

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

IASMIN LOURENÇO NIZA

**UMA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO NO BRASIL POR
MEIO DO BANCO DE DADOS ASHRAE GLOBAL THERMAL COMFORT
DATABASE II**

PONTA GROSSA

2022

IASMIN LOURENÇO NIZA

**UMA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO NO BRASIL POR
MEIO DO BANCO DE DADOS ASHRAE GLOBAL THERMAL COMFORT
DATABASE II**

**An analysis of thermal comfort conditions in Brazil through Ashrae Global
Thermal Comfort Database II**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestra em Engenharia de
Produção da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Prof. Dr. Evandro Eduardo Broday.

PONTA GROSSA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



IASMIN LOURENCO NIZA

UMA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO NO BRASIL POR MEIO DO BANCO DE DADOS ASHRAE GLOBAL THERMAL COMFORT DATABASE II

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia De Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Gestão Industrial.

Data de aprovação: 03 de Fevereiro de 2022

Prof Evandro Eduardo Broday, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Aldo Braghini Junior, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Celestino Rodrigues Ruivo, Doutorado - Universidade do Algarve

Prof.a Claudia Tania Picinin, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 03/02/2022.

Dedico este trabalho à minha mãe, por todo o apoio incondicional em minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todas as oportunidades que me foram concedidas para que eu chegasse até aqui e concluísse mais esta etapa de minha vida.

À minha mãe, Maria José Lourenço da Silva que sempre está a meu lado nos momentos bons e ruins, me apoiando e incentivando desde pequena. Sem ela, não chegaria a lugar algum.

À minha avó, Socorro Maria do Carmo por todo suporte que nos proporcionou, em especial aos últimos anos que foram tão difíceis.

Agradeço em especial ao meu orientador Prof. Dr. Evandro Eduardo Broday por todas as orientações, ensinamentos, incentivos e confiança para que este trabalho pudesse ser concluído, trazendo assim grandes colaborações para minha formação e vida.

Quero agradecer também, à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP).

Ao Professor William Rodrigues dos Santos da Universidade Federal do Paraná (UFPR), que foi meu orientador do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da graduação e que me incentivou para que fosse para o mestrado.

Aos meus amigos, que me apoiaram durante todo esse período.

Aos colegas que fiz no mestrado, que foram essenciais nessa trajetória.

A meus animais de estimação que sempre estiveram a meu lado me apoiando e me dando alegrias durante todo o trajeto, sendo: Beethoven (*in memorian*), Filhinha, Linda, Lobo e Pretinho.

A todos que de alguma forma contribuíram para que tudo se concretizasse.

Gostaria de deixar registrado também, o meu agradecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – código de financiamento 001 – pela bolsa de estudos concedida.

RESUMO

O *Predicted Mean Vote* (PMV) desenvolvido por Fanger nos anos 70 é o modelo mais utilizado para estimar a sensação térmica em um grupo de pessoas. O PMV possui algumas discrepâncias referentes a realidade térmica dos ambientes em que é aplicado, por isso, diversos pesquisadores desenvolveram modelos alternativos para diminuir estas discrepâncias. Esta pesquisa teve como objetivo, determinar qual dos modelos alternativos ao PMV melhor se aproxima da sensação térmica real das pessoas em quatro cidades brasileiras: Brasília, Recife, Maceió e Florianópolis. Por meio do Banco de dados Global II de Conforto Térmico da ASHRAE, as variáveis ambientais e pessoais do conforto térmico foram aplicadas para calcular as respostas de cada modelo e, assim, comparar com as respostas da sensação térmica. O modelo do PMV não se adequou a nenhuma cidade brasileira. Para Recife e Brasília, o modelo de Orosa e Oliveira (2011), o PMV_{oo} apresentou uma diferença de média com uma maior proximidade de 0,102801 em relação aos votos de sensação térmica; para Maceió, o modelo de Broday *et al.* (2019), o PMV₂ com 0,161065 e para Florianópolis, o modelo de Zhang e Lin (2020), o ePMV com 0,031096. Na análise discriminante, o modelo conseguiu acertar a classificação dos indivíduos em grupos com 96,1% para Brasília e Recife; 99,8% para Maceió e 99,1% para Florianópolis. Na análise de *cluster* as semelhanças entre os sujeitos foram observadas em relação ao seu agrupamento, dessa forma, o modelo PMV_{new2} foi a variável com melhor discriminação entre os clusters de Florianópolis e PMV_{p,sv} para Brasília, Recife e Maceió. Constatando-se de os modelos alternativos tiveram um melhor desempenho que o modelo tradicional.

Palavras-chave: conforto térmico; predicted mean vote; modelos adaptativos; banco de dados.

ABSTRACT

The Predicted Mean Vote (PMV) developed by Fanger in the 1970s is the most widely used model to estimate the thermal sensation in a group of people. The PMV has some discrepancies regarding the thermal reality of the environments where it is applied, so several researchers have developed alternative models to reduce these discrepancies. This research aimed to determine which of the alternative models to the PMV best approximates the real thermal sensation of people in four Brazilian cities: Brasília, Recife, Maceió and Florianópolis. Using ASHRAE's Global Thermal Comfort Database II, the environmental and personal thermal comfort variables were applied to calculate the responses of each model and thus compare them to the thermal sensation responses. The PMV model was not suitable for any Brazilian city. For Recife and Brasília, Orosa and Oliveira's (2011) model, the PMV_{oo} showed a mean difference with a closer 0.102801 to the thermal sensation votes; for Maceió, Broday *et al.* (2019) model, the PMV₂ with 0.161065 and for Florianópolis, Zhang and Lin's (2020) model, the ePMV with 0.031096. In the discriminant analysis, the model got the classification of individuals into groups right with 96.1% for Brasília and Recife; 99.8% for Maceió and 99.1% for Florianópolis. In the cluster analysis the similarities between subjects were observed in relation to their grouping, thus, the PMV_{new2} model was the variable with the best discrimination between the clusters for Florianópolis and PMV_{p,sv} for Brasília, Recife, and Maceió. The alternative models performed better than the traditional model.

Keywords: thermal comfort; predicted mean vote; adaptive models; database.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ergonomia na antiguidade	25
Figura 2 - Estrutura para a Meso Ergonomia	29
Figura 3 - Como alcançar o Estado de Conforto Térmico	33
Figura 4 - Variáveis para o Conforto Térmico	40
Figura 5 - Relação entre os índices de PMV e PPD	48
Figura 6 - Mapa mundial da classificação climática Köppen-Geiger	60
Figura 7 - Localização das cidades estudadas no mapa	61
Figura 8 - Tela inicial do Thermal Comfort Tool	64
Figura 9 - Tela inicial do software IBM SPSS Statistics	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico de perfil: Brasília e Recife	84
Gráfico 2 - Regressão linear simples entre PMV ₀₀ x TSV	85
Gráfico 3 - Gráfico de perfil: Maceió	94
Gráfico 4 - Regressão linear simples entre PMV ₂ x TSV	95
Gráfico 5 - Gráfico de perfil: Florianópolis.....	104
Gráfico 6 - Regressão linear simples entre ePMV x TSV	105
Gráfico 7 - Centroides de cada grupo: Brasília e Recife.....	119
Gráfico 8 - Centroides de cada grupo: Maceió	136
Gráfico 9 - Centroides de cada grupo: Florianópolis	154
Gráfico 10 - Representação dos Centros dos clusters: Brasília e Recife	158
Gráfico 11 - Representação dos Centros dos clusters: Maceió	163
Gráfico 12 - Representação dos Centros dos clusters: Florianópolis.....	168

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características da Ergonomia do Componente Humano e da Ergonomia da Atividade Humana	27
Quadro 2 - Especialidades da Ergonomia	28
Quadro 3 - Possibilidades de aplicação dos estudos de conforto térmico	49
Quadro 4 - Modelos alternativos de conforto térmico	50
Quadro 5 - Classificação climática de Köppen-Geiger	58
Quadro 6 - Coordenadas geográficas, altitude e clima	62
Quadro 7 - Informações dos estudos	63
Quadro 8 - Influência dos tipos de clima nos modelos de conforto térmico	67
Quadro 9 - Modelos que serão aplicados para análise de Conforto Térmico no Brasil	75
Quadro 10 - Correlação: Brasília e Recife	77
Quadro 11 - Ordem dos modelos: Brasília e Recife	78
Quadro 12 - Teste de esfericidade de Mauchly: Brasília e Recife	78
Quadro 13 - Teste de efeitos entre sujeitos: Brasília e Recife	79
Quadro 14 - Comparações pelo Método Pairwise: Brasília e Recife.....	80
Quadro 15 - Correlação: Recife	87
Quadro 16 - Ordem dos modelos: Maceió.....	88
Quadro 17 - Teste de esfericidade de Mauchly: Maceió	88
Quadro 18 - Testes de efeitos entre sujeitos: Maceió	89
Quadro 19 - Comparações pelo Método Pairwise: Maceió	89
Quadro 20 - Correlação: Florianópolis	97
Quadro 21 - Ordem dos modelos: Florianópolis	98
Quadro 22 - Teste de esfericidade de Mauchly: Florianópolis	98
Quadro 23 - Teste de efeitos entre sujeitos: Florianópolis	98
Quadro 24 - Comparação pelo Método de Pairwise: Florianópolis.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Porcentagem de pessoas insatisfeitas por desconforto localizado	33
Tabela 2 - Taxas metabólicas conforme a atividade realizada	41
Tabela 3 - Escala de sensação térmica e PMV	47
Tabela 4 - Estatística descritiva: Recife e Brasília	76
Tabela 5 - Estatística descritiva: Maceió	85
Tabela 6 - Estatística descritiva: Florianópolis	96
Tabela 7 - Classificação da sensação térmica em grupos	106
Tabela 8 - Estatísticas Descritivas das Variáveis de cada grupo: Brasília e Recife	106
Tabela 9 - Teste de Igualdade de Médias: Brasília e Recife	108
Tabela 10 - Matriz de Covariância e Correlação: Brasília e Recife	110
Tabela 11 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Brasília e Recife	111
Tabela 12 - Teste M de Box: Brasília e Recife	114
Tabela 13 - Autovalores: Brasília e Recife	115
Tabela 14 - Lambda de Wilks e Qui-quadrado: Brasília e Recife	115
Tabela 15 - Coeficientes das Funções Discriminantes: Brasília e Recife	116
Tabela 16 - Coeficientes Padronizados das Funções Discriminantes: Brasília e Recife	117
Tabela 17 - Matriz de Estrutura: Brasília e Recife	117
Tabela 18 - Centroides dos grupos: Brasília e Recife	118
Tabela 19 - Probabilidades Calculadas a Priori: Brasília e Recife	118
Tabela 20 - Resultados da Classificação: Brasília e Recife	119
Tabela 21 - Estatísticas Descritivas das Variáveis de cada grupo: Maceió	120
Tabela 22 - Teste de Igualdade de Médias: Maceió	123
Tabela 23 - Matriz de Covariância e Correlação: Maceió	124
Tabela 24 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Maceió	125
Tabela 25 - Teste M de Box: Maceió	130
Tabela 26 - Autovalores: Maceió	131
Tabela 27 - Lambda de Wilks e Qui-quadrado: Maceió	132
Tabela 28 - Coeficientes das Funções Discriminantes: Maceió	132
Tabela 29 - Coeficientes Padronizados das Funções Discriminantes: Maceió	133
Tabela 30 - Matriz de Estrutura: Maceió	134
Tabela 31 - Centroides dos grupos: Maceió	134
Tabela 32 - Probabilidades Calculadas a Priori: Maceió	135
Tabela 33 - Resultados da Classificação: Maceió	136
Tabela 34 - Estatísticas Descritivas das Variáveis de cada grupo: Florianópolis	137
Tabela 35 - Teste de Igualdade de Médias: Florianópolis	140
Tabela 36 - Matriz de Covariância e Correlação: Florianópolis	141
Tabela 37 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Florianópolis	142
Tabela 38 - Teste M de Box: Florianópolis	149
Tabela 39 - Autovalores: Florianópolis	149
Tabela 40 - Lambda de Wilks e Qui-quadrado: Florianópolis	150
Tabela 41 - Coeficientes das Funções Discriminantes: Florianópolis	151
Tabela 42 - Coeficientes Padronizados das Funções Discriminantes: Florianópolis	152

Tabela 43 - Matriz de Estrutura: Florianópolis	152
Tabela 44 - Centroides dos grupos: Florianópolis	153
Tabela 45 - Probabilidades Calculadas a Priori: Florianópolis	153
Tabela 46 - Resultados da Classificação: Florianópolis	154
Tabela 47 - Variação do centro dos clusters em cada iteração: Brasília e Recife	155
Tabela 48 - Atribuição dos indivíduos aos clusters criados: Brasília e Recife	156
Tabela 49 - ANOVA: Brasília e Recife	156
Tabela 50 - Centros dos grupos finais: Brasília e Recife	157
Tabela 51 - Matriz de distâncias entre os centros dos clusters: Brasília e Recife	157
Tabela 52 - Número de casos em cada clusters: Brasília e Recife	158
Tabela 53 - Variação do centro dos clusters em cada iteração: Maceió	159
Tabela 54 - Atribuição dos indivíduos aos clusters criados: Maceió	160
Tabela 55 - ANOVA: Maceió.....	161
Tabela 56 - Centros dos grupos finais: Maceió	161
Tabela 57 - Matriz de distâncias entre os centros dos clusters: Maceió	162
Tabela 58 - Número de casos em cada clusters: Maceió.....	162
Tabela 59 - Variação do centro dos clusters em cada iteração: Florianópolis	163
Tabela 60 - Atribuição dos indivíduos aos clusters criados: Florianópolis.....	165
Tabela 61 - ANOVA: Florianópolis	166
Tabela 62 - Centros dos grupos finais: Florianópolis	166
Tabela 63 - Matriz de distâncias entre os centros dos clusters: Florianópolis	167
Tabela 64 - Número de casos em cada clusters: Florianópolis	167

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASHRAE	<i>American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
HFES	<i>Human Factors and Ergonomics Society</i>
ICQ	<i>Indoor Climate Quality</i>
IEQ	<i>Indoor Environmental Quality</i>
IEA	<i>International Ergonomics Association</i>
IMC	Índice de Massa Corpórea
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
NR	Norma Regulamentadora
PCD	Pessoas com Deficiência
PMV	<i>Predicted Mean Vote</i>
PPD	<i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i>
SELF	<i>Société d'Ergonomie de Langue Française</i>
TSV	<i>Thermal Sensation Vote</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

ASP	área de superfície corporal (m^2)
C	perda de calor sensível por convecção, pela pele (W/m^2)
C_{res}	perda de calor sensível pela respiração, por convecção (W/m^2)
E_{res}	perda de calor latente pela respiração, por evaporação (W/m^2)
E_{sk}	perda de calor latente pela pele, através da evaporação (W/m^2)
E_{sw}	taxa de evaporação do suor, pela pele (W/m^2)
f_{cl}	razão entre a área da superfície corporal da vestimenta e do corpo nu
h_c	coeficiente de troca de calor por convecção (W/m^2K)
Icl	isolamento térmico das roupas (Clo)
K_{cl}	troca de calor da pele por condução (W/m^2)
l	altura do corpo (m)
L	carga térmica (W/m^2)
m	massa do corpo (kg)
M	taxa metabólica (W/m^2)
p_a	pressão parcial de vapor d'água no ar úmido (Pa)
p_{as}	pressão de saturação do vapor d'água (Pa)
Q_{res}	taxa total de perda de calor pela respiração (W/m^2)
Q_{sk}	taxa total de perda de calor pela pele (W/m^2)
R	perda de calor sensível por radiação, pela pele (W/m^2)
t_a	temperatura do ar ($^{\circ}C$)
t_{cl}	temperatura de superfície externa da roupa ($^{\circ}C$)
t_g	temperatura do termômetro de globo ($^{\circ}C$)
t_{op}	temperatura operativa ($^{\circ}C$)
t_{out}	temperatura externa do ar ($^{\circ}C$)
t_{rm}	temperatura radiante média ($^{\circ}C$)
t_{sk}	temperatura média da pele ($^{\circ}C$)
UR	umidade relativa do ar (%)
v_a	velocidade absoluta do ar, referente a uma pessoa estática (m/s)
v_{ar}	velocidade do ar (m/s)
W	trabalho mecânico realizado pelo corpo (W/m^2)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Problema de pesquisa	18
1.2	Justificativa	18
1.3	Objetivo geral	20
1.4	Objetivos específicos	20
1.5	Delimitação da pesquisa	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	Evolução histórica da ergonomia	23
2.2	Conforto Térmico	30
2.2.1	Conceitos básicos	30
2.2.2	Balanco térmico.....	34
2.2.3	Variáveis de Conforto Térmico	39
2.2.4	Normas de Conforto Térmico	44
2.3	Modelos de Conforto Térmico	46
2.3.1	Modelo de Fanger: <i>Predicted Mean Vote</i> (PMV).....	46
2.3.2	Outros modelos de Conforto Térmico.....	49
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	56
3.1	Classificação da pesquisa	56
3.2	Base de dados para a realização do trabalho	57
3.3	Caracterização da área de estudo	58
3.4	Caracterização da população estudada	62
3.5	Operacionalização das variáveis	63
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
4.1	Influência do clima no desenvolvimento dos modelos alternativos	67
4.2	Modelos de conforto térmico não utilizados	69
4.3	Modelos de conforto térmico utilizados	72
4.4	Análise Estatística dos modelos e a sensação térmica	76
4.4.1	Análise de variância: Brasília e Recife	76
4.4.2	Análise de variância: Maceió.....	85
4.4.3	Análise de variância: Florianópolis	96
4.5	Análise Discriminante	105
4.5.1	Análise discriminante: Brasília e Recife.....	106
4.5.2	Análise discriminante: Maceió	120

4.5.3	Análise discriminante: Florianópolis	137
4.6	Análise de <i>Clusters</i>	155
4.6.1	Análise de <i>Clusters</i> : Brasília e Recife.....	155
4.6.2	Análise de <i>Clusters</i> : Maceió	159
4.6.3	Análise de <i>Clusters</i> : Florianópolis	163
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	170
	REFERÊNCIAS	173

1 INTRODUÇÃO

A Ergonomia surgiu juntamente com a necessidade de trazer melhorias e conforto para as pessoas independente dos ambientes em que elas se encontram. Desde os primórdios, os indivíduos buscavam maneiras de adaptar o trabalho ao homem, desenvolver ferramentas que pudessem otimizar seu manuseio durante o trabalho e que aumentassem seu desempenho ao longo das jornadas de trabalho e ainda estudar maneiras capazes de melhorar as condições ambientais internas.

As condições internas do ambiente afetam diretamente a vida dos indivíduos, como as condições de iluminação, acústicas e térmicas (JAMROZIK *et al.*, 2018). Há algum tempo, metodologias foram desenvolvidas por pesquisadores para a realização de avaliações sobre o conforto cognitivo, fisiológico, postural e ambiental (CALIFANO; NADDEO; VINK, 2017). O ser humano necessita de conforto, sendo isso fundamental para sua vida (KARTHIKEYAN *et al.*, 2016). Em qualquer local de trabalho, o Conforto Térmico é um elemento indispensável (KARAHAN *et al.*, 2020). Ele pode ser definido como um estado de espírito que apresenta o quanto os indivíduos estão satisfeitos termicamente com o ambiente (RAVINDRA; ARGAWAL; MOR, 2020).

O Conforto Térmico traz benefícios ao desempenho, bem-estar e satisfação em geral, o que faz ele ser um fator significativo ao *design* de edificações, tendo em vista que as pessoas passam a maioria do seu tempo em locais fechados (VAN HOOFF, 2008). Entretanto, ainda existe o desconforto térmico que se caracteriza como um grande problema para engenheiros e arquitetos, pois os ambientes possuem suas complexidades e envolvem pessoas com suas particularidades, em conjunto com questões tecnológicas nos ambientes e especificações das construções (ambientes sustentáveis, eficientes e econômicos), que permitam uma condição para a aplicação de métodos para avaliação de conforto térmico (PARSONS, 2002).

Para garantir o conforto dos indivíduos nos ambientes e conceber uma edificação de baixo consumo energético, é necessário realizar a avaliação da Qualidade Ambiental Interior (*Indoor Environmental Quality* – IEQ) (NICO; LIUZZI; STEFANIZZI, 2015). Os fatores para a avaliação do IEQ são a qualidade do ar interno, conforto visual, conforto sonoro e conforto térmico (ASADI; MAHYUDDIN; SHAFIGH, 2017). Os fatores relacionados ao IEQ são capazes de reduzir o desempenho das pessoas no trabalho, cerca de 2,4% a 5,8% do desempenho cognitivo na maioria das situações e ainda contribuem para a redução do bem-estar (LAMB; KWOK, 2016).

Entre os fatores ambientais existentes, o conforto térmico consiste naquele que afeta diretamente a performance dos indivíduos no trabalho. Para sua avaliação são consideradas as variáveis ambientais, sendo a velocidade do ar, temperatura do ar, umidade do ar e temperatura radiante média (SUGIONO; NOVAREZA; FARDIAN, 2017). Outras variáveis utilizadas para a avaliação são as pessoais que incluem a taxa metabólica e o isolamento térmico da roupa (HAMZAH; ISHAK; BEDDU, 2016). Devido às mudanças climáticas e/ou de aclimação, o conforto térmico das pessoas se torna dinâmico (GHAHRAMANI *et al.*, 2018). E se os seres humanos estiverem satisfeitos termicamente em um ambiente consequentemente aumentará sua produtividade (EKICI, 2016).

Desde 1970, diversos modelos de conforto térmico vêm sendo desenvolvidos para predição da sensação térmica dos indivíduos nos ambientes (ZHAO; LIAN; LAI, 2021). Sendo utilizados para estimar o fluxo de calor entre o ambiente e o ser humano, entre os métodos têm-se o de Fanger, conhecido como modelo de conforto térmico PMV-PPD (PREK; BUTALA, 2017). Algumas discrepâncias são encontradas entre as sensações térmicas previstas e reais, pois suas aplicações ocorrem em diversos lugares do mundo, o que faz o modelo estar sujeito a diversos tipos de construção, vários tipos de climas e amplas medições do ambiente térmico (YAU; CHEW, 2014). Dois índices são amplamente utilizados, sendo o Voto Médio Estimado (*Predicted Mean Vote* - PMV) e a Porcentagem Prevista de Insatisfeitos (*Predicted Percentage of Dissatisfied* - PPD). O desempenho desses métodos continua sendo questionado até os dias atuais (CHEUNG *et al.*, 2019). Dentre as desvantagens, o PMV superestima a sensação térmica das pessoas, principalmente em locais onde as condições climáticas são quentes (OMIDVAR; KIM, 2020).

Muitos modelos passaram a ser desenvolvidos com a possibilidade de melhor estimar as sensações de conforto térmico das pessoas. Entre esses modelos têm-se: Humphreys e Nicol (2002); Yao, Li e Liu (2009); Orosa e Oliveira (2011); Wu e Sun (2012); Zhao *et al.* (2014); Broday *et al.* (2019); Omidvar e Kim (2020); Fletcher *et al.* (2020) e Ruivo, Silva e Broday (2021).

Alguns dos estudos realizados na área tiveram seus dados incluídos no Banco de Dados de Conforto Térmico Global ASHRAE II (*ASHRAE Global Thermal Comfort Database II*), sendo o banco de dados de maior referência até então (CHEUNG *et al.*, 2019). Esse banco de dados online possui acesso livre e contém cerca 81846 conjuntos completos de dados coletados, necessários para as avaliações de conforto

térmico, além disso, possui as avaliações subjetivas de sensação térmica dos usuários do local em questão (FÖLDVÁRY *et al.*, 2018).

Tendo em vista as discrepâncias relatadas por diversos autores sobre o modelo de Fanger que costuma superestimar e/ou subestimar a sensação térmica das pessoas, este estudo irá realizar uma análise de conforto térmico entre o modelo tradicional do PMV e alguns dos modelos alternativos, para assim verificar quais deles possui o melhor desempenho e mais se aproxima da realidade térmica sentida e relatada pelos indivíduos em uma determinada região. No desenvolvimento desta pesquisa, foi utilizado o *ASHRAE Global Thermal Comfort Database II*, o maior banco de dados de conforto térmico do mundo. Para a escolha do dados, foi considerado apenas o Brasil, que é um país continental que possui diversos tipos climáticos ao longo de sua extensão, assim surge a necessidade de analisar o conforto térmico entre as regiões com notáveis diferenças de temperatura. Os únicos dados brasileiros contidos no banco são das cidades de Brasília e Recife (XAVIER, 2000) na região centro-oeste e nordeste, Maceió (CÂNDIDO *et al.*, 2010) também no Nordeste e Florianópolis (DE VECCHI, CÂNDIDO E LAMBERTS, 2012) no sul do país.

1.1 Problema de pesquisa

Qual dos modelos alternativos ao PMV de Fanger melhor aproxima dos votos de sensação térmica relatados pelos usuários de ambientes internos em estudos de campo realizados no Brasil?

1.2 Justificativa

No decorrer dos anos, as pessoas vêm procurando alternativas de proporcionar condicionamento ambiental aos indivíduos, fazendo com que essa temática seja de grande interesse para a área de conforto térmico (ZHOU *et al.*, 2020). Alcançar um nível de conforto térmico adequado está associado também com a redução do consumo de energia da edificação (DESHKO *et al.*, 2020). A Qualidade Ambiental Interior (IEQ) representa um papel importante para a produtividade e para a saúde dos indivíduos (IDOWU, 2018) e fundamental para o desempenho e bem-estar (PEREZ *et al.*, 2018). O conforto térmico e a qualidade do ar envolvem a chamada Qualidade Climática Interior (*Indoor Climate Quality – ICQ*) que permite a

condição de bem-estar referente as variáveis ambientais pela condição de neutralidade térmica (SALAMONE *et al.*, 2017).

As pesquisas em conforto térmico podem contribuir para a diminuição do uso de sistemas de ventilação, aquecimento e ar-condicionado, conseqüentemente reduzindo o consumo energético (BIENVENIDO-HUERTAS *et al.*, 2020b). Do ponto de vista da conservação de energia, o conforto térmico pode ser utilizado para a promoção do melhor entendimento da demanda e dos requisitos específicos dos indivíduos, assim, essas informações podem reduzir a emissão de carbono e otimizar a eficiência energética (LI *et al.*, 2020). Além de tudo, é essencial para a saúde, bem-estar e produtividade (GAO *et al.*, 2021). Sua avaliação serve como uma forma de mensurar a satisfação dos indivíduos nos ambientes (WONG; MUI; CHEUNG, 2014). Quando os indivíduos estão em conforto térmico, a dissipação de energia é menor, o que faz com as pessoas tenham um desempenho maior para a realização de suas atividades e conseqüentemente um aumento na qualidade de vida (BRODAY *et al.*, 2019).

No caso de salas de aulas por exemplo, o conforto térmico é essencial para aumentar a produtividade e o aprendizado dos alunos. Se o ambiente educacional estiver desconfortável a realização de atividades acadêmicas estarão prejudicadas, como dificuldades para aprender, concentrar, pensar, memorizar e até mesmo concluir uma prova. Em ambientes, onde as pessoas possuem sensações térmicas desagradáveis, os efeitos térmicos costumam ser analisados (GUEVARA; SORIANO; MINO-RODRIGUEZ, 2021).

A sensação de conforto térmico acontece de uma maneira subjetiva e pode mudar de indivíduo para indivíduo. Ao longo dos anos, diversas pesquisas tentaram desenvolver um modelo para analisar o conforto térmico, e que esse modelo fosse largamente aceito. O modelo mais comumente aceito é o Voto Médio Estimado (PMV) de Fanger (HASAN; ALSALEEM; RAFAIE, 2016). Fanger utilizou em seu modelo de conforto térmico a teoria do balanço térmico que foi amplamente adotada para projetos de ambientes térmicos, porém, diversas pesquisas mostraram que este método não prediz de maneira precisa a sensação térmica real das pessoas (WONG; MUI; CHEUNG, 2014).

Como em qualquer modelo, o PMV de Fanger passou a ser alvo de críticas, entre elas é que ele deve ser aplicado apenas a adultos saudáveis e para os demais indivíduos como idosos, crianças e Pessoas com Deficiência (PCD) há necessidade

de realização de correções (VAN HOOFF, 2008). O modelo do Voto Médio Estimado (PMV) possui uma precisão de apenas 34% e seu desempenho melhora em edifícios localizados em regiões de clima temperados, porém em apenas 40% (CHEUNG *et al.*, 2019). Os métodos de conforto térmico testados até então, costumam apenas gerar resultados aproximados, o que faz o tema ser ainda mais complexo, porém é extremamente necessário a realização de testes (DJAMILA, 2017). Estes resultados obtidos nos modelos podem divergir das reais percepções dos indivíduos em relação ao ambiente térmico e isso acontece devido as edificações não se enquadrarem nos padrões, abrindo brechas para a realização de pesquisas (CARDOSO *et al.*, 2017).

Nesta temática, surge a classificação de Köppen onde torna-se possível verificar as diferentes mudanças climáticas existentes no Brasil, como: os climas temperados e subtropicais ao sul, no Nordeste a presença de aridez, transições entre os diversos tipos de climas tropicais e ao norte-oriental com climas tropicais de verão seco (DUBREUIL *et al.*, 2018).

Além dos argumentos já mencionados, a pesquisa em questão é relevante, pois busca verificar como o conforto térmico varia em regiões com tipos climáticos diferentes no Brasil. Outro aspecto, foi a exposição de qual dos modelos aplicados neste estudo tem o melhor desempenho aos locais verificando qual se aproxima da realidade térmica relatada pelos indivíduos. Outra vantagem que pode ser citada, é o ineditismo desta pesquisa, pois ainda não há na literatura autores que realizam esta análise comparativa entre modelos do PMV utilizando o banco de dados *ASHRAE Global Thermal Comfort Database II* no Brasil.

