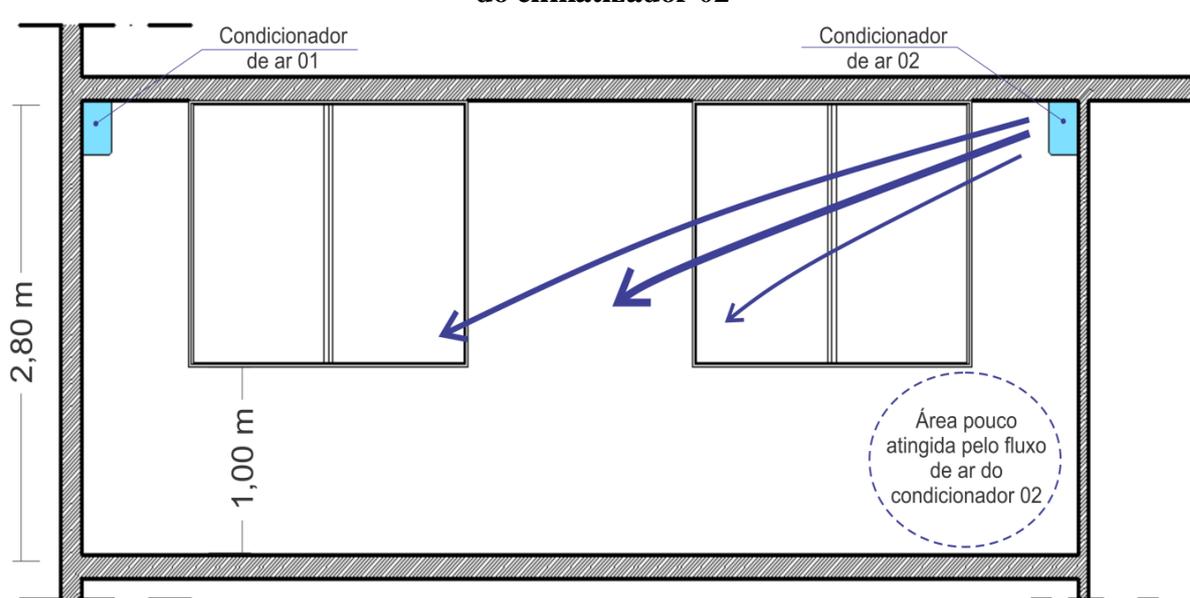
As áreas mais próximas aos equipamentos apresentam velocidades do ar mais baixas. Isto ocorre porque essas áreas não são atingidas pelos fluxos de ar na altura de medição (0,75m), uma vez que a altura de instalação do equipamento é de 2,50 m em relação ao piso, conforme ilustrado na Figura 20 e na Figura 21.

Figura 20: Corte esquemático do ambiente estudado com indicação do fluxo de ar do climatizador 01



Fonte: A autora (2017)

Figura 21: Corte esquemático do ambiente estudado com indicação do fluxo de ar do climatizador 02



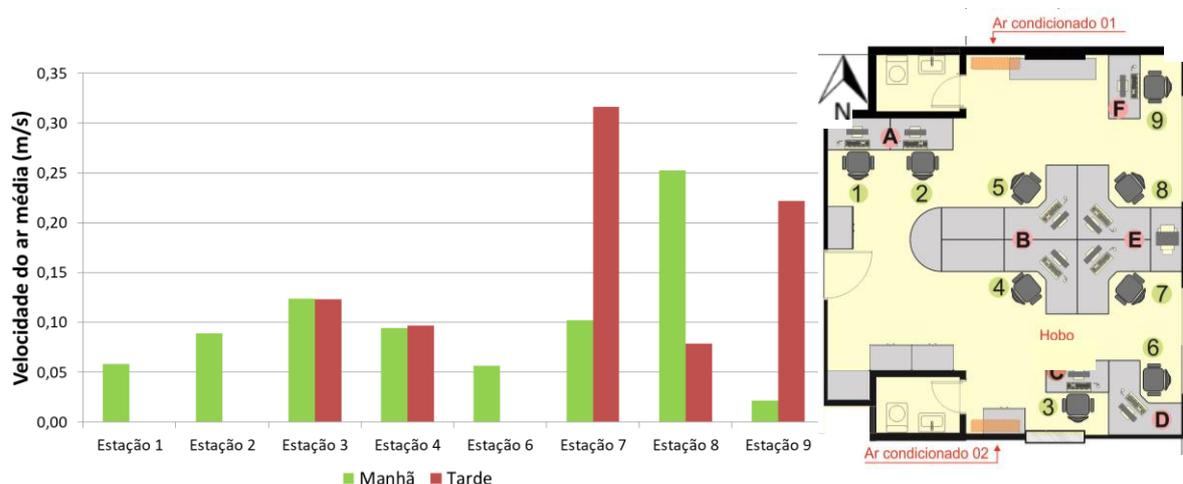
Fonte: A autora (2017)

Ao relacionar os valores monitorados de temperatura e umidade apresentados no Gráfico 7 e Gráfico 9, na Figura 18 e Figura 19 podemos julgar que as estações localizadas próximas à parede externa (estação 6, 7, 8 e 9) são as que têm maior probabilidade de apresentar votos de desconforto ocasionado pelo calor. Já nas estações centrais (3, 4 e 5) há maior probabilidade de serem observados votos de desconforto ocasionado pelo frio, devido à influência direta da localização dos climatizadores de ar sobre os ocupantes e a menor interferência da parede externa, das janelas e das trocas térmicas resultantes dessa interação.

4.4.3 Velocidade do ar (m/s)

Com base nos dados das medições foi possível calcular as médias de velocidade do ar para cada estação de trabalho avaliada. Na estação 1, 2 e 6, no período da tarde, não havia ocupantes. O Gráfico 10 demonstra que durante a manhã, com o condicionador de ar 01 em funcionamento, as estações com maior incidência de fluxo de ar vindo do aparelho são a 8 e a 3 e, os menores fluxos estão direcionados à estação 9; situação anteriormente identificada no estudo do comportamento do fluxo de ar no ambiente (Figura 18 e Figura 19). No turno da tarde, com o funcionamento do condicionador de ar 2, as estações 7 e 9 foram as mais beneficiadas com a velocidade do ar mais elevada. Vale lembrar que as estações 7, 8 e 9 estavam entre as preferidas dos ocupantes (Gráfico 4), e que 73% destes ocupantes escolhia o lugar de ocupação de acordo com conforto térmico.

Gráfico 10: Velocidade média (m/s) por estação de trabalho



Fonte: A autora (2017)

4.5 Cálculo do PMV e PPD

Com base nas informações obtidas, descritas na Tabela 11, que caracterizou a vestimenta e a atividade dos ocupantes, juntamente com as variáveis ambientais medidas (APENDICE B) calculou-se o PMV e o PPD para o ambiente. A discriminação do cálculo resultante das vestimentas consta no APÊNDICE A. As atividades dos ocupantes estavam relacionadas ao uso do computador, como a leitura e digitação.

Tabela 11: Caracterização dos ocupantes monitorados no ambiente

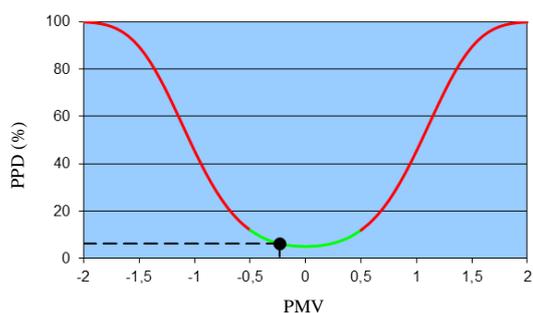
Caracterização dos ocupantes							
Data	Turno	Estação	Gênero	Idade	Vestimenta (clo)	Peso (kg)	Altura (m)
05/05/17	Manhã	01	F	48	0,4	77,00	1,58
		03	M	23	0,5	90,00	1,70
		06	M	31	0,6	71,00	1,70
		07	F	31	0,5	59,00	1,65
		08	F	33	0,5	64,00	1,67
08/05/17	Manhã	02	M	42	0,5	93,00	1,78
		03	M	23	0,5	90,00	1,70
		04	M	23	0,5	90,00	1,70
		08	F	33	0,5	64,00	1,67
		09	M	37	0,6	89,00	1,74
	Tarde	03	F	33	0,5	59,00	1,54
		04	M	32	0,6	75,00	1,65
		06	M	31	0,6	71,00	1,70
		08	M	41	0,6	74,00	1,80
09	M	37	0,6	89,00	1,74		
09/05/17	Manhã	01	F	48	0,6	77,00	1,58
		02	M	42	0,5	93,00	1,78
		03	M	23	0,5	90,00	1,70
		04	M	23	0,5	90,00	1,70
		06	M	34	0,5	87,00	1,86
		07	F	31	0,6	59,00	1,65
		08	F	33	0,5	64,00	1,67
	Tarde	03	F	33	0,5	59,00	1,54
		04	M	32	0,5	75,00	1,65
07	M	41	0,6	74,00	1,80		
11/05/17	Manhã	03	M	23	0,5	90,00	1,70
		07	F	31	0,5	59,00	1,65
		08	F	33	0,6	64,00	1,67
		09	F	33	0,5	59,00	1,54
12/05/17	Manhã	03	M	23	0,5	90,00	1,70
		06	M	31	0,5	71,00	1,70
		07	F	31	0,5	59,00	1,65

Fonte: A autora (2017)

Para analisar os parâmetros de conforto conforme os requisitos da proposta para a ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) foram calculados 66 resultados de PMV e PPD para o período da manhã e 17 para o período da tarde, referentes a cada um dos usuários para cada voto durante as medições. Posteriormente foi feita a média dos votos para cada posto de trabalho e dia de medição, totalizando 83 resultados. A média geral, calculada com base nas médias do PMV encontrado para cada estação de trabalho, definiu o PMV do ambiente. As tabelas com todos os índices calculados e relatados constam no APÊNDICE B.

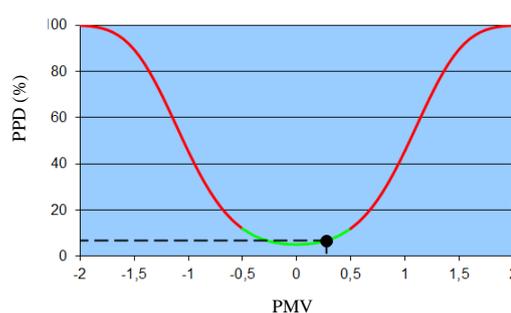
Para calcular o PMV e PPD foi utilizada uma planilha eletrônica desenvolvida pelo *Indoor Environmental Quality Laboratory (IEQ Lab)* da *University of Sydney*, criada com base no algoritmo e nas equações de troca de calor apresentadas pelo anexo normativo D da ISO 7730 (2005); os dados resultantes foram validados a partir da tabela D.1 do mesmo anexo. De acordo com o Método Estático para avaliação de conforto térmico o ambiente de estudo se apresentou termicamente confortável para os dois turnos de atividade. Apresentou no período da manhã índice PMV de -0,23 e PPD de 6,21% (Figura 22), e no período da tarde, índice PMV de 0,28 e PPD de 6,77% (Figura 23), ambos com valores dentro do limite de aceitabilidade indicados pela proposta ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016).

Figura 22: Porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) em função do Voto Médio Predito (PMV)= -0,23



Fonte: A autora (2017)

Figura 23: Porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) em função do Voto Médio Predito (PMV) = 0,32



Fonte: A autora (2017)

Considerando a influência do posicionamento dos condicionadores de ar no ambiente, esta pesquisa também avaliou o PMV predito para cada horário de voto de cada estação de trabalho, por turno, ocupada no período de medição.

4.6 Votos declarados: sensação e preferência térmica – Análise média por estação de trabalho

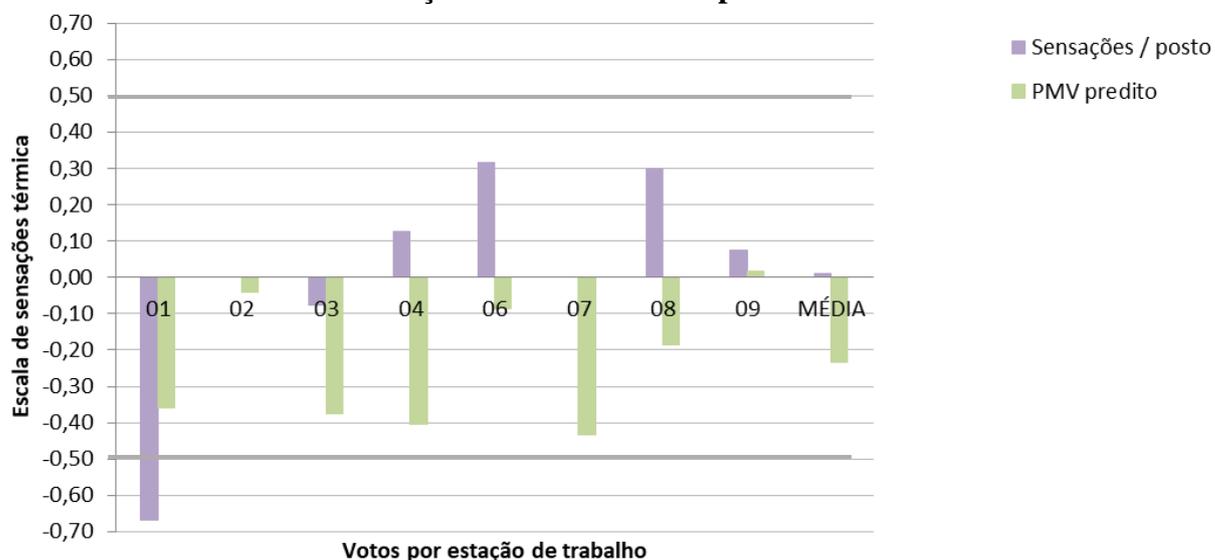
4.6.1 Modelo analítico (PMV)

Os resultados obtidos através das medições foram comparados com os votos declarados. Após a tabulação dos votos, para a sensação e preferência térmica foram atribuídos valores de -3 a +3, indicando sensações de muito frio a muito calor e a preferência por estar bem mais aquecido a bem mais resfriado. Foram feitos os cálculos das médias aritméticas das informações referentes a cada estação de trabalho; a comparação se deu para cada PMV predito por estação. Esses resultados serviram de subsídio para as avaliações individuais dos votos declarados de sensação e preferência térmica e do PMV predito. Os votos relatados onde a velocidade do ar ultrapassou 0,20m/s foram tratados separadamente, pois necessitavam de cálculo de ajuste de variáveis para tal velocidade.

4.6.1.1 Sensações térmicas

No Gráfico 11 observa-se que o PMV predito para o turno da manhã encontra-se dentro dos padrões apresentados no projeto de Norma Brasileira ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) que estabelece os limites +/-0,5 PMV para a classificação térmica aceitável de um ambiente. As sensações térmicas declaradas também se enquadraram dentro do limite, com exceção da estação 1.

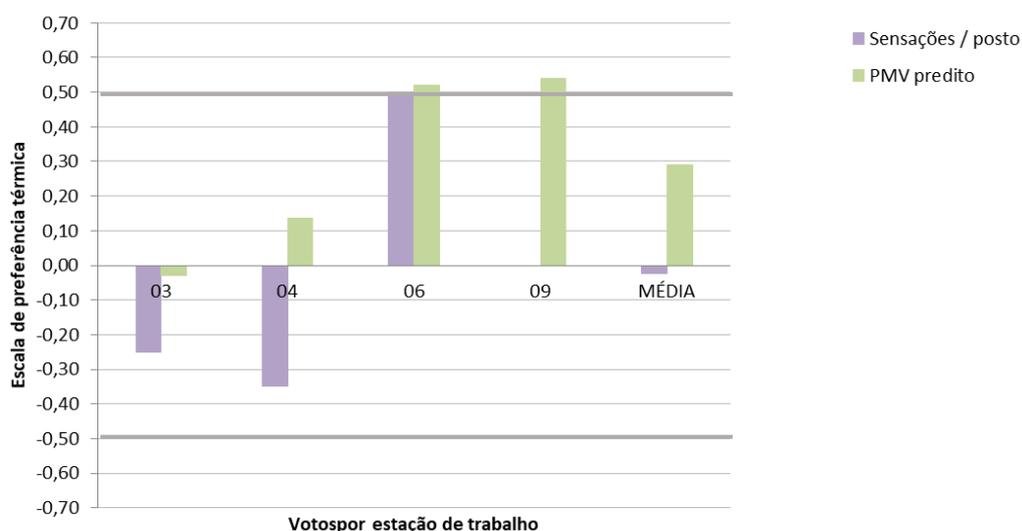
Gráfico 11: Sensações térmicas x PMV predito – Turno manhã



Fonte: A autora (2017)

No turno da tarde as estações 1, 2, 7 e 8 não tiveram ocupação. Embora as sensações declaradas neste turno estejam dentro dos padrões estabelecidos na proposta para a norma, o PMV predito para as estações 6 e 9 indica o leve desconforto ocasionado pelo calor (Gráfico 12), já o PMV médio predito está de acordo com os limites estabelecidos no projeto de Norma Brasileira ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016). Observa-se que apenas as sensações declaradas na estação 6 apresentam uma correspondência alta com o PMV predito para a estação e o PMV médio predito. Nota-se que essa estação está numa zona onde o fluxo de ar é diminuído quando o climatizador 02 está em funcionamento o que pode contribuir para possíveis relatos de leve calor (vide Figura 19).