1.3 Objetivo geral

Analisar as condições de conforto térmico no Brasil através da aplicação do modelo do PMV de Fanger e modelos alternativos.

1.4 Objetivos específicos

- a. Verificar as diferenças existentes entre as sensações térmicas calculadas e a realidade térmica relatada pelos usuários no Banco de dados de Conforto Térmico Global ASHRAE II;
- b. Investigar qual modelo melhor representa a realidade das cidades brasileiras analisadas;

- c. Fazer uma análise discriminante para compreender como as variáveis discriminam entre os grupos de indivíduos;
- d. Realizar uma análise de cluster para classificar os indivíduos em grupos com maior nível de semelhança entre si.

1.5 Delimitação da pesquisa

O assunto principal desta pesquisa é o Conforto Térmico, que se encontra dentro da vertente de Ergonomia Física. Há muitos anos, os seres humanos vêm se preocupando com a influência que os ambientes térmicos provocam em seus usuários, seja na saúde (VAN LICHTENBELT *et al.*, 2017), bem-estar (ROHDE *et al.*, 2020), qualidade de vida (MIJANI *et al.*, 2019) ou até mesmo em sua produtividade (ZOMORODIAN; TAHSILDOOST; HAFEZI, 2016). O modelo tradicional para a avaliação de Conforto Térmico, conhecido com Voto Médio Estimado (PMV), desenvolvido por Fanger em 1970, ainda é o mais utilizado, porém apresenta alguns desvios para a avaliação de sensação térmica dos indivíduos (YANG *et al.*, 2020). Dessa maneira, cada vez mais novos modelos de conforto térmico vêm sendo desenvolvidos e aplicados em pesquisas em ambientes de construção (ZHAO; LIAN; LAI, 2021).

Levando em consideração essas informações e questionamentos de diversos autores em relação ao modelo tradicional, esta pesquisa busca analisar algumas situações de Conforto Térmico no Brasil em regiões que apresentam tipos climáticos diferentes como em Maceió e Recife no nordeste, Brasília no centro-oeste e Florianópolis ao sul do país, por esse motivo, foi utilizado o Banco de dados de Conforto Térmico Global ASHRAE II (*ASHRAE Global Thermal Comfort Database II*). A partir desses dados serão realizados testes com o modelo tradicional de Fanger e os modelos alternativos para a avaliação da predição de conforto térmico. Na sequência seus resultados serão comparados com a predição relatada pelos indivíduos, onde foi possível verificar qual dos modelos melhor condiz com a realidade apresentada pelos usuários brasileiros, ou seja, a comparação se limita apenas ao Brasil. No caso de replicação do trabalho com os dados de outros países, há possibilidade de que o método que melhor prediz a sensação térmica real do indivíduos possa divergir do modelo encontrado para o Brasil.

Neste estudo não foi possível realizar a pesquisa de campo para a coleta de dados devido a Pandemia de COVID-19, pois, desde 11 de março de 2020 foi

declarado pandemia pela Organização Mundial da Saúde (OMS), por consequência desta eventualidade as atividades escolares e comerciais foram suspensas por tempo indeterminado, fazendo com que as pessoas em sua grande maioria permanecessem em suas casas (TEE *et al.*, 2020). Caso houvesse a viabilidade da realização da coleta de dados sob as mesmas condições apresentadas no banco de dados, talvez seria possível encontrar divergências nos resultados.

Dessa forma, a utilização do Banco de dados de Conforto Térmico Global ASHRAE II, se tornou uma solução para a continuidade desta pesquisa, já que seus dados estão disponíveis de forma livre para o compartilhamento e realização de trabalhos. Entretanto, mesmo com uma probabilidade baixa, esses dados disponíveis estão sujeitos a possuir possíveis erros de coleta por seus pesquisadores, como por exemplo pela má calibragem dos equipamentos utilizados ou pela estabilização. Os dados contidos no banco são apenas utilizados pelas pessoas em geral, não sendo possível contestar ou considerar algo sobre eles, já que a coleta não foi acompanhada em suas respectivas realizações.

No que se refere aos modelos alternativos de PMV/PPD escolhidos para a realização dos testes, há possibilidade de algum dos modelos existentes ter ficado de fora durante o processo de busca, fazendo com que diminua a possibilidade de se obter o maior número de predições dos modelos. Outro aspecto relevante, é que muitos dos métodos existentes na literatura podem não se aderir as informações disponíveis no Banco de dados, seja pela falta ou excesso de dados quando se comparado aos modelos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por finalidade apresentar diversos conceitos abordados por pesquisadores e assim contribuir para o melhor entendimento desta pesquisa, iniciando-se pela Evolução Histórica da Ergonomia, Conforto Térmico e Modelos de Conforto Térmico.

2.1 Evolução histórica da ergonomia

As organizações e o trabalho vêm passando por diversas transformações como nas relações de trabalho, no uso de tecnologias da informação, comunicação, automação, novas maneiras de produção, relações interpessoais, incertezas, relações das pessoas com as tarefas entre outros, impactando diretamente nas condições de trabalho, nos comportamentos, tarefas, qualidade de vida, bem-estar e tomada de decisões (ALCOVER, 2017).

Melo e Felici (2017) relatam que desde que surgiram os locais de trabalho, sejam escritórios, indústrias ou fábricas, a segurança e a ergonomia devem existir mesmo que de maneira simples e mínima, trazendo mais segurança e eficiência no trabalho e, por consequência, um maior desempenho para a realização das atividades. A falta de Ergonomia traz diversas desvantagens, como doenças irreversíveis e a exposição a acidentes.

A Ergonomia foi citada pela primeira vez em 1857, em um trabalho do cientista polonês Wojciech Jastrzebowski. Sua resenha foi nominada “Ensaio de ergonomia, ou ciência do trabalho, baseada nas leis objetivas da ciência sobre a natureza”. O vocábulo ergonomia tem origem grega, sendo *ergon* (trabalho) e *nomos* (leis e normas) (ABRAHÃO *et al.*, 2009).

Conforme a *International Ergonomics Association* (IEA, 2020), a Ergonomia ou Fatores Humanos consiste em uma disciplina que busca entender todas as interações existentes entre os humanos e os demais recursos de um sistema. Havendo a utilização de diversos conceitos, informações e métodos para a realização de projetos que possam aumentar a sensação de bem-estar pelas pessoas e por consequência aumentar o desempenho de forma global no sistema.

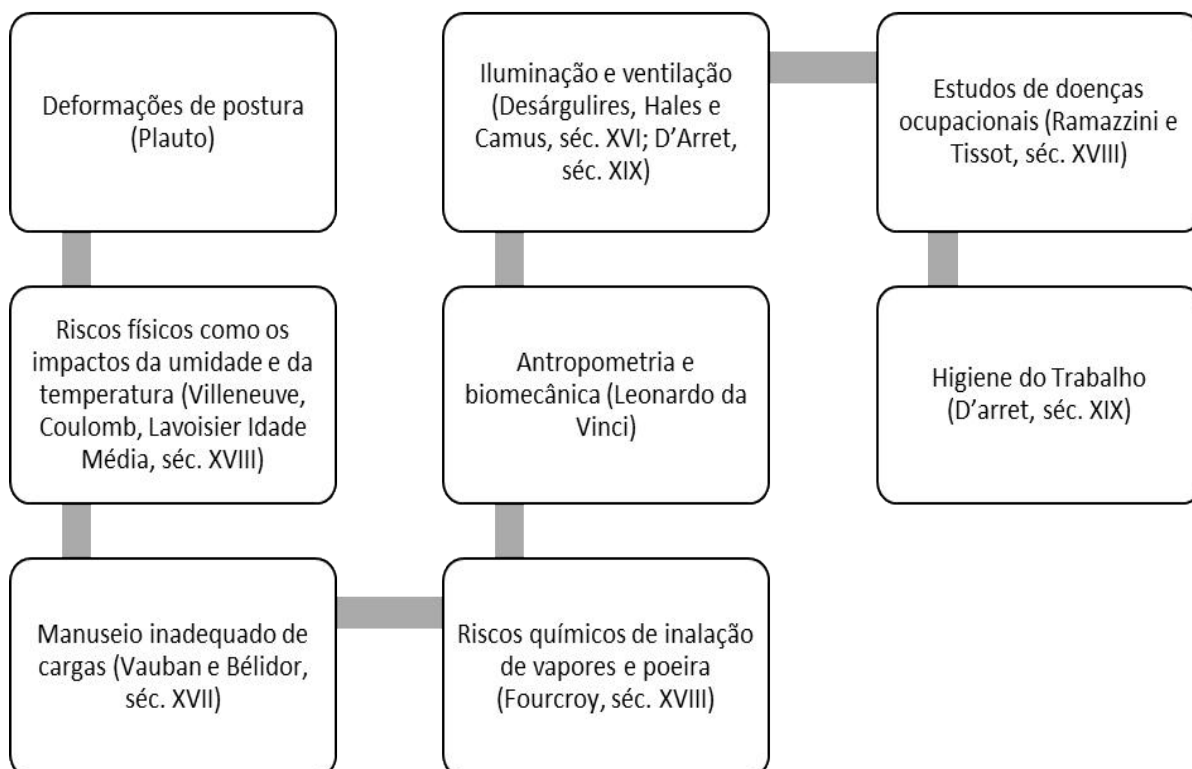
Human Factors and Ergonomics Society (HFES, 2020) define que a Ergonomia tem por objetivo a melhoria da segurança, aumento do conforto, diminuição do erro humano e o aumento da produtividade, levando em consideração

a interação entre o ser humano e o seu ambiente e/ou objeto de interesse. Estando presente de maneira comum no cotidiano, seja em um processo, produto ou sistema que foi projetado de maneira mais eficiente para os humanos. A Ergonomia envolve diversas disciplinas, como a engenharia, psicologia, biomecânica, sociologia, antropometria, design visual, design de interface do usuário, design industrial, design de interação, fisiologia, design industrial e experiência do usuário, desta maneira, a definição exata de Ergonomia pode variar conforme a situação a ser explorada.

Na década de 70, a *Société d'Ergonomie de Langue Française* (SELF, 2020) definiu a Ergonomia como sendo a adaptação do trabalho ao homem por meio do uso de conhecimentos científicos referentes ao homem e importantes para projetar máquinas, ferramentas e dispositivos a serem utilizados com maior segurança, conforto e eficácia.

Entender os fatores da organização, do ambiente e do sistema de trabalho que impactam na segurança do local de trabalho possibilita a elaboração de soluções mais eficazes e integradas para o enfrentamento de problemas persistentes no ambiente de trabalho. As soluções necessitam reconhecer as interações entre os níveis e componentes do sistema e realizar também o reconhecimento mais amplo do sistema sociotécnico (CARAYON *et al.*, 2015). Másculo e Vidal (2011) atestam que as primeiras aparições de estudos referentes as relações entre trabalho e homem apareceram em períodos arqueológicos, onde foram encontrados objetos esculpidos em pedra lascada para facilitarem o manuseio e ganharem eficiência na coleta e na caça, além disso, houve outros momentos em que a ergonomia esteve presente na antiguidade, tais como (Figura 1):

Figura 1 - Ergonomia na antiguidade



Fonte: Adaptado de Másculo e Vidal (2011)

No Brasil, a ergonomia é regulamentada pela Norma Regulamentadora (NR-17), sendo desenvolvida em 1978 pelo Ministério do Trabalho e Emprego envolvendo fundamentos que abrangem a melhoria e adaptação das condições de trabalho, buscando aumentar o conforto, segurança e desempenho. Dentre os dados a serem analisados tem-se o levantamento, transporte e descarregamento de materiais, mobiliário e equipamentos, condições ambientais no local de trabalho que possam influenciar no desempenho, como por exemplo ruídos, temperatura, iluminação entre outros (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1978).

A ergonomia vem ganhando seu espaço a cada dia em âmbitos industriais, desde sua elaboração concentrou-se em adaptar o ambiente de trabalho aos seus usuários e a relação homem-máquina ocorreu de diversas maneiras ao longo dessa evolução ergonômica (BRODAY, 2020). A ergonomia como ciência está presente em diversas interações entre as pessoas e equipamentos, móveis, tecnologias de processo, entre outros. Podendo estar aplicada em carros de corrida, cadeiras de escritório, linhas de montagem, equipamentos de ginástica, perfuração de minas, aviões, lojas, dentre outros (DIRKSE VAN SCHALKWYK; STEENKAMP, 2017).

Almeida (2011) afirma que a ergonomia se tornou universal e importante em diversos países, onde os pesquisadores sugeriram várias definições e conceitos, respondendo e observando as reais necessidades. As intervenções e as maneiras de atuação ocorreram conforme a economia e o momento histórico vivido naquele momento pelo país onde a ergonomia seria aplicada, surgindo assim duas linhagens: a ergonomia clássica ou anglo-saxônica, mais conhecida mundialmente e chefiada pelos britânicos e americanos, e a ergonomia francesa sendo mais aplicada em países francófonos que se universalizou mais tarde. A vertente anglo-saxônica ou anglófona é mais antecessora e muito praticada nos Estados Unidos e na Inglaterra, já a ergonomia francesa é mais atual, sendo conhecida também com francófona.

A ergonomia anglo-saxônica considera as características do ser humano como “máquina humana”, para que assim seja possível a adaptação dos equipamentos, máquinas e dispositivos técnicos necessários para a realização do trabalho. Além do mais é conhecida como Ergonomia dos Fatores Humanos ou *Human Factors* conforme os ergonômicos anglo-saxões. A ergonomia francófona conceitua que o ser humano é o principal ator de uma organização de trabalho, ou seja, a atividade realizada pelas pessoas é levada em consideração e desta forma o trabalho necessita ser analisado com um processo (DARSES; MONTMOLLIN, 2006). O ponto de vista anglo-saxônico é direcionado para as tecnologias e métodos, com enfoque nos aspectos físicos e interação homem-máquina que deverão ser controlados, dimensionados e discriminados (MONTMOLLIN, 1990). Esta vertente costuma sofrer críticas por fazer uso de resultados alcançados através de experimentos em laboratórios, se distanciando e não incluindo as atividades feitas pelos colaboradores (WISNER, 1987).

Para fins de diferenciação entre as vertentes Montmollin (1990) expôs diversas características da Ergonomia do Componente Humano (Ergonomia Anglo-saxônica) e a Ergonomia da Atividade Humana (Ergonomia Francófona) que são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características da Ergonomia do Componente Humano e da Ergonomia da Atividade Humana

Disciplinas	Aspectos do trabalhador considerados	Aspectos da tarefa considerados	Métodos de aquisição de dados	Objetos principais	Principais meios de ação	Observações
Ergonomia do Componente Humano (Human Factors)	Características psicológicas, anatômicas, independentes do trabalhador e gerais	Ambiente físico (calor, ruído etc.), características físicas da interface homem-máquina	Experiência em laboratório e raramente nos locais de trabalho. Medidas quantitativas	Adaptação da máquina ao homem. Melhoria das condições de trabalho	Concepção de dispositivos técnicos	Principalmente americana
Ergonomia da Atividade Humana	Atividades dos trabalhadores: comportamentos físicos (atitudes, gestos) e mentais (estratégias, raciocínios) durante o trabalho	Os mesmos que os anteriores, procedimentos, objetivos prescritos e condições sociais do trabalho	Análise do trabalho (tarefa e atividade). In loco realizando registro de comportamentos e verbalizações e raramente em laboratório. Medidas mais qualitativas do que quantitativas	Análise do trabalho (atividade e tarefa)	Organização do trabalho, concepção de dispositivos técnicos (sistemas lógicos, sistemas informatizados do que máquinas propriamente ditas)	Em maioria europeia

Fonte: Montmollin (1990)

Falzon (2007) define a ergonomia como a adaptação do trabalho ao homem utilizando informações e conhecimentos que relacionam o homem com ferramentas, maquinários entre outros, a fim de serem utilizados com proteção, tranquilidade, segurança e eficiência. Esta ciência está dividida em três vertentes (Quadro 2), sendo:

Quadro 2 - Especialidades da Ergonomia

Vertentes da Ergonomia	Descrição
Ergonomia Física	Particularidades ligadas ao corpo, antropometria, biomecânica e fisiologia. Os assuntos mais importantes são as posturas de trabalho, manejo de instrumentos, repetitividade, problemas ósseos e musculares, layout inadequado do posto de trabalho, segurança e saúde
Ergonomia Cognitiva	Refere-se a mente, como a compreensão, a memória, respostas motoras e o raciocínio. Todas as funções estão ligadas a tomada de decisão, desempenho, carga mental enfrentada, a confiabilidade entre as pessoas, relação homem-máquina e o estresse na profissão
Ergonomia Organizacional	Estrutura da organização, leis e processos considerando a conversa, a gestão do que for em comum, concepção de trabalho e horários, união da equipe, cooperativismo, regras novas de trabalho, cultura organizacional entre outros

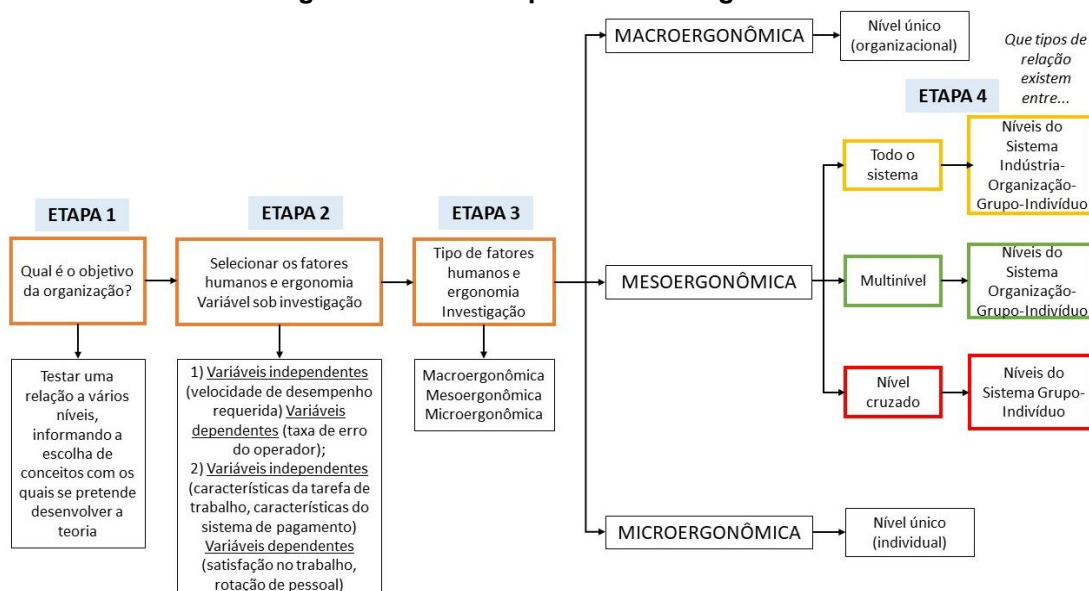
Fonte: Falzon (2007)

Além disso a abordagem ergonômica pode ser determinada por sua abrangência em três níveis: diferentes: micro ergonômico (Ergonomia do Posto de Trabalho), meso ergonômico (nível intermediário) ou macro ergonômico (Ergonomia de sistemas de produção). Para Rost e Alvero (2020), as iniciativas micro ergonômicas possibilitam que as pessoas reconheçam os riscos existentes e realizem modificações por meio da Ergonomia em suas próprias atividades de trabalho, como por exemplo no *redesign* do posto de trabalho para um único utilizador. As intervenções ergonômicas sejam em nível micro ou macro são importantes para a melhoria e as iniciativas de Ergonomia Participativa são relevantes e abrangem problemas de vários níveis. Lida (2005) relata que no nível micro da Ergonomia a preocupação é voltada para cada unidade produtiva, isto é, em cada posto de trabalho que compreende o trabalhador e o seu ambiente, envolvendo o equipamento e a máquina que ele utiliza, além das condições locais de ruídos e temperaturas. Neste nível a ergonomia é voltada especialmente ao estudo do posto de trabalho.

Os pesquisadores de Ergonomia e Fatores Humanos costumam centralizar seus estudos no indivíduo, ou seja, no nível micro. No entanto começaram a expandir seus estudos, incluindo um foco nos fatores organizacionais, ou seja, no nível macro. A partir disso surgiu uma lacuna entre as variáveis desses dois níveis e assim desejou-se realizar a integração e identificação destas ligações entre a micro ergonomia e a macro ergonomia, a chamada meso ergonomia. A meso ergonomia preza a relação entre as variáveis delimitadas por meio de diversos níveis num ambiente de trabalho e delimita estes sistemas de interesse por meio destes níveis (hierarquia, espaço, tempo e processo) sendo possível identificar a circunstância que envolve o fenômeno de interesse (RIVERA-RODRIGUEZ *et al.*, 2013).

Karsh, Waterson e Holden (2014) desenvolveu uma estrutura para a meso ergonomia e a partir disso seria possível solucionar as preocupações deste nível (Figura 2). A estrutura possui quatro etapas: a primeira envolve o propósito da investigação, como por exemplo o desenvolvimento e testes de hipóteses sobre as relações, a segunda etapa seleciona os fatores humanos e de ergonomia para o início das investigações, a terceira etapa compreende o tipo de investigação a ser conduzida no nível meso ergonômico e na última etapa é realizado a interrogação dos níveis do sistema conforme o tipo de investigação selecionada (todo o sistema, multinível e nível cruzado) com o intuito de determinar as relações entre os níveis do sistema.

Figura 2 - Estrutura para a Meso Ergonomia



Fonte: Adaptado de Karsh, Waterson e Holden (2014)

O nível macro da Ergonomia possui um ponto de vista analítico, onde considera diversos fatores, desde físicos até mesmo ambientais. Assim estas considerações envolvem saúde, segurança, se as pessoas estão devidamente treinadas, aptas fisicamente para realizar o trabalho, se o trabalho designado pode ser realizado, se as lesões são administradas corretamente, entre outros (JORDAN; ESCOBALES, 2015).

Butwin, Evans e Klatt (2017) afirmam que existe diversos fatores potenciais que contribuem para a macro ergonomia, como por exemplo sexo, idade, cultura no local de trabalho, carga horária e estado de saúde mental. Os macro ergonomistas possuem o intuito de redesenhar o sistema de trabalho (MURPHY *et al.*, 2018), sendo composto por cinco subsistemas: trabalho e tarefas, organização, ferramentas e

tecnologias, humano e ambiente (KALTEH *et al.*, 2020). A Macro ergonomia abrange a interatividade entre homem e o sistema (HENDRICK; KLEINER, 2016).

O nível macro pode impactar na qualificação dos trabalhadores, na realização dos investimentos, no nível de emprego e na organização da produção. Além de tudo, em algumas situações a macro ergonomia traz resultados melhores do que a micro ergonomia dos postos de trabalho isolados e dos trabalhadores individuais. A perspectiva micro ergonômica gera resultados de 10 a 25% e já a macro ergonômica pode gerar melhorias de 60 a 90% (IIDA, 2005).

A Ergonomia possui uma relação direta com a Qualidade Ambiental Interior (IEQ), onde torna-se necessário proporcionar aos indivíduos, ambientes mais personalizados que atendam suas necessidades, portanto, esta área solicita cada vez mais pesquisas (ASHRAE, 2017). A vertente de Ergonomia Física envolve exatamente o IEQ que engloba o Conforto Térmico que é o instrumento desta pesquisa.

2.2 Conforto Térmico

2.2.1 Conceitos básicos

Atualmente, a ergonomia vem se destacando e ganhando lugar nas indústrias. Desde seu aparecimento, seu intuito foi adaptar o local de trabalho ao homem preocupando-se com a luminosidade, temperatura, ruído e qualidade do ar, fatores estes que afetam a realização das atividades (BRODAY *et al.*, 2019). O Conforto Térmico interfere diretamente nas atividades dos seres humanos como na eficiência, gestão energética, economia e impacto ambiental (ENESCU, 2017).

O conforto térmico é uma condição significativa que impacta na qualidade de vida e na eficiência do trabalho. Independentemente do local em que os seres humanos estão inseridos, eles realizam a todo momento trocas de calor com o ambiente seja por transferência de calor por radiação, convecção por calor e condução de calor. O conforto térmico se caracteriza pela interação da psicologia com a fisiologia (JULI; QIONGYAO, 2019).

Para Zaki *et al.* (2017), a análise de Conforto Térmico pode ser utilizada para compreender as percepções das pessoas perante as condições e preferências térmicas e como se adaptam em determinadas condições. O controle do Conforto

Térmico pode ser alcançado por meio de iluminação diária, técnicas de *design*, controle solar e em algumas ocasiões o uso de sistemas de ar-condicionado.

Conforme a *American Society of Heating, Refrigerating and Air - conditioning Engineers* (ASHRAE), o Conforto Térmico pode ser definido como um estado de espírito que representa o nível de satisfação perante o ambiente térmico e esta conclusão acontece pelo parecer subjetivo das pessoas (ASHRAE 55, 2021). Zomorodian, Tahsildoost e Hafezi (2016) trouxeram diversas situações que cabe a realização de estudos de conforto térmico, como em espaços residenciais, quando há mudanças de temperatura em diversos pontos de uma sala, diferenças no uso de vestimentas e atividades, uso de ambientes térmicos ao longo do dia e no ano e as possibilidades de ações adaptativas. De acordo com Vellei *et al.* (2017), existem seis variáveis para o conforto térmico, sendo quatro variáveis ambientais (temperatura radiante média, temperatura do ar, velocidade do ar e umidade relativa do ar) e duas pessoais (isolamento térmico da roupa e taxa metabólica).

Somente a condição térmica não determina o conforto térmico, desta forma é necessário considerar a condição pessoal. As pessoas podem estar expostas ao mesmo ambiente térmico e sentir diferentes sensações de conforto térmico devido as condições pessoais diferentes (HAMZAH; ISHAK; BEDDU, 2016). Desta maneira, a pessoa somente estará sujeita ao estado de conforto térmico quando não possuir desconforto térmico em alguma região do corpo, estar em neutralidade térmica e se sua taxa de evaporação de suor e temperatura da pele estiverem de acordo com os limites permitidos para a realização do trabalho (FROTA; SCHIFFER, 2001).

A neutralidade térmica consiste no estado em que uma pessoa não prefere sentir nem mais frio nem mais calor no local em que ele se encontra (FANGER, 1970). Desta forma simboliza a representação do balanço térmico entre o ambiente e o indivíduo, sendo importante para averiguar se há conforto térmico, porém, não sendo suficiente para que ele exista (XAVIER, 2000).

A temperatura da pele (t_{sk}) humana é uma característica muito significativa da fisiologia em que traz o reflexo das respostas dos seres humanos ao ambiente térmico, sendo considerada uma reação involuntária direta da sensação térmica e ao conforto térmico do corpo do indivíduo (ZHU *et al.*, 2017). Para se obter a temperatura média da pele (Equação 1) e a taxa de evaporação do suor (Equação 2), os cálculos devem estar em função da atividade realizada. Os resultados têm capacidade de fornecer o conforto térmico se as demais condições de desconforto localizado e neutralidade

térmica estivessem verificadas. As equações a seguir trazem os quesitos para achar as condições de conforto térmico referentes a atividade realizada pelo indivíduo:

$$t_{sk}=35,7-0,0275 \cdot M \quad (1)$$

$$E_{sw}=0,42 \cdot (M-58,15) \quad (2)$$

sendo:

t_{sk} = temperatura média da pele ($^{\circ}\text{C}$);

E_{sw} = taxa de evaporação do suor, pela pele (W/m^2);

M = taxa metabólica (W/m^2).

Para a ocorrência de desconforto térmico localizado nas pessoas existem quatro maneiras diferentes de acordo com a ISO 7730, sendo as correntes de ar, assimetria de radiação térmica, diferença de temperatura do ar na vertical e a temperatura do piso (ISO 7730, 2005).

A presença de correntes de ar no ambiente faz com que as pessoas sintam resfriamento em algumas partes do corpo devido a este ar em movimento. Este problema costuma ser recorrente, não somente em locais ventilados, mas também em veículos, por exemplo. Quando os seres humanos estão submetidos as correntes de ar geralmente acontece uma reação natural em que aumentam a temperatura do ambiente ou simplesmente param o sistema responsável por essa ventilação, podendo ocorrer algumas vezes um aumento em seu desconforto no ambiente (LAMBERTS *et al.*, 2011).

Quando se tem ambientes radiantes não uniformes os seres humanos estão expostos a assimetria de radiação térmica, desta maneira o local fará com que a pessoa se sinta mais aquecida em determinada região do corpo do que nas demais. Dessa maneira, no inverno um indivíduo que estiver sentado mais perto de uma parede gelada rá sentir mais frio na direção desta mesma parede do que nas outras direções do ambiente. A assimetria de temperatura radiante é determinada através de um elemento plano, dependendo das orientações das superfícies e suas posições associadas ao corpo humano (HALAWA; VAN HOOFF; SOEBARTO, 2014).

A diferença vertical de temperatura do ar ou estratificação térmica, acontece devido a temperatura do ar na região da cabeça ser mais quente do que na região do tornozelo, desta forma podendo causar desconforto térmico nas pessoas

(ASHRAE 55, 2004). Essa diferença vertical foi utilizada para definir o desconforto térmico local (MARTÍN; MARTÍNEZ; GÓMEZ, 2008).

Outra forma de sentir desconforto térmico local é através da temperatura do piso, onde as pessoas podem sentir desconforto térmico nos pés por meio do contato direto com superfícies de piso muito frias ou muito quentes, mesmo fazendo uso de calçados (ASHRAE 55, 2004).