Gráfico 12: Sensações térmicas x PMV predito – Turno tarde



Fonte: A autora (2017)

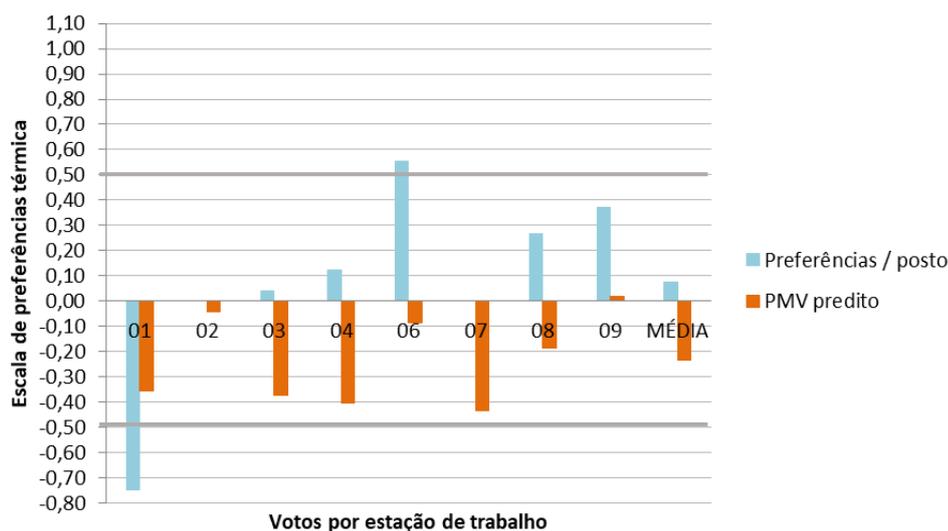
O Gráfico 11 e o Gráfico 12 indicaram que ao avaliar o PMV e as sensações térmicas pela média geral do ambiente, as situações de desconforto demonstradas na estação 1 (para o turno da manhã) e a possível tendência ao desconforto relacionado ao calor evidenciada na estação 6 (para o turno da tarde) não seriam evidenciadas, pois para os dois turnos os votos médios de sensação térmica indicam o conforto.

4.6.1.2 Preferências térmicas

Ao fazer a comparação entre preferência térmica e o PMV predito para os turno da manhã (Gráfico 14) observou-se o modelo não estimou a preferência por maior resfriamento observada na estação 6.

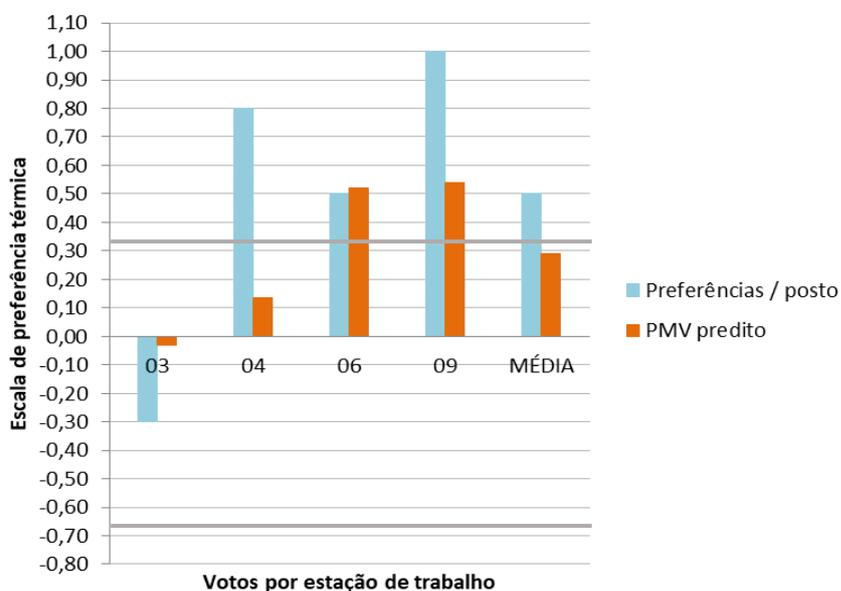
Já no Gráfico 13 é possível notar que, no turno da tarde o PMV médio predito apresenta uma correspondência maior com as preferências declaradas.

Gráfico 14: Preferências térmicas x PMV predito – Turno manhã



Fonte: A autora (2017)

Gráfico 13: Preferências térmicas x PMV predito – Turno tarde



Fonte: A autora (2017)

4.6.2 Modelo de temperatura efetiva padrão

O método PMV foi utilizado para avaliar o conforto térmico nas situações onde a velocidade do ar limitava-se a 0,20 m/s, conforme estabelecido pela ANSI/ASHRAE STANDARD 55 (ASHRAE, 2017) e pela proposta para a Norma ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016). Para os locais onde a velocidade do ar ultrapassa esse valor, a referida norma indica a utilização do modelo de Temperatura Efetiva Padrão (SET*) para analisar as condições térmicas do ambiente e estabelece o uso do Gráfico 3 quando forem evidenciadas

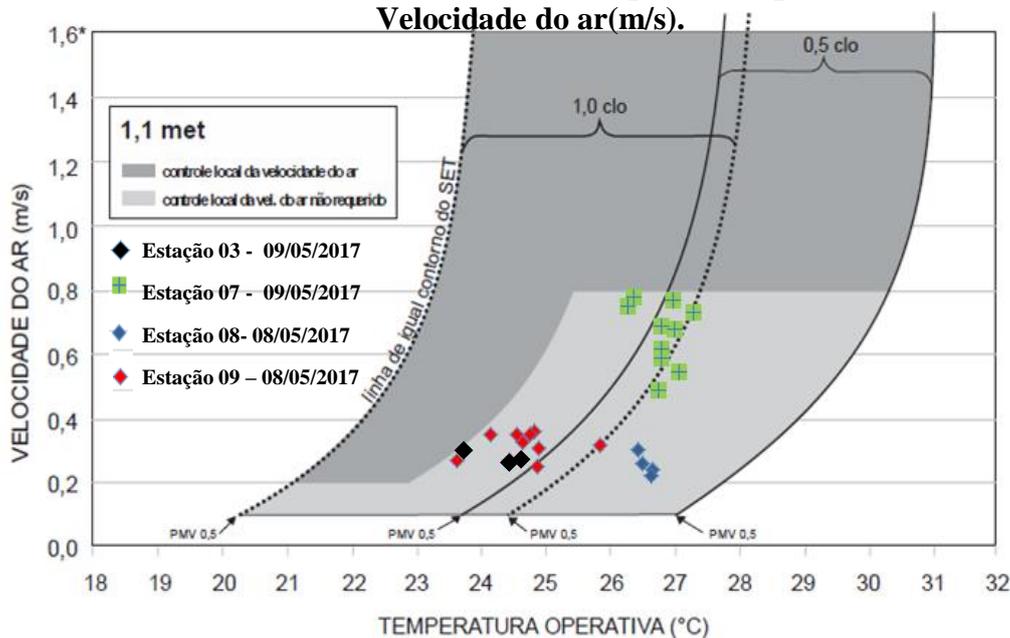
essas condições. Níveis de velocidade acima de 0,20 m/s foram evidenciados nas estações 03, 07, 08 e 09 durante o turno da tarde, quando o ar condicionado 02 estava em funcionamento.

Para este caso, as variáveis utilizadas para comparação foram as sensações e as preferências térmicas declaradas pelos ocupantes, visto que este método gráfico relaciona os valores unitários das variáveis ambientais medidas em cada estação a cada momento.

O Gráfico 15 apresenta os votos de aceitabilidade térmica do ambiente plotados na figura que representa o método proposto pela ANSI/ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017), em sua última versão, publicada recentemente pelo site da organização. O método em questão limita a vestimenta dos ocupantes a um intervalo de 0,5 a 1,5 clo. No experimento de campo todos os ocupantes utilizaram vestimentas entre 0,5 e 0,6 clo. Os pontos plotados no gráfico representam as condições ambientais em que os ocupantes das estações 3, 7, 8 e 9 estavam submetidos nos momentos das medições onde a velocidade do ar ultrapassou 0,20m/s.

A Norma estabelece que, para esses casos, também seria conveniente utilizar o método de cálculo para ajustar o PMV para um ambiente com elevada velocidade média do ar, utilizando a temperatura média ajustada do ar, a temperatura radiante ajustada e o ar imóvel através do índice SET*, apresentado no capítulo 2. A Tabela com os valores ajustados para essa situação consta no APÊNDICE E deste trabalho.

Gráfico 15: Intervalos aceitáveis de temperatura operativa (°C) e Velocidade do ar(m/s).



Fonte: A autora (2017).

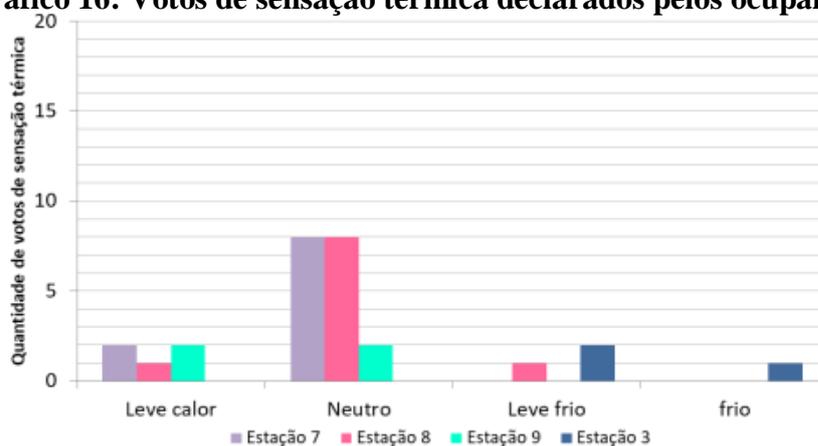
Na estação de trabalho 09, de acordo com o Gráfico 15, 80% dos ocupantes deveria estar desconfortável em relação ao frio, pois a vestimenta declarada por esses usuários é de

0,6 clo (Tabela A. 1 – APÊNDICE A) e, apenas 20% dos votos declarados estão localizados na zona abrangida pela vestimenta relatada. No entanto, a maioria dos votos relativos às sensações declaradas (Gráfico 16) demonstra a sensação calor ou de neutralidade térmica e, as preferências térmicas (Gráfico 17) também são pela manutenção das condições ou por um ambiente mais resfriado.

Assim como na estação 9, na estação 7 o votos declarados estavam relacionados a um ocupante com vestimenta estimada em 0,6 clo. O Gráfico 15 mostra que 20% dos votos apresentariam desconforto devido ao frio, já que esses dados estão plotados numa zona que abrange vestimentas de 1,0 clo. No entanto, as sensações declaradas eram de conforto eu de leve calor e, a preferência (Gráfico 17) por se manter na mesma condição ou de estar um pouco mais resfriado.

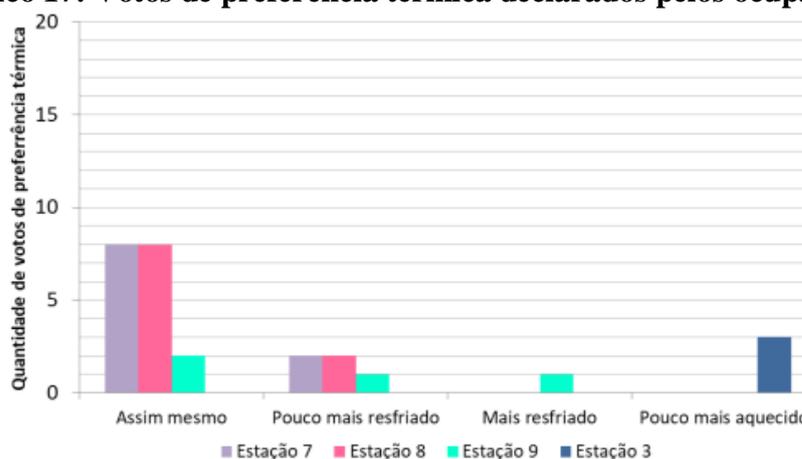
A estação 3 foi a única em que os votos de relativos à sensação e preferência térmica apresentaram compatibilidade com a situação demonstrada pelo modelo gráfico. Os votos relataram sensação de frio, assim como o modelo previu.

Gráfico 16: Votos de sensação térmica declarados pelos ocupantes



Fonte: A autora (2017).

Gráfico 17: Votos de preferência térmica declarados pelos ocupantes



Fonte: A autora (2017).

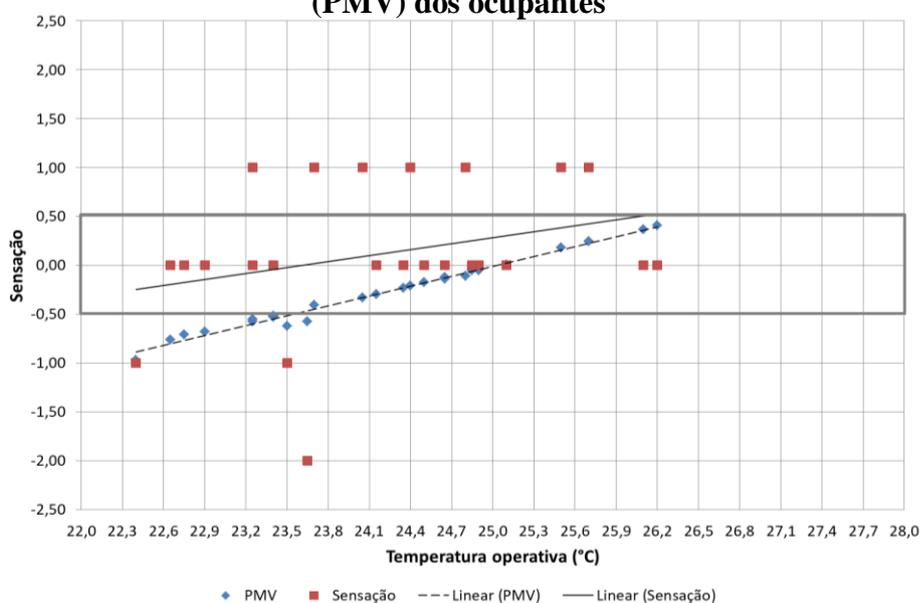
No estudo 100% dos ocupantes declararam o ambiente aceitável. Embora esses ocupantes tenham demonstrado aceitabilidade térmica, a minoria (10%) votou por mudar a estação de trabalho, enquanto o restante preferiu continuar na estação que estava. Tal averiguação sugere que, nem sempre o que é “aceitável”, é considerado pelo usuário como “ideal”.

O Gráfico 18 representa os votos individuais dos ocupantes das estações 3, 7, 8 e 9 nos horários onde a velocidade do ar superou 0,20m/s. Para utilizar o método analítico neste caso foi seguido o roteiro proposto pela ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017) para ajuste da velocidade do ar.

Convém salientar que a condição de neutralidade térmica é expressa, pelo PMV predito, por valores de +/- 0,5, enquanto que na escala sétima de sensações a neutralidade corresponde aos valores iguais a zero.

Os pontos azuis do Gráfico 18 representam o PMV predito e os pontos vermelhos representam as sensações declaradas. Ao avaliar de maneira pormenorizada a situação e seguindo os limites de conforto (linha cinza no gráfico) propostos pela ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016), nota-se que o PMV não prevê a sensação de calor declarada pelos ocupantes (pontos vermelhos acima da linha cinza). Essas constatações podem indicar que mesmo utilizando o método de ajuste indicado para avaliação do conforto em ambientes onde a velocidade do ar ultrapasse 0,20 m/s, os limites de aplicação do método analítico podem não demonstrar a realidade.

Gráfico 18: Comparação entre o voto de sensação térmica e o voto médio predito (PMV) dos ocupantes



Fonte: A autora (2017)

4.6.3 Avaliação do método analítico de acordo com o gênero

Diante de possíveis discrepâncias identificadas nos resultados das médias para cada estação de trabalho apresentadas na seção 4.6, os cálculos individuais permitiram analisar e correlacionar isoladamente todos os votos dos ocupantes de maneira a evidenciar as particularidades. Os resultados gerados para o PMV predito, as sensações e as preferências térmicas declaradas indicaram a necessidade de uma análise mais detalhada das condições ambientais que influenciam o conforto térmico dos ocupantes nas estações de trabalho. Os dados, então, foram agrupados de acordo com o gênero dos usuários. Como não houve diferenças significativas para cada turno, optou-se por agrupar os dados. Dos 215 votos individuais, 83 foram de ocupantes do gênero feminino e 132 do gênero masculino. Nesta etapa, a análise por gênero permitiu avaliar a influência dessa variável no conforto térmico nas estações avaliadas. A tabela abaixo resume o quantitativo de votos por turno e gênero.