A tabela 1, aborda a porcentagem máxima de pessoas insatisfeitas em um ambiente pelos desconfortos térmicos localizados por correntes de ar, diferença de temperatura vertical, assimetria de radiação térmica e temperatura de piso quente ou frio.

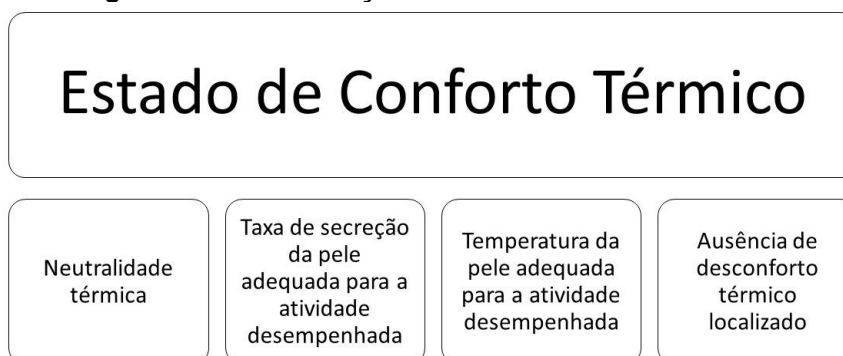
Tabela 1 - Porcentagem de pessoas insatisfeitas por desconforto localizado

Categoria	Desconforto térmico localizado			
	(%)			
	Pessoas Insatisfeitas por correntes de ar	Pessoas insatisfeitas pela diferença de temperatura vertical	Pessoas insatisfeitas por assimetria de radiação térmica	Pessoas insatisfeitas pela temperatura de piso quente ou frio
A	<10	<3	<5	<10
B	<20	<5	<5	<10
C	<30	<10	<10	<15

Fonte: ISO 7730 (2005)

Para que os indivíduos estejam em condição de conforto térmico em um ambiente real, é necessário que atendam a quatro requisitos, sendo: estado de neutralidade térmica, taxa de secreção de suor e temperatura da pele adequadas aos parâmetros da atividade desempenhada e inexistência de exposição a desconforto térmico localizado em alguma parte do corpo (Figura 3).

Figura 3 - Como alcançar o Estado de Conforto Térmico



Fonte: Autoria Própria

Através da combinação de variáveis que envolvem o conforto térmico, o balanço térmico pode ser alcançado quando se há um equilíbrio entre elas. Na seção seguinte são apresentados os parâmetros utilizados por Fanger no desenvolvimento da equação clássica de Balanço Térmico.

2.2.2 Balanço térmico

O conforto térmico pode ser sentido de maneiras diferentes devido as condições individuais das pessoas, ainda que estejam em um mesmo ambiente térmico. Em consequência dessas condições individuais torna-se um desafio trazer satisfação para todos os ocupantes de determinado ambiente térmico (WANG *et al.*, 2018).

O corpo humano libera calor e por isso pode ser considerado um sistema termodinâmico. O calor liberado acontece devido ao metabolismo e a ingestão de oxigênio, onde o corpo movimenta seus músculos e realiza trabalho físico em seu ambiente e trabalho mecânico movimentando a massa corpórea, utilizando o trabalho muscular (BARTAL; BÁNHIDI; GARBAI, 2012). Todo esse calor é dissipado pelo corpo através das atividades corporais contribuindo para preservação de um estado de conforto térmico estável. O fluxo de calor acontece do núcleo do corpo para a superfície da pele, sendo retirado por mecanismos de transferência de calor (MARN; CHUNG; ILJAŽ, 2019).

O modelo de balanço térmico considera os processos termorregulatórios como por exemplo a taxa regulatória de suor e a dilatação ou contração dos vasos sanguíneos periféricos (TALEGHANI *et al.*, 2015). As respostas termo fisiológicas sofrem variações e são transformadas em diversas formas de trocas de calor como perdas de calor por evaporação, convecção e radiação da pele e a perda de calor por evaporação e convecção pela respiração (JUNG; JAZIZADEH; DILLER, 2019).

Nos estudos de conforto térmico a relação entre o ambiente e o corpo humano são significantes para se avaliar o balanço térmico em termos de fatores ambientais (GAO *et al.*, 2017). Para acontecer o balanço térmico é preciso calcular como está a variação de energia no corpo no decorrer do tempo, sendo composto pela variação energética devido as condições ambientes transitórias e a energia metabólica. A soma dos termos relacionados a convecção, respiração, radiação e evaporação referem-se ao cálculo de transferência de energia para o meio ambiente (MADY *et al.*, 2014).

Fanger (1970) desenvolveu a fórmula que expressa o balanço térmico de energia entre o ambiente e o corpo, sendo representada pela equação (3):

$$M-W=Q_{sk}+Q_{res} \quad (3)$$

sendo:

M = taxa metabólica (W/m^2);

W = trabalho mecânico realizado pelo corpo (W/m^2);

Q_{sk} = Taxa total de perda de calor pela pele (W/m^2), onde $Q_{sk} = E_{sk} + K_{cl}$;

Q_{res} = Taxa total de perda de calor pela respiração (W/m^2).

Segundo Yang, Yin e Fu (2016), o corpo humano necessita de uma temperatura adequada para que as atividades do cotidiano sejam realizadas. Desta forma, a quantidade de calor produzido pelo corpo e a perda de calor devem ser iguais para que haja equilíbrio térmico. Essas perdas de calor ocorrem por convecção, radiação e evaporação conforme a equação (4) do balanço térmico do corpo que se caracteriza pela seguinte forma:

$$M-W=Q_{sk}+Q_{res}=(C+R+E_{sk})+(C_{res}+E_{res}) \quad (4)$$

sendo:

C = perda de calor sensível por convecção, pela pele (W/m^2);

R = perda de calor sensível por radiação, pela pele (W/m^2);

E_{sk} = perda de calor latente pela pele, através da evaporação (W/m^2);

C_{res} = perda de calor sensível pela respiração, por convecção (W/m^2);

E_{res} = perda de calor latente pela respiração, por evaporação (W/m^2).

Para a maioria das atividades realizadas pelos humanos, o trabalho mecânico (W) deve ser considerado nulo. DuBois e DuBois (1916) desenvolveram uma equação para a realização de cálculos referente a área de superfície corporal (m^2) das pessoas, sendo utilizada para normalização de parâmetros referentes ao fluxo de calor no balanço térmico, que pode ser expressa pela equação (5):

$$ASP=0,202 \cdot m^{0,425} \cdot I^{0,725} \quad (5)$$

sendo:

ASP = Área de superfície corporal (m²);

m = massa do corpo (kg);

l = altura do corpo (m).

Segundo Fanger (1970), a equação (4) do balanço térmico pode ser reescrita conforme a equação (6):

$$(M-W)-C_{res}-E_{sk}-E_{res}=K_{cl}=C+R \quad (6)$$

sendo:

R = perda de calor sensível por radiação, pela pele (W/m²), onde (equação 7):

$$R=3,96.10^{-8}.f_{cl} \cdot [(t_{cl}+273)^4-(t_{rm}+273)^4] \quad (7)$$

sendo:

E_{sk} = perda de calor latente pela pele, através da evaporação (W/m²), onde (equação 8):

$$E_{sk}=3,05.[5,73-0,007.(M-W)-p_a]+0,42.[(M-W)-58,15] \quad (8)$$

K_{cl} = troca de calor da pele por condução (W/m²), onde (equação 9):

$$K_{cl}=\frac{[35,7-0,028.(M-W)]-t_{cl}}{0,155.I_{cl}} \quad (9)$$

sendo:

M = taxa metabólica de produção de calor (W/m²);

W = trabalho mecânico realizado pelo corpo (W/m²);

t_{cl} = temperatura de superfície externa da roupa (°C);

I_{cl} = isolamento térmico das roupas (Clo).

A perda de calor sensível por convecção (C) ocorre quando há transferência de calor entre a pele e o ambiente em que o indivíduo está inserido. Se a temperatura do ar for maior que a temperatura da pele, o valor de C é positivo (YANG; YIN; FU, 2016). A perda de calor sensível por convecção pode ser obtida da seguinte forma (equação 10):

$$C=f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl}-t_a) \quad (10)$$

sendo:

C = Perda de calor sensível por convecção, pela pele (W/m^2);

t_{cl} = temperatura de superfície externa da roupa ($^{\circ}C$);

f_{cl} = razão entre a área da superfície corporal da vestimenta e do corpo nu (adimensional);

t_a = temperatura do ar ($^{\circ}C$);

h_c = coeficiente de troca de calor por convecção (W/m^2K).

A perda de calor sensível pela respiração por convecção (equação 11) e a perda de calor sensível pela respiração por evaporação (equação 12), pode ser obtida da seguinte forma:

$$C_{res}=0,0014.M.(34-t_a) \quad (11)$$

$$E_{res}=0,0173.M.(5,87-p_a) \quad (12)$$

onde:

C_{res} = perda de calor sensível pela respiração, por convecção (W/m^2);

E_{res} = perda de calor latente pela respiração, por evaporação (W/m^2);

p_a = pressão parcial de vapor d'água no ar úmido (Pa).

Fanger (1970) ressalta que as variáveis ambientais podem ser conseguidas por meio de medições no ambiente térmico e as variáveis pessoais elas podem ser obtidas através de dados e tabelas para consulta em normas, porém a temperatura de superfície externa da roupa ($^{\circ}C$) deve ser obtida através da equação (13):

$$t_{cl}=35,7-0,028.M-0,155. I_{cl} \cdot \{3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl}+273)^4-(t_{rm}+273)^4]+ f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl}-t_a)\} \quad (13)$$

sendo:

t_{rm} = temperatura radiante média ($^{\circ}C$);

h_c = coeficiente de troca de calor por convecção (W/m^2K).

Para se obter o coeficiente de troca de calor por convecção (h_c) (W/m^2K), deve-se considerar o maior valor obtido nos resultados das equações (14) e (15):

$$h_c = 2,38 \cdot (t_{cl} - t_a)^{0,25} \quad (14)$$

$$h_c = 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \quad (15)$$

sendo:

v_{ar} = velocidade do ar (m/s).

A razão entre a área da superfície corporal da vestimenta e do corpo nu (f_{cl}) pode ser obtida conforme o valor do isolamento térmico das roupas e é dada pelas equações (16) e (17):

$$f_{cl} = 1,00 + 0,2 \cdot I_{cl} \text{ para } I_{cl} \leq 0,5 \text{ Clo} \quad (16)$$

$$f_{cl} = 1,05 + 0,1 \cdot I_{cl} \text{ para } I_{cl} > 0,5 \text{ Clo} \quad (17)$$

sendo:

I_{cl} = Isolamento térmico das roupas (Clo);

Realizando a substituição na equação (6) com as expressões de suas respectivas variáveis, tem-se a equação (18):

$$\begin{aligned} & (M-W) - 3,05 \cdot [5,73 - 0,007 \cdot (M-W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M-W) - 58,15] - 0,0173 \cdot M \cdot (5,87 - \\ & p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) = \frac{[35,7 - 0,028 \cdot (M-W)] - t_{cl}}{0,155 \cdot I_{cl}} = 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4] + \\ & f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \quad (18)$$

Cho e Jeong (2018) apresentam a expressão referente a carga térmica (L) do corpo humano que consiste na diferença entre o calor do interior do corpo humano e o calor perdido para o ambiente. Isso acontece quando quantidade de calor produzido pelo corpo e a perda de calor são diferentes e assim havendo um gradiente de calor (LAMBERTS *et al.*, 2011). A carga térmica pode ser calculada através da equação (19):

$$\begin{aligned} L = & M - 3,05 \cdot (5,73 - 0,007 \cdot M - p_a) - 0,42 \cdot (M - 58,15) - 0,0173 \cdot M \cdot (5,87 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - \\ & 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \quad (19)$$

sendo:

L = carga térmica (W/m^2).

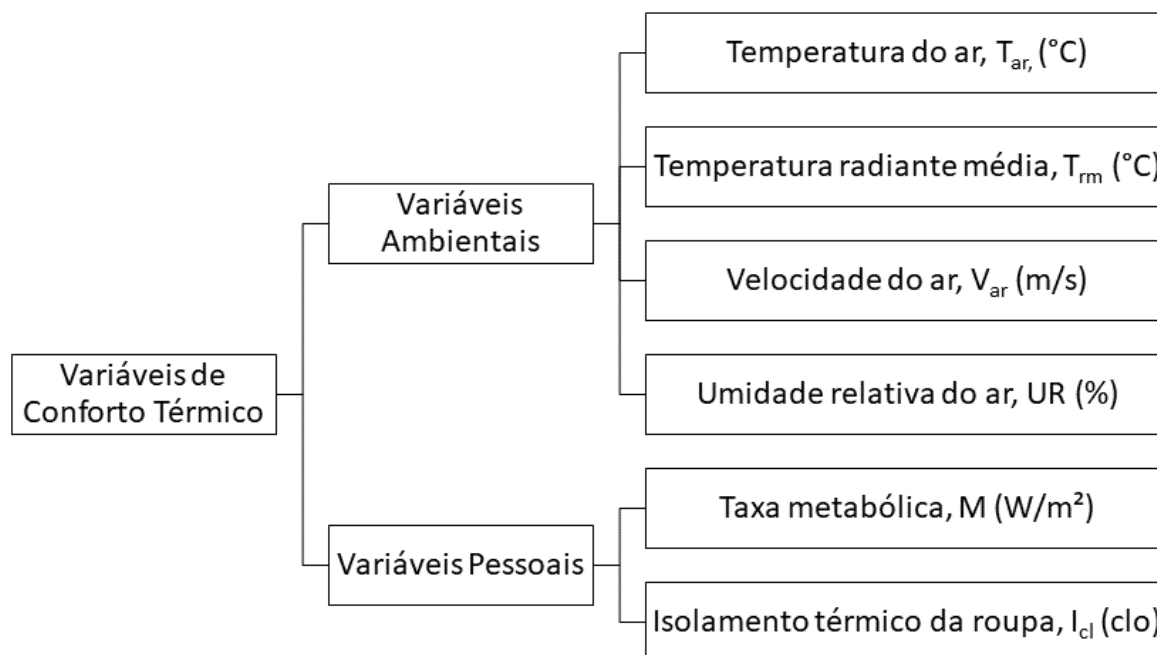
Com as equações citadas, se torna possível verificar as condições de equilíbrio térmico dos indivíduos, porém haverá necessidade de conhecer as variáveis do conforto térmico, sendo elas ambientais que devem ser coletadas nos ambientes através de medições e as variáveis pessoais que devem ser obtidas através de consultas em tabelas oriundas das próprias normas de conforto ou através de medições com equipamentos específicos, por exemplo um manequim térmico ou um analisador metabólico.

2.2.3 Variáveis de Conforto Térmico

Existem algumas variáveis importantes para a realização de avaliações de desempenho e conseqüentemente pela melhoria, desta maneira elas representam as condições reais de determinado local, seja para a condição de consumo de energia, carga térmica e conforto térmico por exemplo (SILVA; GHISI; LAMBERTS, 2016).

A relação entre o ambiente térmico e os seres humanos somente pode ser entendida por meio das variáveis necessárias para representar esta relação. São as variáveis pessoais e ambientais que influenciam no Conforto Térmico das pessoas. As ambientais referem-se as condições climáticas no ambiente como a temperatura radiante média, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do ar. Já as variáveis pessoais são as que se referem ao próprio indivíduo participante do estudo, sendo o isolamento térmico da roupa e a taxa metabólica (BRODAY *et al.*, 2019). A Figura 4 aborda a classificação das variáveis de conforto térmico.

Figura 4 - Variáveis para o Conforto Térmico



Fonte: Adaptado de ISO 7730 (2005)

O isolamento térmico da roupa e a taxa metabólica estão associados a regulação fisiológica das pessoas juntamente com o ajuste comportamental. As demais variáveis em questão (temperatura radiante média, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do ar) correspondem as coletas físicas no ambiente térmico (LUO *et al.*, 2016). A taxa metabólica se torna uma das principais variáveis para estimar o conforto térmico das pessoas, se amparando no nível de atividade que o ser humano realiza (NA *et al.*, 2019), representando o calor gerado pelo corpo além de ser uma das variáveis fundamentais para o conforto (LUO *et al.*, 2018).

A taxa metabólica consiste na quantidade de produção de energia do corpo. O metabolismo se modifica conforme a atividade realizada pelo indivíduo, sendo apresentado na unidade “met”, onde 1 met equivale a aproximadamente 58,2 W/m², sendo similar a energia gerada por unidade de área de superfície do corpo de uma pessoa sentada em repouso. Geralmente esta área de superfície do corpo possui em torno de 1,8 m² (XAVIER, 2000). A ISO 7730 fornece os valores da taxa metabólica (Tabela 2) conforme a atividade realizada (ISO 7730, 2005).

Tabela 2 - Taxas metabólicas conforme a atividade realizada

Atividades	Taxas metabólicas	
	W/m ²	Met
- Deitado, reclinado	46	0,8
- Sentado, relaxado	58	1
- Atividade sedentária (escritório, residência, escola, laboratório)	70	1,2
- Atividade leve em pé (compras, laboratório, indústria leve)	93	1,6
- Atividade média em pé (balconista, trabalho doméstico, em máquinas)	116	2
- Andando em nível:		
2 Km/h	110	1,9
3 Km/h	140	2,4
4 Km/h	165	2,8
5 Km/h	200	3,4

Fonte: Adaptado de ISO 7730 (2005)

Outra variável importante para o conforto térmico das pessoas é o isolamento térmico da roupa (I_{cl}) (NGARAMBE; YUN; KIM, 2019). As roupas são significativas para que o corpo humano permaneça aquecido, servindo como um bloqueio entre a superfície dos seres humanos e o ambiente externo. Além disso, estão diretamente ligadas a transferência de calor e a condição térmica do indivíduo (WANG *et al.*, 2020).

O isolamento térmico da roupa é normalmente obtido por medição em um manequim térmico através de um equipamento apropriado (MIURA *et al.*, 2020). Sua unidade é dada por “clo”, onde 1 clo equivale a um indivíduo utilizando um terno de negócios e quando uma pessoa estiver nua seu isolamento é de zero clo (DJAMILA, 2017). Portanto, 1 clo corresponde a 0,155 W/m² (ISO 9920, 2007). A ISO 9920 (2007) fornece os valores para conjunto de roupas mais usuais e seus valores fornecidos possuem algumas inconsistências, pois não consideram algumas diferenças como os cortes das roupas, tipo de tecidos e as próprias modelagens das roupas. Karthikeyan *et al.* (2016) afirmam que as roupas que estão em contato direto com o indivíduo realizam uma função indispensável para o conforto térmico.

Entre as variáveis ambientais, a temperatura do ar (T_a) consiste na temperatura que está em volta do corpo humano (ISO 7726, 1998). No ambiente construído a temperatura do ar é um parâmetro decisivo para o conforto térmico ao ar livre, aquecimento em construções e do resfriamento ambiental (TONG *et al.*, 2018). A medição desta variável pode ser realizada por meio de sensores de expansão

sólidos ou líquidos, termopares, termômetros de resistência variável e termômetros elétricos (XAVIER, 1999). Existem algumas faixas de temperatura do ar na qual as pessoas sentem-se confortáveis, como para indivíduos nus que devem manter o equilíbrio térmico entre 29°C e 31°C e para pessoas utilizando vestimentas normais de trabalho com o isolamento de 0,6 clo devem estar na zona de conforto entre 23°C e 27°C (LAMBERTS *et al.*, 2011).

Por definição a Temperatura Radiante Média (t_{rm}) consiste na temperatura uniforme que está em um local imaginário onde a transferência de calor por radiação do corpo do indivíduo é equivalente a transferência de calor por radiação em um local real não uniforme (FANGER, 1970). A temperatura radiante média pode também significar a soma ponderada de fluxos radiantes de ondas curtas e longas, como componentes refletidos, diretos e difusos, onde o corpo do indivíduo está em exposição (LAI; MAING; NG, 2017).

Para os modelos de balanço de calor dos seres humanos, a temperatura radiante média se enquadra como uma variável de alta complexidade em relação aos demais parâmetros de entrada do modelo, servindo para avaliar as condições térmicas (WALIKEWITZ *et al.*, 2015). A norma ISO 7726 (1998) apresenta diversas sugestões de instrumentos de medição da temperatura radiante média assim como vários métodos. A partir das medições do termômetro de globo padrão a temperatura radiante média pode ser determinada fazendo uso da Equação 20 quando a ventilação no local ocorre por convecção natural e na Equação 21 se a ventilação ocorre por convecção forçada (LAMBERTS *et al.*, 2014).

$$t_{rm} = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 0,4 \cdot 10^8 \cdot \sqrt[4]{|t_g - t_a|} \cdot (t_a - t_g)} - 273 \quad (20)$$

$$t_{rm} = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot V_{ar}^{0,6} \cdot (t_g - t_a)} - 273 \quad (21)$$

sendo:

t_{rm} = temperatura radiante média (°C);

t_g = temperatura do termômetro de globo (°C);

v_{ar} = velocidade do ar (m/s);

t_a = temperatura do ar (°C).

Conforme a ISO 7726 (1998), a velocidade do ar (v_{ar}) pode ser definida de acordo com a sua direção e magnitude, onde no interior dos ambientes seu valor habitualmente é inferior a 1 m/s, sendo influenciado pelo vento e pela desigualdade de temperatura no local. Para Xavier (2000), a velocidade do ar em ambientes térmicos deve levar em consideração a grandeza do vetor velocidade da corrente de ar no lugar de medição, em que diretamente a transferência de calor por evaporação e convecção no lugar do indivíduo, influenciando assim em seu conforto térmico. Entre os equipamentos mais utilizados para medir a velocidade do ar estão os anemômetros de esfera aquecida, omnidirecionais e os anemômetros de fio quente, direcionais. A medição omnidirecional para a velocidade do ar significa que a medição deve ocorrer independente do direcionamento da corrente do ar (MALCHAIRE, 2004).

Rossi (2012) reitera que a velocidade do ar age em conjunto com a umidade relativa do ar e a temperatura do ar. Assim, em situações em que o ar não está saturado e com temperatura do ar abaixo da temperatura da pele, quanto maior for a velocidade do ar mais rápido será a retirada da umidade da pele (evaporação). A velocidade do ar pode ser obtida através da equação (22):

$$v_{ar} = v_a + 0,0052 \cdot (M - 58) \quad (22)$$

sendo:

v_{ar} = velocidade do ar (m/s);

v_a = velocidade absoluta do ar, referente a uma pessoa estática (m/s);

M = taxa metabólica de produção de calor (W/m^2).

A última variável ambiental para o conforto térmico é Umidade Relativa do ar (UR) que expressa a quantia de vapor de água incluída em um volume de ar úmido, referente ao conjunto de vapor de água incluso no volume de ar (XAVIER, 2000). Conforme a ISO 7726 (1998), umidade relativa do ar pode ser obtida através da razão entre a pressão parcial de vapor d'água no ar úmido e a pressão de saturação de vapor d'água, sendo representada em percentagem, de acordo com a equação (23):

$$UR = 100 \cdot \frac{p_a}{p_{as}} \quad (23)$$

sendo:

UR = umidade relativa do ar (%);

p_a = pressão parcial de vapor d'água no ar úmido (Pa);

p_{as} = pressão de saturação do vapor d'água (Pa).

Para que um ambiente interno esteja confortável aos seres humanos a ASHRAE sugere um intervalo recomendável para a umidade relativa do ar entre 40% à 65%, sendo chamada de umidade relativa de conforto (QIN *et al.*, 2020).

2.2.4 Normas de Conforto Térmico

Para haver condições térmicas adequadas em um ambiente é necessário que aumente a produtividade e a satisfação dos indivíduos, sem se esquecer da eficiência energética. Com os avanços na área de conforto térmico foram desenvolvidas diversas diretrizes e normas que regem os estudos, assim como instrumentos para avaliar a qualidade térmica desses ambientes (FÖLDVÁRY *et al.*, 2018). Conforme Olesen *et al.* (2002), as normas internacionais para Conforto térmico foram elaboradas pela *American Society of Heating Refrigerating and Air – conditioning Engineers* (ASHRAE) e pela *International Organization for Standardization* (ISO). As primeiras normas se basearam no modelo estacionário de conforto térmico do pesquisador Fanger, onde se calcula dois índices de conforto, sendo o voto médio estimado (PMV) e a porcentagem previstas de pessoas insatisfeitas (PPD) (FANGER, 1970).

A norma ISO 7726 (1998), nomeada como “Ergonomia do Ambiente Térmico – Instrumentos para medição das grandezas físicas”, traz quais são as características necessárias que os instrumentos de medição ambientais devem possuir e quais os métodos que podem ser utilizados para as medições destas grandezas físicas, contribuindo para a padronização das coletas de informações que servirão para determinação de índices como PMV e PPD.

A norma ISO 7730 (2005), nomeada como “Ergonomia de Ambientes Térmicos – Determinação analítica e interpretação do conforto térmico através do cálculo dos índices PMV e PPD e pelos critérios de conforto térmico local”, aborda os métodos para previsão de sensação térmica (PMV- voto médio estimado) e para a previsão do número de pessoas insatisfeitas termicamente (PPD – porcentagem prevista de insatisfeitos). Essa norma permite determinar de forma analítica esses índices e aborda os critérios de conforto térmico local, como as condições ambientais que são consideradas aceitáveis para o conforto térmico de modo geral, além das circunstâncias para o desconforto localizado. Esses índices foram desenvolvidos para

serem aplicados em ambientes de trabalho, mas há possibilidade de aplicação em outros tipos de ambientes. Sua aplicação pode ser realizada em mulheres e homens saudáveis que estiverem expostos a ambientes que o conforto térmico é desejado, como por exemplo na concepção de novos ambientes ou avaliação de ambientes que já existam.

A norma ISO 8996 (2004), nomeada como “Ergonomia do Ambiente Térmico – Determinação da taxa metabólica”, apresenta diversas metodologias para se determinar a taxa metabólica (M) na condição de ergonomia do ambiente climático de trabalho. Sua aplicabilidade se expande ao gasto energético de atividades esportivas ou trabalhos específicos, avaliação de práticas de trabalho, custo total de uma atividade, entre outros.

A norma ISO 9920 (2007), nomeada como “Ergonomia do Ambiente Térmico – Estimativa do Isolamento térmico e resistência ao água de vapor de um conjunto de roupas”, trata das metodologias utilizadas para estimar o isolamento térmico e a resistência em relação a evaporação da água da roupa. Os critérios analisados são a influência da penetração do ar e do movimento do corpo na resistência ao vapor de água e no isolamento térmico da roupa.

A norma ISO 10551 (2019), nomeada como “Ergonomia do Ambiente Físico – Escalas de julgamento subjetivo para avaliação de ambientes físicos”, declara alguns exemplos e princípios para a elaboração de escalas subjetivas que são utilizadas para avaliar o ambiente físico. As escalas consideradas são as de preferência, percepção, aceitabilidade, conforto, tolerância, forma de expressão e de componentes ambientais como visual, térmico, vibração, qualidade do ar e acústico.

A ASHRAE 55 (2017) trata das condições térmicas do ambiente para que as pessoas façam uso desses locais. A norma traz dados que se referem à temperatura efetiva que servem para a definição de limites, retratar as zonas de conforto para o inverno e verão. Outros fatores retratados são o desconforto térmico, isolamento das roupas e os períodos e locais adequados para a realização das medições das variáveis ambientais.

2.3 Modelos de Conforto Térmico

2.3.1 Modelo de Fanger: *Predicted Mean Vote* (PMV)

Para avaliar a sensação de Conforto Térmico pelas pessoas, Fanger desenvolveu um método que se tornou o mais conhecido: o Voto Médio Estimado (PMV). Ele possui algumas divergências consideráveis se comparado com as sensações térmicas obtidas em pesquisas de campo, podendo superestimar ou subestimar as respostas dos participantes. A equação do PMV em seu resultado estima mais calor do que de fato as pessoas sentem (BRODAY *et al.*, 2019). Os resultados das análises clássicas de Fanger sobre o conforto térmico fazem parte da base do padrão ASHRAE para análise de conforto térmico (FANGER, 1970; ASHRAE, 1993).

Fanger trouxe a união de dados empíricos e equações de equilíbrio energético para seu estudo, se tornando possível avaliar as sensações de conforto térmico de maneira subjetiva em um conjunto de pessoas em câmaras climáticas e laboratórios. Com os resultados foi possível a elaboração de índices de conforto térmico que se tornaram conhecidos: PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*). O primeiro índice traz a sensação térmica em que as pessoas se encontram em determinado ambiente, já o segundo índice determina a porcentagem de pessoas insatisfeitas com esta sensação térmica no ambiente. Com esses índices, o conforto térmico é avaliado sendo conhecido como método de Fanger, associando a sensação de conforto térmico a temperatura da pele, equilíbrio energético do corpo e evaporação do suor através da pele (HENRIQUES; MADY; OLIVEIRA JUNIOR, 2017).

Foi desenvolvido um ambiente controlável, onde as pessoas estavam expostas a ele e assim foi solicitado que os indivíduos avaliassem sua sensação de conforto em uma escala de 7 pontos. Com esses experimentos, o modelo foi elaborado prevendo a classificação do ambiente térmico para um grupo de pessoas (VAN CRAENENDONCK *et al.*, 2018). A escala de 7 pontos é descrita conforme seus respectivos valores, desta forma se carga térmica (L) for igual a zero significa que o indivíduo possui uma sensação térmica neutra, ou seja, está havendo um balanço térmico entre o calor do metabolismo e as perdas de calor para com o ambiente. Se o indivíduo possuir uma sensação térmica diferente da anterior significa que o calor gerado pelo metabolismo e as perdas de calor estão diferentes, havendo um

desequilíbrio. As escalas de sensação térmica são: -3: = frio, -2: = refrescado, -1: = levemente refrescado, 0: = neutro, 1: = levemente aquecido, 2: = aquecido e 3: = quente (ONGWUTTIWAT; SUDPRASERT; LEEPHAKPREEDA, 2018). A ISO 7730 (2005), determina o voto médio estimado (PMV) juntamente com suas escalas (Tabela 3):

Tabela 3 - Escala de sensação térmica e PMV

PMV	Escala de sensação térmica
+3	Quente
+2	Aquecido
+1	Levemente aquecido
0	Neutro
-1	Levemente refrescado
-2	Refrescado
-3	Frio

Fonte: Adaptado de ISO 7730 (2005)

Ongwuttiwat, Sudprasert e Leephakpreeda (2018) trazem a equação do PMV, sendo expressa na equação (24), como:

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot L \quad (24)$$

sendo:

M = taxa metabólica (W/m²);

L = carga térmica (W/m²).

Fanger (1970) relacionou o PMV a falta de equilíbrio entre o calor real sentido pelo corpo em um ambiente à quantidade de calor necessário para obter a condição de conforto ideal em determinada atividade, então, a equação utilizou parâmetros ambientais e pessoais na Equação 25, onde:

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot [M - 3,05 \cdot (5,73 - 0,007 \cdot M - p_a) - 0,42 \cdot (M - 58,15) - 0,0173 \cdot M \cdot (5,87 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{(-8)} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)] \quad (25)$$

sendo:

p_a = pressão parcial de vapor d'água no ar úmido (Pa);

t_a = Temperatura do ar (°C);

f_{cl} = razão entre a área da superfície corporal da vestimenta e do corpo nu (adimensional);

t_{rm} = temperatura radiante média (°C);

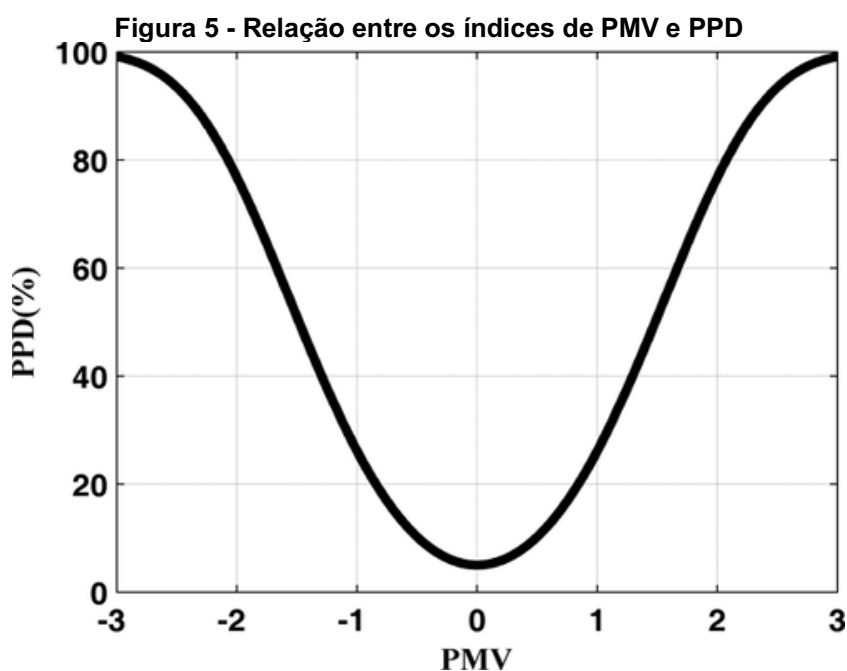
t_{cl} = temperatura de superfície externa da roupa (°C);

h_c = coeficiente de troca de calor por convecção (W/m²K).

A porcentagem prevista de insatisfeitos (PPD) é outro índice que costuma ser utilizado para prever de maneira quantitativa as pessoas insatisfeitas termicamente com o ambiente, se elas sentem muito frio ou muito calor, por exemplo (MIURA *et al.*, 2020). Fanger (1970) apresenta o PPD, que pode ser obtido utilizando o valor calculado do PMV, determinado na equação (25). O PPD mostra o percentual de pessoas insatisfeitas em relação ao conforto térmico em um ambiente interno, como na equação 26:

$$PPD=100-95.e^{-[0,03353.PMV^4+0,2179.PMV^2]} \quad (26)$$

Segundo Ru, Garrido e Vázquez (2018), quando o valor do PMV está por volta de zero dentro da faixa de conforto térmico, significa que em torno de 5% das pessoas estão se sentindo insatisfeitas termicamente com o ambiente. Na figura 5 é possível verificar esta relação entre o índice PPD e PMV mencionada pelos autores.



Fonte: Ru, Garrido e Vázquez (2018)

Desta forma, os estudos de conforto térmico possuem infinitas possibilidades de aplicação em diversas áreas. Entre essas aplicações, tem-se a seguir o Quadro 3:

Quadro 3 - Possibilidades de aplicação dos estudos de conforto térmico

Autor/Ano	Local de aplicação
Wong e Khoo (2003)	Salas de aula
Barlow e Fiala (2007)	Escritórios
Lin e Deng (2008)	Ambientes de dormir
Della Crociata, Martellotta e Simone (2012)	Hipermercado
Beizae, Lomas e Firth (2013)	Residências
Mishra e Ramgopal (2014)	Laboratórios de graduação
Kambly e Bradley (2015)	Veículos elétricos
Del Ferraro <i>et al.</i> (2015)	Hospital
Katavoutas, Assimakopoulos e Assimakopoulos (2016)	Ferrovia subterrânea
Kotopouleas e Nikolopoulou (2016)	Terminais aeroportuários
Lan <i>et al.</i> (2017)	Enfermaria de hospital
Brodav <i>et al.</i> (2019)	Metalúrgica / Câmara climática
Pang <i>et al.</i> (2020)	Aeronaves
Yu <i>et al.</i> (2020)	Lares de idosos
Karahan <i>et al.</i> (2020)	Salas de cirurgia
Avantaggiato <i>et al.</i> (2021)	Shopping Centers
Lam <i>et al.</i> (2021)	Ar livre

Fonte: Autoria Própria

Alguns dos estudos de conforto térmico tendem a subestimar e/ou subestimar a sensação térmica das pessoas e com isso diversos pesquisadores buscaram desenvolver outros modelos que pudessem gerar resultados que se aproximassem mais da realidade térmica dos indivíduos.

2.3.2 Outros modelos de Conforto Térmico

Os modelos alternativos de Conforto Térmico cada vez mais vem sendo aceitos e considerados nas pesquisas. Suas equações adaptáveis foram elaboradas para determinadas regiões climáticas e como parte de algumas normas internacionais (MISHRA; RAMGOPAL, 2015). Além disso, os modelos de Conforto Térmico precisam ser utilizados para vincular parâmetros psicológicos com características físicas. O aperfeiçoamento e desenvolvimento desses modelos são novas áreas para a pesquisa científica (VAN CRAENENDONCK *et al.*, 2018).

Para exemplificar alguns desses modelos alternativos de Conforto Térmico, o Quadro 4 apresenta seus respectivos autores, ano de elaboração do modelo, metodologia utilizada para o desenvolvimento e as considerações abordadas.

Quadro 4 - Modelos alternativos de conforto térmico

(continua)

Autor / Ano	Título do artigo	Localização	Periódico / Fator de Impacto	Ambiente	Modelo
Gagge <i>et al.</i> (1971)	An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response	EUA	ASHRAE Transactions / NC	N/C	$TSENS = \begin{cases} 0,4685(T_b - T_{b,c}) & \left\{ \begin{array}{l} T_b < T_{b,c} \\ T_b > T_{b,h} \end{array} \right. \\ 0,47\eta_e(T_b - T_{b,c}) / (T_{b,h} - T_{b,c}) T_{b,c} & T_{b,c} \leq T_b \leq T_{b,h} \\ 0,47\eta_e + 0,685(T_b - T_{b,h}) & T_b \geq T_{b,h} \end{cases}$
Stolwijk <i>et al.</i> (1971)	A mathematical model of physiological temperature regulation in man	EUA	NASA Contractor Report, NASA CR-1855 / NC	Aeroespacial	N/C
Fiala <i>et al.</i> (1999)	A computer model of human thermoregulation for a wide range of environmental conditions: the passive system	Alemanha	Journal of Applied physiology / 3.531	Ambientes frios, neutros e quentes	Modelo computacional
Huizenga <i>et al.</i> (2001)	A model of human physiology and comfort for assessing complex thermal environments	EUA	Building and Environment / 6.456	Ambientes térmicos transitórios e não uniformes	Model implementado em C++
Humphreys e Nicol (2002)	The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments	Reino Unido	Energy and Buildings / 5.879	Edifícios	$D_{PMV-ASHRAE} = -4,03 + 0,00949T_{op} + 0,00584(RH\%) + 1,201(met . clo) + 0,000838 T_{out}^2$ $PMV_{new} = 0,8 (PMV - D_{PMV-ASHARE})$
Atthajariyakul e Leephakpreeda (2005)	Neural computing thermal comfort index for HVAC systems	Tailândia	Energy Conversion and Management / 9.709	Escritório	-

Quadro 4 - Modelos alternativos de conforto térmico

(continua)

Kaynakli <i>et al.</i> (2005)	Investigation of indoor thermal comfort under transient conditions	Turquia	Building and Environment / 6.456	Ambientes em condições transitórias	$TSENS = \begin{cases} 0,4685(T_b - T_{b,c}) & T_b < T_{b,c} \\ 0,47\eta_e(T_b - T_{b,c}) / (T_{b,h} - T_{b,c})T_{b,c} & T_{b,c} \leq T_b \leq T_{b,h} \\ 0,47\eta_e + 0,685(T_b - T_{b,h}) & T_{b,h} \leq T_b \end{cases}$	
Yao, Li e Liu (2009)	A theoretical adaptive model of thermal comfort – Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV)	China	Building and Environment / 6.456	Edifício universitário	$aPMV = \frac{PMV}{1+0,293 \cdot PMV}$	$aPMV = \frac{PMV}{1-0,125 \cdot PMV}$
Zolfaghari e Maerefat (2011)	A new predictive index for evaluating both thermal sensation and thermal response of the human body	Irã	Building and Environment / 6.456	N/C	$TRESP = TRESP_c + TRESP_w$	
Orosa e Oliveira (2011)	A new thermal comfort approach comparing adaptive and PMV models	Espanha	Renewable Energy / 8.001	Escritório	$PMV_n = -5,151 + 0,202 t + 0,553 p_v$	
Nguyen, Singh e Reiter (2012)	An adaptive thermal comfort model for hot humid South-East Asia	Ásia	Building and Environment / 6.456	Edifícios com ventilação natural	$TSV = 0,82 \cdot PMV - 0,358$	
Wu e Sun (2012)	Two-stage regression model of thermal comfort in office buildings	EUA	Building and Environment / 6.456	Escritório	$PMV_{rm}^n = \beta_1 T_{rm}^{n-2} + \beta_2 p_{w_{rm}}^n + x_1 \frac{PMV_{rm}^{n-1}}{p_a - p_{w_{rm}}^{n-1}} + x_2 (T_{oa}^{n-1} - T_{rm}^{n-1}) + x_3 (T_{disch}^{n-1} - T_{rm}^{n-1}) + x_4 \dot{m}^{n-1} (T_{disch}^{n-1} - T_{rm}^{n-1}) + x_5 \frac{PMV_{disch}^{n-1}}{p_a - p_{w_{disch}}^{n-1}} + x_6 \frac{1}{p_a - p_{w_{rm}}^{n-1}} + x_7 \frac{p_{w_{rm}}^{n-1}}{p_a - p_{w_{rm}}^{n-1}} + x_8 \frac{1}{p_a - p_{w_{rm}}^{n-1}} + x_9 \frac{p_{w_{disch}}^{n-1}}{p_a - p_{w_{disch}}^{n-1}}$	

Quadro 4 - Modelos alternativos de conforto térmico

(continua)

Buratti, Ricciardi e Vergoni (2013)	HVAC systems testing and check: A simplified model to predict thermal comfort conditions in moderate environments	Itália	Applied Energy / 9.746	Ambientes moderados	$PMV=0,2428.T_o-5,3562$	
Liping <i>et al.</i> (2013)	Method to predicting optimal cabin operative temperature for civil aircraft	China	Building and Environment / 6.456	Cabines de aeronaves civis	$CPMV=(0,303.e^{-0,36M}+0,028).[(M-W)-E'_{sk}-E'_c-E'_{lr}-E_{dr}-E_r]$	
Zhao <i>et al.</i> (2014)	A data-driven method to describe the personalized dynamic thermal comfort in ordinary office environment: From model to application	China	Building and Environment / 6.456	Escritório	$PDTC=m_0(k)+m_1(k)P_{a,k}+m_2(k)t_{a,k}-m_3(k)(R+C)_k$	
Kim <i>et al.</i> (2015)	Development of the adaptive PMV model for improving prediction performances	Coreia	Energy and Buildings / 5.879	Escritório	$Adaptative\ PMV\ model = \frac{PMV}{1+(-1,40).PMV}$	$Adaptative\ PMV\ model = \frac{PMV}{1+(-5,74).PMV}$

Quadro 4 - Modelos alternativos de conforto térmico

(continua)

Ruiz e Correa (2015)	Adaptive model for outdoor thermal comfort assessment in an Oasis city of arid climate	Argentina	Building and Environment / 6.456	Espaços ao ar livre	$IZA = -0,9796 + 0,0621 \cdot T_a - 0,3257 \cdot v + 0,0079 \cdot HR$
Gilani, Khan e Ali (2016)	Revisiting Fanger's thermal comfort model using mean blood pressure as a biomarker: An experimental investigation	Malásia	Applied Thermal Engineering / 5.295	Universidade	$mPMV = \left(0,303e^{-0,036(0,1092 \cdot \exp^{(MAP \cdot 0,0296)})} + 0,028 \right) \cdot \left\{ \left((0,1092 \cdot \exp^{(MAP \cdot 0,0296)}) - W \right) - 3,5 \cdot 10^{-3} [5733 - 6,99 \left((0,1092 \cdot \exp^{(MAP \cdot 0,0296)}) - W - p_a \right) - 0,42 \left((0,1092 \cdot \exp^{(MAP \cdot 0,0296)}) - 58,5 \right) - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot (0,1092 \cdot \exp^{(MAP \cdot 0,0296)}) (5867 - p_a) - 0,0014 (0,1092 \cdot \exp^{(MAP \cdot 0,0296)}) (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 274)^4 - (t_r + 274)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\}$
Brodav, Xavier e Oliveira (2017)	Comparative analysis of methods for determining the clothing surface temperature (t_{cl}) in order to provide a balance between man and the environment	Brasil	International Journal of Industrial Ergonomics / 2.656	Indústria metal-mecânica	$S_{NOVO1} = [0,303 \cdot \exp. (-0,036 \cdot M) + 0,028 \cdot L_{NOVO}$
Davoodi <i>et al.</i> (2017)	Developing a new individualized 3-node model for evaluating the effects of personal factors on thermal sensation	Irã	Journal of Thermal Biology / 2.902	N/C	-

Quadro 4 - Modelos alternativos de conforto térmico

(continua)

Song, Liu e Liu (2018)	The sleeping thermal comfort model based on local thermal requirements in winter	China	Energy and Buildings / 5.879	Ambientes de dormir	$PTS_K = m_0 + m_1 L_K + m_2 \Delta L$
Brodoy <i>et al.</i> (2019)	The approximation between thermal sensation votes (TSV) and predicted mean vote (PMV): A comparative analysis	Brasil e Portugal	International Journal of Industrial Ergonomics / 2.656	Indústria metal-mecânica e Câmara climática	$S_{NOVO2} = 13,414 - 0,00003584(34 - t_a) + 0,092 \cdot M \cdot (5,87 - p_a) - 5,87(5,73 - 0,007[M - W] - p_a) - 0,53 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl(Newton)} + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4] - 0,169 f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl(Newton)} - t_a)$
Da Silva Júnior <i>et al.</i> (2020)	On the development of a simplified model for thermal comfort control of split systems	Brasil	Building and Environment / 6.456	Controladores de sistema de ar-condicionado	$ICS = a + \frac{b}{V_{ar}} + c^* T_{ar} + \frac{d}{V_{ar}^2} + e^* T_{ar}^2 + \frac{f^* T_{ar}}{V_{ar}} + \frac{g}{V_{ar}^3} + h^* T_{ar}^3 + \frac{i^* T_{ar}^2}{V_{ar}} + \frac{j^* T_{ar}}{V_{ar}^2}$
Omidvar e Kim (2020)	Modification of sweat evaporative heat loss in the PMV/PPD model to improve thermal comfort prediction in warm climates	Austrália	Building and Environment / 6.456	Escritório	$PMV_{new} = (0,303e^{-0,036M} + 0,28)\{M - W - 0,0014M(34 - T_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} [(T_{cl} + 273)^4 - (\bar{T}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (T_{cl} - T_a) - 1,7 \cdot 10^{-5} M(5867 - P_v) - 0,00305[5733 - 6,99(M - W) - P_v] - Q_{sw}\}$
Zhang e Lin (2020)	Extending Predicted Mean Vote using adaptive approach	China	Building and Environment / 6.456	Edifício	$ePMV_p = e_p \cdot PMV$
Zhang <i>et al.</i> (2020)	Improving predicted mean vote with inversely determined metabolic rate	China	Sustainable Cities and Society / 7.587	Câmara ambiental configurada como sala de aula	$PMV_{p,sv} = 0,0011T_r^2 + 0,4437v_r^2 - 0,1956T_r v_r + 0,3073T_r + 4,3290v_r - 8,6710$

Quadro 4 - Modelos alternativos de conforto térmico

(conclusão)

Zhou, Lai e Chen (2020)	Thermal sensation model for driver in a passenger car with changing solar radiation	China	Building and Environment / 6.456	Veículos	$TSV = 0,01 \cdot TL_g(\text{face}) + 0,216 \cdot T_{sk,m} - 7,352 + \frac{\Delta TL_s(\text{face})}{-3,0714 \cdot T_{out} + 166,8}$
Ruivo, Silva e Broday (2021)	Methodology for calculating an atmospheric pressure-sensitive thermal comfort index PMVaps	Portugal	Energy and Buildings / 5.879	Ambientes de alta altitude	$PMV_{aps} = (\alpha_M M_0 - W - \dot{q}_{S,res} - \dot{q}_{L,res} - \dot{q}_{sw,skin} - \dot{q}_{dif,skin} - \dot{q}_{rad} - \dot{q}_{conv}) \psi_{HV,cal} + \psi_{cal}$

N/C = Não Consta
 Fonte: Autoria Própria

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos escolhidos para o desenvolvimento deste estudo, a fim de alcançar os objetivos planejados. A seção está composta pela Classificação da pesquisa, Base de dados para a realização do trabalho, Caracterização da área de estudo, Caracterização da população estudada, e Descrição da Pesquisa.

3.1 Classificação da pesquisa

Toda pesquisa científica pode possuir quatro classificações referentes a sua natureza, objetivos, abordagem e método (TURRIONI; MELLO, 2012).

Do ponto de vista de sua natureza, a presente pesquisa é classificada como aplicada, buscando produzir conhecimentos para serem aplicados de forma prática, a fim de solucionar problemas específicos que compreendam interesses locais e a realidade (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Quanto aos seus objetivos, a pesquisa é exploratória e preocupa-se principalmente com a identificação de fatores que contribuem para a ocorrência de fenômenos e explica os motivos dos acontecimentos (GIL, 2002).

Pela sua abordagem, caracteriza-se como uma pesquisa quantitativa onde é possível classificar e analisar de forma numérica diversas informações e opiniões fazendo uso de técnicas e recursos estatísticos como por exemplo porcentagem, desvio-padrão, média, análise de regressão, correlação, entre outros (TURRIONI; MELLO, 2012).

O método de trabalho enquadra-se em uma pesquisa empírica, onde foram apresentados alguns dados de campo (MIGUEL *et al.*, 2010). A partir desses dados foi possível a realização de uma pesquisa empírica com dados secundários, oriundos das pesquisas realizadas em Brasília e Recife (XAVIER, 2000), Maceió (CÂNDIDO *et al.*, 2010) e Florianópolis (DE VECCHI, CÂNDIDO E LAMBERTS, 2012) que estão disponíveis para uso no Banco de dados de Conforto Térmico Global ASHRAE II (*ASHRAE Global Thermal Comfort Database II*).

3.2 Base de dados para a realização do trabalho

Este estudo possui o intuito de verificar qual dos modelos alternativos ao PMV melhor se aproxima da realidade térmica dos indivíduos no centro-oeste (Brasília), sul (Florianópolis) e nordeste (Maceió e Recife) do Brasil. Para isso, foram utilizados os dados disponíveis no *ASHRAE Global Thermal Comfort Database II*, o maior banco de dados de conforto térmico do mundo.

Conforme relatado por Földvary *et al.* (2018), a base de dados é composta por várias informaçoes relacionadas a diversas pesquisas de campo na área de conforto térmico. Assim, estes autores disponibilizaram seus dados coletados para a formaao deste banco, onde qualquer pessoa pode fazer uso para a realizaao de novos trabalhos, assim enriquecendo ainda mais as pesquisas na rea. Entre os dados disponíveis têm-se:

- Identificadores básicos (publicaao (citaao), contribuinte de dados, ano, estaao do ano, clima, cidade, país, tipo de construçao e estratégias de ventilaao utilizadas);
- Informaoes pessoais do indivíduo (idade, sexo, peso e altura);
- Informaoes subjetivas de conforto térmico (sensao térmica, aceitabilidade térmica, preferência térmica, aceitabilidade do movimento do ar, preferência do movimento do ar, conforto térmico, isolamento térmico da vestimenta, taxa metabólica e a sensao de umidade);
- Medioes instrumentais de Conforto Térmico (temperatura do ar, temperatura operativa, temperatura radiante, temperatura de globo, umidade relativa, velocidade do ar);
- ndices calculados (PMV, PPD e temperatura efetiva padrão);
- Controle ambiental utilizado (cortina/persianas, ventilador, janela, porta, aquecedor e temperatura do ar externa mensal).

Deve-se destacar que os dados relacionados anteriormente podem não estar disponíveis em todos os estudos, variando de pesquisador para pesquisador, mas isso não influenciou na realizaao dos cálculos dos índices de Conforto Térmico, sendo apenas dados complementares e que enriqueceriam suas pesquisas.

As variáveis escolhidas para serem utilizadas neste estudo dependem de sua compatibilidade com os modelos alternativos ao PMV, ou seja, se tem determinada variável torna-se possível escolher os modelos compatíveis para a realizaao dos

testes. Entre as variáveis contidas no banco foram utilizadas para os cálculos de conforto aquelas mais usuais, sendo; temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar, umidade relativa do ar, taxa metabólica e isolamento térmico da roupa, caso não haja a presença da temperatura do ar no banco de dados é possível substituí-la pela temperatura operativa. A sensação térmica relatada pelos indivíduos também foi utilizada para fins de comparação com o resultado calculado pelo modelo tradicional do PMV e pelos modelos alternativos, assim, foi possível verificar qual dos valores mais se aproxima da realidade térmica (tradicional x alternativo x realidade).

3.3 Caracterização da área de estudo

Os dados escolhidos para este estudo são das pesquisas realizadas nas cidades de Brasília, Recife (XAVIER, 2000), Maceió (CÂNDIDO *et al.*, 2010) e em Florianópolis (DE VECCHI, CÂNDIDO E LAMBERTS, 2012). Para a escolha dos dados foi utilizado a disponibilidade de estudos contidos no banco e a Classificação de Köppen-Geiger. Nesta classificação, os climas são divididos em grupos climáticos conforme suas regiões, sendo: climas tropicais (A), climas áridos (B), climas temperados (C), climas de neve (D) e climas polares (E) (SARACOGLU; SANLI, 2021). A classificação aborda o clima principal, precipitação e temperaturas (KOTTEK *et al.*, 2006). O quadro 5 contém todas essas classificações.

Quadro 5 - Classificação climática de Köppen-Geiger

(continua)

A Climas tropicais	
Af	Clima tropical úmido ou clima tropical de floresta tropical
Am	Clima tropical de monção
As	Clima tropical com estação seca de verão
Aw	Clima tropical de savana com estação seca de inverno
B Climas áridos	
BW Clima de deserto	
BWk	Clima das regiões desérticas frias
BWh	Clima das regiões desérticas quentes
BS Clima de estepes	
BSk	Clima de estepe moderadamente frio
BSh	Clima de estepe quente
C Climas temperados	
Cf Clima temperado úmido sem estação seca	
Cfa	Clima temperado úmido com verão quente
Cfb	Clima temperado úmido com verão moderadamente quente
Cfc	Clima temperado úmido com verão moderadamente frio e curto
Cs Clima temperado úmido com verão seco (clima mediterrâneo)	
Csa	Clima mediterrâneo quente

Quadro 5 - Classificação climática de Köppen-Geiger

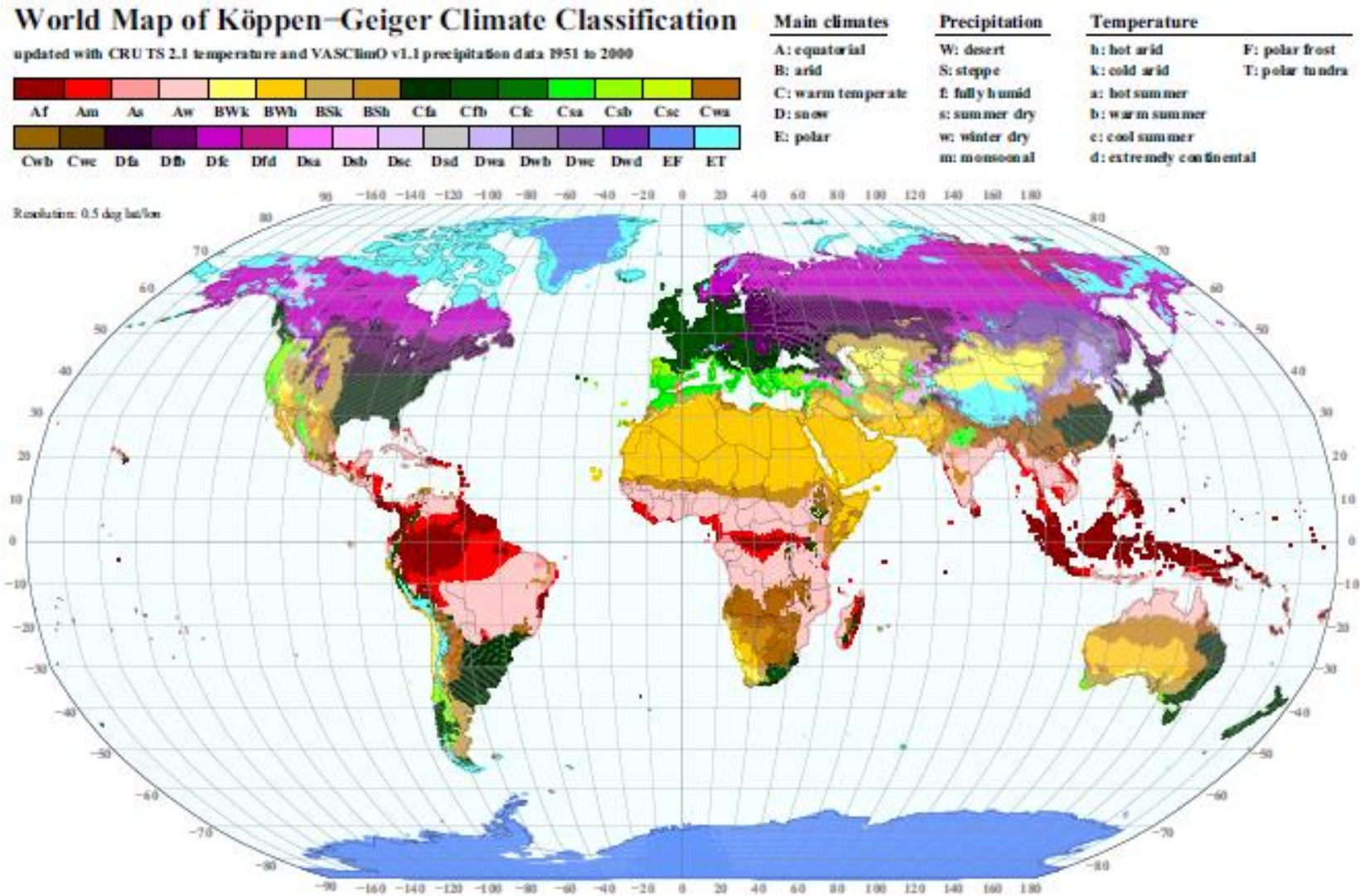
(conclusão)

Csb	Clima mediterrâneo fresco
Csc	Clima mediterrânico frio
Cw Clima temperado úmido com chuvas de verão e inverno seco	
Cwa	Clima temperado úmido com inverno seco e verão quente
Cwb	Clima temperado úmido com inverno seco e verão moderadamente quente
Cwc	Clima temperado úmido com inverno seco e verão curto e moderadamente frio
D Climas de neve	
Df Clima temperado frio sem estação seca	
Dfa	Clima temperado frio sem estação seca e com verão quente
Dfb	Clima temperado frio sem estação seca e com verão frio
Dfc	Clima temperado frio sem estação seca e com verão moderadamente frio e curto
Dfd	Clima temperado frio sem estação seca e com inverno intenso
Ds Clima de verão seco	
Dsa	Clima de verão seco continental
Dsb	Clima de verão seco hemiboreal
Dsc	Clima de verão seco taiga
Dsd	Clima de verão seco subártico
Dw Clima temperado frio com inverno seco e chuvas de verão	
Dwa	Clima temperado frio com inverno seco e com verão quente
Dwb	Clima temperado frio com inverno seco e com verão moderadamente quente
Dwc	Clima temperado frio com inverno seco e com verão moderadamente frio
Dwd	Clima temperado frio com inverno seco e intenso
E Climas Polares	
EF	Clima glacial
ET	Clima de tundra

Fonte: Adaptado de Spinoni *et al.* (2014)

Na figura 6 é possível visualizar todas essas classificações climáticas desenvolvidas por Köppen-Geiger com suas respectivas cores e legendas no mapa.