Tabela 12: Resumo de votos por gênero

Gênero	Estação	Quantidade de votos por estação	Representação
Feminino	1	7	38,6%
	3	20	
	7	26	
	8	26	
	9	4	
Masculino	2	12	61,4%
	3	35	
	4	25	
	6	22	
	7	10	
	8	10	
	9	18	

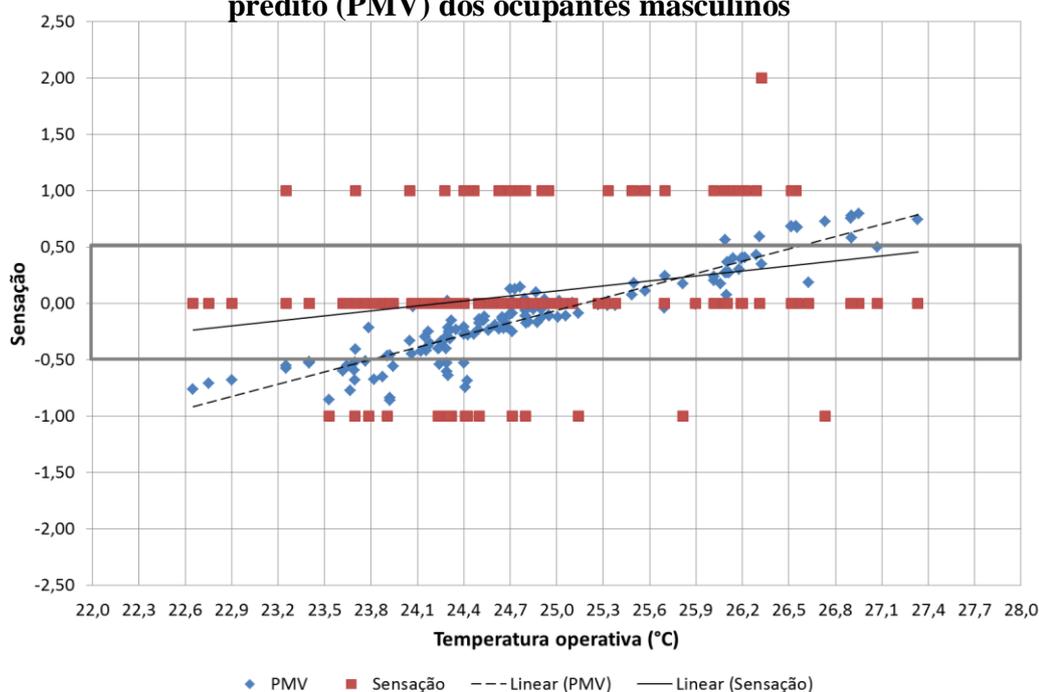
Fonte: A autora (2017).

4.6.3.1 Comparação entre os votos declarados de sensação térmica e PMV predito

Os gráficos a seguir demonstram a comparação entre os votos de sensação térmica e o PMV predito. Os votos declarados (pontos vermelhos) e o PMV predito (pontos azuis) foram calculados individualmente a partir de cada resposta e variáveis medidas, com base modelo de Fanger (1970) e de acordo com a proposta ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) e da ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017), para os ocupantes do gênero masculino e feminino. A faixa de conforto térmico regulamentada pela norma (PMV no intervalo entre $\pm 0,5$) está representada pelo retângulo cinza na área de plotagem do gráfico.

Para o gênero masculino (Gráfico 19), o PMV e a sensação térmica declarada apresentam maiores diferenças de valores na região onde as temperaturas operativas são menores. Os valores do PMV predito e as sensações declaradas tendem a coincidir em torno de 25,8 °C e, tais diferenças tendem novamente a aumentar à medida que a temperatura operativa interna se eleva. Para o ambiente analisado e considerando o clima de Maceió, foi observado que o PMV predito (pontos azuis) tendeu a não estimar a sensação de calor (pontos vermelhos acima da linha cinza) em temperaturas inferiores a 26 °C. Ainda, se considerados apenas os valores de PMV calculados e sua aplicação de acordo com o método analítico proposto pelas normas referenciadas, apenas uma pequena parte dos votos dos ocupantes seria classificada como fora da zona de conforto térmico na situação em que o experimento foi realizado (pontos azuis que extrapolam o intervalo de $\pm 0,5$). No entanto, tal resultado contraria os votos de sensação térmica dos ocupantes, para os quais se observou a maior concentração de pontos no eixo relativo à neutralidade térmica e também para o desconforto ocasionado pelo calor.

Gráfico 19: Comparação entre o voto de sensação térmica e o voto médio predito (PMV) dos ocupantes masculinos

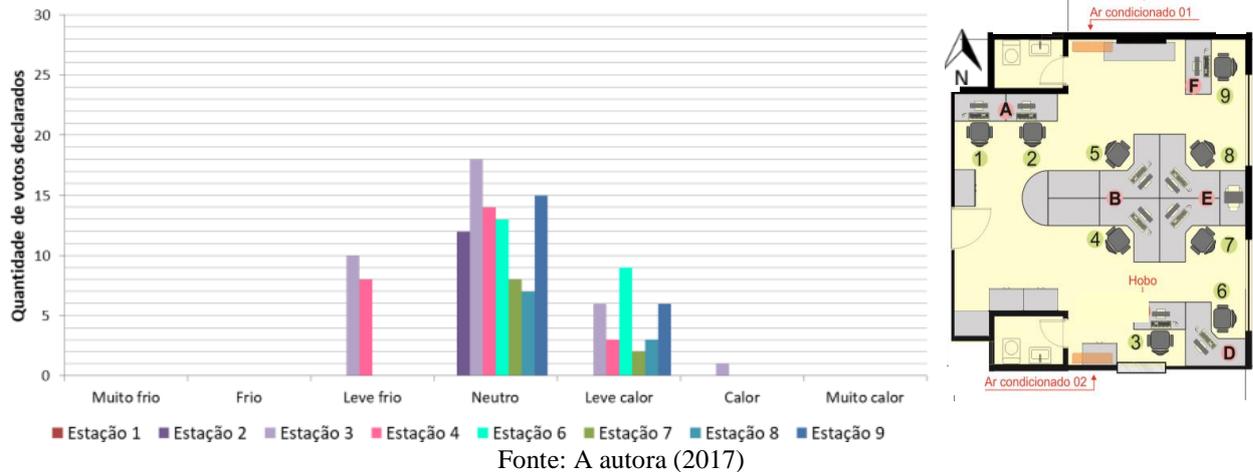


Fonte: A autora (2017)

No Gráfico 21 é possível comprovar que grande parte dos votos derivados dos ocupantes masculinos localizados nas estações de trabalho avaliadas neste turno foi de neutralidade térmica. Os únicos votos que demonstraram a sensação de frio foram os dos

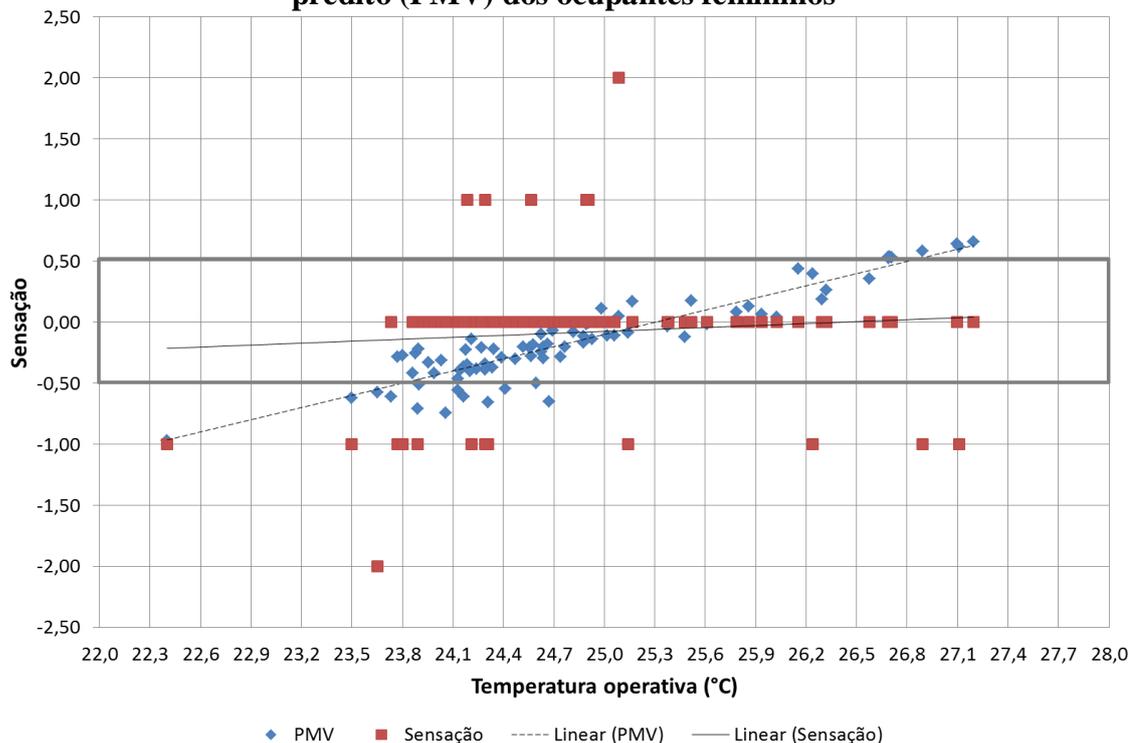
ocupantes da Estação 3, o que pode ter relação com a posição da estação em relação ao condicionador de ar (frontal ao condicionador de ar 01).

Gráfico 21: Votos de sensação térmica dos ocupantes masculinos



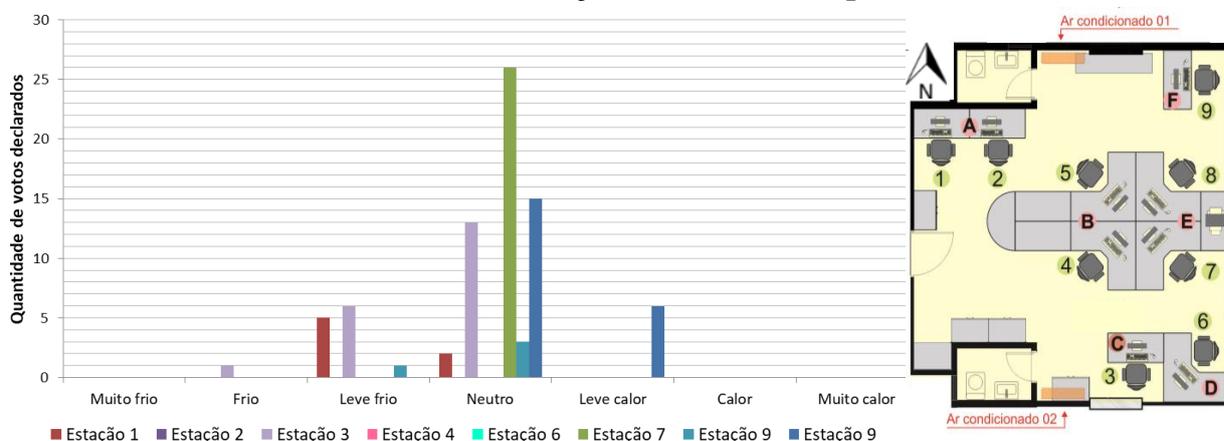
Para os ocupantes do gênero feminino, o PMV e a sensação térmica declarada apresentam tendem a apresentar as menores diferenças de valores na região onde as temperaturas operativas se aproximam de 25 °C (Gráfico 20). Foi observado que, assim como para os ocupantes do gênero masculino, o PMV predito tendeu a não estimar a sensação de calor (pontos vermelhos acima da linha cinza) em temperaturas inferiores a 26 °C.

Gráfico 20: Comparação entre o voto de sensação térmica e o voto médio predito (PMV) dos ocupantes femininos



O Gráfico 22 comprova que grande parte dos votos declarados pelos ocupantes do gênero feminino localizados nas estações de trabalho avaliadas foi de neutralidade térmica. Os únicos votos que demonstraram a sensação de frio foram os dos ocupantes da Estação 1, 3 e 9. Cabe ressaltar que estudos já demonstraram que, diante das mesmas condições, mulheres

Gráfico 22: Votos de sensação térmica dos ocupantes femininos



Fonte: A autora (2017)

apresentam maior sensibilidade ao frio do que homens (INDRAGANTI; RAO, 2010; CHOI et al., 2010).

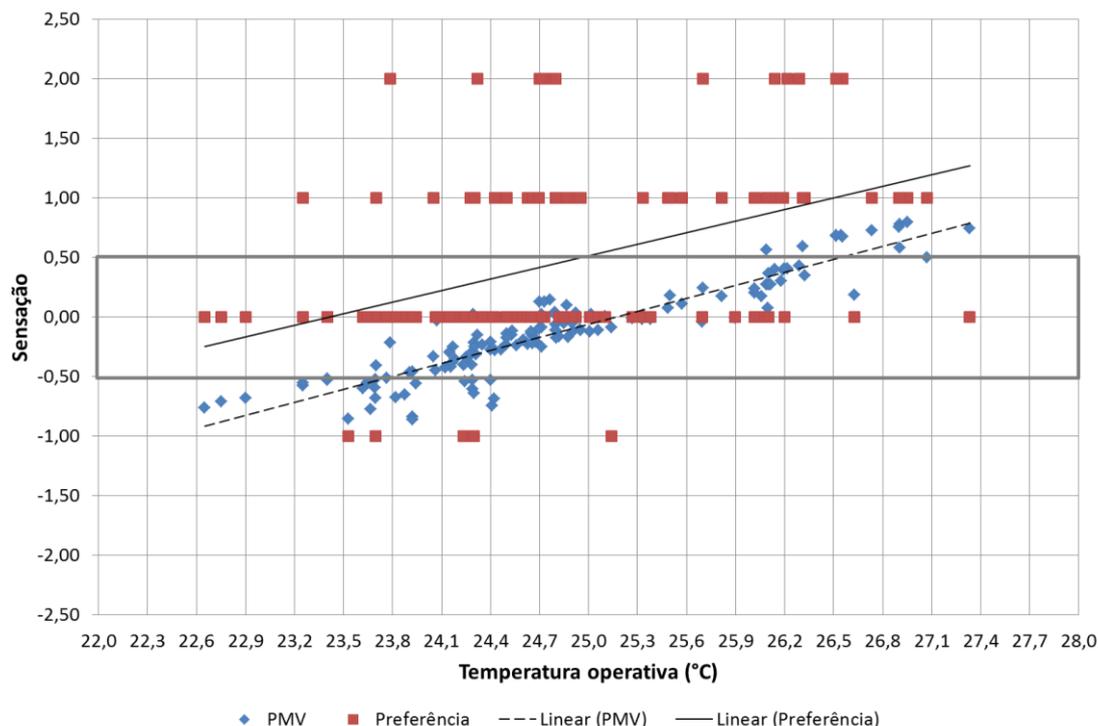
Cabe ainda esclarecer que a ocupante da estação 9 é a que possui a maior idade entre os participantes da pesquisa (48 anos), o que pode ter contribuído para a sua sensibilidade ao frio. Já a ocupante da estação 3, que também relatou desconforto ocasionado pelo frio está localizada frente ao condicionador de ar 01.

4.1.1.1 Comparação entre os votos declarados de preferência térmica e o PMV predito

Os gráficos apresentados a seguir demonstram a comparação entre os votos de preferência térmica declarados e os votos médios preditos, também calculados de maneira individual com base no modelo de Fanger (1970) e de acordo com a proposta para a parte 2 da ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) e a ASHRAE Standard 55:2017 (ASHRAE, 2017).

Observou-se que as linhas médias formadas pelo PMV e pela preferência térmica tenderam a não coincidir (Gráfico 23). É possível então afirmar que o predito e o declarado não são compatíveis em uma situação de temperatura operativa interna usual ou real. As diferenças entre as linhas de regressão variam aproximadamente de 0,7 a 0,3 na escala sétima, no intervalo entre 22,6 °C e 27,4 °C.

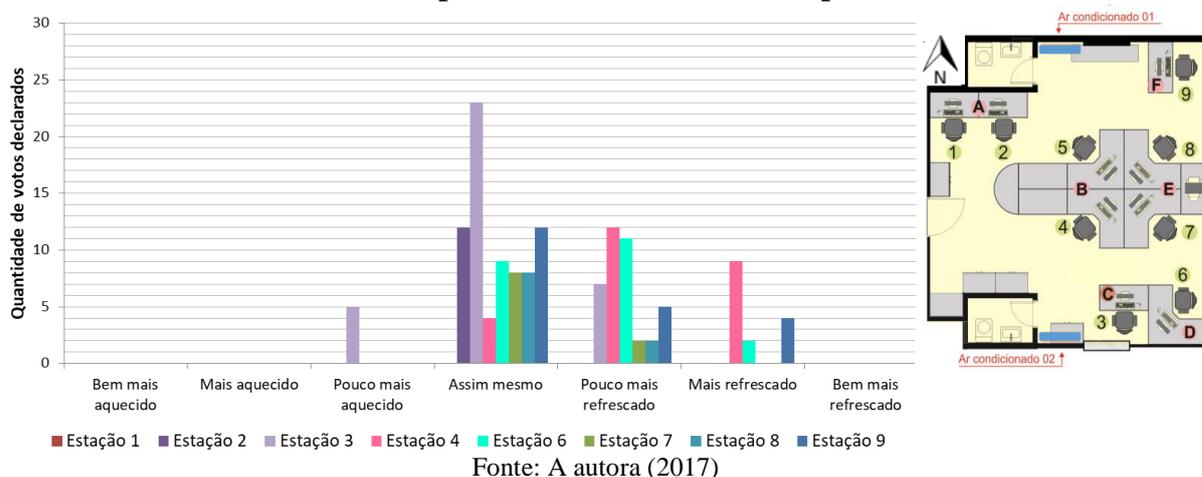
Gráfico 23: Comparação entre o voto de preferência térmica e o voto médio previsto (PMV) dos ocupantes masculinos



Fonte: A autora (2017)

A única estação de trabalho onde foram evidenciados votos que indicassem a preferência por maior aquecimento foi a 3, que – como já foi dito – está situada numa região do ambiente onde o foram constatados os maiores fluxos de ar derivados do condicionador de ar 01, em funcionamento durante o turno da manhã (Gráfico 24), fato que pode influenciado diretamente na declaração do ocupante.

Gráfico 24: Votos de preferência térmica dos ocupantes masculinos

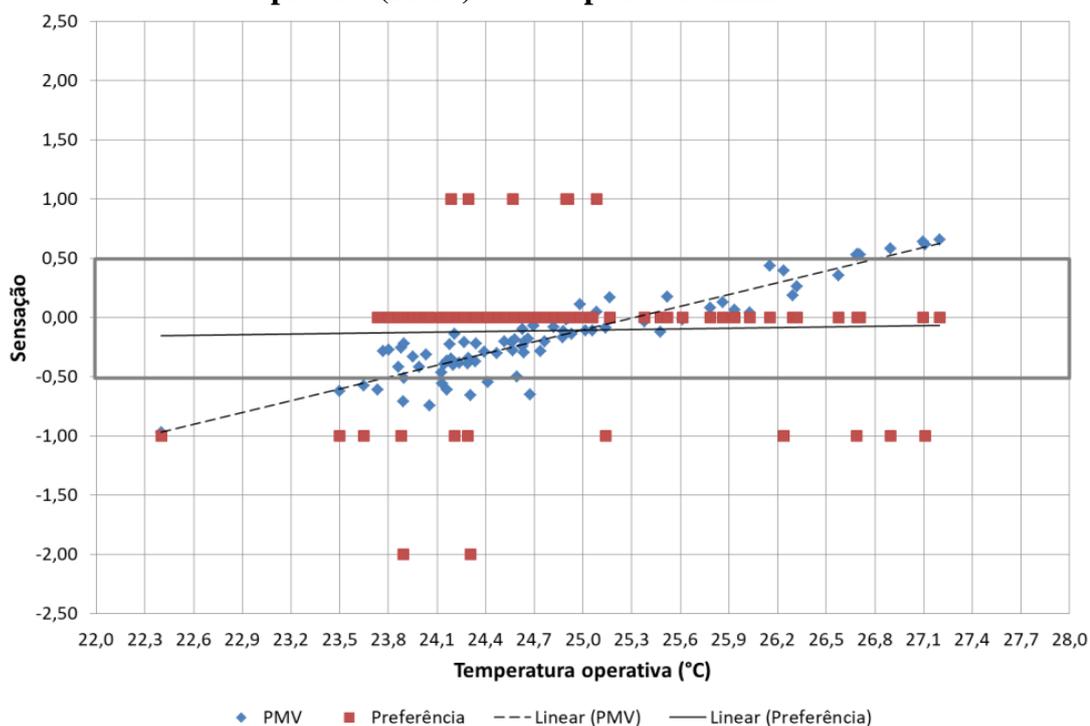


Fonte: A autora (2017)

Nota-se ainda que, para a estação 3, a maioria dos votos é pela preferência em manter as condições ou estar um pouco mais refrescado, o que reforça a possibilidade do voto por maior aquecimento ser apenas devido a ação da distribuição dos equipamentos condicionadores de ar.

O Gráfico 25 se refere à análise relacionada aos ocupantes do gênero feminino, nele é possível verificar que as linhas de tendência do PMV e da preferência térmica apresentam maiores diferenças de valores a medida que as temperaturas operativas se afastam dos 25,0 °C.

Gráfico 25: Comparação entre o voto de preferência térmica e o voto médio predito (PMV) dos ocupantes femininos



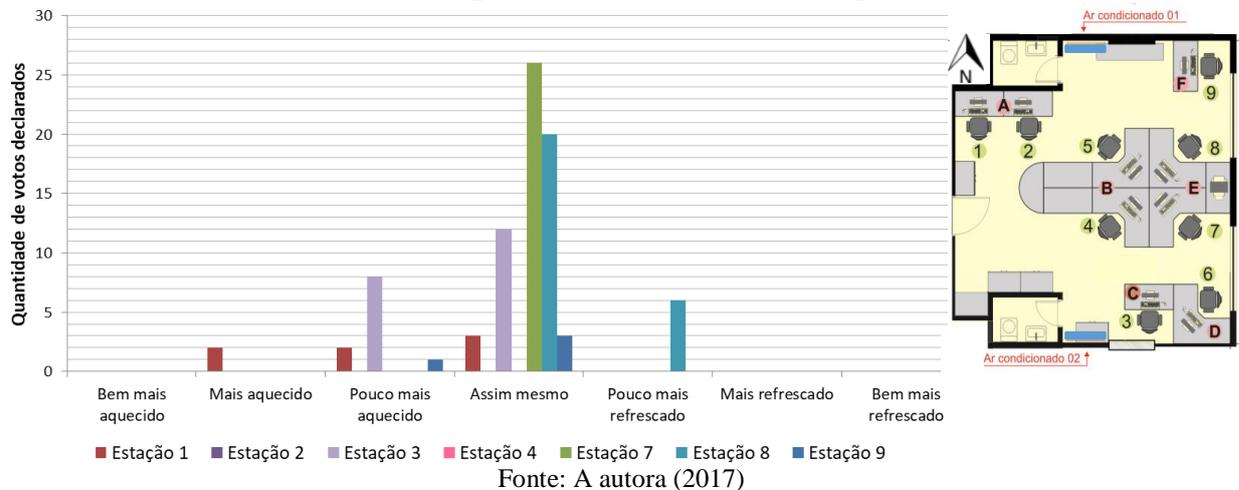
Fonte: A autora (2017)

Os únicos votos que declararam a preferência por maior aquecimento são os obtidos da Estação 1, 3 e 9 (Gráfico 26), assim ocorreu para as sensações declaradas (Gráfico 20).

As vestimentas das ocupantes das Estações 3 e 9 seguiram o padrão do restante dos usuários (ver APÊNDICE A), assim como a atividade metabólica constantes no APÊNDICE C. Ao analisar o comportamento dos fluxos de ar, verificou-se que nesses locais a ventilação proveniente do condicionador de ar é a mais baixa relacionada ao restante ambiente, portanto não foram verificadas razões pessoais e ambientais para que as respostas das ocupantes dessas estações divergissem das demais. No entanto, como cita Lin e Deng (2008) e Horr et al.

(2016), a análise fundamentada exclusivamente no modelo PMV pode apresentar inconsistências por não considerar aspectos físicos, fisiológicos e psicológicos.

Gráfico 26: Votos de preferência térmica dos ocupantes femininos



É possível constatar, ainda, que o PMV não previu as preferências relacionadas a um maior resfriamento, quando em temperaturas abaixo de 25,0 °C (pontos azuis abaixo da linha cinza), pois entre as temperaturas de 25,0 °C e 23,5 °C (Gráfico 25) o modelo previu apenas que haveria o desconforto decorrido do frio ou a neutralidade térmica. Tal situação levaria à preferência por maior aquecimento ou pela manutenção das condições. Todavia, para essa faixa de temperatura, é possível observar que algumas ocupantes declararam a preferência por um ambiente mais refrescado, o que pode indicar uma provável adaptação das ocupantes ao ambiente térmico ou mesmo uma eventual inconsistência no método de análise, por não haver previsão das necessidades de resfriamento proporcionadas pelo calor.

Os resultados relacionados à preferência térmica enfatizam a possibilidade de que estes ocupantes estejam aclimatados ao microclima interno, o que corrobora com as indagações de Luo et al. (2016), que afirmam que uso constante do condicionador de ar pode levar os indivíduos a desejarem manter as temperaturas internas cada vez mais uniformes.

A Tabela 13 e a Tabela 14, reúnem as informações da frequência de votos de PMV predito, das sensações e preferências térmicas declaradas para cada ocupante do gênero feminino. Diante dos dados apresentados na Tabela 13, 77,1% das ocupantes declararam neutralidade térmica e, o PMV calculado (Tabela 14) previu que 75,9% das ocupantes apresentariam tal sensação. O mesmo ocorreu com a sensação de calor e frio, portanto, foi possível evidenciar que o PMV predito estimou de maneira efetiva o desconforto térmico.

Tabela 13: Frequência (%) dos votos de sensação e preferência térmica obtidos dos ocupantes do gênero feminino

Mulheres			
Referência		Sensação	
Voto	Escala	Nº de votos	Representação (%)
Muito calor	3	0	0,0
Calor	2	1	1,2
Leve calor	1	5	6,0
neutro	0	64	77,1
Leve frio	-1	12	14,5
Frio	-2	1	1,2
Muito frio	-3	0	0,0
Total		83	100
Referência		Preferência	
Voto	Escala	Nº de votos	Representação (%)
Bem mais resfriado	3	0	0,0
Mais resfriado	2	0	0,0
Pouco mais resfriado	1	5	6,0
Assim mesmo	0	65	78,3
Pouco mais aquecido	-1	9	10,8
Mais aquecido	-2	4	4,8
Bem mais aquecido	-3	0	0,0
Total		83	100

Fonte: A autora (2017)

Tabela 14: Frequência (%) do PMV predito para as condições dos ocupantes do gênero feminino

Mulheres		
PMV (referência)	PMV	
	Nº de votos	Representação (%)
menor que -0,5	12	14,5
neutro	63	75,9
maior que 0,5	8	9,6
Total	83	100,0

Fonte: A autora (2017)

Do total dos ocupantes masculinos, um somatório de 40,9% declarou desejar uma condição mais resfriada (Tabela 15), no entanto, apenas 22,8% declarou a sensação de desconforto decorrente do calor, ou seja, 18,1% dos ocupantes mudariam sua condição

mesmo declarando neutralidade. Vale salientar que o PMV só estimou o desconforto decorrente pelo calor para 9,1% dos ocupantes (Tabela 16).

Cabe destacar, ainda, que os votos dos ocupantes do gênero masculino representam 61,4% da totalidade.

Tabela 15: Frequência (%) dos votos de sensação e preferência térmica obtidos dos ocupantes do gênero masculino

Homens			
Referência		Sensação	
Voto	Escala	Nº de votos	Representação (%)
Muito calor	3	0	0,0
Calor	2	1	0,8
Leve calor	1	29	22,0
neutro	0	84	63,6
Leve frio	-1	18	13,6
Frio	-2	0	0,0
Muito frio	-3	0	0,0
Total		132	100
Referência		Preferência manhã homens	
Voto	Escala	Nº de votos	Representação (%)
Mais resfriado	2	0	0,0
Mais resfriado	2	15	11,4
Pouco mais resfriado	1	39	29,5
Assim mesmo	0	73	55,3
Pouco mais aquecido	-1	5	3,8
Mais aquecido	-2	0	0,0
Bem mais aquecido	0	0	0,0
Total		132	100

Fonte: A autora (2017)

Tabela 16: Frequência (%) do PMV predito para as condições dos ocupantes do gênero masculino

Homens		
PMV (referência)	PMV	
	Nº de votos	Representação (%)
menor que -0,5	25	18,9
neutro	95	72,0
maior que 0,5	12	9,1
Total	132	100

Fonte: A autora (2017)

As preferências térmicas relatadas neste trabalho também vão de encontro às pesquisas de Indraganti e Rao (2010) e Choi et al. (2010) que apontam que os homens apresentam maior aceitabilidade a temperaturas mais baixas do que as mulheres expostas às mesmas condições.

De maneira geral foi constatado que, diante dos limites apresentados na proposta ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) – PMV +/- 0,5 – há inconsistências em algumas situações ao prever a sensação e o conforto térmico dos usuários. Mesmo nas situações onde a ventilação ultrapassava 0,20 m/s, no qual foi necessário utilizar método auxiliar para ajuste de valores das variáveis para uso do modelo analítico, o uso do PMV resultante, com os limites estabelecidos, continuou a não representar as condições reais declaradas pelos ocupantes.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as condições do ambiente térmico de um escritório de plano aberto na cidade de Maceió que utilize como estratégia de resfriamento aparelhos condicionadores de ar, de acordo com os parâmetros estabelecidos na proposta ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016), a fim de investigar a viabilidade da utilização do modelo PMV para tal situação.

O modelo analítico PMV (*Predicted Mean Vote* – Voto Médio Predito), proveniente de normas internacionais, e adotado pela proposta ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) é o mais utilizado para prever e avaliar as condições do ambiente térmico. No entanto, os resultados indicaram que, para o estudo avaliado, existem algumas inconsistências na utilização do método quando considerado o intervalo de PMV entre +/- 0,50 proposto pelas normas. Os limites estabelecidos na proposta ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) tenderam, na situação avaliada, a não estimar a sensação de calor dos ocupantes, não evidenciando a realidade para determinadas situações, mesmo nos casos onde foi efetuado o ajuste do PMV (para velocidades do ar acima de 0,20m/s).

A separação das análises por gênero permitiu afirmar que os homens apresentaram maior aceitabilidade a temperaturas mais baixas do que as mulheres e que 18,1% deles preferiria mudar sua condição, mesmo declarando neutralidade térmica. Nesta pesquisa, o PMV predito não estimou a sensação de calor de 13,7 % dos ocupantes do gênero masculino, no ambiente.

A disposição do condicionador de ar se apresentou como um fator determinante no conforto térmico dos ocupantes, pois influenciava da distribuição de fluxos de ar no ambiente. Com isso foi possível constatar a influência das condições internas ambientais sobre a sensação e a preferência térmica das pessoas a partir de vários pontos dentro do ambiente.

As estações de trabalho definidas como preferidas por 68% dos ocupantes foram as 6, 7 e 8. Nelas só foram constatados votos de neutralidade térmica ou de desconforto provocado pelo calor, nunca pelo frio; além disso, a preferência térmica desses ocupantes seguia sempre por manter as condições ou por um maior resfriamento. Embora o modelo analítico não tenha previsto a sensação de calor desses usuários, o nível de aceitabilidade térmica no ambiente foi de 100%, o que nos permite concluir que um ambiente considerado como “aceitável” pode não ser aquele elencado como “ideal”.

Estes resultados podem indicar que a proposta para ABNT CB-55: 2016 (ABNT, 2016) deva agregar novos parâmetros que retratem de maneira mais fidedigna a sensação dos

usuários de um ambiente submetido a condições semelhantes. É notável a importância da proposta no avanço em direção à formatação de uma norma de conforto térmico brasileira, entretanto, destaca-se a necessidade de estudos que colaborem com seu aprimoramento.

Tendo em vista a quantidade de situações e características nas quais o mesmo ambiente térmico pode ser analisado, a pesquisa apresentou limitações de ordem espacial e temporal, logo, mais pesquisas dessa natureza seriam necessárias para afirmar a efetivação do método.

A dissertação buscou a avaliação de parâmetros e condições de conforto térmico através de metodologia oriunda de estudo de campo e, por se tratar de medições efetuadas em escritório, no qual as pessoas encontram-se no desempenho de suas atividades rotineiras, as datas e os períodos das medições foram estabelecidos de tal maneira que não prejudicassem o desempenho normal das suas atividades.

Durante a realização deste trabalho foram observados alguns desdobramentos relacionados ao tema e que poderiam ser explorados em trabalhos futuros:

- a) Experimentos de campo em diferentes regiões climáticas, com o objetivo de contribuir para a formação de um Banco nacional de dados relativos ao conforto térmico no Brasil para que sejam fundamentados parâmetros mais contextualizados à realidade brasileira;
- b) Desenvolvimento de experimentos de campo com foco em edificações que utilizem outros sistemas de refrigeração e climatização. Tais estudos proporcionariam novas análises e conclusões a respeito da utilização da influência das tipologias e variações dos sistemas.
- c) Experimentos de campo em escritórios com outros tipos de layout. Esses estudos proporcionariam análises e conclusões acerca da influência do layout interno na percepção de conforto térmico do usuário.
- d) Desenvolvimento de experimentos de campo em ambientes residenciais, para avaliação da aplicabilidade dos métodos de avaliação das atuais normas neste tipo de edificação.

REFERÊNCIAS

- ABNT/CB-55 (2016). **3º PROJETO DE REVISÃO PARA A ABNT NBR 16401-2**. In: Conforto e Stress Térmico (Apostila de Conforto Térmico 2016), Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - LabEEE, 2016. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila%20Conforto%20T%C3%A9rmico_2016.pdf> Acesso em agosto de 2017.
- AL HERR, Y.; ARIF, M.; KATAFYGIOTOU, M.; MAZOREI, A.; KAUSHIK, A. Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: a review of the literature. **International Journal of Sustainable Built Environment**. Amsterdã, v.5, (1), p.1-11, jun. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609016300140>> Acesso em: 7 jul. 2017.
- ALLARD, F.; SANTAMOURIS, M. **Natural ventilation in buildings: a design handbook**. London: Routledge, 1998. (Serie: BEST - Building Energy and Solar Technology). ISBN: 1873936729 / 9781873936726.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **ASHRAE Standard 55-2017: thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, 2013. 58 f.
- ANDREASI, W. A. **Método para avaliação de conforto térmico em região de clima quente e úmido do Brasil**. 2009. 204 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/node/395>> Acesso em: 9 jun. 2017.
- ARAÚJO, A. P. R. **O conforto ambiental no planejamento da qualidade dos ambientes escolares: estudo de caso do Colégio Sagrado Coração de Maria**. In: Encontro nacional de conforto no ambiente construído, 5.; Encontro latino-americano de conforto no ambiente construído, 2., 1999, Fortaleza. Anais... Fortaleza: ANTAC, 1999. 1 CD-ROM.
- ARAÚJO, M. R. O. **Conforto térmico em salas de aula localizadas em clima quente e úmido: uma avaliação do limite inferior da zona de conforto**. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.
- ARAÚJO, V. M. D. **Parâmetros de Conforto Térmico para Usuários de Edificações Escolares no Litoral Nordeste Brasileiro**. 1996. 179 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- ARAÚJO, V. M. D. **Parâmetros de Conforto Térmico para Usuários de Edificações Escolares no Litoral Nordeste Brasileiro: o caso de Natal/RN**. Natal: EDUFRN, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16401: instalações de ar condicionado: sistemas centrais e unitários: parte 1 (projetos das instalações), parte 2 (parâmetros de conforto térmico) e parte 3 (qualidade do ar interior)**. Rio de Janeiro, 2008.