Figura 6 - Mapa mundial da classificação climática Köppen-Geiger



Fonte: Kottek et al. (2006)

Quadro 6 - Coordenadas geográficas, altitude e clima

Cidade	Latitude	Longitude	Elevação em relação do nível do mar (m)	Tipo climático
Recife / Brasil	-08°03'46"	34°53'20"	4,5	Aw
Florianópolis / Brasil	-27°35'16"	-48°32'51"	3,3	Cfa
Maceió / Brasil	-09°39'39"	-35°42'06"	16,6	As
Brasília / Brasil	-15°47'39"	-47°53'16"	1171,8	Aw

Fonte: Adaptado de IBGE (2019)

Localizada no nordeste do Brasil, a cidade de Recife possui um clima tropical, com pouca pluviosidade no inverno. Seu clima é classificado como Aw de acordo com a classificação de Köppen-Geiger e possui uma temperatura média anual de 25,7° C (CLIMATE-DATA.ORG, 2021a).

Localizada no sul do Brasil, Florianópolis possui um clima que pode ser classificado como subtropical úmido com invernos e verões quentes. Sua temperatura anual média do ar é de 20,9° C, sendo 16,4° C para julho, o mês mais frio e 25° C para fevereiro, o mês mais quente e a umidade relativa anual média ao ar livre são de 80,4% (OLIVEIRA; RUPP; GHISI, 2021). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima é classificado como Cfa (CLIMATE-DATA.ORG, 2021b).

A cidade de Maceió está localizada no nordeste do Brasil e possui um clima tropical, com muita pluviosidade no inverno. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima é classificado como As e possui uma temperatura média de 25,2° C (CLIMATE-DATA.ORG, 2021c).

A capital do Brasil, Brasília, está localizada no centro-oeste e possui um clima tropical com poucos índices pluviométricos no inverno quando se comparado ao verão. Sua classificação climática segundo Köppen-Geiger é Aw com uma temperatura média de 21,9° C (CLIMATE-DATA.ORG, 2021d).

3.4 Caracterização da população estudada

No banco de dados da ASHRAE foram apresentados diversos dados, assim, foi possível verificar informações sobre os usuários de ambientes internos das cidades de Brasília, Recife (XAVIER, 2000), Maceió (CÂNDIDO *et al.*, 2010) e Florianópolis (DE VECCHI, CÂNDIDO E LAMBERTS, 2012). Entre essas informações, têm-se: cidade em que foi realizada a coleta de dados, ano de realização da coleta, quantidade de pessoas que foram objeto de estudo pelos autores, estações do ano em que foram

realizadas as pesquisas de campo, tipo de construção em que os usuários estavam inseridos, estratégias de resfriamento desses ambientes; idade, sexo, altura e peso dos indivíduos (Quadro 7).

Quadro 7 - Informações dos estudos

Cidade	Ano	Total pessoas analisadas	Estações do ano	Tipo de construção / Estratégia de resfriamento	Idade	Sexo	Altura (cm)	Peso (kg)
Recife e Brasília	2000	51	Outono Primavera	Escritório / Ar-condicionado	N/C	N/C	N/C	N/C
Florianópolis	2000	5034	Verão Outono Primavera Inverno	Sala de aula / Modo misto Escritório / Modo misto Escritório / Ar-condicionado	17 a 68	Feminino Masculino	150 a 197	39 a 130
Maceió	2010	1630	Verão Inverno	Sala de aula / Ventilação Natural	17 a 30	Feminino Masculino	152 a 196	40 a 100

*N/C = Não Consta

Fonte: Autoria Própria

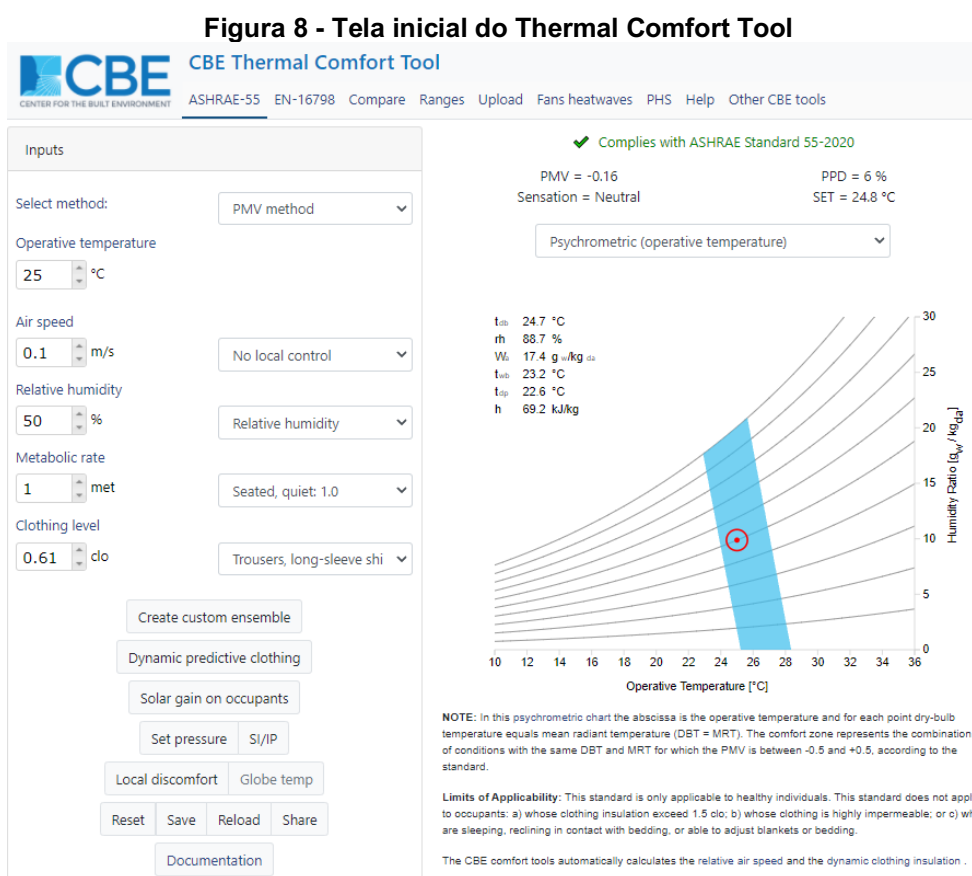
Ao realizar a união dos dados, foi possível obter 6715 pessoas participantes das pesquisas de campo, colaborando para a medição das variáveis pessoais e ambientais, e ainda relatar suas sensações e preferências térmicas.

3.5 Operacionalização das variáveis

A partir do Banco de dados de Conforto Térmico Global ASHRAE II foi possível realizar uma análise comparativa entre os modelos de conforto térmico, tanto o tradicional de Fanger quanto outros modelos alternativos e assim verificar qual deles melhor se aproxima da percepção térmica real dos indivíduos. A seleção dos dados no banco ocorreu através do critério de disponibilidade

juntamente com o uso da classificação de Köppen-Geiger, portanto, foram escolhidos os dados dos estudos realizados em Recife, Maceió, Florianópolis e Brasília.

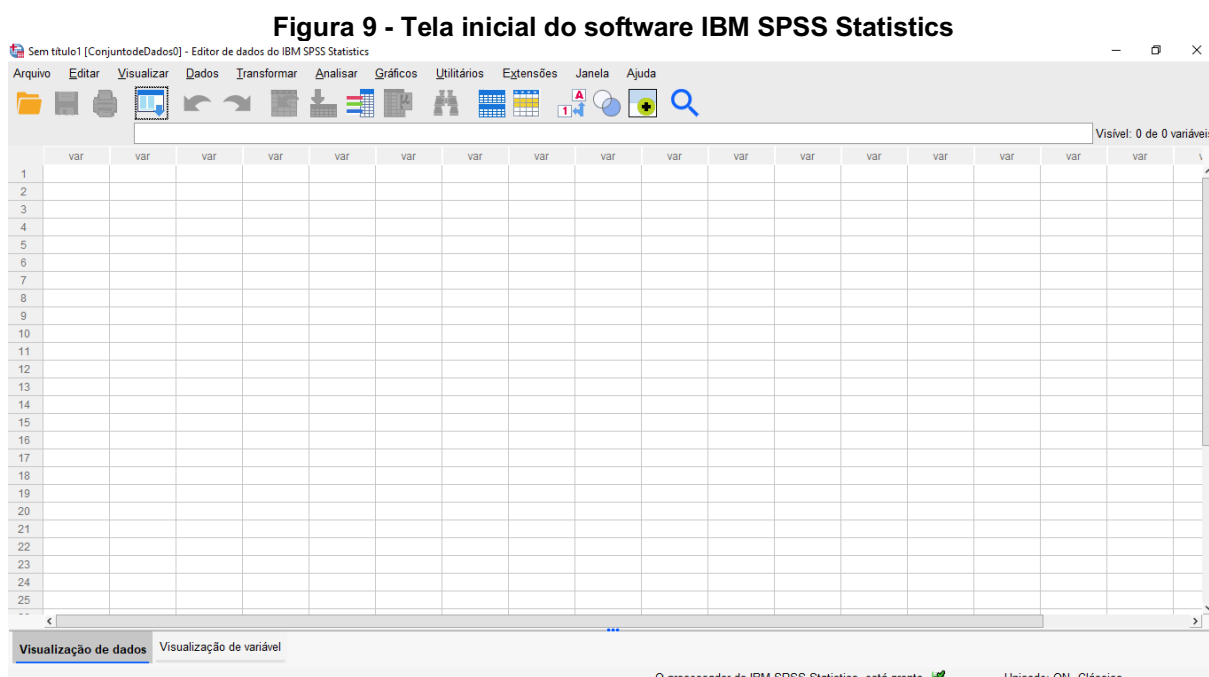
O primeiro modelo a ser submetido aos testes com os dados do banco da ASHRAE é o de Fanger (1970). Seus cálculos foram realizados através da ferramenta *Thermal Comfort Tool* (Figura 8), desenvolvida pelo *Center for the Built Environment* (CBE, 2021) da Universidade de Berkeley, onde é possível inserir as variáveis pessoais e ambientais para a obtenção da predição de conforto térmico.



Na sequência, os modelos alternativos foram escolhidos para continuidade da aplicação dos dados para as cidades. Na literatura existem diversos métodos, mas nem todos possuem compatibilidade com os dados existentes no banco, então é necessária uma filtragem entre os modelos existentes, sendo inviável a utilização de todos já que em muitos casos são pensados especialmente para um determinado ambiente, público-alvo, entre outros, fazendo com que seja reduzido ainda mais o número de modelos a serem testados nestas condições. No banco de dados, está relatado a sensação térmica informada pelos indivíduos e através dela foi realizada a comparação entre o modelo tradicional, o modelo alternativo e a realidade térmica,

verificando aquele que possui melhor desempenho para determinada situação. Para estes respectivos cálculos foram utilizadas as planilhas eletrônicas do *software* Excel.

Após a aplicação dos dados nos modelos compatíveis com o banco da ASHRAE, foi possível verificar se houve resultados que se aproximaram da realidade térmica, qual entre os modelos testados possui a melhor adequabilidade as condições térmicas de cada cidade e qual modelo obteve o pior desempenho quando aplicado a essas condições. A análise estatística dos dados foi realizada no *software* IBM SPSS Statistics (Figura 9) em sua versão de número 28.



Fonte: Autoria Própria

Para analisar a variância entre as médias da sensação térmica e da predição térmica dos modelos alternativos de Conforto Térmico, foi realizado testes de ANOVA de uma via com medidas repetidas, onde é possível comparar as médias de mais do que duas populações (MAROCO, 2003). Em seus resultados, foi capaz de averiguar se há diferença estatística entre o modelo tradicional de Fanger, os modelos alternativos e a realidade térmica relatada pelos indivíduos no Banco de dados da ASHRAE. A ANOVA permite estabelecer qual o modelo que melhor se adapta as regiões de Brasília, Recife, Maceió e Florianópolis. Na sequência, uma regressão linear simples foi elaborada entre o modelo que melhor se adaptou a aquela determinada região e os votos de sensação térmica, para que assim seja possível verificar graficamente o quanto o modelo se aproximou da realidade térmica.

Na identificação das variáveis que melhor discriminam entre os grupos de indivíduos, uma análise discriminante foi desenvolvida. Esta técnica é composta por variáveis dependentes (qualitativa/nominal/não-métricas) e variáveis independentes (quantitativa/métricas) (HAIR; ANDERSON; BLACK, 2005). Para esta pesquisa, a variável dependente foi a sensação térmica (TSV) onde seus respectivos valores contidos no banco de dados foram classificados para serem inseridos no *software* de acordo com a escala de sensação térmica. Os indivíduos em estado neutro pertenciam ao grupo 1, levemente aquecido ao grupo 2, levemente refrescado ao grupo 3, aquecido ao grupo 4, refrescado ao grupo 5, quente ao grupo 6 e frio ao grupo 7. Portanto, os valores de 1 a 7 representam os grupos correspondentes de cada indivíduo conforme a sua escala de sensação térmica.

Para finalizar as análises, foi realizada uma análise de *Cluster* pelo método não-hierárquico *K-means* (K-médias) de agrupamentos devido ao tamanho das matrizes de dados. A quantidade de *Clusters* é determinada pelo pesquisador e seus centroides (médias) serão calculados para o agrupamento dos sujeitos nas proximidades dos centroides ao longo das iterações para que não haja variações expressiva nas distâncias entre eles (MAROCO, 2003). O principal objetivo dessa análise é classificar os indivíduos em grupos que possuem maior nível de similaridade entre si.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Influência do clima no desenvolvimento dos modelos alternativos

O Quadro 8 reúne os resultados referentes aos modelos e as influências que os diferentes tipos de clima (Classificação climática de Köppen-Geiger) (CLIMATE-DATA.ORG, 2021e) tiveram em seu desenvolvimento.

Quadro 8 - Influência dos tipos de clima nos modelos de conforto térmico
(continua)

Referências	Tipo de clima	Influência dos tipos de clima
Gagge <i>et al.</i> (1971)	Cfa	O modelo foi pensado para ambientes de condições uniformes independentemente do tipo de climático
Stolwijk <i>et al.</i> (1971)	Cfa	Divide o corpo em seis segmentos que podem ser controlados, sendo mais flexível para aplicação em diferentes climas e ambientes
Fiala <i>et al.</i> (1999)	Cfb	Através de dados experimentais o modelo de fluxo sanguíneo foi verificado e validado sua eficácia a uma gama de condições ambientais e climáticas
Huizenga <i>et al.</i> (2001)	Csc	O modelo de fluxo sanguíneo pode ser aplicado em diversas partes do corpo, situações, condições ambientes e tipos climáticos, com fácil adaptabilidade a diversas condições.
Humphreys e Nicol (2002)	Cfb	Aborda como as variáveis afetam a discrepância entre o PMV e os votos reais de sensação térmica. Na sequência é abordado o efeito substancial do clima, sendo de extrema importância para o controle e avaliação do conforto térmico em edifícios
Atthajariyakul e Leephakpreeda (2005)	Aw	Elaborado para ambientes em geral, mas com a presença de sistemas de ar-condicionado, sem influência do tipo de clima
Kaynakli <i>et al.</i> (2005)	Csa	Modelo para calcular as condições térmicas transitórias do corpo e entender como o corpo responde a períodos de aquecimento em locais de clima quente. O modelo pode contribuir para engenheiros e arquitetos em todas as fases do edifício (projeto, construção, operação e manutenção)
Yao, Li e Liu (2009)	Cfa	Possibilidade de aplicação em diversos ambientes devido a sua adaptabilidade, sob influência de vários aspectos, como: hábitos comportamentais, culturais, estilo de vida, tipos climáticos dos respectivos locais, entre outros
Zolfaghari e Maerefat (2011)	Csa	Prediz com precisão a sensação térmica baseada em respostas dinâmicas e estáticas dos termo receptores cutâneos. A partir das validações do novo índice foi constatado sua confiabilidade independente de clima
Orosa e Oliveira (2011)	Csb	A pesquisa relata o quanto as diferenças climáticas afetam a sensação de conforto térmico por meio do modelo adaptativo. Sendo adequado a um tipo de edificação, no caso escritórios que possuíam coberturas permeáveis, impermeáveis e semipermeáveis
Nguyen, Singh e Reiter (2012)	Af, Am, Aw, Cfa	Pensado para edifícios com ventilação natural sob condições de umidade e calor sendo característico para climas do sudeste asiático
Wu e Sun (2012)	Csa	Desenvolvido em uma região com clima que possui variações durante o ano, sendo: verão quente e seco de junho a agosto e inverno frio e chuvoso de novembro a abril. Baseia-se em dados para escritórios e apresenta uma liberdade para ser atualizado de acordo com suas necessidades, como por exemplo na mudança de estratégias de controle de temperatura

Quadro 8 - Influência dos tipos de clima nos modelos de conforto térmico
(continua)

Buratti, Ricciardi e Vergoni (2013)	Csa, Cfa	A partir dos dados das cidades de Perugia e Pavia, foi desenvolvido o modelo simplificado para prever condições de conforto térmico em ambientes moderados e abrangendo diversos tipos de isolamento térmico de roupas
Liping <i>et al.</i> (2013)	Dwa	Modelo de voto médio previsto corrigido para se conseguir a temperatura ideal dentro das cabines de aeronaves durante o voo e assim ajudar a tripulação no controle da temperatura da cabine de forma mais fácil conforme a temperatura efetiva externa média e o clima da cidade de partida
Wong, Mui e Cheung (2014)	Cfa	O intuito do modelo era a utilização da abordagem Bayesiana, que se destina sua aplicação em grandes amostras de campo independente de tipo climático
Zhao <i>et al.</i> (2014)	Dwa	Modelo de conforto térmico personalizado que busca minimizar o consumo energético sob condições de que a sensação térmica fosse aceitável, assim considera todas as variações climáticas ao longo do dia
Kim <i>et al.</i> (2015)	Dwa	Por ser um modelo de voto médio predito adaptativo, ele considera aspectos de cultura, adaptações locais e principalmente o clima, que impacta diretamente nos resultados de predição da sensação térmica
Ruiz e Correia (2015)	Cfa	Para a região de Mendoza, alguns autores haviam desenvolvido seis índices de conforto térmico, mas com capacidade preditiva inferior a 25%, fazendo com que fosse necessário propor um modelo adaptativo para este clima árido
Gilani, Khan e Ali (2016)	Af	Buscava reduzir a discrepância entre o PMV e o voto médio real, priorizando parâmetros fisiológicos individuais no modelo. Este local de estudo era em região de clima tropical, desta maneira, as variações de temperatura e umidade ao longo do ano não eram significativas, havendo poucas variações
Brodav, Xavier e Oliveira (2017)	Cfb	Não houve influência sob o tipo de clima no desenvolvimento do modelo, pois o intuito dos autores era a redução de discrepâncias existentes na temperatura de superfície da vestimenta devido a existência de diversos tipos de roupas e a ausência de se obter um valor exato para cada vestimenta
Davoodi <i>et al.</i> (2017)	BWk	Modelo de nós voltado para investigar as características individuais das pessoas, analisando as partes nuas e vestidas do corpo independentemente do tipo de clima em que estão
Song, Liu e Liu (2018)	Dwb	Elaborado para ambientes de dormir, o modelo busca analisar o conforto térmico durante o sono, as trocas de calor entre o corpo coberto e o clima no leito que é um fator muito importante para a qualidade do sono
Brodav <i>et al.</i> (2019)	Cfb, Csb	Em Portugal, oficiais do exército foram analisados em câmaras climáticas e no Brasil soldados. Em ambos os modelos não foram considerados os tipos climáticos dos locais em que foram desenvolvidos
Da Silva Júnior <i>et al.</i> (2020)	Cfb	Direcionado ao desenvolvimento de controladores de sistema de ar-condicionado, portanto, o tipo de clima não influenciou em sua elaboração
Omidvar e Kim (2020)	Cfa	A perda de calor evaporativo do suor no modelo PMV / PPD foi modificado para melhorar a previsão do conforto térmico voltado para climas quentes
Zhang e Lin (2020)	Cfa	Validado em edifícios com ar-condicionado e ventilação natural, confirmando que esta abordagem é recomendada para esses ambientes independentemente do tipo climático

Quadro 8 - Influência dos tipos de clima nos modelos de conforto térmico (conclusão)

Zhang <i>et al.</i> (2020)	Cfa	O tipo climático não influenciou no desenvolvimento deste modelo que buscou melhorar o PMV através da determinação da taxa metabólica inversa por meio de experimentos em câmaras climáticas que simulavam salas de aula
Zhou, Lai e Chen (2020)	Dwa	O modelo é voltado para um ambiente específico em que os motoristas estão expostos a radiação solar independentemente do tipo climático
Ruivo, Silva e Broday (2021)	Csb	É considerado a influência da pressão atmosférica na sensação de conforto térmico e dependendo de onde o modelo for aplicado, seus resultados não serão eficazes, como em regiões próximas ao nível do mar

Fonte: Autoria Própria

Entre os tipos climáticos existentes, o que mais se destacou com modelos desenvolvidos em suas condições foi o Cfa, que consiste em um clima temperado úmido com verão quente. Do total de modelos apresentados, 10 destes modelos foram elaborados somente em condições do clima Cfa (6 na China, 2 nos EUA, 1 na Argentina e 1 na Austrália), havendo ainda mais duas aparições em que os autores ampliaram a aplicabilidade dos modelos para outros tipos de clima, como: Nguyen, Singh e Reiter (2012) (Af, Am, Aw, Cfa) e Buratti, Ricciardi and Vergoni (2013) (Csa, Cfa). A maioria apresentou facilidade de aplicação para diferentes tipos climáticos e ambientes, sendo mais abrangente a diferentes regiões no mundo.

4.2 Modelos de conforto térmico não utilizados

Entre os modelos de Conforto Térmico listados no Quadro 4, alguns deles não era possível fazer uso nos estudos, seja pela incompatibilidade ao banco de dados ou até mesmo a falta de aderência em relação ao ambiente a ser investigado.

Gagge *et al.* (1971) desenvolveu um modelo que seria capaz de melhorar a estimativa de sensação térmica, porém este método possui uma abordagem incorreta que considera a vestimenta como um isolamento global do corpo, sendo algo incorreto já que as pessoas possuem alguns segmentos cobertos e outros nus, portanto, sua abordagem é incorreta e não condiz com a realidade estudada, além de ser um modelo de nós que dificulta sua aplicabilidade.

Stolwijk *et al.* (1971) em seu modelo realizou a divisão do corpo em seis segmentos, onde poderia controlar cada um deles, melhorando a precisão em relação aos outros. O modelo utiliza a temperatura do sangue em seus cálculos, o que torna impossível sua aplicação com os dados contidos no banco de dados da ASHRAE, já que não há esta informação.

O modelo computacional de Fiala *et al.* (1999) permite a divisão do corpo em quinze elementos corporais esféricos ou cilíndricos para a análise da sensação de conforto térmico, porém sua aplicabilidade não é viável pois utiliza dados sanguíneos.

Huizenga *et al.* (2001) desenvolveu um modelo que foi implementado em C++ que seria capaz de analisar diversos segmentos corporais ilimitados, como cabeça, tórax, costas, pélvis, antebraços, mãos, coxas, pernas e pés. Os segmentos foram modelados em quatro camadas (núcleos, músculos, gordura e tecidos da pele), porém sua aplicabilidade é inviável aos dados por ser um modelo de fluxo sanguíneo aprimorado.

Atthajariyakul e Leephakpreeda (2005) desenvolveram um índice de conforto térmico por meio de computação neural. O modelo é direcionado para ambientes com sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado. O uso de redes neurais permite que a sensação de conforto térmico seja calculada em tempo real. Algumas substituições no modelo foram realizadas em relação ao modelo tradicional de Fanger, sendo: a umidade relativa e a temperatura radiante média pela temperatura de bulbo úmido e a temperatura de globo, que não estão contidas no banco de dados da ASHRAE para a realização desta análise.

Kaynakli *et al.* (2005) elaboraram um modelo, em que a análise seria realizada a partir de uma divisão do corpo humano em áreas. O corpo humano deveria ser dividido em 16 segmentos e assim considerar os possíveis desconfortos térmicos locais para os cálculos das condições térmicas transitórias do corpo. A quantidade de umidade na pele faz parte das equações, portanto já é possível ver a incompatibilidade do modelo com os dados do banco.

Zolfaghari e Maerefat (2011) desenvolveram um modelo baseado em Gagge *et al.* (1971), composto por três nós e que em suas equações dividia o corpo em duas camadas: pele e núcleo. O balanço do corpo é calculado para compartimento do corpo. Além disso, este índice utiliza uma escala de sensação térmica da ASHRAE composta por 11 pontos, sendo: +5 quente insuportável, +4 muito quente, +3 quente, +2 aquecido, +1 ligeiramente quente, 0 sensação neutra, -1 ligeiramente frio, -2, fresco, -3 frio, -4 muito frio e -5 frio insuportável.

Wu e Sun (2012) apresentaram um modelo para estimar a sensação de conforto térmico que utiliza parâmetros arquitetônicos e constantes de materiais. Com a inclusão de variáveis que não estão presentes no banco de dados como: calor interno gerado por humanos e dispositivos, proporção de janela para parede, taxa de

fluxo de massa, sequência de tempo nas medições, capacidade volumétrica de calor no ar, área de superfície exposta ao sol, entre outros. Desta maneira, o modelo não se aplica a condições das cidades estudadas em questão.

O modelo de Liping *et al.* (2013) é voltado para aplicação em cabines de aeronaves, considerando as cidades de partida, além disso utilizou variáveis que não estavam no banco de dados, como a temperatura neutra térmica, umidade basal, entre outras. O modelo adaptativo sugerido possui como intuito principal a busca de uma temperatura ideal para as cabines durante os voos.

Zhao *et al.* (2014) apresenta um modelo de Conforto Térmico Dinâmico Personalizado, onde os ocupantes do ambiente devem informar ao passar do tempo como está seus votos de sensação térmica. O intervalo de tempo pode ser a partir de uma hora, assim o modelo somente é aplicável quando há mudança na sensação térmica em regime permanente.

Em seu estudo, Gilani, Khan e Ali (2016) desenvolveram um modelo alternativo para a análise de Conforto Térmico que fazia uso de diversas variáveis, entre elas o modelo utiliza a pressão arterial média em seus cálculos fazendo com que este método seja incompatível com a base de dados da ASHRAE.

Davoodi *et al.* (2017) fez uso de diversas variáveis em seu modelo de nós, onde elas seriam capazes de contribuir nas estimativas da sensação térmica das partes vestidas e nuas do corpo. Entre as variáveis consideradas tem-se Índice de Massa Corpórea (IMC), sexo, idade e taxa metabólica basal, em sua maioria não estão contidas no banco de dados para a realização dos cálculos de conforto térmico.

O modelo elaborado por Song, Liu e Liu (2018) são destinados a aplicação em ambientes de dormir, onde são avaliadas as sensações térmicas locais para a cabeça e para o corpo coberto durante o sono, então não é possível sua aplicação para os locais de estudo em questão, que são escritórios (Recife, Brasília e Florianópolis) e salas de aula (Maceió e Florianópolis).

Em seu modelo empírico simplificado, Da Silva Júnior *et al.* (2020) desenvolveram um índice de conforto térmico a partir das medições realizadas em duas posições na sala de aula com sistemas split, tanto com medições com o ar ligado e desligado, fazendo controle de fluxo de ar (alto/médio/baixo), desta forma tornou-se possível a obtenção do modelo para estas condições através de uma regressão linear de Levenberg-Marquardt aplicados aos dois pontos de medição (A e B) onde estão localizados os ar-condicionado. Assim, seria inviável a aplicação deste modelo para

as condições de Brasília, Recife, Maceió e Florianópolis, pois nem todos os ambientes tinham a presença de ar-condicionado e pela não realização de medições nos pontos necessários ou a medição a partir do controle do fluxo de ar. Os dados utilizados estão disponíveis apenas para uso, então não se sabe exatamente os locais de medição dentro dos ambientes.

Zhou, Lai e Chen (2020) apresentaram um modelo capaz de prever a sensação térmica de motoristas em carros com condição de direção, foi considerado a influência da radiação solar na sensação térmica (radiação de onda curta e transmissividade do vidro do carro), além disso foram instalados nos veículos alguns sensores para a coleta das variáveis. Com todos essas informações, verifica-se que o modelo não é compatível aos dados e por ser um modelo voltado a um ambiente totalmente diferente de escritórios e salas de aula.

O modelo de Ruivo, Silva e Broday (2021) teve o seu desenvolvimento voltado para ambientes localizados em grandes altitudes, como por exemplo cidades da Bolívia, desta forma seria incorreto sua aplicação para as cidades brasileiras. A metodologia consiste em calcular um índice de conforto térmico que fosse sensível à pressão atmosférica para verificar o quão os indivíduos são afetados por essas mudanças na pressão atmosférica. Outro fato importante a se destacar, é que se o modelo for aplicado a locais a nível do mar ele apresentaria diferenças insignificantes em relação ao PMV de Fanger.