BATISTA, J. O. **A arquitetura e seu desempenho térmico no contexto do semi-árido alagoano**: estudos de caso em Santana do Ipanema – AL.161 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp047095.pdf>>. Acesso em: 16 de agosto de 2016.

BITTENCOURT, L. S.; CÂNDIDO, C. M. **Introdução à ventilação natural**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2008. 188 p.

BUSCH, J. F. A tale of two populations: Thermalin Air-Conditioned and Naturally Ventiled Offices in Thailand. **Energy and Buildings**. Lausanne: v.18, p. 235- 249, 1992.

BRAGER, G.S.; DE DEAR, R. **Climate, Comfort & Natural Ventilation: A New Adaptative Comfort Standard for ASHRAE Standard 55**. Paper -Center for the Building Environment. University of California, Berkeley, 2001

BRAGER, G. S., PALIAGA, G., DE DEAR, R. Operable windows, personal control, and occupant comfort. **ASHRAE Transactions**, v.110, pt. 2, p. 17-35. 2004. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.72.837&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em: 19 jul. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-1: ergonomia**. In: Segurança e Medicina do trabalho. 74. ed. São Paulo: Atlas, 2014. 1064 p., p. 321-334. (Manuais de Legislação Atlas).

CAETANO, D. S.; KALZ, D. E.; LOMARDO, L. L.B.; ROSA, L. P. Evaluation of thermal comfort and occupant satisfaction in office buildings in hot and humid climate regions by means of field survey. **Energy Procedia**, v. 115, p. 183-194, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217322166>> Acesso em: 28 jul. 2017.

CÂNDIDO, C.; ZHANG, J.; KIM, J.; DE DEAR, R.; THOMAS, L. STRAPASSON, P.; JOKO, C. Impact of workspace layout on occupant satisfaction, perceived health and productivity. In: WINDSOR CONFERENCE: Making Comfort Relevant, 9th., Windsor, 2016. **Proceedings...** Windsor: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, 2016.

CÂNDIDO, C. M. **Ventilação natural e conforto térmico em climas quentes**. Florianópolis: UFSC, 2006. 49 p. (Relatório de pesquisa). Disponível em: <http://nceub.org.uk/W2016/pdfs/session7/WC16_Candido.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2017.

CHÁVEZ, V. H. **La habitabilidad energética em edificios de oficinas**. 2002. Tesis (Doctoral) - Universidade Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2002. Disponível em:<<http://upcommons.upc.edu/handle/2117/93419>>Acesso em: 19 dez. 2017.

CHOI, J., AZIZ, A., LOFTNESS, V. Investigation on the impacts of different genders and ages on satisfaction with thermal environments in office buildings. **Building and Environment**, Amsterdã, v. 45, n. 6, p. 1529-1535, 2010.

CORBELLA, O.; CORNER, V. **Manual da arquitetura bioclimática tropical para a redução do consumo energético**. Rio de Janeiro, 2012.

CHOW, T. T.; FONG, K. F.; GIVONI, B. ZHANG, L.; CHAN, A. L. S. Thermal sensation of hong kong people with increased air speed, temperature and humidity in air-conditioned environment. **Building and Environment**, Amsterdã, v. 45, n. 10, p. 2177–2183, 2010. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310001058#>>! Acesso em: maio 2017.

CUI, W.; CAO, G.; PARK, J. H.; OUYANG, Q.; ZHU, Y. Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance. **Building and Environment**, Amsterdã, v. 68, p. 114-122. 2013. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013231300190X#!>> Acesso em 08 de Agosto de 2017.

DE DEAR, R. J. **Global Database of Thermal Comfort – Field Experiments**. ASHRAE Transactions. Atlanta: v. 104, p. 1141-1151, 1998.

DE DEAR, R. J. Thermalcomfort in practice. **Indoor Air**, Copenhagen, v. 14, Suppl. 7, p. 32-39, 2004.

DE DEAR, R. J, BRAGER, G. S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy Buildings**, v. 34, n. 6, p. 549-561, 2002.

DE DEAR, R.; BRAGER, G., COOPER, D. **Developing an adaptive model of thermal comfort and preference: final report on ASHRAE RP 884**. Atlanta: American Society of Heating Refrigerating and AirConditioning Engineers, 1997.

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005**: classe residencial relatório Brasil: sumário executivo. Rio de Janeiro, Eletrobrás; Procel, 2007. 187 p. (Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço energético Nacional 2016**: relatório final. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf Acesso em 19 de julho de 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em:< http://www.epe.gov.br/PNE/20080111_1.pdf > Acesso em 19 de julho de 2017].

FANGER, P.O. **Thermal confort**. New York: McGraw-Hill Books, 1970.

FANGER, P. O.; TOFTUM, J. Extension of the PMV model to non ir-conditioned buildings in warm climates. **Energy and Buildings**, Berkley, n 34, p. 533-536, 2002.

FONSECA, J. F. **A contribuição da ergonomia ambiental na composição cromática dos ambientes construídos de locais de trabalho de escritório**. 292 f. Dissertação de mestrado – Departamento de Artes e Design Pontíficia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em < https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/6115/6115_1.PDF > Acesso em 21 de dezembro de 2017.

FRAMPTON, K. **História crítica da arquitetura moderna**. São Paulo: Martins Fontes, 1997. 529 p.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. T. R. **Manual de conforto térmico**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 2007. 243 p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resolução n. 4, de 28 de agosto de 2017. Divulga as estimativas da População para estados e municípios com data de referência de 1 de julho de 2017. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 ago. 2017. Seção, 1, p. 58.

FRANK, S. M., RAJA, S. N., BULCAO, C. F., GOLDSTEIN, D. S. **Relative contribution of core and cutaneous temperatures to thermal comfort and autonomic responses in humans**. Journal of Applied Physiology. v. 86(5), p.1588-1593, 1999.

GRAÇA, V. A. C. **A integração dos aspectos de conforto ambiental no projeto de escolas: uso da metodologia axiomática e de exemplos simplificados**. 2008. 271 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp047109.pdf>>. Acesso em: 8 jun.2017.

GOMES, C. H. G. **Análise dos níveis de conforto térmico em um edifício de escritórios na cidade de Maringá**. 2002.127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Cesar_Henrique_De_Godoy_Gomes.pdf> Acesso em: 7 jun.2017.

GRZYBOWSKI, G. T. **Conforto térmico nas escolas públicas em Cuiabá – MT: estudo de caso**. 2004. 101 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

HAYWARD, J. S., ECKERSON, J. D., COLLIS, M. L. **Thermoregulatory heat production in man: prediction quation based on skin and core temperatures**. Journal of Applied Physiology: v. 42, p. 377-384, 1977.

HUMPHREYS, M. A. **Field Studies of Thermal Comfort Compared and Applied**. Building Services Engineer. Watfort: v. 44, p. 5-27, 1976.

HUMPHREYS, M., A., NICOL, F. Conflicting Criteria for Thermal Sensation within the Fanger Predicted Mean Vote Equation. In: **CIBSE/ASHRAE JOINT NATIONAL CONFERENCE**, Proceedings. 1996, p.153-158

INDRAGANTI, M.; RAO, D., K. Effect of age, gender, economic group and tenure on thermal comfort: a field study in residential buildings in hot and dry climate with seasonal variations. **Energy and Buildings**, v.42, p. 273-281. 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 7730**: moderate thermal environments: determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 1994.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **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. Geneva, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 8996**: ergonomics of the thermal environment: determination of metabolic rate. Geneva, 2004.

KANG, S.; OU, D.; MAK, C. M. (2017). The impact of indoor environmental quality on work productivity in university open-plan research offices. **Building and Environment**. v. 124, 2017. p. 78-89.

KIM, J., DE DEAR, R., PARKINSON, T., CANDIDO, C., COOPER, P., MA, Z. e SAMAN, W.. Field study of air-conditioning in residential buildings. In: **WINDSOR CONFERENCE**, 2016: Making Comfort Relevant, 9th., 2016, Windsor. Proceeding... Windsor: NCEUB, 2016. p. 1-18.

KJELLBERG, A.; LANDSTRÖM, U. Noise in the office: Part II - The scientific basis (knowledge base) for the guide. **International Journal Industrial Ergonomics**, v. 14, n. 1-2, 93-118, 1994.

KOENIGSBERGER O. H. et al. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Trad. Emílio Romero Ros. Madrid: Paraninfo, 1979.

KUCHEN, E. et al. Predição do índice de conforto térmico em edifícios de escritório na Alemanha. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 39-53, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v11n3/a04v11n3.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2017.

LAMBERTS, R. et al. **Conforto térmico e stress térmico**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila%20Conforto%20T%C3%A9rmico_2016.pdf. Acesso em: 13 ago.2017.

LAMBERTS, R. et al. **Towards a Brazilian standard for naturally ventilated buildings: guidelines for thermal and air movement acceptability**. Building Research and Information, 39(2), 145-153. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Towards_a_Brazilian_Standard_Complete_Version.pdf>. Acesso em 10 de agosto de 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. São Paulo: Prolivros, 2014.

LAN, L.; WARGOCKI, P.; WYON, D. P.; LIAN, Z. Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance. **Indoor Air**. v.21, 2011. p. 376- 39. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0668.2011.00714.x/pdf>> Acesso em 22 de dezembro de 2017.

LIMA, M. R. C. de. **Percepção visual aplicada à arquitetura e iluminação**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2010. 145 p.

LIN, Z.; DENG, S. A study on the thermal comfort in sleeping environments in the subtropics developing a thermal comfort model for sleeping environments, **Building and Environment**. China, v. 43, p. 70-81, 2008. Disponível em: <
http://ibse.hk/SBS5222/Building_and_Environment_v43y2008p70-81.pdf> Acesso em 10 de janeiro de 2018.

LUO, M.; CAO, B.; DAMIENS, J.; LIN, B.; ZHU, Y. The dynamics of thermal comfort expectations: the problem, challenge and implication. **Building and Environment**. Amsterdã, v. 95, p. 322-329, 2016.

MAK, C.; LUI, Y. The effect of sound on office productivity, **Building Services Engineering Research & Technology**. v.33, 2012. p. 339-345. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/241644560_The_effect_of_sound_on_office_productivity> Acesso em 20 de setembro de 2017.

MAULA, H.; HONGISTO, V.; OSTMAN, L.; HAAPAKANGAS, A.; KOSKELA, H.; HYONA, J. The effect of slightly warm temperature on work performance and comfort in open-plan officesda laboratory study. **Indoor Air**. v. 26 (2), 2016. p. 286-297. Disponível em: <
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ina.12209/pdf>> Acesso em 22 de dezembro de 2017.

MCNEIL, M; LETSCHERt, V. (2008). Future air conditioning energy consumption in developing countries and what can be done about it: the potential of efficiency in the residential sector. **ECEEE Summer Study**, Côte d'Azur, França, 2008. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/255202489_Future_Air_Conditioning_Energy_Consumption_in_Developing_Countriesand_what_can_be_done_about_it_The_Potential_of_Efficiency_in_theResidential_Sector> Acesso em: 29 de outubro de 2017.

MIGUEL, A. S. S. R. **Manual de higiene e segurança do trabalho**. 13. ed. Porto: Porto Editora, 2014. 480 f.

NICOL, F. Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics. **Energy and Buildings**, v.36, p. 628-637. 2004. Disponível em: <
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778804000155>> Acesso em 17 de junho de 2015.

NICOL, F; JAMY, G.N.; SYKES, O.; HUMPHREYS, M.; ROAF, S.; HANCOCK, M. A Survey of Thermal Comfort in Pakistan toward new indoor temperature standards. Oxford: Oxford Brookes University, School of Architecture, 1994.

RUAS, A. C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. São Paulo: Fundacentro, 1999. 97 p.

RUAS, A. C. **Avaliação de conforto térmico contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. 2001. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2001. Disponível em:
<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca->

digital/publicacao/detalhe/2011/7/avaliacao-de-conforto-termico-contribuicao-a-aplicacao-pratica-das-normas-internacionais. Acesso em: 12 set. 2017.

RUPP, R. F.; VECCHI, R.; ASMUS, B. F.; CÂNDIDO, C.; GHISI, E. Conforto térmico humano em escritórios com sistema central de condicionamento artificial em clima subtropical úmido: estudos de campo vs. abordagem analítica. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 17, n 1, p. 111-123, 2017. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v17n1/1678-8621-ac-17-01-0111.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

SHOSHKES L. **Space planning**: designing the office environment. New York: Architectural Record Books, 1976. 8p.

TANABE, S.; IWAHASHI, Y.; TSUSHIMA, S. Thermal comfort and productivity in offices under mandatory electricity savings after the Great East Japan earthquake. **Architectural Science Review**, v. 56, p. 4-13, 2013. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2012.744296>>. Acesso em: 7 mar. 2017.

VAN DER LINDEN, A. C., BOERSTRA, A. C., RAUE, A. K., KURVERS, S. R., DE DEAR, R. J., Adaptive temperature limits: a new guideline in the Netherlands – a new approach for the assessment of building performance with respect to thermal indoor climate. **Energy and Buildings**, v.38, p8-17. 2006. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778805000460>> acesso em 17 de junho de 2015.

VECCHI, R. **Avaliação de conforto térmico em edificações comerciais que operam sob sistemas mistos de condicionamento ambiental em clima temperado e úmido**. 2015. 237 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/Tese_VersaoFinal_Renata%20De%20Vecchi.pdf>. Acesso em: 10 nov.2017.

XAVIER, A. A. de P. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias: teoria física aplicada a estudos de campo**. 2000. 247 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE_Antonio_Augusto_Xavier.pdf> Acesso em: 7 mar. 2017.

XAVIER, A. A. P., LAMBERTS, R. Thermal Comfort in Free Running School Buildings, in South Brazil. In: **2ª European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings and 3ª International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings**. *Proceedings*. Lyon: 1998, p. 213-218.

XAVIER, A. A. P., LAMBERTS, R. Proposta de Zona de Conforto Térmico obtida a partir de Estudos de Campo em Florianópolis In: **II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído e V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**, *Anais em CD ROM*. Fortaleza, 1999.

APÊNDICE A

1. Caracterização relatada pelos ocupantes.

Tabela A. 1: Tabela resumo das características relatadas pelos ocupantes durante o experimento

Data	Turno	Estação	Gênero	Idade	Vestimenta													Vestimenta resultante (clo)	Peso (kg)	Altura (m)	Atividade		
					Calcinha	Soutien	Cueca	Blusa leve fina	Camiseta	Camisa manga curta	Camisa manga longa	Sapato sola grossa (couro)	Sapato sola fina	Sandália rasteira	Meia soquete fina	Meia de nylon longa	Calça jeans						
05/05/17	Manhã	01	F	48	0,03	0,01		0,17						0,02				0,24	0,5	77,00	1,58	Computador	
		03	M	23			0,04			0,19		0,03					0,02	0,24	0,5	90,00	1,70	Computador	
		06	M	31			0,04				0,25	0,03					0,02	0,24	0,6	71,00	1,70	Computador	
		07	F	31	0,03	0,01		0,17						0,02				0,24	0,5	59,00	1,65	Computador	
		08	F	33	0,03	0,01		0,17							0,02			0,24	0,5	64,00	1,67	Computador	
08/05/17	Manhã	02	M	42			0,04			0,19		0,03						0,24	0,5	93,00	1,78	Computador	
		03	M	23			0,04			0,19		0,03					0,02	0,24	0,5	90,00	1,70	Computador	
		04	M	23			0,04			0,19		0,03					0,02	0,24	0,5	90,00	1,70	Computador	
		08	F	33	0,03	0,01		0,17					0,02					0,24	0,5	64,00	1,67	Computador	
		09	M	37			0,04				0,25	0,03					0,02	0,24	0,6	89,00	1,74	Computador	
	Tarde	03	F	33	0,03	0,01				0,19				0,02					0,24	0,5	59,00	1,54	Computador
		04	M	32			0,04				0,25	0,03						0,24	0,6	75,00	1,65	Computador	
		06	M	31			0,04				0,25	0,03					0,02	0,24	0,6	71,00	1,70	Computador	
		08	M	41			0,04				0,25	0,03						0,24	0,6	74,00	1,80	Computador	
		09	M	37			0,04				0,25	0,03					0,02	0,24	0,6	89,00	1,74	Computador	

Continua

Fonte: A autora

Data	Turno	Estação	Gênero	Idade	Vestimenta													Vestimenta Resultante (clo)	Peso (kg)	Altura (m)	Atividade	
					Calcinha	Soutien	Cueca	Blusa leve fina	Camiseta	Camisa manga curta	Camisa manga longa	Sapato sola grossa (couro)	Sapato sola fina	Sandália rasteira	Meia soquete fina	Meia de nylon longa	Calça jeans					
09/05/17	Manhã	01	F	48	0,03	0,01			0,12	0,19			0,02				0,24	0,6	77,00	1,58	Computador	
		02	M	42			0,04			0,19			0,03				0,24	0,5	93,00	1,78	Computador	
		03	M	23			0,04			0,19			0,03				0,02	0,24	0,5	90,00	1,70	Computador
		04	M	23			0,04			0,19			0,03				0,02	0,24	0,5	90,00	1,70	Computador
		06	M	34			0,04			0,19			0,02		0,02		0,24	0,5	87,00	1,86	Computador	
		07	F	31	0,03	0,01					0,25			0,02				0,24	0,6	59,00	1,65	Computador
		08	F	33	0,03	0,01				0,19				0,02				0,24	0,5	64,00	1,67	Computador
	09	M	37			0,04				0,25			0,02			0,02	0,24	0,6	89,00	1,74	Computador	
	Tarde	03	F	33	0,03	0,01				0,19			0,02		0,02		0,24	0,5	59,00	1,54	Computador	
04		M	32			0,04			0,19			0,03		0,02		0,24	0,5	75,00	1,65	Computador		
07		M	41			0,04				0,25	0,03					0,24	0,6	74,00	1,80	Computador		
11/05/17	Manhã	03	M	23			0,04			0,19		0,03				0,02	0,24	0,5	90,00	1,70	Computador	
		07	F	31	0,03	0,01				0,19			0,02				0,24	0,5	59,00	1,65	Computador	
		08	F	33	0,03	0,01			0,12	0,19			0,02				0,24	0,6	64,00	1,67	Computador	
		09	F	33	0,03	0,01				0,19			0,02				0,24	0,5	59,00	1,54	Computador	
12/05/17	Manhã	03	M	23			0,04			0,19			0,02			0,02	0,24	0,5	90,00	1,70	Computador	
		06	M	31			0,04			0,19		0,03		0,02			0,24	0,5	71,00	1,70	Computador	
		07	F	31	0,03	0,01				0,19			0,02				0,24	0,5	59,00	1,65	Computador	

Fonte: A autora

APÊNDICE B

Cálculo dos índices de PMV/PPD para cada turno de medição.