4.3 Modelos de conforto térmico utilizados

No Quadro 4 foram apresentados diversos modelos de conforto térmico, entre eles o modelo tradicional do PMV de Fanger (1970) que é mais amplamente utilizado e demais modelos adaptativos desenvolvidos com o intuito de reduzir as discrepâncias encontradas no modelo original. Desta maneira, alguns destes modelos possuíam compatibilidade com os dados apresentados *ASHRAE Global Thermal Comfort Database II* e assim tornou-se viável a utilização destes modelos para a análise de conforto térmico nas cidades brasileiras em questão.

O modelo de Fanger (1970) foi o primeiro a ser utilizado para a aplicação dos dados contidos no banco, sendo eles: temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do ar (m/s), temperatura radiante média($^{\circ}\text{C}$), isolamento térmico da vestimenta (clo), taxa metabólica (M) e umidade relativa do ar (%). Configura-se no principal modelo existente na área de conforto ambiental e devido as suas inconsistências, sua

aplicabilidade serve como parâmetro de comparação com os demais modelos alternativos para a análise de conforto térmico, para verificar qual se aproxima melhor da realidade térmica relatada pelos usuários desses ambientes.

Humphreys e Nicol (2002) desenvolveram um modelo em duas etapas, na primeira equação utiliza-se do banco de dados a temperatura operativa ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar ($^{\circ}\text{C}$), taxa metabólica da atividade (M), isolamento térmico da vestimenta (clo) e a temperatura externa do ar ($^{\circ}\text{C}$) para assim se calcular o $D_{\text{PMV-ASHRAE}}$. A utilização da variável relacionada a temperatura externa do ar ($^{\circ}\text{C}$) está presente apenas nos dados das cidades de Florianópolis e Maceió, assim excluindo a possibilidade de aplicação do modelo para as cidades de Recife e Brasília devido a esta limitação no banco de dados que não apresentava esta informação. Com o valor obtido na primeira etapa, é possível dar continuidade aos cálculos da etapa seguinte, onde o valor de $D_{\text{PMV-ASHRAE}}$ é incorporado a uma nova fórmula juntamente com o valor calculado anteriormente pelo PMV de Fanger (1970) e assim deve-se conseguir o PMV_{new} .

O modelo de Yao, Li e Liu (2009) foi desenvolvido para condições quentes, onde o PMV deve ser maior que zero e para condições frias quando o PMV foi menor que zero. Suas duas equações necessitam do valor do PMV de Fanger para a realização de seus cálculos.

Em seu modelo, Orosa e Oliveira (2011) fez uso de algumas variáveis, como a umidade relativa e as temperaturas internas, demonstrando as diferenças existentes entre os ambientes internos. Outro fato a se destacar, é o intuito do modelo em determinar quais os efeitos causados pelos revestimentos internos dos ambientes na temperatura neutra.

O modelo de conforto térmico adaptativo de Nguyen, Singh e Reiter (2012) foi desenvolvido em uma região de clima quente e úmido no sudeste asiático. O estudo examinou a relação entre o PMV e o TSV (*Thermal Sensation Vote*) em edifícios com ventilação natural. Os autores afirmam que sua aplicação em situações de conforto semelhantes mesmo com ajustes pode não se aproximar da realidade térmica. Todos as variáveis contidas no modelo estão presentes no banco de dados da ASHRAE, possibilitando sua aplicação mesmo com as considerações apontadas pelos pesquisadores.

Buratti, Ricciardi e Vergoni (2013) fez uso da temperatura operativa ($^{\circ}\text{C}$) na elaboração de seu modelo para a realização da predição da sensação de conforto

térmico. O modelo possui fácil aplicabilidade, o que permite sua adequação ao banco de dados a ASHRAE, porém a sua aplicação é destinada a ambientes moderados como os escritórios com ar-condicionado em Recife; salas de aula/escritórios em modo misto e escritórios com ar-condicionado em Florianópolis e ainda os escritórios com ar-condicionado em Brasília. Como o modelo é destinado a ambientes moderados, pode ser que sua aplicabilidade para as salas de aula com ventilação natural localizadas em Maceió não obtenha grande eficácia em seus resultados.

Kim *et al.* (2015) apresentou dois modelos novos de conforto térmico, onde um era destinado apenas para condições frias ($PMV < 0$) e o outro para condições quentes ($PMV > 0$). Para a realização do cálculo de ambos é necessário já ter efetuado o cálculo do PMV de Fanger (1970), tanto para a aplicação na fórmula quanto para a verificação da condição em que o indivíduo se encontra. A aplicação foi possível para todas as cidades deste estudo.

Através do Método de Newton, Broday, Xavier e Oliveira (2017) desenvolveram um modelo capaz de verificar a influência da temperatura da superfície da vestimenta nos cálculos de predição da sensação térmica para minimizar as discrepâncias nos resultados. O modelo foi direcionado as atividades da indústria metalmeccânica, desta maneira ele não abrange atividades de outros gêneros e ambientes, mas no caso da realização de testes em outros ambientes talvez seja possível que os resultados não condizem com a realidade.

Utilizando o modelo de Fanger como inspiração, Broday *et al.* (2019) desenvolveu seu modelo utilizando as mesmas variáveis para se estimar a sensação de conforto térmico com uma maior confiabilidade, reduzindo algumas encontradas.

O modelo desenvolvido por Zhang e Lin (2020) consiste em um PMV estendido, onde o PMV de Fanger (1970) é normalmente calculado e na sequência é multiplicado por um fator de extensão (ep) que visa reduzir a incidência de erros no modelo original. O fator de extensão possui duas constantes, sendo: a e b. A constante a pode ser multiplicada pela temperatura ambiente, onde o autor proporciona utilizar a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), temperatura operativa ($^{\circ}\text{C}$), temperatura de globo ($^{\circ}\text{C}$) ou a temperatura média mensal externa do ar ($^{\circ}\text{C}$). Desta forma, o modelo se torna mais abrangente para o uso de uma dessas temperaturas citadas. Para os cálculos das constantes é necessário o PMV, a sensação térmica relatada pelos usuários e temperatura do ar. Durante os cálculos foi possível observar que nem todos os usuários dos ambientes haviam relatado suas respectivas sensações térmicas, o que

implica na impossibilidade de calcular o PMV para todos. Entre os usuários que não forneceram suas sensações térmicas, tem-se: 2689, 770, 2 e 1 para Florianópolis, Maceió, Recife e Brasília respectivamente.

O modelo elaborado por Ruiz e Correa (2015) possui uma facilidade em sua aplicação, utilizando a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do ar ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%). O modelo é compatível com os dados existentes no banco, porém foi desenvolvido para estimar o conforto térmico em espaços ao ar livre, então a acurácia em seus resultados pode haver diferenças quando aplicado a ambientes interno.

Omidvar e Kim (2020) desenvolveram um modelo baseado em Fanger (1970), que busca estimar a sensação térmica através da modificação da perda regulatória de calor pela sudorese. Considera em seus cálculos variáveis referentes ao suor para prever a perda de calor pela própria sudorese, além disso, há um número inferior de simplificações em seus cálculos que contribui para a eficácia do modelo.

Zhang *et al.* (2020) propôs um modelo substituto ao PMV de Fanger (1970), intitulado de $\text{PMV}_{p,sv}$. Entre as variáveis utilizadas têm-se: a temperatura radiante média ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do ar (m/s) que estão disponíveis no Banco de dados de Conforto Térmico Global ASHRAE II (*ASHRAE Global Thermal Comfort Database II*).

O compilado de modelos compatíveis com o Banco de dados da ASHRAE estão citados no Quadro 9, juntamente com o clima em que foi desenvolvido e o nome adotado aos modelos que devem ser inseridos no *IBM SPSS Statistics*.

Quadro 9 - Modelos que serão aplicados para análise de Conforto Térmico no Brasil

Referências	Clima	Nome adotado ao modelo
Fanger (1970)	Cfb	PMV
Humphreys e Nicol (2002)	Cfb	PMVnew
Yao, Li e Liu (2009)	Cfa	aPMV
Orosa e Oliveira (2011)	Csb	PMVoo
Nguyen, Singh e Reiter (2012)	Af, Am, Aw, Cfa	PMVnsr
Buratti, Ricciardi e Vergoni (2013)	Csa, Cfa	PMVbrv
Kim <i>et al.</i> (2015)	Dwa	Adap PMV
Ruiz e Correa (2015)	Cfa	IZA
Brodav, Xavier e Oliveira (2017)	Cfb	PMV*
Brodav <i>et al.</i> (2019)	Cfb, Csb	PMV2
Omidvar e Kim (2020)	Cfa	PMVnew2
Zhang <i>et al.</i> (2020)	Cfa	PMVp, sv
Zhang e Lin (2020)	Cfa	ePMV

Fonte: Autoria Própria

4.4 Análise Estatística dos modelos e a sensação térmica

4.4.1 Análise de variância: Brasília e Recife

O modelo de Humphreys e Nicol (2002) não foi aplicado as cidades de Recife e Brasília, pois elas não continham no banco de dados os valores referentes a temperatura externa mensal do ar para ser aplicada na equação do modelo. Dessa maneira, foram aplicados 11 modelos alternativos de conforto térmico e o modelo tradicional de Fanger (1970), totalizando 12 modelos para aplicação nestas localidades. As cidades de Recife e Brasília possuem o mesmo tipo climático (Aw), portanto os resultados obtidos nos modelos foram reunidos para serem submetidos ao software *IBM SPSS Statistics* e realizar as análises estatísticas.

Para determinar a alteração dos valores médios dos modelos foi elaborada uma análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) (GUMBER *et al.*, 2021). Com a Estatística descritiva (Tabela 4) foi possível descobrir as médias e desvios padrões das respostas obtidas pelos modelos e da sensação térmica relatada pelos 51 indivíduos no banco de dados (27 de Recife e 24 de Brasília).

Tabela 4 - Estatística descritiva: Recife e Brasília

	Média	Desvio Padrão	N
TSV	0,672549	0,8690405	51
PMV	-0,023922	0,4633015	51
aPMV	-0,037305	0,4028855	51
PMV _{oo}	0,569748	0,3947097	51
PMV _{nsr}	-0,377616	0,3799073	51
PMV _{brv}	0,556218	0,4744333	51
Adap PMV	-0,272718	0,3589115	51
IZA	0,965087	0,1430124	51
PMV*	0,990799	0,4479904	51
PMV2	0,785186	0,7114313	51
PMV _{p, sv}	-0,225089	0,6024335	51
ePMV	0,413233	0,8207095	51
PMV _{new2}	-1,507969	1,0070640	51

Fonte: Autoria Própria

As correlações são responsáveis por refletir a existência de diferenças individuais sistemáticas que surge ao realizar as medições das mesmas unidades repetidamente (BAGULEY, 2011). A partir dessas correlações (Quadro 10) obtidas, é possível observar a presença de multicolineariedade, ou seja, as variáveis com

valores mais próximos de 1 possuem aproximadamente as mesmas medições, havendo proximidade entre os resultados obtidos e uma alta correlação entre as variáveis independentes. Para ser considerado uma alta correlação os valores devem estar acima de 0,8.

Quadro 10 - Correlação: Brasília e Recife

		Correlações												
		TSV	PMV	aPMV	PMV _{oo}	PMV _{nsr}	PMV _{brv}	Adap PMV	IZA	PMV*	PMV2	PMV _{p,sv}	ePMV	PMV _{new}
Correlação de Pearson	TSV	1,000	0,829	0,826	0,849	0,829	0,849	0,064	0,686	1,000	1,000	0,736	0,791	-0,004
	PMV	0,829	1,000	0,998	0,871	1,000	0,871	-0,047	0,689	0,829	0,829	0,906	0,861	-0,287
	aPMV	0,826	0,998	1,000	0,866	0,998	0,866	-0,059	0,686	0,826	0,826	0,913	0,839	-0,322
	PMV _{oo}	0,849	0,871	0,866	1,000	0,871	1,000	-0,016	0,827	0,849	0,849	0,898	0,845	-0,187
	PMV _{nsr}	0,829	1,000	0,998	0,871	1,000	0,871	-0,047	0,689	0,829	0,829	0,906	0,861	-0,287
	PMV _{brv}	0,849	0,871	0,866	1,000	0,871	1,000	-0,016	0,827	0,849	0,849	0,898	0,845	-0,187
	Adap PMV	0,064	-0,047	-0,059	-0,016	-0,047	-0,016	1,000	0,049	0,064	0,064	-0,085	-0,048	0,038
	IZA	0,686	0,689	0,686	0,827	0,689	0,827	0,049	1,000	0,686	0,686	0,660	0,629	-0,208
	PMV*	1,000	0,829	0,826	0,849	0,829	0,849	0,064	0,686	1,000	1,000	0,736	0,791	-0,004
	PMV2	1,000	0,829	0,826	0,849	0,829	0,849	0,064	0,686	1,000	1,000	0,736	0,791	-0,004
	PMV _{p,sv}	0,736	0,906	0,913	0,898	0,906	0,898	-0,085	0,660	0,736	0,736	1,000	0,770	-0,494
	ePMV	0,791	0,861	0,839	0,845	0,861	0,845	-0,048	0,629	0,791	0,791	0,770	1,000	-0,004
PMV _{new} 2	-0,004	-0,287	-0,322	-0,187	-0,287	-0,187	0,038	-0,208	-0,004	-0,004	-0,494	-0,004	1,000	

Fonte: Autoria Própria

Através da Anova de uma via com medidas repetidas foi possível verificar se existe diferença estatística entre os modelos aplicados as cidades, utilizando as médias finais disponíveis dos modelos. Ao inserir os dados no SPSS, o software libera uma listagem com os modelos em ordem e nominados de forma numeral, conforme o Quadro 11.

Quadro 11 - Ordem dos modelos: Brasília e Recife

Modelos	Variável dependente
1	TSV
2	PMV
3	aPMV
4	PMVoo
5	PMVnsr
6	PMVbrv
7	AdapPMV
8	IZA
9	PMV*
10	PMV2
11	PMVpsv
12	ePMV
13	PMVnew

Fonte: Autoria Própria

Em seguida, o teste de esfericidade de Mauchly (Quadro 12) é realizado para validação da análise de variância de medidas repetidas (ANOVA). O valor de p é analisado com base em duas hipóteses, sendo:

- H_0 : existe esfericidade;
- H_1 : não existe esfericidade.

Quadro 12 - Teste de esfericidade de Mauchly: Brasília e Recife

Teste de esfericidade de Mauchly ^a							
Medida:							
Efeito dentre-sujeitos	W de Mauchly	Aprox. Qui-quadrado	df	p.	Epsilon ^b		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferior
Modelos	0,000		77	0,000	0,199	0,209	0,083
Testa a hipótese nula para a qual a matriz de covariâncias de erro das variáveis transformadas ortonormalizadas é proporcional em relação a uma matriz identidade.							
a. Design Dentre-Sujeitos: Modelos			Design:		Intercepto		
b. Pode ser usado para ajustar os graus de liberdade dos testes de significância dentro da média. Os testes corrigidos são exibidos na tabela Testes de efeitos dentre-sujeitos.							

Fonte: Autoria Própria

A esfericidade consiste na igualdade das variâncias que foram colocadas a algum tipo de tratamento. Dessa, maneira, com o valor de $p < 0,05$, é possível determinar que não existe esfericidade (H_1). Um novo teste é realizado, chamado de teste de efeitos entre sujeitos (Quadro 13). Quando existe esfericidade, a primeira linha de dados deve ser considerada na análise, mas como neste caso a esfericidade é inexistente, surge a necessidade de uma nova correção. Entre as opções de correção, tem-se: Greenhouse-Geisser que consiste em uma correção mais popular, rígida e conservadora e a correção de Huynh-Feldt, sendo um pouco menos rígida.

Quadro 13 - Teste de efeitos entre sujeitos: Brasília e Recife

Testes de efeitos entre sujeitos						
Medida:						
Origem		Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F	p.
Modelos	Esfericidade considerada	298,162	12	24,847	121,727	0,000
	Greenhouse-Geisser	298,162	2,384	125,050	121,727	0,000
	Huynh-Feldt	298,162	2,512	118,704	121,727	0,000
	Limite-inferior	298,162	1,000	298,162	121,727	0,000
Erro (Modelos)	Esfericidade considerada	122,472	600	0,204		
	Greenhouse-Geisser	122,472	119,217	1,027		
	Huynh-Feldt	122,472	125,590	0,975		
	Limite-inferior	122,472	50,000	2,449		

Fonte: Autoria Própria

Como todos os valores de p foram iguais para todas as condições, optou-se analisar pela correção de Greenhouse-Geisser, por ser uma correção com menos chances de erros. Nas análises são consideradas as hipóteses nula e alternativa, sendo:

- H_0 : modelo 1 = modelo 2 = modelo 3 = modelo 4 = modelo 5 = modelo 6 = modelo 7 = modelo 8 = modelo 9 = modelo 10 = modelo 11 = modelo 12 = modelo 13;
- H_1 : há pelo menos uma diferença entre as médias.

No quadro 13, verifica-se que o valor de $p < 0,05$, portanto, a hipótese alternativa (H_1) é aceita, de que há pelo menos um modelo de conforto térmico diferente entre todos que foram testados. Saber que há pelo menos um modelo diferente entre todos não é suficiente, sendo interessante investigar qual modelo difere de qual modelo.

Para responder esta indagação, surge o teste de Post-Hoc ou Pairwise (Quadro 14) que permite o confronto modelo a modelo e contribui na descoberta da ordem prioritária de utilização (HARUN *et al.*, 2017). Estes testes envolvem avaliações paritárias de meios marginais estimados entre as diferenças médias e as condições experimentais, possuindo intervalos de confiança que correspondem a 95% (BUREŠ *et al.*, 2020).

O teste de Bonferroni foi utilizado neste método, sendo um teste mais rigoroso para verificar as diferenças de médias e apontar em qual delas está essa diferença. O valor de p é analisado sob duas condições, se:

- $p < 0,05$: existe uma diferença entre os modelos;

- $p > 0,05$: não existe uma diferença entre os modelos.

Quadro 14 - Comparações pelo Método Pairwise: Brasília e Recife

(continua)

Comparações pelo Método Pairwise						
Medida:						
(I) Modelos		Diferença média (I-J)	Estatística do teste Padrão	p. ^b	95% Intervalo de Confiança para Diferença ^b	
					Limite inferior	Limite superior
1	2	,696*	0,077	0,000	0,416	0,977
	3	,710*	0,082	0,000	0,413	1,007
	4	0,103	0,080	1,000	-0,190	0,395
	5	1,050*	0,083	0,000	0,747	1,353
	6	0,116	0,074	1,000	-0,154	0,386
	7	,945*	0,129	0,000	0,477	1,414
	8	-0,293	0,109	0,764	-0,689	0,104
	9	-,318*	0,059	0,000	-0,533	-0,103
	10	-,113*	0,022	0,000	-0,193	-0,032
	11	,898*	0,083	0,000	0,597	1,198
	12	0,259	0,077	0,110	-0,020	0,539
	13	2,181*	0,187	0,000	1,501	2,860
	2	1	-,696*	0,077	0,000	-0,977
3		0,013	0,009	1,000	-0,021	0,047
4		-,594*	0,032	0,000	-0,710	-0,477
5		,354*	0,012	0,000	0,311	0,396
6		-,580*	0,033	0,000	-0,702	-0,458
7		0,249	0,084	0,361	-0,057	0,554
8		-,989*	0,053	0,000	-1,182	-0,796
9		-1,015*	0,037	0,000	-1,151	-0,879
10		-,809*	0,058	0,000	-1,022	-0,596
11		,201*	0,038	0,000	0,064	0,338
12		-,437*	0,068	0,000	-0,684	-0,191
13		1,484*	0,171	0,000	0,860	2,108
3		1	-,710*	0,082	0,000	-1,007
	2	-0,013	0,009	1,000	-0,047	0,021
	4	-,607*	0,029	0,000	-0,712	-0,502
	5	,340*	0,005	0,000	0,323	0,358
	6	-,594*	0,033	0,000	-0,715	-0,472
	7	0,235	0,078	0,303	-0,048	0,519
	8	-1,002*	0,045	0,000	-1,167	-0,838
	9	-1,028*	0,036	0,000	-1,158	-0,898
	10	-,822*	0,062	0,000	-1,048	-0,597
	11	,188*	0,040	0,002	0,042	0,334
	12	-,451*	0,074	0,000	-0,721	-0,180
	13	1,471*	0,168	0,000	0,859	2,082

Quadro 14 - Comparações pelo Método Pairwise: Brasília e Recife

(continua)

4	1	-0,103	0,080	1,000	-0,395	0,190
	2	,594*	0,032	0,000	0,477	0,710
	3	,607*	0,029	0,000	0,502	0,712
	5	,947*	0,028	0,000	0,847	1,048
	6	0,014	0,011	1,000	-0,027	0,054
	7	,842*	0,075	0,000	0,568	1,117
	8	-,395*	0,040	0,000	-0,542	-0,248
	9	-,421*	0,033	0,000	-0,542	-0,300
	10	-0,215	0,060	0,061	-0,435	0,004
	11	,795*	0,042	0,000	0,641	0,949
	12	0,157	0,074	1,000	-0,114	0,427
	13	2,078*	0,161	0,000	1,492	2,663
	5	1	-1,050*	0,083	0,000	-1,353
2		-,354*	0,012	0,000	-0,396	-0,311
3		-,340*	0,005	0,000	-0,358	-0,323
4		-,947*	0,028	0,000	-1,048	-0,847
6		-,934*	0,033	0,000	-1,054	-0,814
7		-0,105	0,075	1,000	-0,378	0,168
8		-1,343*	0,042	0,000	-1,496	-1,190
9		-1,368*	0,035	0,000	-1,496	-1,241
10		-1,163*	0,063	0,000	-1,392	-0,933
11		-0,153	0,043	0,061	-0,308	0,003
12		-,791*	0,074	0,000	-1,061	-0,521
13		1,130*	0,164	0,000	0,532	1,729
6		1	-0,116	0,074	1,000	-0,386
	2	,580*	0,033	0,000	0,458	0,702
	3	,594*	0,033	0,000	0,472	0,715
	4	-0,014	0,011	1,000	-0,054	0,027
	5	,934*	0,033	0,000	0,814	1,054
	7	,829*	0,084	0,000	0,523	1,135
	8	-,409*	0,051	0,000	-0,595	-0,223
	9	-,435*	0,036	0,000	-0,565	-0,305
	10	-,229*	0,056	0,011	-0,432	-0,026
	11	,781*	0,038	0,000	0,642	0,921
	12	0,143	0,069	1,000	-0,107	0,393
	13	2,064*	0,167	0,000	1,457	2,672
	7	1	-,945*	0,129	0,000	-1,414
2		-0,249	0,084	0,361	-0,554	0,057
3		-0,235	0,078	0,303	-0,519	0,048
4		-,842*	0,075	0,000	-1,117	-0,568
5		0,105	0,075	1,000	-0,168	0,378
6		-,829*	0,084	0,000	-1,135	-0,523
8		-1,238*	0,053	0,000	-1,431	-1,044

Quadro 14 - Comparações pelo Método Pairwise: Brasília e Recife

(continua)

	9	-1,264*	0,078	0,000	-1,547	-0,980
	10	-1,058*	0,109	0,000	-1,454	-0,662
	11	-0,048	0,102	1,000	-0,418	0,323
	12	-,686*	0,128	0,000	-1,151	-0,221
	13	1,235*	0,148	0,000	0,697	1,774
8	1	0,293	0,109	0,764	-0,104	0,689
	2	,989*	0,053	0,000	0,796	1,182
	3	1,002*	0,045	0,000	0,838	1,167
	4	,395*	0,040	0,000	0,248	0,542
	5	1,343*	0,042	0,000	1,190	1,496
	6	,409*	0,051	0,000	0,223	0,595
	7	1,238*	0,053	0,000	1,044	1,431
	9	-0,026	0,051	1,000	-0,212	0,160
	10	0,180	0,087	1,000	-0,137	0,497
	11	1,190*	0,073	0,000	0,925	1,455
	12	,552*	0,104	0,000	0,175	0,929
	13	2,473*	0,147	0,000	1,939	3,007
	9	1	,318*	0,059	0,000	0,103
2		1,015*	0,037	0,000	0,879	1,151
3		1,028*	0,036	0,000	0,898	1,158
4		,421*	0,033	0,000	0,300	0,542
5		1,368*	0,035	0,000	1,241	1,496
6		,435*	0,036	0,000	0,305	0,565
7		1,264*	0,078	0,000	0,980	1,547
8		0,026	0,051	1,000	-0,160	0,212
10		,206*	0,037	0,000	0,071	0,340
11		1,216*	0,057	0,000	1,008	1,424
12		,578*	0,076	0,000	0,302	0,853
13		2,499*	0,155	0,000	1,936	3,062
10		1	,113*	0,022	0,000	0,032
	2	,809*	0,058	0,000	0,596	1,022
	3	,822*	0,062	0,000	0,597	1,048
	4	0,215	0,060	0,061	-0,004	0,435
	5	1,163*	0,063	0,000	0,933	1,392
	6	,229*	0,056	0,011	0,026	0,432
	7	1,058*	0,109	0,000	0,662	1,454
	8	-0,180	0,087	1,000	-0,497	0,137
	9	-,206*	0,037	0,000	-0,340	-0,071
	11	1,010*	0,068	0,000	0,761	1,259
	12	,372*	0,071	0,000	0,114	0,630
	13	2,293*	0,173	0,000	1,663	2,923
	11	1	-,898*	0,083	0,000	-1,198
2		-,201*	0,038	0,000	-0,338	-0,064

Quadro 14 - Comparações pelo Método Pairwise: Brasília e Recife

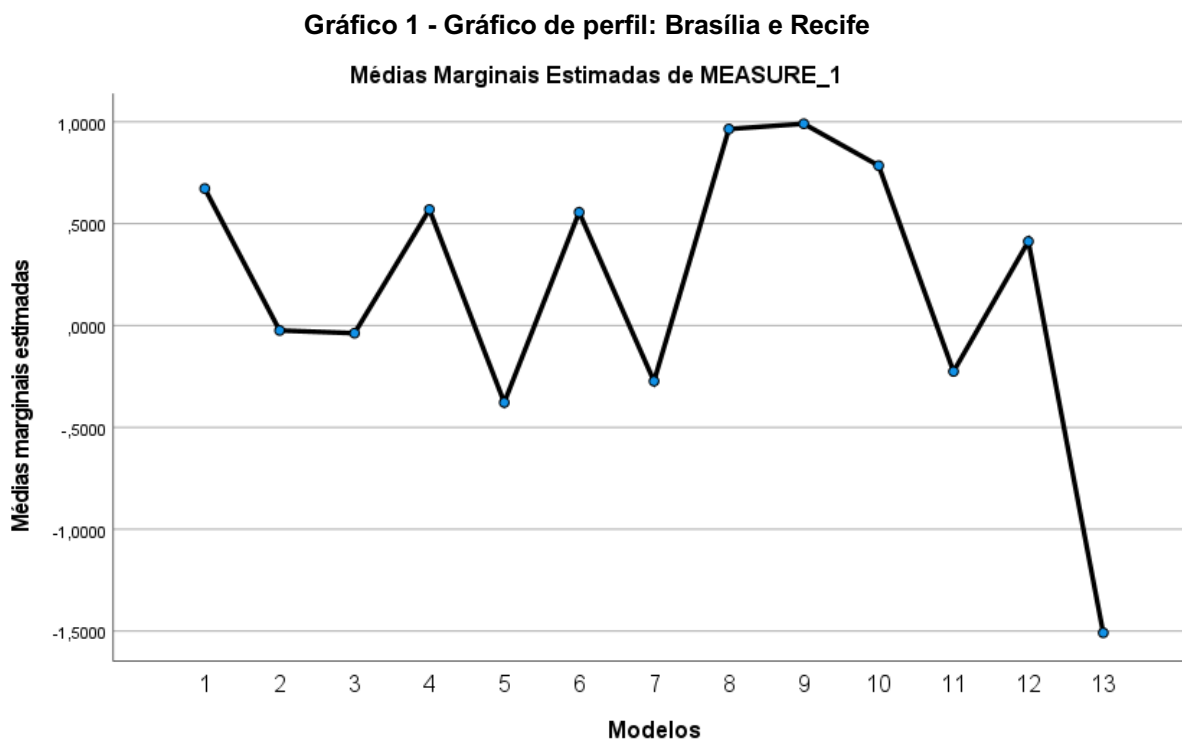
(conclusão)

	3	-,188*	0,040	0,002	-0,334	-0,042
	4	-,795*	0,042	0,000	-0,949	-0,641
	5	0,153	0,043	0,061	-0,003	0,308
	6	-,781*	0,038	0,000	-0,921	-0,642
	7	0,048	0,102	1,000	-0,323	0,418
	8	-1,190*	0,073	0,000	-1,455	-0,925
	9	-1,216*	0,057	0,000	-1,424	-1,008
	10	-1,010*	0,068	0,000	-1,259	-0,761
	12	-,638*	0,073	0,000	-0,906	-0,371
	13	1,283*	0,197	0,000	0,566	2,000
12	1	-0,259	0,077	0,110	-0,539	0,020
	2	,437*	0,068	0,000	0,191	0,684
	3	,451*	0,074	0,000	0,180	0,721
	4	-0,157	0,074	1,000	-0,427	0,114
	5	,791*	0,074	0,000	0,521	1,061
	6	-0,143	0,069	1,000	-0,393	0,107
	7	,686*	0,128	0,000	0,221	1,151
	8	-,552*	0,104	0,000	-0,929	-0,175
	9	-,578*	0,076	0,000	-0,853	-0,302
	10	-,372*	0,071	0,000	-0,630	-0,114
	11	,638*	0,073	0,000	0,371	0,906
	13	1,921*	0,182	0,000	1,257	2,585
	13	1	-2,181*	0,187	0,000	-2,860
2		-1,484*	0,171	0,000	-2,108	-0,860
3		-1,471*	0,168	0,000	-2,082	-0,859
4		-2,078*	0,161	0,000	-2,663	-1,492
5		-1,130*	0,164	0,000	-1,729	-0,532
6		-2,064*	0,167	0,000	-2,672	-1,457
7		-1,235*	0,148	0,000	-1,774	-0,697
8		-2,473*	0,147	0,000	-3,007	-1,939
9		-2,499*	0,155	0,000	-3,062	-1,936
10		-2,293*	0,173	0,000	-2,923	-1,663
11		-1,283*	0,197	0,000	-2,000	-0,566
12		-1,921*	0,182	0,000	-2,585	-1,257
Baseado em médias marginais estimadas						
*. A diferença média é significativa no nível ,05.						
b. Ajustamento para diversas comparações: Bonferroni.						