1. Período da manhã:

Tabela B. 1: PMV e PPD calculados para o turno da manhã

PMV calculado - Turno da manhã									
Estação	Hora	05/05/17	08/05/17	09/05/17	11/05/17	12/05/17	PMV Médio/hora	PMV Médio/posto	PPD
1	08h30	-0,71					-0,71	-0,36	8,13
	09h00	-0,66		-0,14			-0,40		
	09h30			-0,29			-0,29		
	10h00			-0,26			-0,26		
	10h30			-0,28			-0,28		
	11h00			-0,22			-0,22		
	11h30								
	12h00								
	12h30								
	13h00								
2	08h30							0,04	5,04
	09h00								
	09h30		0,08				0,08		
	10h00		0,18				0,18		
	10h30		0,21				0,21		
	11h00		0,19				0,19		
	11h30		-0,01	-0,27			-0,14		
	12h00		-0,02	-0,56			-0,29		
	12h30		-0,12	-0,38			-0,25		
	13h00		-0,01	-0,59			-0,30		
3	08h30	-0,47			-0,04	-0,60	-0,37	-0,38	8,48
	09h00	-0,53			-0,19	-0,46	-0,39		
	09h30	-0,25	0,27	-0,77	-0,65	-0,55	-0,39		
	10h00	-0,74	0,27	-0,84	-0,16	-0,51	-0,40		
	10h30	-0,68		-0,68		-0,53	-0,63		
	11h00	-0,40	0,35	-0,86		-0,40	-0,33		
	11h30	-0,60	0,24			-0,42	-0,26		
	12h00	-0,64	0,08			-0,39	-0,32		
	12h30	-0,85	0,02			-0,42	-0,42		
	13h00	-0,52	0,11			-0,34	-0,25		
4	08h30							-0,40	9,12
	09h00			-0,31			-0,31		
	09h30			-0,54			-0,54		
	10h00			-0,67			-0,67		
	10h30		0,27	-0,45			-0,09		
	11h00								
	11h30								
	12h00								
	12h30								
	13h00								

(continua)

Fonte: A autora

PMV calculado - Turno da manhã									
Estação	Hora	05/05/17	08/05/17	09/05/17	11/05/17	12/05/17	PMV Médio/hora	PMV Médio/posto	PPD
6	08h30							-0,09	5,16
	09h00			0,06			0,06		
	09h30			-0,10			-0,10		
	10h00			-0,11			-0,11		
	10h30			-0,04		-0,11	-0,08		
	11h00	-0,06		-0,07		-0,21	-0,11		
	11h30	-0,08		-0,05		-0,17	-0,10		
	12h00	-0,08		0,11		-0,22	-0,06		
	12h30	-0,19		0,09		-0,24	-0,11		
	13h00	-0,25		0,00		-0,23	-0,16		
7	08h30	-0,80			-0,02	-0,61	-0,48	-0,43	9,87
	09h00	-0,55		-0,25	-0,11	-0,38	-0,32		
	09h30	-0,31		-0,40	-0,56	-0,40	-0,42		
	10h00	-0,46		-0,42	-0,14		-0,34		
	10h30	-0,30		-0,31			-0,31		
	11h00	-0,31		-0,46			-0,38		
	11h30	-0,64		-0,30			-0,47		
	12h00	-0,34		-0,37			-0,35		
	12h30	-0,69		-0,50			-0,59		
	13h00	-0,59		-0,75			-0,67		
8	08h30	-0,60			0,17		-0,21	-0,19	5,76
	09h00	-0,62			0,17		-0,22		
	09h30	-0,17	0,04		-0,22		-0,12		
	10h00	-0,23	0,18		0,11		0,02		
	10h30	-0,54	0,26				-0,14		
	11h00	-0,24	0,36				0,06		
	11h30	-0,43	0,07	-0,28			-0,22		
	12h00	-0,45	-0,12	-0,55			-0,37		
	12h30	-0,47	0,08	-0,65			-0,35		
	13h00	-0,46	0,13	-0,61			-0,31		
9	08h30				-0,02		-0,02	0,02	5,01
	09h00			-0,08	-0,09		-0,09		
	09h30		0,40	-0,15	-0,17		0,03		
	10h00		0,41	-0,21	-0,11		0,03		
	10h30		0,43	-0,25			0,09		
	11h00		0,40	-0,12			0,14		
	11h30			0,04			0,04		
	12h00			0,02			0,02		
	12h30								
13h00			-0,10			-0,10			
Média geral								-0,23	
PPD									6,21

Fonte: A autora

2. Período da tarde:

Tabela B. 2:PMV e PPD calculados para o turno da tarde

PMV Tarde						
Estação	Hora	08/05/17	09/05/17	PMV Médio/hora	PMV Médio/po sto	PPD
3	14h00	0,32		0,32	0,09	5,18
	14h30	0,48	-0,68	-0,10		
	15h00	0,07	-0,49	-0,21		
	15h30	0,55	-0,41	0,07		
	16h00	0,34	-0,43	-0,05		
	16h30	0,43	-0,35	0,04		
	17h00	0,40	-0,46	-0,03		
	17h30	0,44	-0,29	0,08		
	18h00	0,45		0,45		
	18h30	0,36		0,36		
4	14h00	0,40	-0,47	-0,03	0,13	5,38
	14h30	0,66	-0,39	0,13		
	15h00	0,44	-0,20	0,12		
	15h30	0,64	-0,18	0,23		
	16h00	0,61	-0,20	0,20		
	16h30	0,58	-0,12	0,23		
	17h00	0,53	-0,30	0,12		
	17h30	0,53	-0,03	0,25		
	18h00	0,52	-0,38	0,07		
	18h30	0,54	-0,51	0,02		
6	14h00	0,30		0,30	0,52	12,77
	14h30	0,74		0,74		
	15h00					
	15h30					
	16h00					
	16h30					
	17h00					
	17h30					
	18h00					
	18h30					
9	14h00				0,54	13,42
	14h30	0,50		0,50		
	15h00					
	15h30	0,58		0,58		
	16h00					
	16h30					
	17h00					
	17h30					
	18h00					
	18h30					
Média geral					0,32	
PPD					7,48	

Fonte: A autora

3. Sensações térmicas relatadas no período da manhã:

Tabela B. 3: Cálculo das sensações relatadas para o turno da manhã

Sensações - Turno da manhã								
Estação	Hora	05/05/17	08/05/17	09/05/17	11/05/17	12/05/17	Sensações Média/hora	Sensações Média/posto
1	08h30	-1,00					-1,00	-0,67
	09h00	-1,00		-1,00			-1,00	
	09h30			-1,00			-1,00	
	10h00			0,00			0,00	
	10h30			-1,00			-1,00	
	11h00			0,00			0,00	
	11h30							
	12h00							
	12h30							
	13h00							
2	08h30							0,00
	09h00							
	09h30		0,00				0,00	
	10h00		0,00				0,00	
	10h30		0,00				0,00	
	11h00		0,00				0,00	
	11h30		0,00	0,00			0,00	
	12h00		0,00	0,00			0,00	
	12h30		0,00	0,00			0,00	
	13h00		0,00	0,00			0,00	
3	08h30	-1,00			0,00	0,00	-0,33	-0,08
	09h00	-1,00			0,00	0,00	-0,33	
	09h30	-1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	10h00	-1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	10h30	-1,00		0,00		0,00	-0,33	
	11h00	-1,00	2,00	0,00		0,00	0,25	
	11h30	-1,00	1,00			0,00	0,00	
	12h00	-1,00	1,00			0,00	0,00	
	12h30	-1,00	1,00			0,00	0,00	
	13h00	-1,00	1,00			0,00	0,00	
4	08h30							0,13
	09h00			0,00			0,00	
	09h30			0,00			0,00	
	10h00			0,00			0,00	
	10h30		1,00	0,00			0,50	
	11h00							
	11h30							
	12h00							
	12h30							
	13h00							

Continua

Sensações - Turno da manhã								
Estação	Hora	05/05/17	08/05/17	09/05/17	11/05/17	12/05/17	Sensações Média/hora	Sensações Média/posto
6	08h30							0,31
	09h00			0,00			0,00	
	09h30			0,00			0,00	
	10h00			0,00			0,00	
	10h30			1,00		0,00	0,50	
	11h00	1,00		1,00		0,00	0,67	
	11h30	1,00		1,00		0,00	0,67	
	12h00	0,00		1,00		0,00	0,33	
	12h30	0,00		1,00		0,00	0,33	
	13h00	0,00		1,00		0,00	0,33	
7	08h30	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
	09h00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	
	09h30	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	
	10h00	0,00		0,00	0,00		0,00	
	10h30	0,00		0,00			0,00	
	11h00	0,00		0,00			0,00	
	11h30	0,00		0,00			0,00	
	12h00	0,00		0,00			0,00	
	12h30	0,00		0,00			0,00	
	13h00	0,00		0,00			0,00	
8	08h30	1,00			0,00		0,50	0,30
	09h00	1,00			0,00		0,50	
	09h30	2,00	0,00		0,00		0,67	
	10h00	1,00	0,00		0,00		0,33	
	10h30	1,00	0,00				0,50	
	11h00	1,00	0,00				0,50	
	11h30	0,00	0,00	0,00			0,00	
	12h00	0,00	0,00	0,00			0,00	
	12h30	0,00	0,00	0,00			0,00	
	13h00	0,00	0,00	0,00			0,00	
9	08h30				0,00		0,00	0,07
	09h00			0,00	-1,00		-0,50	
	09h30		1,00	0,00	0,00		0,33	
	10h00		1,00	0,00	0,00		0,33	
	10h30		1,00	0,00			0,50	
	11h00		0,00	0,00			0,00	
	11h30			0,00			0,00	
	12h00			0,00			0,00	
	12h30							
	13h00			0,00			0,00	
Média geral								0,01

Fonte: A autora

4. Sensações térmicas relatadas no período da tarde:

Tabela B. 4: Cálculo das sensações relatadas para o turno da tarde

Sensações - Turno da tarde					
Estação	Hora	08/05/2017	09/05/2017	Sensações Média/hora	Sensações Média/posto
3	14h00	-1,00		-1,00	-0,25
	14h30	0,00	-1,00	-0,50	
	15h00	0,00	0,00	0,00	
	15h30	0,00	0,00	0,00	
	16h00	-1,00	0,00	-0,50	
	16h30	-1,00	0,00	-0,50	
	17h00	0,00	0,00	0,00	
	17h30	0,00	0,00	0,00	
	18h00	0,00		0,00	
	18h30	0,00		0,00	
4	14h00	0,00	-1,00	-0,50	-0,35
	14h30	0,00	-1,00	-0,50	
	15h00	0,00	-1,00	-0,50	
	15h30	0,00	0,00	0,00	
	16h00	0,00	0,00	0,00	
	16h30	-1,00	0,00	-0,50	
	17h00	1,00	-1,00	0,00	
	17h30	0,00	-1,00	-0,50	
	18h00	0,00	-1,00	-0,50	
	18h30	0,00	-1,00	-0,50	
6	14h00	1,00		0,50	0,25
	14h30	0,00		0,00	
	15h00				
	15h30				
	16h00				
	16h30				
	17h00				
	17h30				
	18h00				
	18h30				
9	14h00				0,00
	14h30	0,00		0,00	
	15h00				
	15h30	0,00		0,00	
	16h00				
	16h30				
	17h00				
	17h30				
	18h00				
	18h30				
Média geral					-0,06

Fonte: A autora

5. Preferências térmicas relatadas no período da manhã:

Tabela B. 5: Calculo das preferências térmicas relatadas para o turno da manhã

Preferências - Turno da manhã								
Estação	Hora	05/05/17	08/05/17	09/05/17	11/05/17	12/05/17	Preferências Média/hora	Preferências Média/ posto
1	08h30	-2,00					-2,00	-0,75
	09h00	-2,00		-1,00			-1,50	
	09h30			0,00			0,00	
	10h00			-1,00			-1,00	
	10h30			0,00			0,00	
	11h00			0,00			0,00	
	11h30							
	12h00							
	12h30							
	13h00							
2	08h30							0,00
	09h00							
	09h30		0,00				0,00	
	10h00		0,00				0,00	
	10h30		0,00				0,00	
	11h00		0,00				0,00	
	11h30		0,00	0,00			0,00	
	12h00		0,00	0,00			0,00	
	12h30		0,00	0,00			0,00	
	13h00		0,00	0,00			0,00	
3	08h30	0,00			0,00	0,00	0,00	0,04
	09h00	0,00			0,00	0,00	0,00	
	09h30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,20	
	10h00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,20	
	10h30	0,00		0,00		0,00	0,00	
	11h00	-1,00	1,00	0,00		0,00	0,00	
	11h30	-1,00	1,00			0,00	0,00	
	12h00	-1,00	1,00			0,00	0,00	
	12h30	-1,00	1,00			0,00	0,00	
	13h00	-1,00	1,00			0,00	0,00	
4	08h30							0,13
	09h00			0,00			0,00	
	09h30			0,00			0,00	
	10h00			0,00			0,00	
	10h30		1,00	0,00			0,50	
	11h00							
	11h30							
	12h00							
	12h30							
	13h00							

Continua

Preferências - Turno da manhã								
Estação	Hora	05/05/17	08/05/17	09/05/17	11/05/17	12/05/17	Preferências Média/hora	Preferências Média/ posto
6	08h30							0,56
	09h00			0,00			0,00	
	09h30			0,00			0,00	
	10h00			0,00			0,00	
	10h30			1,00		1,00	1,00	
	11h00	2,00		1,00		1,00	1,33	
	11h30	2,00		1,00		1,00	1,33	
	12h00	0,00		1,00		1,00	0,67	
	12h30	0,00		1,00		0,00	0,33	
	13h00	0,00		1,00		0,00	0,33	
7	08h30	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
	09h00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	
	09h30	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	
	10h00	0,00		0,00	0,00		0,00	
	10h30	0,00		0,00			0,00	
	11h00	0,00		0,00			0,00	
	11h30	0,00		0,00			0,00	
	12h00	0,00		0,00			0,00	
	12h30	0,00		0,00			0,00	
	13h00	0,00		0,00			0,00	
8	08h30	1,00			0,00		0,50	0,27
	09h00	1,00			0,00		0,50	
	09h30	1,00	0,00		0,00		0,33	
	10h00	1,00	0,00		0,00		0,33	
	10h30	1,00	0,00				0,50	
	11h00	1,00	0,00				0,50	
	11h30	0,00	0,00	0,00			0,00	
	12h00	0,00	0,00	0,00			0,00	
	12h30	0,00	0,00	0,00			0,00	
	13h00	0,00	0,00	0,00			0,00	
9	08h30				0,00		0,00	0,37
	09h00			0,00	-1,00		-0,50	
	09h30		2,00	0,00	0,00		0,67	
	10h00		2,00	0,00	0,00		0,67	
	10h30		2,00	0,00			1,00	
	11h00		1,00	0,00			0,50	
	11h30			0,00			0,00	
	12h00			0,00			0,00	
	12h30							
	13h00			1,00			1,00	
Média geral								0,08

Fonte: A autora

6. Preferências térmicas relatadas no período da tarde:

Tabela B. 6: Calculo das preferências térmicas relatadas para o turno da tarde

Preferências - Turno da tarde					
Estação	Hora	08/05/17	09/05/17	Preferências Média/hora	Preferências Média/posto
3	14h00	-1,00		-1,00	-0,30
	14h30	0,00	-1,00	-0,50	
	15h00	0,00	0,00	0,00	
	15h30	0,00	0,00	0,00	
	16h00	-1,00	0,00	-0,50	
	16h30	-1,00	0,00	-0,50	
	17h00	-1,00	0,00	-0,50	
	17h30	0,00	0,00	0,00	
	18h00	0,00		0,00	
	18h30	0,00		0,00	
4	14h00	1,00	0,00	0,50	0,80
	14h30	1,00	0,00	0,50	
	15h00	1,00	0,00	0,50	
	15h30	1,00	0,00	0,50	
	16h00	1,00	0,00	0,50	
	16h30	1,00	1,00	1,00	
	17h00	2,00	0,00	1,00	
	17h30	2,00	1,00	1,50	
	18h00	2,00	0,00	1,00	
	18h30	2,00	0,00	1,00	
6	14h00	1,00		1,00	0,50
	14h30	0,00		0,00	
	15h00				
	15h30				
	16h00				
	16h30				
	17h00				
	17h30				
	18h00				
	18h30				
9	14h00				1,00
	14h30	1,00		1,00	
	15h00				
	15h30	1,00		1,00	
	16h00				
	16h30				
	17h00				
	17h30				
	18h00				
	18h30				
Média geral					0,50