Fonte: Autoria Própria

Os valores marcados em vermelho no quadro 14, representam os modelos que não diferem entre si, baseados nos valores de p. Em relação ao TSV, os modelos que mais se aproximaram foi o PMVoo (4), PMVbrv (6), IZA (8) e ePMV (12). Mesmo com a realização do teste de Bonferroni, é possível que alguns modelos que possuem

semelhança não estejam indicados no quadro de cálculos e para facilitar a visualização dos modelos que se assemelham, um gráfico de perfil (Gráfico 1) foi elaborado. Cada número representa um modelo diferente e os pontos que estiverem na mesma direção na horizontal significa que os modelos se assemelham.

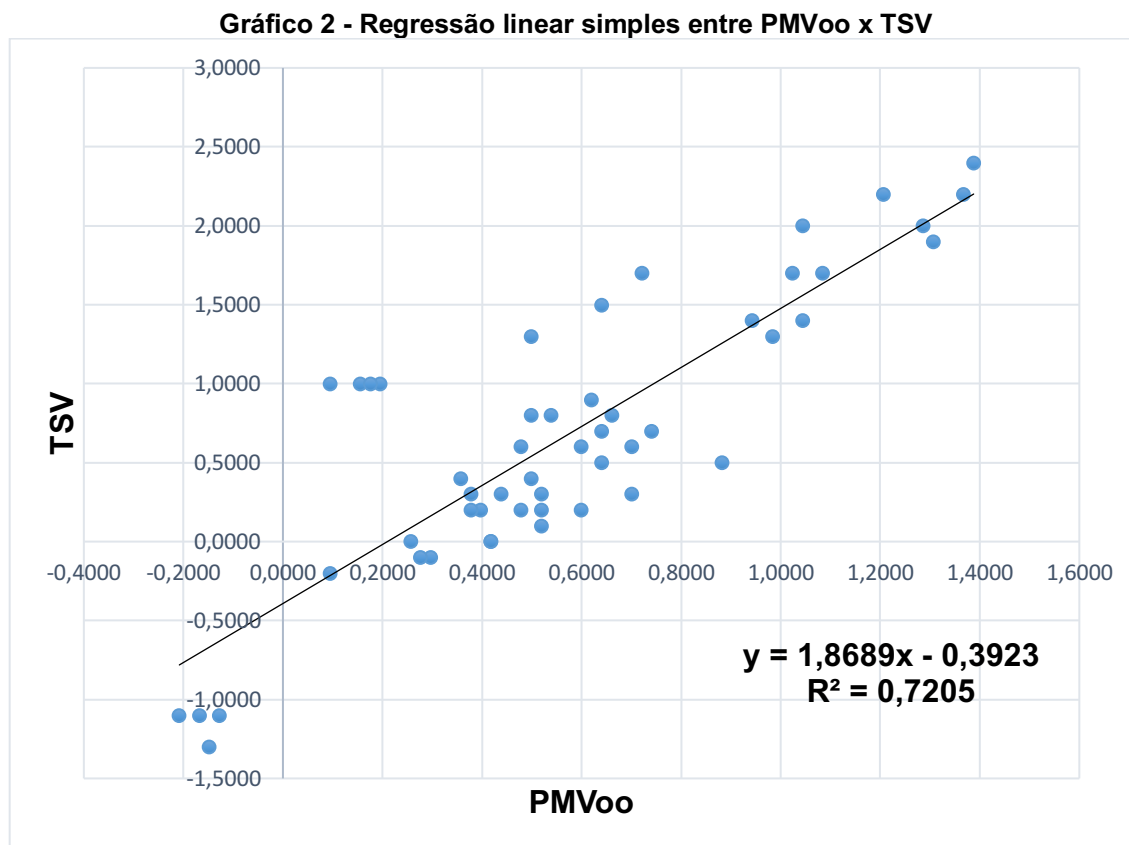


Fonte: Autoria Própria

Na análise do gráfico 1, observou-se que o modelo PMV2 (10) também se assemelha ao TSV, porém ele não foi detectado no teste de Bonferroni. A ANOVA de uma via com medidas repetidas mostrou que há efeito do fator modelo sobre o TSV (sensação térmica) [$F(2,384; 119,217) = 121,727, p < 0,001$]. O post-hoc de Bonferroni também mostrou que apenas o modelo 13 não se assemelha a outro modelo e que os demais tiveram pelo menos uma semelhança encontrada.

Entre as semelhanças encontradas, o modelo que mais se aproximou da sensação térmica para Brasília e Recife e que representa melhor essa região, foi o modelo de Orosa e Oliveira (2011), o PMVoo (4) que apresentou uma diferença média com maior proximidade, de apenas 0,102801 em relação aos votos de sensação térmica (TSV).

O gráfico 2 mostra a relação entre o PMVoo e os votos de sensação térmica (TSV), apresentando um coeficiente de determinação de 0,7205:



O coeficiente de determinação entre o PMVoo e o TSV foi de 0,7205, o que mostra uma alta aderência aos dados. Na Classificação de Köppen-Geiger, Recife e Brasília estão localizados em regiões de climas tropicais (A), sendo um Clima tropical de savana com estação seca de inverno (Aw). O modelo de Orosa e Oliveira (2011) que melhor se adequou a essa região, foi desenvolvido sob climas temperados (C), mais precisamente no Clima mediterrâneo fresco (Csb). Mesmo com a incompatibilidade climática, o modelo se comportou muito bem aos dados das duas cidades, pois os autores o desenvolveram justamente para ambientes de escritórios, como é o caso de Recife e Brasília.

4.4.2 Análise de variância: maceió

Na Tabela 5, a Estatística descritiva apresenta as médias e desvios padrões da sensação térmica relatada pelos 1630 indivíduos no banco de dados e as respostas obtidas nos modelos.

Tabela 5 - Estatística descritiva: Maceió

Média	Desvio Padrão	N
-------	---------------	---

(continua)

Tabela 5 - Estatística descritiva: Maceió

			(conclusão)
TSV	0,405521	0,9418157	1630
PMV	0,204951	0,7008239	1630
PMVnew	0,111435	0,3767907	1630
aPMV	0,130148	0,5556115	1630
PMVoo	1,130255	0,4543232	1630
PMVnsr	-0,189940	0,5746756	1630
PMVbrv	1,229936	0,5460875	1630
Adap PMV	-0,193907	0,5760164	1630
IZA	1,134859	0,1243179	1630
PMV*	0,853146	0,4855060	1630
PMV2	0,566586	0,7710080	1630
PMVp,sv	0,200447	0,6949572	1630
ePMV	0,241149	0,6059029	1630
PMVnew2	-0,004378	0,0698317	1630

Fonte: Autoria Própria

No Quadro 15, as correlações entre os modelos e a sensação térmica foram apresentadas. Viu-se a presença de multicolineariedade, onde as variáveis com valores mais próximos de 1 continham as mesmas medições aproximadamente, alta correlação entre as variáveis independentes e proximidade nos resultados. Os valores acima de 0,8 representam uma alta correlação.

Quadro 15 - Correlação: Recife

		Correlações													
		TSV	PMV	PMVnew	aPMV	PMVoo	PMVnsr	PMVbrv	Adap PMV	IZA	PMV*	PMV2	PMVp,sv	ePMV	PMVnew2
Correlação de Pearson	TSV	1,000	0,458	0,426	0,456	0,495	0,458	0,495	0,039	0,455	1,000	1,000	0,499	0,574	0,470
	PMV	0,458	1,000	0,966	0,993	0,862	1,000	0,862	0,042	0,916	0,458	0,458	0,905	0,791	0,969
	PMVnew	0,426	0,966	1,000	0,955	0,774	0,966	0,774	0,045	0,881	0,426	0,426	0,844	0,767	0,906
	aPMV	0,456	0,993	0,955	1,000	0,847	0,993	0,847	0,051	0,904	0,456	0,456	0,886	0,761	0,969
	PMVoo	0,495	0,862	0,774	0,847	1,000	0,862	1,000	0,039	0,896	0,495	0,495	0,989	0,737	0,901
	PMVnsr	0,458	1,000	0,966	0,993	0,862	1,000	0,862	0,042	0,916	0,458	0,458	0,905	0,791	0,969
	PMVbrv	0,495	0,862	0,774	0,847	1,000	0,862	1,000	0,039	0,896	0,495	0,495	0,989	0,737	0,901
	Adap PMV	0,039	0,042	0,045	0,051	0,039	0,042	0,039	1,000	0,031	0,039	0,039	0,037	0,007	0,040
	IZA	0,455	0,916	0,881	0,904	0,896	0,916	0,896	0,031	1,000	0,455	0,455	0,923	0,767	0,891
	PMV*	1,000	0,458	0,426	0,456	0,495	0,458	0,495	0,039	0,455	1,000	1,000	0,499	0,574	0,470
	PMV2	1,000	0,458	0,426	0,456	0,495	0,458	0,495	0,039	0,455	1,000	1,000	0,499	0,574	0,470
	PMVp,sv	0,499	0,905	0,844	0,886	0,989	0,905	0,989	0,037	0,923	0,499	0,499	1,000	0,774	0,916
	ePMV	0,574	0,791	0,767	0,761	0,737	0,791	0,737	0,007	0,767	0,574	0,574	0,774	1,000	0,770
PMVnew2	0,470	0,969	0,906	0,969	0,901	0,969	0,901	0,040	0,891	0,470	0,470	0,916	0,770	1,000	

Fonte: Autoria Própria

No Quadro 16 foram apresentadas a listagem do modelos em ordem que foram aplicados a Maceió.

Quadro 16 - Ordem dos modelos: Maceió

Modelos	Variável dependente
1	TSV
2	PMV
3	PMVnew
4	aPMV
5	PMVoo
6	PMVnsr
7	PMVbrv
8	AdapPMV
9	IZA
10	PMV*
11	PMV2
12	PMVp,sv
13	ePMV
14	PMVnew2

Fonte: Autoria Própria

Em seguida, o teste de esfericidade de Mauchly (Quadro 17) é realizado. O valor de p é analisado com base em duas hipóteses, sendo:

- H_0 : existe esfericidade;
- H_1 : não existe esfericidade.

Quadro 17 - Teste de esfericidade de Mauchly: Maceió

Teste de esfericidade de Mauchly ^a							
Medida:							
Efeito dentre-sujeitos	W de Mauchly	Aprox. Qui-quadrado	df	p.	Epsilon ^b		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferior
Modelos	0,000	90	77	0,000	0,225	0,225	0,077
Testa a hipótese nula para a qual a matriz de covariâncias de erro das variáveis transformadas ortonormalizadas é proporcional em relação a uma matriz identidade.							
a.		Design:				Intercepto	
Design Dentre-Sujeitos: Modelos							
b. Pode ser usado para ajustar os graus de liberdade dos testes de significância dentro da média. Os testes corrigidos são exibidos na tabela Testes de efeitos dentre-sujeitos.							

Fonte: Autoria Própria

Com o valor de $p < 0,05$, é possível determinar que não existe esfericidade (H_1). Um novo teste é realizado, chamado de teste de efeitos entre sujeitos (Quadro 18). Quando existe esfericidade, a primeira linha de dados deve ser considerada na análise, mas como neste caso a esfericidade é inexistente, surge a necessidade de uma nova correção. Entre as opções de correção, tem-se: Greenhouse-Geiser que consiste em uma correção mais popular, rígida e conservadora e a correção de Huynh-Feldt, sendo um pouco menos rígida.

Quadro 18 - Testes de efeitos entre sujeitos: Maceió

Testes de efeitos entre sujeitos						
Medida:						
Origem		Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F	p.
Modelos	Esfericidade considerada	5077,791	13	390,599	2328,039	0,000
	Greenhouse-Geisser	5077,791	2,924	1736,417	2328,039	0,000
	Huynh-Feldt	5077,791	2,930	1732,964	2328,039	0,000
	Limite inferior	5077,791	1,000	5077,791	2328,039	0,000
Erro (Modelos)	Esfericidade considerada	3553,086	21177	0,168		
	Greenhouse-Geisser	3553,086	4763,671	0,746		
	Huynh-Feldt	3553,086	4773,164	0,744		
	Limite inferior	3553,086	1629,000	2,181		

Fonte: Autoria Própria

Os valores de p foram todos iguais, optou-se analisar pela correção de Greenhouse-Geiser. Nas análises são consideradas as hipóteses nula e alternativa, sendo:

- H_0 : modelo 1 = modelo 2 = modelo 3 = modelo 4 = modelo 5 = modelo 6 = modelo 7 = modelo 8 = modelo 9 = modelo 10 = modelo 11 = modelo 12 = modelo 13 = modelo 14;
- H_1 : há pelo menos uma diferença entre as médias.

Verifica-se que o valor de $p < 0,05$, portanto, H_1 é aceita. Na sequência, o teste de Post-Hoc ou Pairwise (Quadro 19) é realizado para verificar qual dos modelos diferem entre si. O teste de Bonferroni foi utilizado para verificar as diferenças de médias. O valor de p é analisado sob as seguintes condições:

- $p < 0,05$: existe uma diferença entre os modelos;
- $p > 0,05$: não existe uma diferença entre os modelos.

Quadro 19 - Comparações pelo Método Pairwise: Maceió

(continua)

Comparações pelo Método Pairwise						
Medida:						
(I) Modelos		Diferença média (I-J)	Estatística do teste Padrão	p^b	95% Intervalo de Confiança para Diferença ^b	
					Limite inferior	Limite superior
1	2	,201*	0,022	0,000	0,125	0,276
	3	,294*	0,021	0,000	0,221	0,367
	4	,275*	0,021	0,000	0,203	0,348

Quadro 19 - Comparações pelo Método Pairwise: Maceió

(continua)

	5	-,725*	0,020	0,000	-0,795	-0,655	
	6	,595*	0,021	0,000	0,523	0,668	
	7	-,824*	0,020	0,000	-0,895	-0,754	
	8	,599*	0,027	0,000	0,506	0,692	
	9	-,729*	0,022	0,000	-0,806	-0,653	
	10	-,448*	0,011	0,000	-0,487	-0,408	
	11	-,161*	0,004	0,000	-0,176	-0,146	
	12	,205*	0,021	0,000	0,132	0,278	
	13	,164*	0,019	0,000	0,098	0,231	
	14	,410*	0,023	0,000	0,332	0,488	
	2	1	-,201*	0,022	0,000	-0,276	-0,125
		3	,094*	0,009	0,000	0,063	0,124
		4	,075*	0,004	0,000	0,061	0,089
		5	-,925*	0,010	0,000	-0,958	-0,892
6		,395*	0,003	0,000	0,384	0,406	
7		-1,025*	0,009	0,000	-1,056	-0,994	
8		,399*	0,022	0,000	0,323	0,475	
9		-,930*	0,015	0,000	-0,980	-0,879	
10		-,648*	0,016	0,000	-0,703	-0,593	
11		-,362*	0,019	0,000	-0,428	-0,296	
12		0,005	0,008	1,000	-0,022	0,031	
13		-0,036	0,011	0,066	-0,073	0,001	
14		,209*	0,016	0,000	0,155	0,264	
3		1	-,294*	0,021	0,000	-0,367	-0,221
	2	-,094*	0,009	0,000	-0,124	-0,063	
	4	-0,019	0,006	0,075	-0,038	0,001	
	5	-1,019*	0,007	0,000	-1,044	-0,994	
	6	,301*	0,006	0,000	0,282	0,321	
	7	-1,119*	0,009	0,000	-1,148	-1,089	
	8	,305*	0,017	0,000	0,248	0,363	
	9	-1,023*	0,007	0,000	-1,047	-1,000	
	10	-,742*	0,012	0,000	-0,782	-0,701	
	11	-,455*	0,017	0,000	-0,515	-0,395	
	12	-,089*	0,011	0,000	-0,126	-0,052	
	13	-,130*	0,010	0,000	-0,164	-0,096	
	14	,116*	0,008	0,000	0,089	0,143	
	4	1	-,275*	0,021	0,000	-0,348	-0,203
2		-,075*	0,004	0,000	-0,089	-0,061	
3		0,019	0,006	0,075	-0,001	0,038	
5		-1,000*	0,007	0,000	-1,025	-0,975	
6		,320*	0,002	0,000	0,314	0,326	
7		-1,100*	0,008	0,000	-1,126	-1,074	
8		,324*	0,019	0,000	0,257	0,391	

Quadro 19 - Comparações pelo Método Pairwise: Maceió

(continua)

	9	-1,005*	0,011	0,000	-1,043	-0,966
	10	-,723*	0,014	0,000	-0,770	-0,676
	11	-,436*	0,018	0,000	-0,498	-0,375
	12	-,070*	0,008	0,000	-0,098	-0,042
	13	-,111*	0,010	0,000	-0,146	-0,076
	14	,135*	0,012	0,000	0,093	0,176
5	1	,725*	0,020	0,000	0,655	0,795
	2	,925*	0,010	0,000	0,892	0,958
	3	1,019*	0,007	0,000	0,994	1,044
	4	1,000*	0,007	0,000	0,975	1,025
	6	1,320*	0,007	0,000	1,295	1,345
	7	-,100*	0,002	0,000	-0,108	-0,092
	8	1,324*	0,018	0,000	1,262	1,386
	9	-0,005	0,009	1,000	-0,034	0,025
	10	,277*	0,012	0,000	0,237	0,318
	11	,564*	0,017	0,000	0,506	0,621
	12	,930*	0,006	0,000	0,908	0,952
	13	,889*	0,010	0,000	0,854	0,924
	14	1,135*	0,010	0,000	1,101	1,168
	6	1	-,595*	0,021	0,000	-0,668
2		-,395*	0,003	0,000	-0,406	-0,384
3		-,301*	0,006	0,000	-0,321	-0,282
4		-,320*	0,002	0,000	-0,326	-0,314
5		-1,320*	0,007	0,000	-1,345	-1,295
7		-1,420*	0,007	0,000	-1,445	-1,395
8		0,004	0,020	1,000	-0,064	0,072
9		-1,325*	0,011	0,000	-1,365	-1,285
10		-1,043*	0,014	0,000	-1,091	-0,995
11		-,757*	0,018	0,000	-0,818	-0,695
12		-,390*	0,007	0,000	-0,416	-0,365
13		-,431*	0,009	0,000	-0,464	-0,398
14		-,186*	0,013	0,000	-0,229	-0,142
7		1	,824*	0,020	0,000	0,754
	2	1,025*	0,009	0,000	0,994	1,056
	3	1,119*	0,009	0,000	1,089	1,148
	4	1,100*	0,008	0,000	1,074	1,126
	5	,100*	0,002	0,000	0,092	0,108
	6	1,420*	0,007	0,000	1,395	1,445
	8	1,424*	0,019	0,000	1,357	1,491
	9	,095*	0,011	0,000	0,057	0,133
	10	,377*	0,013	0,000	0,332	0,421
	11	,663*	0,017	0,000	0,604	0,722
	12	1,029*	0,004	0,000	1,014	1,045

Quadro 19 - Comparações pelo Método Pairwise: Maceió

(continua)

	13	,989*	0,010	0,000	0,953	1,025
	14	1,234*	0,012	0,000	1,193	1,276
8	1	-,599*	0,027	0,000	-0,692	-0,506
	2	-,399*	0,022	0,000	-0,475	-0,323
	3	-,305*	0,017	0,000	-0,363	-0,248
	4	-,324*	0,019	0,000	-0,391	-0,257
	5	-1,324*	0,018	0,000	-1,386	-1,262
	6	-0,004	0,020	1,000	-0,072	0,064
	7	-1,424*	0,019	0,000	-1,491	-1,357
	9	-1,329*	0,015	0,000	-1,379	-1,279
	10	-1,047*	0,018	0,000	-1,110	-0,984
	11	-,760*	0,023	0,000	-0,841	-0,680
	12	-,394*	0,022	0,000	-0,470	-0,318
	13	-,435*	0,021	0,000	-0,506	-0,364
	14	-,190*	0,014	0,000	-0,239	-0,140
	9	1	,729*	0,022	0,000	0,653
2		,930*	0,015	0,000	0,879	0,980
3		1,023*	0,007	0,000	1,000	1,047
4		1,005*	0,011	0,000	0,966	1,043
5		0,005	0,009	1,000	-0,025	0,034
6		1,325*	0,011	0,000	1,285	1,365
7		-,095*	0,011	0,000	-0,133	-0,057
8		1,329*	0,015	0,000	1,279	1,379
10		,282*	0,011	0,000	0,244	0,320
11		,568*	0,018	0,000	0,506	0,630
12		,934*	0,014	0,000	0,884	0,984
13		,894*	0,013	0,000	0,849	0,938
14		1,139*	0,002	0,000	1,133	1,145
10		1	,448*	0,011	0,000	0,408
	2	,648*	0,016	0,000	0,593	0,703
	3	,742*	0,012	0,000	0,701	0,782
	4	,723*	0,014	0,000	0,676	0,770
	5	-,277*	0,012	0,000	-0,318	-0,237
	6	1,043*	0,014	0,000	0,995	1,091
	7	-,377*	0,013	0,000	-0,421	-0,332
	8	1,047*	0,018	0,000	0,984	1,110
	9	-,282*	0,011	0,000	-0,320	-0,244
	11	,287*	0,007	0,000	0,262	0,311
	12	,653*	0,015	0,000	0,600	0,706
	13	,612*	0,013	0,000	0,568	0,656
	14	,858*	0,011	0,000	0,818	0,897
	11	1	,161*	0,004	0,000	0,146
2		,362*	0,019	0,000	0,296	0,428

Quadro 19 - Comparações pelo Método Pairwise: Maceió

(continua)

	3	,455*	0,017	0,000	0,395	0,515
	4	,436*	0,018	0,000	0,375	0,498
	5	-,564*	0,017	0,000	-0,621	-0,506
	6	,757*	0,018	0,000	0,695	0,818
	7	-,663*	0,017	0,000	-0,722	-0,604
	8	,760*	0,023	0,000	0,680	0,841
	9	-,568*	0,018	0,000	-0,630	-0,506
	10	-,287*	0,007	0,000	-0,311	-0,262
	12	,366*	0,018	0,000	0,303	0,429
	13	,325*	0,016	0,000	0,269	0,381
	14	,571*	0,018	0,000	0,507	0,634
12	1	-,205*	0,021	0,000	-0,278	-0,132
	2	-0,005	0,008	1,000	-0,031	0,022
	3	,089*	0,011	0,000	0,052	0,126
	4	,070*	0,008	0,000	0,042	0,098
	5	-,930*	0,006	0,000	-0,952	-0,908
	6	,390*	0,007	0,000	0,365	0,416
	7	-1,029*	0,004	0,000	-1,045	-1,014
	8	,394*	0,022	0,000	0,318	0,470
	9	-,934*	0,014	0,000	-0,984	-0,884
	10	-,653*	0,015	0,000	-0,706	-0,600
	11	-,366*	0,018	0,000	-0,429	-0,303
	13	-,041*	0,011	0,021	-0,079	-0,002
	14	,205*	0,016	0,000	0,151	0,259
	13	1	-,164*	0,019	0,000	-0,231
2		0,036	0,011	0,066	-0,001	0,073
3		,130*	0,010	0,000	0,096	0,164
4		,111*	0,010	0,000	0,076	0,146
5		-,889*	0,010	0,000	-0,924	-0,854
6		,431*	0,009	0,000	0,398	0,464
7		-,989*	0,010	0,000	-1,025	-0,953
8		,435*	0,021	0,000	0,364	0,506
9		-,894*	0,013	0,000	-0,938	-0,849
10		-,612*	0,013	0,000	-0,656	-0,568
11		-,325*	0,016	0,000	-0,381	-0,269
12		,041*	0,011	0,021	0,002	0,079
14		,246*	0,014	0,000	0,198	0,293
14		1	-,410*	0,023	0,000	-0,488
	2	-,209*	0,016	0,000	-0,264	-0,155
	3	-,116*	0,008	0,000	-0,143	-0,089
	4	-,135*	0,012	0,000	-0,176	-0,093
	5	-1,135*	0,010	0,000	-1,168	-1,101
	6	,186*	0,013	0,000	0,142	0,229

Quadro 19 - Comparações pelo Método Pairwise: Maceió

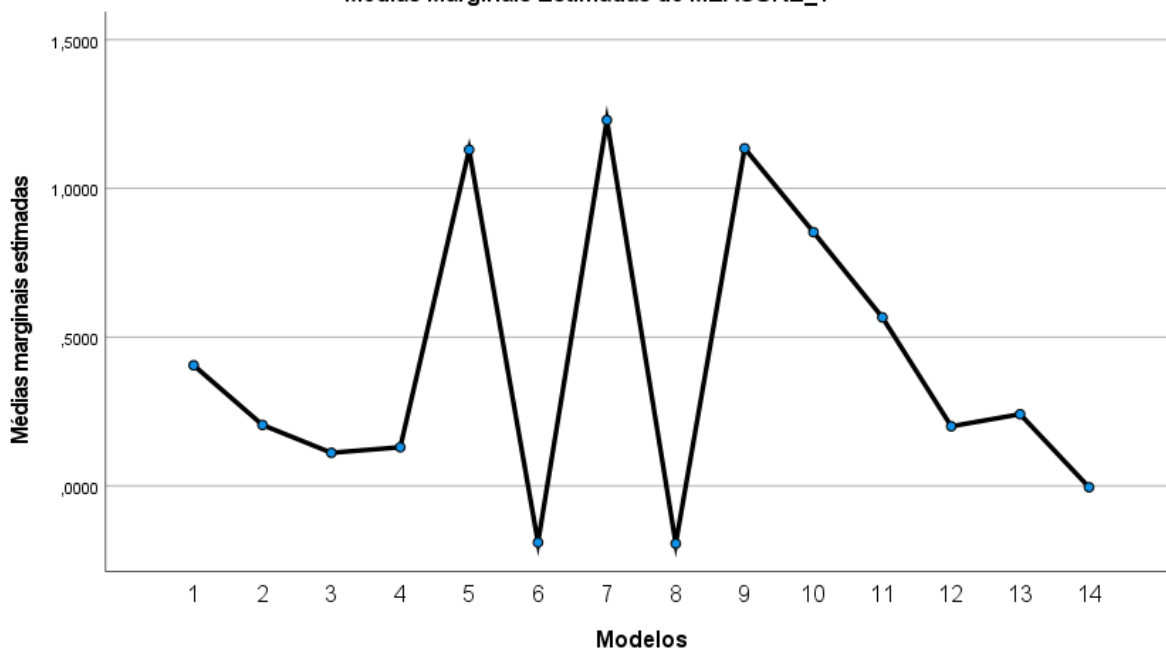
						(conclusão)
7	-1,234*	0,012	0,000	-1,276	-1,193	
8	,190*	0,014	0,000	0,140	0,239	
9	-1,139*	0,002	0,000	-1,145	-1,133	
10	-,858*	0,011	0,000	-0,897	-0,818	
11	-,571*	0,018	0,000	-0,634	-0,507	
12	-,205*	0,016	0,000	-0,259	-0,151	
13	-,246*	0,014	0,000	-0,293	-0,198	
Baseado em médias marginais estimadas						
*. A diferença média é significativa no nível ,05.						
b. Ajustamento para diversas comparações: Bonferroni.						

Fonte: Autoria Própria

Os valores em vermelho no quadro anterior representam os modelos que não diferem entre si, baseados nos valores de p e o gráfico de perfil (Gráfico 3) foi desenvolvido para facilitar a visualização dos modelos semelhantes.