Fonte: A autora

Tabela B. 7: Cálculo das sensações térmicas relatadas para o turno da tarde (velocidade acima de 0,20m/s)

Sensações - Turno da tarde velocidade acima de 0,20m/s					
Estação	Hora	08/05/2017	09/05/2017	Média/hora	Média/posto
3	14h00		-1,0	-0,97	-0,32
	14h30				
	15h00				
	15h30				
	16h00				
	16h30				
	17h00				
	17h30				
	18h00		0,0	0,00	
	18h30		0,0	0,00	
7	14h00		0,00	0,00	0,20
	14h30		0,00	0,00	
	15h00		0,00	0,00	
	15h30		0,00	0,00	
	16h00		0,00	0,00	
	16h30		1,00	1,00	
	17h00		0,00	0,00	
	17h30		1,00	1,00	
	18h00		0,00	0,00	
	18h30		0,00	0,00	
8	14h00	0,00		0,00	0,00
	14h30	0,00		0,00	
	15h00	0,00		0,00	
	15h30	0,00		0,00	
	16h00	0,00		0,00	
	16h30	-1,00		-1,00	
	17h00	1,00		1,00	
	17h30	0,00		0,00	
	18h00	0,00		0,00	
	18h30	0,00		0,00	
9	14h00	1,00		1,00	0,50
	14h30				
	15h00	1,00		1,00	
	15h30				
	16h00				
	16h30				
	17h00	0,00		0,00	
	17h30	0,00		0,00	
	18h00				
	18h30				
Média geral					0,23

Fonte: A autora

Tabela B. 8: Calculo das preferências térmicas relatadas para o turno da tarde (velocidade acima de 0,20m/s)

Preferências - Turno da tarde velocidade acima de 0,20m/s					
Estação	Hora	08/05/2017	09/05/2017	Média/hora	Média/posto
3	14h00		-1,0	-0,97	-0,32
	14h30				
	15h00				
	15h30				
	16h00				
	16h30				
	17h00				
	17h30				
	18h00		0,0	0,00	
	18h30		0,0	0,00	
7	14h00		0,00	0,00	0,20
	14h30		0,00	0,00	
	15h00		0,00	0,00	
	15h30		0,00	0,00	
	16h00		0,00	0,00	
	16h30		1,00	1,00	
	17h00		0,00	0,00	
	17h30		1,00	1,00	
	18h00		0,00	0,00	
	18h30		0,00	0,00	
8	14h00	1,00		1,00	0,20
	14h30	0,00		0,00	
	15h00	1,00		1,00	
	15h30	0,00		0,00	
	16h00	0,00		0,00	
	16h30	0,00		0,00	
	17h00	0,00		0,00	
	17h30	0,00		0,00	
	18h00	0,00		0,00	
	18h30	0,00		0,00	
9	14h00	1,00		1,00	0,75
	14h30				
	15h00	2,00		2,00	
	15h30				
	16h00				
	16h30				
	17h00	0,00		0,00	
	17h30	0,00		0,00	
	18h00				
	18h30				
Média geral					0,38

Fonte: A autora

APÊNDICE C

Tabela C. 1: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 05/05/17, turno da manhã.

Estação	Hora	Temperatura do ar (°C)	Temperatura radiante média (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Umidade relativa (%)	Atividade	Vestimenta	Temperatura operativa (°C)	PMV
01	08h30	24,2	23,6	0,05	41,7	1,1	0,4	23,9	-0,7
	09h00	24,5	24,1	0,12	42,9	1,1	0,4	24,3	-0,7
03	08h30	24,3	23,5	0,05	40,7	1,1	0,5	23,9	-0,5
	09h00	24,7	23,8	0,15	41,2	1,1	0,5	24,3	-0,5
	09h30	24,8	24,6	0,10	40,2	1,1	0,5	24,7	-0,2
	10h00	24,8	23,9	0,25	40,0	1,1	0,5	24,4	-0,7
	10h30	24,7	24,0	0,22	39,8	1,1	0,5	24,4	-0,7
	11h00	24,6	23,9	0,10	39,9	1,1	0,5	24,2	-0,4
	11h30	24,5	24,1	0,17	39,8	1,1	0,5	24,3	-0,6
	12h00	24,3	24,3	0,18	39,3	1,1	0,5	24,3	-0,6
	12h30	24,4	22,7	0,18	39,6	1,1	0,5	23,5	-0,9
13h00	24,5	22,9	0,09	40,9	1,1	0,5	23,7	-0,5	
06	11h00	25,8	23,7	0,02	37,6	1,1	0,6	24,8	-0,1
	11h30	25,8	23,6	0,04	37,4	1,1	0,6	24,7	-0,1
	12h00	25,8	23,6	0,05	36,7	1,1	0,6	24,7	-0,1
	12h30	26,0	22,6	0,05	37,0	1,1	0,6	24,3	-0,2
	13h00	26,0	22,2	0,07	38,1	1,1	0,6	24,1	-0,3
07	08h30	25,4	22,4	0,17	39,3	1,1	0,5	23,9	-0,8
	09h00	25,9	22,9	0,14	39,8	1,1	0,5	24,4	-0,6
	09h30	26,0	23,6	0,10	38,7	1,1	0,5	24,8	-0,3
	10h00	25,9	23,2	0,12	38,7	1,1	0,5	24,6	-0,5
	10h30	25,9	23,5	0,08	38,0	1,1	0,5	24,7	-0,3
	11h00	25,9	23,5	0,06	37,7	1,1	0,5	24,7	-0,3
	11h30	25,7	22,9	0,16	37,8	1,1	0,5	24,3	-0,6
	12h00	25,6	23,7	0,06	37,6	1,1	0,5	24,6	-0,3
	12h30	25,6	22,1	0,12	37,9	1,1	0,5	23,9	-0,7
13h00	25,6	22,3	0,10	38,9	1,1	0,5	24,0	-0,6	
08	08h30	25,4	23,2	0,14	39,3	1,1	0,5	24,3	-0,6
	09h00	25,9	22,5	0,14	39,8	1,1	0,5	24,2	-0,6
	09h30	26,0	24,1	0,05	38,7	1,1	0,5	25,1	-0,2
	10h00	25,9	23,9	0,05	38,7	1,1	0,5	24,9	-0,2
	10h30	25,9	23,2	0,15	38,0	1,1	0,5	24,6	-0,5
	11h00	25,9	23,9	0,05	37,7	1,1	0,5	24,9	-0,2
	11h30	25,7	23,4	0,11	37,8	1,1	0,5	24,6	-0,4
	12h00	25,6	23,7	0,12	37,6	1,1	0,5	24,6	-0,5
	12h30	25,6	22,8	0,07	37,9	1,1	0,5	24,2	-0,5
	13h00	25,6	22,9	0,09	38,9	1,1	0,5	24,3	-0,5

Fonte: A autora (2017)

Tabela C. 2: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 08/05/17, turno da manhã.

Estação	Hora	Temperatura do ar (°C)	Temperatura radiante média (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Umidade relativa (%)	Atividade	Vestimenta	Temperatura operativa (°C)	PMV
02	09h30	25,7	26,5	0,14	45,9	1,1	0,5	26,1	0,08
	10h00	25,7	26,5	0,10	44,1	1,1	0,5	26,1	0,18
	10h30	25,6	26,4	0,07	44,2	1,1	0,5	26,0	0,21
	11h00	25,7	27,6	0,16	46,2	1,1	0,5	26,6	0,19
	11h30	25,6	26,2	0,14	43,9	1,1	0,5	25,9	-0,01
	12h00	25,6	25,1	0,09	44,3	1,1	0,5	25,3	-0,02
	12h30	25,4	24,6	0,06	42,7	1,1	0,5	25,0	-0,12
	13h00	25,7	24,9	0,08	45,3	1,1	0,5	25,3	-0,01
03	09h30	26,0	26,1	0,07	43,6	1,1	0,5	26,1	0,27
	10h00	26,4	25,8	0,04	41,5	1,1	0,5	26,1	0,27
	11h00	26,4	26,3	0,04	43,0	1,1	0,5	26,3	0,35
	11h30	26,2	25,8	0,02	40,9	1,1	0,5	26,0	0,24
	12h00	26,2	24,7	0,06	41,3	1,1	0,5	25,5	0,08
	12h30	26,1	24,6	0,05	40,2	1,1	0,5	25,3	0,02
	13h00	26,1	25,1	0,02	42,9	1,1	0,5	25,6	0,11
04	10h30	26,2	26,0	0,08	42,2	1,1	0,5	26,1	0,27
08	09h30	27,1	25,0	0,13	42,3	1,1	0,5	26,0	0,04
	10h00	27,2	25,4	0,10	40,2	1,1	0,5	26,3	0,18
	10h30	27,2	25,4	0,06	40,1	1,1	0,5	26,3	0,26
	11h00	27,3	25,9	0,06	41,7	1,1	0,5	26,6	0,36
	11h30	27,2	24,6	0,10	39,8	1,1	0,5	25,9	0,07
	12h00	27,2	23,7	0,12	40,1	1,1	0,5	25,5	-0,12
	12h30	27,1	24,4	0,04	38,9	1,1	0,5	25,8	0,08
	13h00	27,1	24,6	0,02	41,7	1,1	0,5	25,9	0,13
09	09h30	26,5	25,8	0,03	43,6	1,1	0,6	26,1	0,40
	10h00	26,5	25,9	0,04	41,4	1,1	0,6	26,2	0,41
	10h30	26,5	26,1	0,00	41,4	1,1	0,6	26,3	0,43
	11h30	26,4	26,0	0,00	41,3	1,1	0,6	26,2	0,40

Fonte: A autora (2017)

Tabela C. 3: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 09/05/17, turno da manhã.

Estação	Hora	Temperatura do ar (°C)	Temperatura radiante média (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Umidade relativa (%)	Atividade	Vestimenta	Temperatura operativa (°C)	PMV
01	09h00	24,0	24,5	0,04	46,47	1,1	0,6	24,2	-0,14
	09h30	24,0	23,5	0,05	44,37	1,1	0,6	23,8	-0,29
	10h00	24,0	23,7	0,02	44,28	1,1	0,6	23,9	-0,26
	10h30	24,0	23,6	0,00	44,63	1,1	0,6	23,8	-0,28
	11h00	24,2	23,6	0,05	47,67	1,1	0,6	23,9	-0,22
02	11h30	25,0	23,8	0,04	49,2	1,1	0,5	24,4	-0,27
	12h00	25,0	22,8	0,12	44,1	1,1	0,5	23,9	-0,56
	12h30	25,0	23,3	0,03	44,1	1,1	0,5	24,2	-0,38
	13h00	24,7	22,7	0,10	42,5	1,1	0,5	23,7	-0,59
03	09h30	24,2	23,1	0,17	43,0	1,1	0,5	23,7	-0,77
	10h00	24,2	23,5	0,22	43,1	1,1	0,5	23,9	-0,84
	10h30	24,4	23,0	0,14	42,6	1,1	0,5	23,7	-0,68
	11h00	24,5	23,1	0,24	45,4	1,1	0,5	23,9	-0,86
04	09h00	24,4	24,3	0,07	44,5	1,1	0,5	24,3	-0,31
	11h30	25,0	23,5	0,18	49,2	1,1	0,5	24,2	-0,54
	12h00	25,0	22,6	0,17	44,1	1,1	0,5	23,8	-0,67
	12h30	25,0	23,1	0,11	44,1	1,1	0,5	24,1	-0,45
06	09h00	25,5	24,2	0,01	42,0	1,2	0,5	24,8	0,06
	09h30	25,5	23,0	0,04	41,1	1,2	0,5	24,3	-0,10
	10h00	25,6	22,7	0,07	41,5	1,2	0,5	24,2	-0,11
	10h30	25,6	23,3	0,01	41,1	1,2	0,5	24,5	-0,04
	11h00	25,7	22,9	0,07	43,6	1,2	0,5	24,3	-0,07
	11h30	25,8	23,1	0,10	48,4	1,2	0,5	24,4	-0,05
	12h00	25,9	24,0	0,00	42,8	1,2	0,5	24,9	0,11
	12h30	25,8	24,0	0,01	42,3	1,2	0,5	24,9	0,09
07	13h00	25,7	23,6	0,00	40,2	1,2	0,5	24,6	0,00
	09h00	25,2	24,0	0,12	42,9	1,1	0,6	24,6	-0,25
	09h30	25,3	23,0	0,12	41,5	1,1	0,6	24,1	-0,40
	10h00	25,4	22,6	0,11	41,1	1,1	0,6	24,0	-0,42
	10h30	25,5	22,6	0,08	41,2	1,1	0,6	24,0	-0,31
	11h00	25,6	22,6	0,16	43,5	1,1	0,6	24,1	-0,46
	11h30	25,7	23,3	0,15	48,7	1,1	0,6	24,5	-0,30
	12h00	25,8	22,5	0,12	42,8	1,1	0,6	24,2	-0,37
	12h30	25,6	23,0	0,21	42,7	1,1	0,6	24,6	-0,50
13h00	25,5	21,8	0,24	40,5	1,1	0,6	24,1	-0,75	
08	11h30	25,65	23,8	0,12	48,74	1,1	0,5	24,7	-0,28
	12h00	25,77	23,1	0,17	42,75	1,1	0,5	24,4	-0,55
	12h30	25,63	23,2	0,22	42,66	1,1	0,5	24,7	-0,65
	13h00	25,53	22,8	0,15	40,48	1,1	0,5	24,2	-0,61
09	09h00	24,5	24,9	0,03	44,3	1,1	0,6	24,7	-0,08
	09h30	24,6	24,5	0,00	42,4	1,1	0,6	24,5	-0,15
	10h00	24,7	23,9	0,02	42,2	1,1	0,6	24,3	-0,21
	10h30	24,7	23,7	0,02	42,4	1,1	0,6	24,2	-0,25
	11h00	25,1	24,0	0,06	44,1	1,1	0,6	24,5	-0,12
	11h30	25,3	24,6	0,01	48,5	1,1	0,6	24,9	0,04
	12h00	25,3	24,7	0,00	43,3	1,1	0,6	25,0	0,02
13h00	25,1	24,3	0,00	40,6	1,1	0,6	24,7	-0,10	

Fonte: A autora (2017)

Tabela C. 4: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 11/05/17, turno da manhã.

Estação	Hora	Temperatura do ar (°C)	Temperatura radiante média (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Umidade relativa (%)	Atividade	Vestimenta	Temperatura operativa (°C)	PMV
03	08h30	24,9	26,5	0,14	44,9	1,1	0,5	25,7	0,0
	09h00	25,3	23,9	0,05	44,8	1,1	0,5	24,6	-0,2
	09h30	25,4	22,4	0,18	44,9	1,1	0,5	23,9	-0,7
	10h00	25,7	23,6	0,04	44,2	1,1	0,5	24,7	-0,2
07	08h30	25,8	25,5	0,11	43,6	1,1	0,5	25,6	0,0
	09h00	26,2	23,8	0,04	43,4	1,1	0,5	25,0	-0,1
	09h30	26,4	21,9	0,15	42,7	1,1	0,5	24,1	-0,6
	10h00	26,4	23,5	0,05	42,7	1,1	0,5	24,9	-0,1
08	08h30	25,8	25,3	0,11	43,6	1,1	0,6	25,5	0,2
	09h00	26,2	24,1	0,04	43,4	1,1	0,6	25,2	0,2
	09h30	26,4	22,3	0,15	42,7	1,1	0,6	24,3	-0,2
	10h00	26,4	23,6	0,07	42,7	1,1	0,6	25,0	0,1
09	08h30	25,3	25,5	0,07	44,4	1,1	0,5	25,4	0,0
	09h00	25,5	24,8	0	44,2	1,1	0,5	25,1	-0,1
	09h30	25,7	24,1	0,04	43,8	1,1	0,5	24,9	-0,2
	10h00	25,6	24,5	0,01	44,1	1,1	0,5	25,1	-0,1

Fonte: A autora (2017)

Tabela C. 5: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 12/05/17, turno da manhã.

Estação	Hora	Temperatura do ar (°C)	Temperatura radiante média (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Umidade relativa (%)	Atividade	Vestimenta	Temperatura operativa (°C)	PMV
03	08h30	23,8	23,4	0,1	43,1	1,1	0,5	23,6	-0,6
	09h00	24,5	23,3	0,02	42,5	1,1	0,5	23,9	-0,5
	09h30	24,6	22,7	0,08	41,2	1,1	0,5	23,6	-0,6
	10h00	24,5	23,1	0,02	42,0	1,1	0,5	23,8	-0,5
	10h30	24,4	24,4	0,15	41,9	1,1	0,5	24,4	-0,5
	11h00	24,2	24,4	0,1	40,9	1,1	0,5	24,3	-0,4
	11h30	24,1	24,2	0,02	40,7	1,1	0,5	24,2	-0,4
	12h00	24,1	24,4	0,04	41,3	1,1	0,5	24,2	-0,4
	12h30	24,2	24,0	0,06	41,3	1,1	0,5	24,1	-0,4
	13h00	24,6	23,9	0,03	44,6	1,1	0,5	24,3	-0,3
06	10h30	25,5	24,4	0	40,4	1,1	0,5	25,0	-0,1
	11h00	25,5	23,9	0,04	38,9	1,1	0,5	24,7	-0,2
	11h30	25,4	24,2	0	38,6	1,1	0,5	24,8	-0,2
	12h00	25,3	24,0	0,02	38,8	1,1	0,5	24,7	-0,2
	12h30	25,4	23,7	0,02	39,5	1,1	0,5	24,6	-0,2
	13h00	25,6	23,4	0,04	42,4	1,1	0,5	24,5	-0,2
07	08h30	25,2	22,3	0,1	40,7	1,1	0,5	23,7	-0,6
	09h00	25,8	22,7	0,04	40,3	1,1	0,5	24,2	-0,4
	09h30	25,9	22,5	0,05	39,5	1,1	0,5	24,2	-0,4

Fonte: A autora (2017)

Tabela C. 6: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 08/05/17, turno da tarde.

Estação	Hora	Temperatura do ar (°C)	Temperatura radiante média (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Umidade relativa (%)	Atividade	Vestimenta	Temperatura operativa (°C)	PMV
03	14h00	26,9	25,6	0,07	46,3	1,1	0,5	26,2	0,3
	14h30	27,1	27,3	0,13	46,3	1,1	0,5	27,2	0,5
	15h00	27,0	25,3	0,17	46,4	1,1	0,5	26,2	0,1
	15h30	27,1	27,1	0,09	45,7	1,1	0,5	27,1	0,6
	16h00	27,0	27,2	0,18	45,7	1,1	0,5	27,1	0,3
	16h30	26,8	27,0	0,11	45,7	1,1	0,5	26,9	0,4
	17h00	26,6	26,8	0,10	47,8	1,1	0,5	26,7	0,4
	17h30	26,8	26,6	0,09	47,6	1,1	0,5	26,7	0,4
	18h00	26,7	26,7	0,07	45,8	1,1	0,5	26,7	0,4
	18h30	26,6	26,8	0,12	49,0	1,1	0,5	26,7	0,4
04	14h00	26,4	25,8	0,05	48,8	1,1	0,6	26,1	0,4
	14h30	26,5	27,4	0,02	49,0	1,1	0,6	26,9	0,7
	15h00	26,4	26,2	0,09	49,0	1,1	0,6	26,3	0,4
	15h30	26,4	27,4	0,04	48,6	1,1	0,6	26,9	0,6
	16h00	26,2	27,6	0,09	48,5	1,1	0,6	26,9	0,6
	16h30	26,1	27,4	0,06	48,7	1,1	0,6	26,7	0,6
	17h00	25,9	27,1	0,06	50,4	1,1	0,6	26,5	0,5
	17h30	26,0	27,0	0,04	50,8	1,1	0,6	26,5	0,5
	18h00	26,0	27,1	0,06	48,5	1,1	0,6	26,6	0,5
	18h30	25,9	27,1	0,05	52,2	1,1	0,6	26,5	0,5
06	14h00	27,4	24,9	0,15	45,8	1,1	0,6	26,2	0,3
	14h30	27,6	27,0	0,10	46,5	1,1	0,6	27,3	0,7
08	14h00	27,5	23,5	0,74	46,2	1,1	0,6	26,3	-0,3
	14h30	27,5	26,9	0,72	46,8	1,1	0,6	27,3	0,1
	15h00	27,5	23,7	0,77	46,5	1,1	0,6	26,4	-0,3
	15h30	27,3	26,3	0,76	46,4	1,1	0,6	27,0	-0,1
	16h00	27,2	26,8	0,54	46,5	1,1	0,6	27,1	0,1
	16h30	27,1	26,8	0,67	46,5	1,1	0,6	27,0	0,0
	17h00	26,8	26,7	0,61	48,0	1,1	0,6	26,8	-0,1
	17h30	26,8	26,7	0,58	49,0	1,1	0,6	26,8	0,0
	18h00	26,8	26,7	0,68	47,0	1,1	0,6	26,8	-0,1
	18h30	26,5	27,0	0,48	50,3	1,1	0,6	26,7	0,0
09	14h00	26,1	26,9	0,30	49,0	1,1	0,6	26,4	0,1
	14h30	26,1	28,5	0,20	49,8	1,1	0,6	27,1	0,5
	15h00	25,9	27,3	0,26	49,7	1,1	0,6	26,5	0,2
	15h30	25,8	28,0	0,11	49,6	1,1	0,6	26,9	0,6
	17h00	25,6	28,2	0,24	50,9	1,1	0,6	26,6	0,3
	17h30	25,7	27,9	0,22	51,2	1,1	0,6	26,6	0,3

Fonte: A autora (2017)

Tabela C. 7: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV resultante, para o dia 09/05/17, turno da tarde.

Estação	Hora	Temperatura do ar (°C)	Temperatura radiante média (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Umidade relativa (%)	Atividade	Vestimenta	Temperatura operativa (°C)	PMV
03	14h00	24,8	21,6	0,28	42,4	1,1	0,5	23,5	-1,1
	14h30	25,1	23,0	0,2	45,2	1,1	0,5	24,3	-0,7
	15h00	25,6	23,5	0,18	43,9	1,1	0,5	24,5	-0,5
	15h30	25,5	23,8	0,16	43,2	1,1	0,5	24,7	-0,4
	16h00	25,2	24,3	0,18	44,6	1,1	0,5	24,8	-0,4
	16h30	25,4	24,4	0,16	44,5	1,1	0,5	24,9	-0,3
	17h00	25,4	23,8	0,18	44,8	1,1	0,5	24,6	-0,5
	17h30	25,2	25,7	0,2	44,6	1,1	0,5	25,4	-0,3
	18h00	25,1	23,4	0,25	43,9	1,1	0,5	24,4	-0,7
	18h30	24,8	23,4	0,24	44,0	1,1	0,5	24,2	-0,8
04	14h00	24,7	22,8	0,07	43,0	1,1	0,5	23,8	-0,5
	14h30	24,8	23,9	0,12	46,4	1,1	0,5	24,3	-0,4
	15h00	24,8	24,6	0,10	46,4	1,1	0,5	24,7	-0,2
	15h30	24,7	24,9	0,10	46,2	1,1	0,5	24,8	-0,2
	16h00	24,8	24,8	0,11	47,1	1,1	0,5	24,8	-0,2
	16h30	24,7	25,0	0,06	46,6	1,1	0,5	24,9	-0,1
	17h00	24,8	24,8	0,14	47,7	1,1	0,5	24,8	-0,3
	17h30	24,6	27,0	0,15	46,9	1,1	0,5	25,8	0,0
	18h00	24,4	24,6	0,13	46,7	1,1	0,5	24,5	-0,4
	18h30	24,2	24,4	0,15	46,4	1,1	0,5	24,3	-0,5
07	14h00	25,5	20,8	0,26	41,7	1,1	0,6	23,6	-0,9
	14h30	25,9	22,2	0,26	44,0	1,1	0,6	24,4	-0,6
	15h00	26,0	22,6	0,32	43,8	1,1	0,6	24,6	-0,6
	15h30	26,0	23,0	0,35	43,4	1,1	0,6	24,8	-0,6
	16h00	25,7	23,6	0,24	44,7	1,1	0,6	24,8	-0,4
	16h30	25,8	23,4	0,3	44,3	1,1	0,6	24,9	-0,5
	17h00	25,7	23,3	0,34	45,6	1,1	0,6	24,7	-0,6
	17h30	25,6	26,2	0,31	45,0	1,1	0,6	25,8	-0,2
	18h00	25,4	23,3	0,34	44,5	1,1	0,6	24,5	-0,7
	18h30	25,2	22,6	0,34	44,7	1,1	0,6	24,1	-0,9

Fonte: A autora (2017)

APÊNDICE D

QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DE ACEITABILIDADE TÉRMICA

Obrigada pelas suas respostas. Ao completar este questionário você estará contribuindo com as pesquisas na área de conforto térmico em escritórios.

1. HÁBITOS E PREFERÊNCIAS PESSOAIS

1.1. Informe abaixo seus dados pessoais:

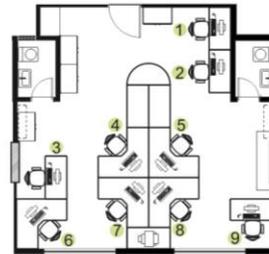
Idade: Sexo:

Data: Hora:

Peso: Altura:

Há quanto tempo você mora em Maceió?

1.2. Indique, na imagem abaixo, a posição em que você costuma exercer suas atividades:



1.3. Por que você costuma sempre sentar neste local?

1.4. Se você não estivesse ocupando o local onde está neste momento, qual local desejaria ocupar? Explique o motivo. 1 2 3 4 5 6 7 8

1.5. Você se classifica uma pessoa:

Friorenta Calorenta Normal

1.6. Se você pudesse escolher, qual dessas estratégias para climatização de ambientes você utilizaria?

Ventilação natural Ventilação natural e ventiladores Ar condicionado

1.7. Você costuma utilizar ar condicionado em ambientes internos? Em caso afirmativo, responder à próxima pergunta (1.8.).

Sim Não

1.8. Preencha a tabela abaixo especificando quando e por quanto tempo você fica em ambientes com ar condicionado?

Local	Horas por dia
Em casa	<input type="text"/>
No carro	<input type="text"/>
No trabalho	<input type="text"/>

1.9. Qual sua opinião sobre o uso do ar condicionado? Justifique se necessário

Incomoda Tanto faz
 Melhora o ambiente

1.10. Pra você, qual o maior problema relacionado ao uso de ar condicionado?

Ressecamento da pele Frio Aumento do consumo de energia elétrica (custo)
 Não há problema Problemas respiratórios Outro (especificar) _____

1.11. Pra você, qual o maior problema relacionado ao uso da ventilação natural no escritório?

Ruído externo Velocidade do ar e vôo de papeis Não há problema
 Insetos Outro (especificar) _____

1.12. O quanto você acha que o calor pode interferir na produtividade e temperamento do usuário no ambiente de trabalho?

Muito pouco Pouco Nada Muito Extremamente
 Não tenho opinião sobre essa questão

QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DE ACEITABILIDADE TÉRMICA

Obrigada pelas suas respostas. Ao completar este questionário você estará contribuindo com as pesquisas na área de conforto térmico em escritórios.

2. DADOS PESSOAIS

Data:

Hora:

Idade:

Sexo:

Peso:

Altura:

Há quanto tempo você mora em Maceió?

2.1. Vestimentas

Indique, por favor, as peças de roupa que você está usando no momento:

Roupas de baixo e acessórios

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> Calcinha | <input type="radio"/> Cueca |
| <input type="radio"/> Soutien | <input type="radio"/> Gravata |
| <input type="radio"/> Meia calça longa | <input type="radio"/> Camiseta de baixo manga curta |
| <input type="radio"/> Meia calça curta | <input type="radio"/> Camiseta de baixo manga longa |
| <input type="radio"/> Meia de nylon longa fina | <input type="radio"/> Sapato sola grossa |
| <input type="radio"/> Meia soquete fina | <input type="radio"/> Sapato sola fina |
| <input type="radio"/> Meia soquete grossa | <input type="radio"/> Botas |
| <input type="radio"/> Meia até o joelho | <input type="radio"/> Tênis |
| <input type="radio"/> Sandália rasteira | <input type="radio"/> Luvas |

Casacos, suéteres e paletós

- Colete sem mangas, fino
- Colete sem mangas, grosso
- Suéter manga longa, fino
- Jaqueta\Japona
- Suéter manga longa, grosso
- Paletó de verão\blazer
- Jaqueta leve
- Paletó

Camisas e Blusas

- Camisa manga curta
- Camisa manga longa fina
- Camisa manga longa normal
- Blusa leve fina, manga curta
- Camisa de flanela ou moleton
- Camiseta

Vestidos e Saias

- Saia leve, de verão
- Saia pesada, de inverno
- Vestido de verão, manga curta
- Vestido de inverno, manga longa
- Vestido fechado, completo

Calças

- Calça curta, bermuda
- Calça tecido fino
- Calça grossa, lã ou flanela
- Calça jeans

2.2. Qual meio você utilizou para chegar ao trabalho:

- A pé Carro Ônibus Outro (especificar) _____

2.3. Você utilizou ar condicionado no meio de transporte escolhido para o traslado até o local de trabalho?

- Sim Não

2.4. Qual atividade você estava desenvolvendo meia hora antes de chegar a este ambiente?

2.5. Localização:

Indique, por favor, a posição em que você se encontra:



QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DE ACEITABILIDADE TÉRMICA

Obrigada pelas suas respostas. Ao completar este questionário você estará contribuindo com as pesquisas na área de conforto térmico em escritórios.

3. SENSAÇÕES TÉRMICAS

3.1. De acordo com sua sensação térmica, escolha a situação que melhor representa a maneira como você está se sentindo nesse momento.

Com muito calor	<input type="radio"/>				
Com calor	<input type="radio"/>				
Levemente com calor	<input type="radio"/>				
Neutro	<input type="radio"/>				
Levemente com frio	<input type="radio"/>				
Com frio	<input type="radio"/>				
Com muito frio	<input type="radio"/>				

3.2. Como você preferia estar se sentindo agora?

Bem mais aquecido	<input type="radio"/>				
Mais aquecido	<input type="radio"/>				
Um pouco mais aquecido	<input type="radio"/>				
Assim mesmo	<input type="radio"/>				
Um pouco mais refrescado	<input type="radio"/>				
Mais refrescado	<input type="radio"/>				
Bem mais refrescado	<input type="radio"/>				

3.3. Como você esta se encontra nesse momento (com relação ao calor)?

Confortável	<input type="radio"/>				
Levemente desconfortável	<input type="radio"/>				
Desconfortável	<input type="radio"/>				
Muito desconfortável	<input type="radio"/>				

3.4. Qual sua preferência em relação ao movimento do ar nesta sala? Você gostaria de...

Bem mais velocidade do ar	<input type="radio"/>				
Mais velocidade do ar	<input type="radio"/>				
Pouco mais de velocidade do ar	<input type="radio"/>				
Assim mesmo	<input type="radio"/>				
Pouco menos de velocidade do ar	<input type="radio"/>				
Menos velocidade do ar	<input type="radio"/>				
Bem menos velocidade do ar	<input type="radio"/>				

3.4. Marque abaixo como você se sente neste momento em relação à velocidade do ar nesta sala?

O ambiente aceitável	Há muita velocidade do ar	<input type="radio"/>				
	Há suficiente velocidade do ar	<input type="radio"/>				
	Há pouca velocidade do ar	<input type="radio"/>				
O ambiente inaceitável	Há muita velocidade do ar	<input type="radio"/>				
	Há pouca velocidade do ar	<input type="radio"/>				

3.5. Você gostaria de modificar o local em que está sentado (a) no momento por motivo de desconforto térmico? Em caso afirmativo indicar na figura abaixo o local onde desejaria estar sentado (a).

Sim Não



3.6. Houve alguma mudança de vestimenta durante algum horário e outro? Em caso afirmativo, indicar nas linhas abaixo.

3.7. Houve alguma mudança de local durante algum horário e outro? Em caso afirmativo, justificar nas linhas abaixo.

3.8. Que atividade estava desenvolvendo imediatamente antes de preencher este questionário?

1	_____
2	_____
3	_____
4	_____
5	_____

APÊNDICE E

Tabela D. 1: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV ajustado, para o dia 08/05/17, turno da tarde.

Estação	Hora	Temperatura do ar ajustada (°C)	Temperatura radiante média ajustada (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Umidade relativa (%)	Atividade	Vestimenta	PMV ajustado
8	14h00	25,0	21,5	0,10	46,2	1,1	0,56	-0,55
	14h30	25,2	24,6	0,10	46,8	1,1	0,56	-0,05
	15h00	25,6	21,8	0,10	46,5	1,1	0,56	-0,41
	15h30	24,9	23,9	0,10	46,4	1,1	0,56	-0,21
	16h00	25,3	24,9	0,10	46,5	1,1	0,56	0,00
	16h30	24,8	24,5	0,10	46,5	1,1	0,56	-0,14
	17h00	24,5	24,5	0,10	48,0	1,1	0,56	-0,18
	17h30	24,7	24,6	0,10	49,0	1,1	0,56	-0,12
	18h00	24,4	24,3	0,10	47,0	1,1	0,56	-0,23
	18h30	24,6	25,1	0,10	50,3	1,1	0,56	-0,05
9	14h00	25,1	25,9	0,10	49,0	1,1	0,58	0,18
	15h00	25,0	26,4	0,10	49,7	1,1	0,58	0,24
	17h00	24,8	27,4	0,10	50,9	1,1	0,58	0,37
	17h30	25,1	27,3	0,10	51,2	1,1	0,58	0,41

Tabela D. 2: Variáveis medidas por estação de trabalho e PMV ajustado, para o dia 09/05/17, turno da tarde

Estação	Hora	Temperatura do ar ajustada (°C)	Temperatura radiante média ajustada (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Umidade relativa (%)	Atividade	Vestimenta	PMV ajustado
3	14h00	24,0	20,8	0,1	42,4	1,1	0,5	-1,0
	18h00	24,5	22,8	0,1	43,9	1,1	0,5	-0,6
	18h30	24,2	22,8	0,1	44,0	1,1	0,5	-0,6
7	14h00	25,0	20,3	0,1	41,7	1,1	0,6	-0,8
	14h30	25,3	20,2	0,1	44,0	1,1	0,6	-0,7
	15h00	25,1	21,7	0,1	43,8	1,1	0,6	-0,5
	15h30	24,9	21,9	0,1	43,4	1,1	0,6	-0,5
	16h00	25,2	23,1	0,1	44,7	1,1	0,6	-0,3
	16h30	25,1	23,0	0,1	44,3	1,1	0,6	-0,3
	17h00	24,6	22,2	0,1	45,6	1,1	0,6	-0,5
	17h30	24,5	25,1	0,1	45,0	1,1	0,6	-0,1
	18h00	24,3	22,2	0,1	44,5	1,1	0,6	-0,6
	18h30	24,2	21,6	0,1	44,7	1,1	0,6	485,1