Gráfico 3 - Gráfico de perfil: Maceió

Médias Marginais Estimadas de MEASURE_1

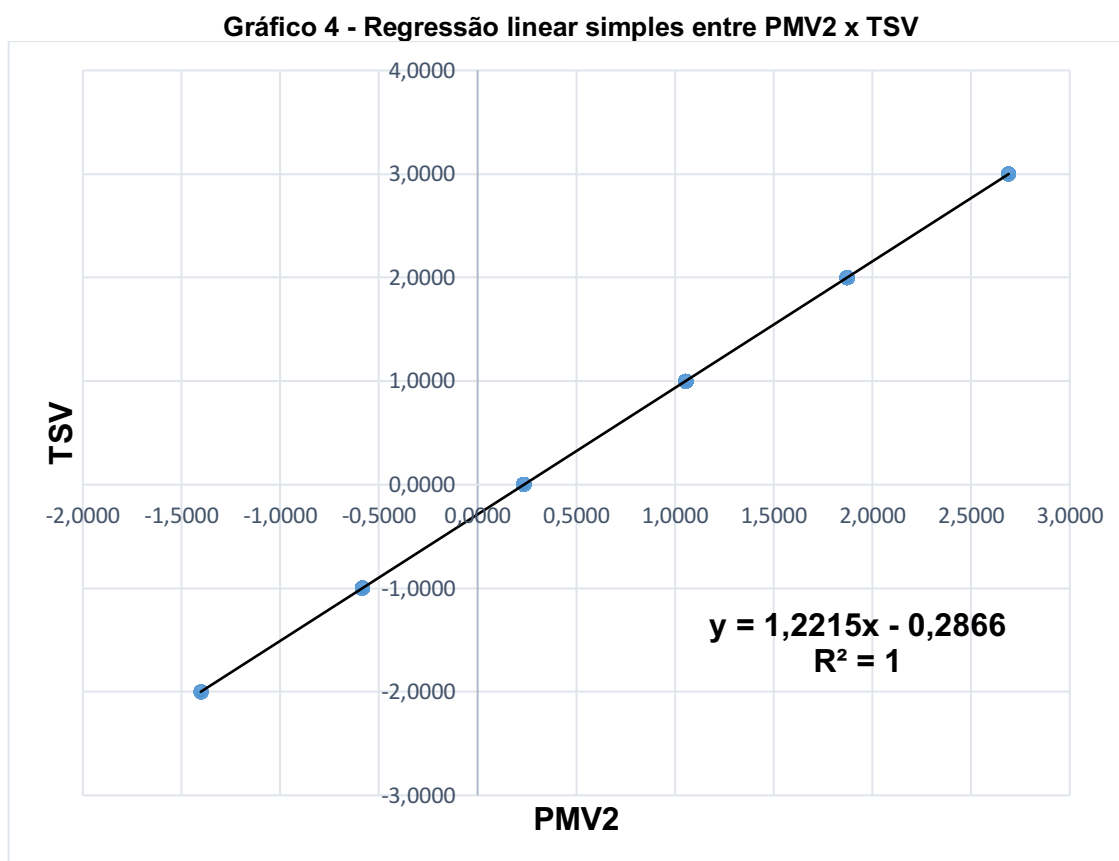


Fonte: Autoria Própria

A ANOVA de uma via com medidas repetidas mostrou que há efeito do fator modelo sobre o TSV (sensação térmica) [$F(2,924; 4763,671) = 2328,039, p < 0,001$]. O post-hoc de Bonferroni não apontou modelos que se assemelharam ao TSV, desta maneira o gráfico de perfil e as médias colaboram para a continuidade da análise.

Pelo gráfico 3, viu-se que o modelo que mais se aproxima do TSV é o modelo de Broday *et al.* (2019), denominado PMV2 (11), que apresentou uma diferença de média com maior proximidade, de apenas 0,161065 em relação aos votos de sensação térmica (TSV).

O gráfico 4 mostra a relação entre o PMV2 e os votos de sensação térmica (TSV), apresentando um coeficiente de determinação de 1:



O coeficiente de determinação entre o PMV2 e o TSV foi de 1, o que mostra uma alta aderência aos dados. Na Classificação de Köppen-Geiger, Maceió está localizada na região de clima temperado (C), sendo um Clima temperado úmido com verão quente (Cfa). O modelo de Broday *et al.* (2019), que melhor se adequou a essa região, foi desenvolvido sob climas temperados (C), mais precisamente nos Climas mediterrâneo fresco (Csb) e Clima temperado úmido com verão moderadamente quente (Cfb). A cidade e o modelo possuem compatibilidade no grupo climático, onde ambos são temperados úmidos, dessa forma influenciam fortemente no resultado do modelo.

4.4.3 Análise de variância: Florianópolis

Na Tabela 6, estão apresentadas as médias e desvios padrões das respostas obtidas pelos modelos e da sensação térmica contida no banco de dados da ASHRAE que foram relatadas pelos 5034 usuários de ambientes internos.

Tabela 6 - Estatística descritiva: Florianópolis

	Média	Desvio Padrão	N
TSV	0,052642	0,8788132	5034
PMV	-0,513429	0,5736773	5034
PMVnew	-0,236122	0,3354278	5034
aPMV	1,019405	0,1819542	5034
PMVoo	0,606536	0,4148277	5034
PMVnsr	-0,779012	0,4704153	5034
PMVbrv	0,604037	0,4986147	5034
Adap PMV	-0,283796	0,6355182	5034
IZA	0,966853	0,1504347	5034
PMV*	0,671237	0,4530282	5034
PMV2	0,277705	0,7194317	5034
PMVp,sv	-0,637185	0,6092811	5034
ePMV	-0,083738	0,1834268	5034
PMVnew2	-0,149013	0,0606465	5034

Fonte: Autoria Própria

No Quadro 20, as correlações obtidas para Florianópolis estão presentes, com a presença de multicolineariedade, para os valores acima de 0,8, dessa forma, os valores presentes nessa faixa são próximos e possuem alta correlação.

Quadro 20 - Correlação: Florianópolis

		Correlações													
		TSV	PMV	PMVnew	aPMV	PMVoo	PMVnsr	PMVbrv	Adap PMV	IZA	PMV*	PMV2	PMVp,sv	ePMV	PMVnew2
Correlação de Pearson	TSV	1,000	0,276	0,281	0,108	0,392	0,276	0,392	0,081	0,339	1,000	1,000	0,393	0,278	0,320
	PMV	0,276	1,000	0,944	-0,006	0,463	1,000	0,463	0,168	0,590	0,276	0,276	0,501	0,598	0,886
	PMVnew	0,281	0,944	1,000	0,049	0,427	0,944	0,427	0,155	0,588	0,281	0,281	0,479	0,573	0,850
	aPMV	0,108	-0,006	0,049	1,000	0,338	-0,006	0,338	0,027	0,543	0,108	0,108	0,331	-0,036	0,031
	PMVoo	0,392	0,463	0,427	0,338	1,000	0,463	1,000	0,088	0,738	0,392	0,392	0,991	0,248	0,636
	PMVnsr	0,276	1,000	0,944	-0,006	0,463	1,000	0,463	0,168	0,590	0,276	0,276	0,501	0,598	0,886
	PMVbrv	0,392	0,463	0,427	0,338	1,000	0,463	1,000	0,088	0,738	0,392	0,392	0,991	0,248	0,636
	Adap PMV	0,081	0,168	0,155	0,027	0,088	0,168	0,088	1,000	0,105	0,081	0,081	0,092	0,098	0,164
	IZA	0,339	0,590	0,588	0,543	0,738	0,590	0,738	0,105	1,000	0,339	0,339	0,771	0,336	0,586
	PMV*	1,000	0,276	0,281	0,108	0,392	0,276	0,392	0,081	0,339	1,000	1,000	0,393	0,278	0,320
	PMV2	1,000	0,276	0,281	0,108	0,392	0,276	0,392	0,081	0,339	1,000	1,000	0,393	0,278	0,320
	PMVp,sv	0,393	0,501	0,479	0,331	0,991	0,501	0,991	0,092	0,771	0,393	0,393	1,000	0,272	0,650
	ePMV	0,278	0,598	0,573	-0,036	0,248	0,598	0,248	0,098	0,336	0,278	0,278	0,272	1,000	0,527
	PMVnew2	0,320	0,886	0,850	0,031	0,636	0,886	0,636	0,164	0,586	0,320	0,320	0,650	0,527	1,000

Fonte: Autoria Própria

A listagem de Florianópolis com os modelos em ordem e nominados de forma numeral estão no Quadro 21.

Quadro 21 - Ordem dos modelos: Florianópolis

Modelos	Variável dependente
1	TSV
2	PMV
3	PMVnew
4	aPMV
5	PMVoo
6	PMVnsr
7	PMVbrv
8	AdapPMV
9	IZA
10	PMV*
11	PMV2
12	PMVp,sv
13	ePMV
14	PMVnew2

Fonte: Autoria Própria

Em seguida, o teste de esfericidade de Mauchly (Quadro 22) é realizado. O valor de p é analisado com base em duas hipóteses, sendo:

- H_0 : existe esfericidade;
- H_1 : não existe esfericidade.

Quadro 22 - Teste de esfericidade de Mauchly: Florianópolis

Teste de esfericidade de Mauchly ^a							
Medida:							
Efeito dentre-sujeitos	W de Mauchly	Aprox. Qui-quadrado	df	p.	Epsilon ^b		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferior
Modelos	0,000		90	0,000	0,248	0,248	0,077
Testa a hipótese nula para a qual a matriz de covariâncias de erro das variáveis transformadas ortonormalizadas é proporcional em relação a uma matriz identidade.							
a. Design: Intercepto Design Dentre-Sujeitos: Modelos							
b. Pode ser usado para ajustar os graus de liberdade dos testes de significância dentro da média. Os testes corrigidos são exibidos na tabela Testes de efeitos dentre-sujeitos.							

Fonte: Autoria Própria

Com $p < 0,05$, não existe esfericidade (H_1). O teste de efeitos entre sujeitos (Quadro 23) é realizado utilizando Greenhouse-Geiser devido a inexistência de esfericidade.

Quadro 23 - Teste de efeitos entre sujeitos: Florianópolis

(continua)

Testes de efeitos entre sujeitos					
Medida:					
Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F	p.

Quadro 23 – Testes de efeitos entre sujeitos: Florianópolis

						(conclusão)
Modelos	Esfericidade considerada	22728,428	13	1748,341	10428,313	0,000
	Greenhouse-Geisser	22728,428	3,221	7056,965	10428,313	0,000
	Huynh-Feldt	22728,428	3,223	7051,918	10428,313	0,000
	Limite inferior	22728,428	1,000	22728,428	10428,313	0,000
Erro (Modelos)	Esfericidade considerada	10969,385	65429	0,168		
	Greenhouse-Geisser	10969,385	16209,825	0,677		
	Huynh-Feldt	10969,385	16221,426	0,676		
	Limite inferior	10969,385	5033,000	2,179		

Fonte: Autoria Própria

Nas análises são consideradas as hipóteses nula e alternativa, sendo:

- H_0 : modelo 1 = modelo 2 = modelo 3 = modelo 4 = modelo 5 = modelo 6 = modelo 7 = modelo 8 = modelo 9 = modelo 10 = modelo 11 = modelo 12 = modelo 13 = modelo 14;
- H_1 : há pelo menos uma diferença entre as médias.

Verifica-se que o valor de $p < 0,05$, portanto, H_1 é aceita. No teste de Post-Hoc ou Pairwise (Quadro 24) verifica-se qual dos modelos diferem entre si, através do teste de Bonferroni para verificar as diferenças de médias. O valor de p deve estar entre duas condições:

- $p < 0,05$: existe uma diferença entre os modelos;
- $p > 0,05$: não existe uma diferença entre os modelos.

Quadro 24 - Comparação pelo Método de Pairwise: Florianópolis

(continua)

Comparações pelo Método Pairwise						
Medida:						
(I) Modelos		Diferença média (I-J)	Estatística do teste Padrão	p^b	95% Intervalo de Confiança para Diferença ^b	
					Limite inferior	Limite superior
1	2	,566*	0,013	0,000	0,522	0,610
	3	,289*	0,012	0,000	0,247	0,330
	4	-,967*	0,012	0,000	-1,010	-0,924
	5	-,554*	0,011	0,000	-0,593	-0,514
	6	,832*	0,012	0,000	0,789	0,874
	7	-,551*	0,012	0,000	-0,591	-0,511
	8	,336*	0,015	0,000	0,286	0,387
	9	-,914*	0,012	0,000	-0,955	-0,873
	10	-,619*	0,006	0,000	-0,639	-0,598
	11	-,225*	0,002	0,000	-0,233	-0,217

Quadro 24 - Comparação pelo Método de Pairwise: Florianópolis

(continua)

	12	,690*	0,012	0,000	0,648	0,731
	13	,136*	0,012	0,000	0,095	0,178
	14	,202*	0,012	0,000	0,160	0,244
2	1	-,566*	0,013	0,000	-0,610	-0,522
	3	-,277*	0,004	0,000	-0,291	-0,264
	4	-1,533*	0,008	0,000	-1,562	-1,503
	5	-1,120*	0,007	0,000	-1,146	-1,094
	6	,266*	0,001	0,000	0,261	0,271
	7	-1,117*	0,008	0,000	-1,145	-1,090
	8	-,230*	0,011	0,000	-0,268	-0,192
	9	-1,480*	0,007	0,000	-1,505	-1,456
	10	-1,185*	0,009	0,000	-1,215	-1,154
	11	-,791*	0,011	0,000	-0,829	-0,753
	12	,124*	0,008	0,000	0,095	0,153
	13	-,430*	0,007	0,000	-0,453	-0,406
	14	-,364*	0,007	0,000	-0,390	-0,339
	3	1	-,289*	0,012	0,000	-0,330
2		,277*	0,004	0,000	0,264	0,291
4		-1,256*	0,005	0,000	-1,274	-1,237
5		-,843*	0,006	0,000	-0,862	-0,823
6		,543*	0,003	0,000	0,534	0,552
7		-,840*	0,007	0,000	-0,863	-0,817
8		,048*	0,009	0,000	0,015	0,080
9		-1,203*	0,004	0,000	-1,216	-1,190
10		-,907*	0,007	0,000	-0,931	-0,884
11		-,514*	0,010	0,000	-0,548	-0,480
12		,401*	0,008	0,000	0,375	0,427
13		-,152*	0,004	0,000	-0,166	-0,139
14		-,087*	0,004	0,000	-0,101	-0,073
4		1	,967*	0,012	0,000	0,924
	2	1,533*	0,008	0,000	1,503	1,562
	3	1,256*	0,005	0,000	1,237	1,274
	5	,413*	0,006	0,000	0,394	0,432
	6	1,798*	0,007	0,000	1,774	1,823
	7	,415*	0,007	0,000	0,392	0,438
	8	1,303*	0,009	0,000	1,271	1,335
	9	,053*	0,002	0,000	0,045	0,060
	10	,348*	0,007	0,000	0,325	0,371
	11	,742*	0,010	0,000	0,706	0,777
	12	1,657*	0,008	0,000	1,629	1,685
	13	1,103*	0,004	0,000	1,090	1,116
	14	1,168*	0,003	0,000	1,159	1,178
	5	1	,554*	0,011	0,000	0,514

Quadro 24 - Comparação pelo Método de Pairwise: Florianópolis

(continua)

	2	1,120*	0,007	0,000	1,094	1,146	
	3	,843*	0,006	0,000	0,823	0,862	
	4	-,413*	0,006	0,000	-0,432	-0,394	
	6	1,386*	0,006	0,000	1,363	1,408	
	7	0,002	0,001	1,000	-0,002	0,007	
	8	,890*	0,010	0,000	0,855	0,926	
	9	-,360*	0,005	0,000	-0,376	-0,345	
	10	-,065*	0,007	0,000	-0,088	-0,041	
	11	,329*	0,010	0,000	0,296	0,362	
	12	1,244*	0,003	0,000	1,234	1,254	
	13	,690*	0,006	0,000	0,670	0,710	
	14	,756*	0,005	0,000	0,737	0,774	
	6	1	-,832*	0,012	0,000	-0,874	-0,789
		2	-,266*	0,001	0,000	-0,271	-0,261
3		-,543*	0,003	0,000	-0,552	-0,534	
4		-1,798*	0,007	0,000	-1,823	-1,774	
5		-1,386*	0,006	0,000	-1,408	-1,363	
7		-1,383*	0,007	0,000	-1,408	-1,359	
8		-,495*	0,010	0,000	-0,531	-0,460	
9		-1,746*	0,006	0,000	-1,765	-1,726	
10		-1,450*	0,008	0,000	-1,477	-1,423	
11		-1,057*	0,010	0,000	-1,093	-1,020	
12		-,142*	0,008	0,000	-0,169	-0,115	
13		-,695*	0,005	0,000	-0,714	-0,676	
14		-,630*	0,006	0,000	-0,650	-0,610	
7		1	,551*	0,012	0,000	0,511	0,591
	2	1,117*	0,008	0,000	1,090	1,145	
	3	,840*	0,007	0,000	0,817	0,863	
	4	-,415*	0,007	0,000	-0,438	-0,392	
	5	-0,002	0,001	1,000	-0,007	0,002	
	6	1,383*	0,007	0,000	1,359	1,408	
	8	,888*	0,011	0,000	0,850	0,925	
	9	-,363*	0,006	0,000	-0,382	-0,343	
	10	-,067*	0,007	0,000	-0,093	-0,042	
	11	,326*	0,010	0,000	0,292	0,360	
	12	1,241*	0,002	0,000	1,235	1,248	
	13	,688*	0,007	0,000	0,664	0,711	
	14	,753*	0,007	0,000	0,731	0,776	
	8	1	-,336*	0,015	0,000	-0,387	-0,286
2		,230*	0,011	0,000	0,192	0,268	
3		-,048*	0,009	0,000	-0,080	-0,015	
4		-1,303*	0,009	0,000	-1,335	-1,271	
5		-,890*	0,010	0,000	-0,926	-0,855	

Quadro 24 - Comparação pelo Método de Pairwise: Florianópolis

(continua)

	6	,495*	0,010	0,000	0,460	0,531
	7	-,888*	0,011	0,000	-0,925	-0,850
	9	-1,251*	0,009	0,000	-1,282	-1,220
	10	-,955*	0,011	0,000	-0,992	-0,918
	11	-,562*	0,013	0,000	-0,606	-0,517
	12	,353*	0,012	0,000	0,312	0,394
	13	-,200*	0,009	0,000	-0,231	-0,169
	14	-,135*	0,009	0,000	-0,165	-0,104
9	1	,914*	0,012	0,000	0,873	0,955
	2	1,480*	0,007	0,000	1,456	1,505
	3	1,203*	0,004	0,000	1,190	1,216
	4	-,053*	0,002	0,000	-0,060	-0,045
	5	,360*	0,005	0,000	0,345	0,376
	6	1,746*	0,006	0,000	1,726	1,765
	7	,363*	0,006	0,000	0,343	0,382
	8	1,251*	0,009	0,000	1,220	1,282
	10	,296*	0,006	0,000	0,275	0,316
	11	,689*	0,010	0,000	0,656	0,722
	12	1,604*	0,007	0,000	1,580	1,629
	13	1,051*	0,003	0,000	1,041	1,060
	14	1,116*	0,002	0,000	1,110	1,122
	10	1	,619*	0,006	0,000	0,598
2		1,185*	0,009	0,000	1,154	1,215
3		,907*	0,007	0,000	0,884	0,931
4		-,348*	0,007	0,000	-0,371	-0,325
5		,065*	0,007	0,000	0,041	0,088
6		1,450*	0,008	0,000	1,423	1,477
7		,067*	0,007	0,000	0,042	0,093
8		,955*	0,011	0,000	0,918	0,992
9		-,296*	0,006	0,000	-0,316	-0,275
11		,394*	0,004	0,000	0,381	0,407
12		1,308*	0,008	0,000	1,279	1,338
13		,755*	0,006	0,000	0,734	0,776
14		,820*	0,006	0,000	0,799	0,842
11		1	,225*	0,002	0,000	0,217
	2	,791*	0,011	0,000	0,753	0,829
	3	,514*	0,010	0,000	0,480	0,548
	4	-,742*	0,010	0,000	-0,777	-0,706
	5	-,329*	0,010	0,000	-0,362	-0,296
	6	1,057*	0,010	0,000	1,020	1,093
	7	-,326*	0,010	0,000	-0,360	-0,292
	8	,562*	0,013	0,000	0,517	0,606
	9	-,689*	0,010	0,000	-0,722	-0,656

Quadro 24 - Comparação pelo Método de Pairwise: Florianópolis

(continua)

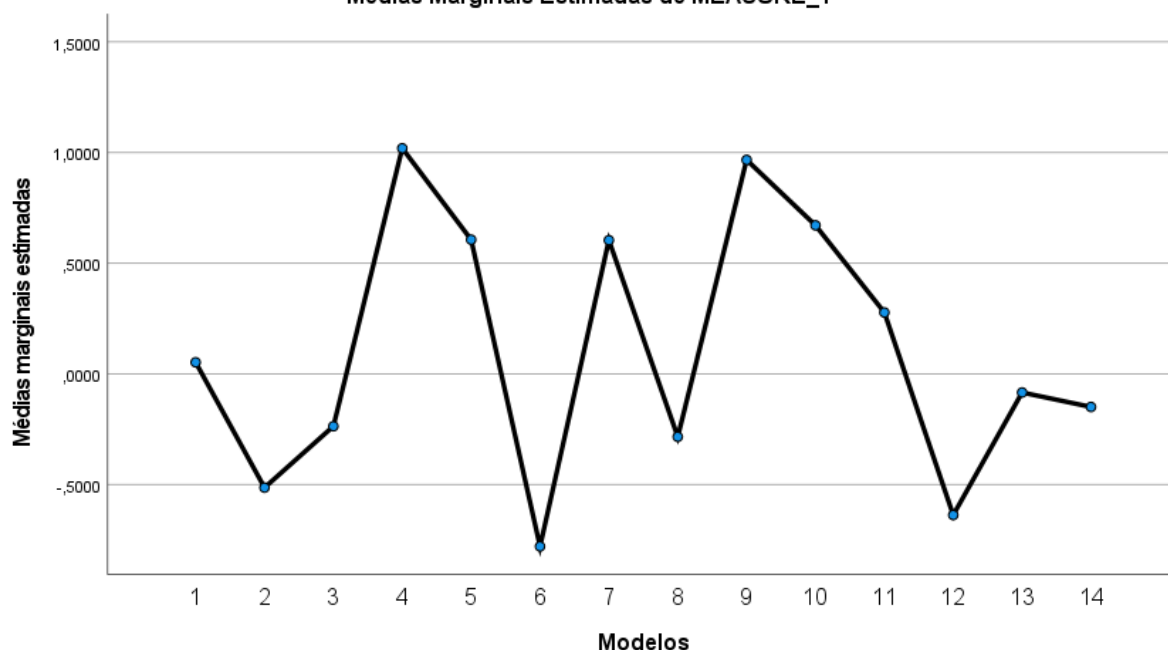
	10	-,394*	0,004	0,000	-0,407	-0,381
	12	,915*	0,010	0,000	0,879	0,951
	13	,361*	0,010	0,000	0,328	0,395
	14	,427*	0,010	0,000	0,392	0,461
12	1	-,690*	0,012	0,000	-0,731	-0,648
	2	-,124*	0,008	0,000	-0,153	-0,095
	3	-,401*	0,008	0,000	-0,427	-0,375
	4	-1,657*	0,008	0,000	-1,685	-1,629
	5	-1,244*	0,003	0,000	-1,254	-1,234
	6	,142*	0,008	0,000	0,115	0,169
	7	-1,241*	0,002	0,000	-1,248	-1,235
	8	-,353*	0,012	0,000	-0,394	-0,312
	9	-1,604*	0,007	0,000	-1,629	-1,580
	10	-1,308*	0,008	0,000	-1,338	-1,279
	11	-,915*	0,010	0,000	-0,951	-0,879
	13	-,553*	0,008	0,000	-0,582	-0,525
14	-,488*	0,008	0,000	-0,516	-0,460	
13	1	-,136*	0,012	0,000	-0,178	-0,095
	2	,430*	0,007	0,000	0,406	0,453
	3	,152*	0,004	0,000	0,139	0,166
	4	-1,103*	0,004	0,000	-1,116	-1,090
	5	-,690*	0,006	0,000	-0,710	-0,670
	6	,695*	0,005	0,000	0,676	0,714
	7	-,688*	0,007	0,000	-0,711	-0,664
	8	,200*	0,009	0,000	0,169	0,231
	9	-1,051*	0,003	0,000	-1,060	-1,041
	10	-,755*	0,006	0,000	-0,776	-0,734
	11	-,361*	0,010	0,000	-0,395	-0,328
	12	,553*	0,008	0,000	0,525	0,582
14	,065*	0,002	0,000	0,057	0,073	
14	1	-,202*	0,012	0,000	-0,244	-0,160
	2	,364*	0,007	0,000	0,339	0,390
	3	,087*	0,004	0,000	0,073	0,101
	4	-1,168*	0,003	0,000	-1,178	-1,159
	5	-,756*	0,005	0,000	-0,774	-0,737
	6	,630*	0,006	0,000	0,610	0,650
	7	-,753*	0,007	0,000	-0,776	-0,731
	8	,135*	0,009	0,000	0,104	0,165
	9	-1,116*	0,002	0,000	-1,122	-1,110
	10	-,820*	0,006	0,000	-0,842	-0,799
	11	-,427*	0,010	0,000	-0,461	-0,392
	12	,488*	0,008	0,000	0,460	0,516
13	-,065*	0,002	0,000	-0,073	-0,057	

Quadro 24 - Comparação pelo Método de Pairwise: Florianópolis**(conclusão)**

Baseado em médias marginais estimadas
*. A diferença média é significativa no nível ,05.
b. Ajustamento para diversas comparações: Bonferroni.

Fonte: Autoria Própria

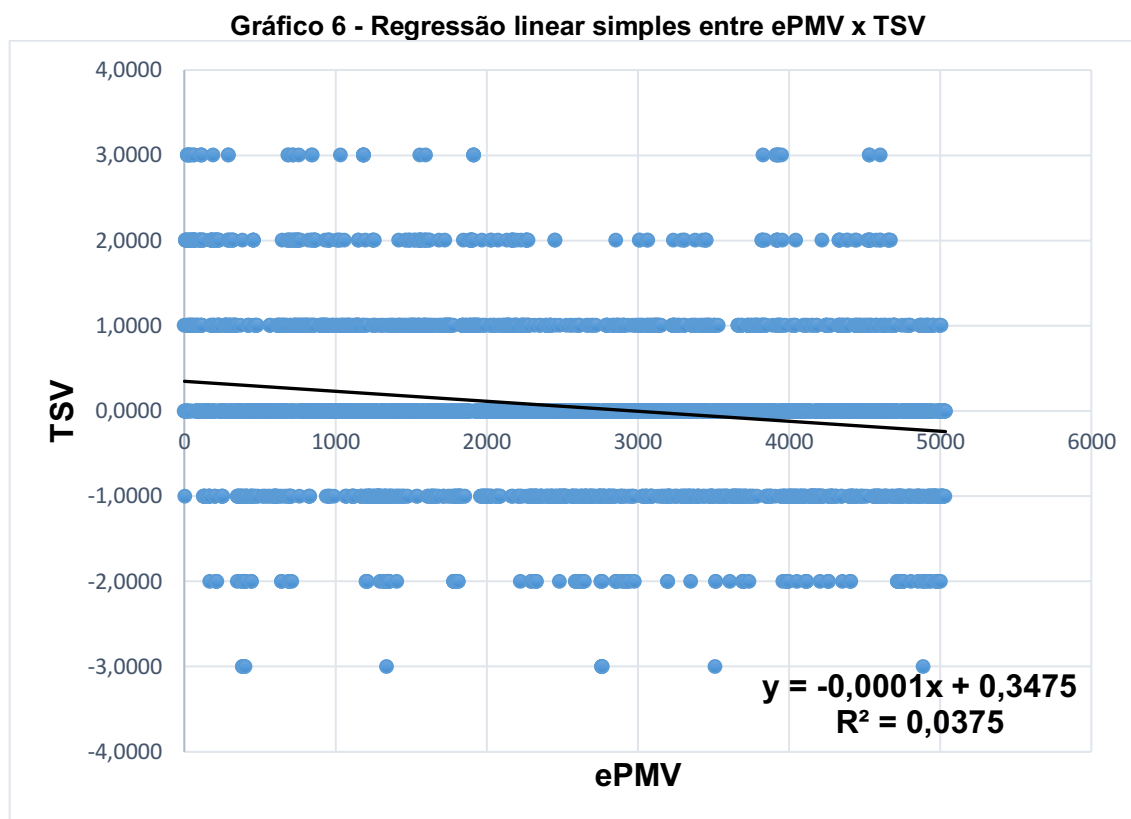
Os valores em vermelho no quadro anterior mostram quais modelos não diferem entre si, baseando-se nos valores de p. O gráfico de perfil (Gráfico 5) ajudará a visualizar os modelos semelhantes.

Gráfico 5 - Gráfico de perfil: Florianópolis**Médias Marginais Estimadas de MEASURE_1****Fonte: Autoria Própria**

A ANOVA de uma via com medidas repetidas mostrou que há efeito do fator modelo sobre o TSV (sensação térmica) [$F(3,221; 16209,825) = 10428,313, p < 0,001$]. O post-hoc de Bonferroni mostrou que os modelos que mais se assemelham são 5 e 7 possuem, portanto, não existindo diferenças entre si. O post-hoc de Bonferroni não apontou modelos que se assemelharam ao TSV, desta maneira o gráfico de perfil e as médias colaboram para a continuidade da análise.

Pelo gráfico de perfil, viu-se que o modelo que mais se aproxima do TSV é o modelo de Zhang e Lin (2020), denominado ePMV (13), que apresentou uma diferença de média com maior proximidade, de apenas 0,031096 em relação aos votos de sensação térmica (TSV). O gráfico 6 mostra a relação entre o ePMV e os

votos de sensação térmica (TSV), apresentando um coeficiente de determinação de 0,0375:



O coeficiente de determinação entre o ePMV e o TSV foi de 0,0375, o que mostra uma baixa aderência aos dados, porém ainda sendo o modelo que melhor se ajustou aos dados dessa região. Na Classificação de Köppen-Geiger, Florianópolis está localizada em regiões de climas tropicais (A), sendo um Clima tropical com estação seca de verão (As). O modelo de Zhang e Lin (2020) que melhor se adequou a essa região, foi desenvolvido sob climas temperados (C), mais precisamente no Clima temperado úmido com verão quente (Cfa). Mesmo com a incompatibilidade climática, o modelo se comportou muito bem aos dados, pois os autores validaram em edifícios com ar-condicionado e ventilação natural, como é o caso das salas de aula/modo misto, escritório/modo misto e escritório/ar-condicionado de Maceió.

4.5 Análise discriminante

A sensação térmica (TSV) (variável dependente) relatada pelos indivíduos no Banco de dados da ASHRAE foi considerada nas análises, seus respectivos valores

podem ser classificados em até sete grupos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) de acordo com a escala de sensação térmica da ISO 7730 (2005) (Tabela 7).

Tabela 7 - Classificação da sensação térmica em grupos

TSV	Escala de sensação térmica	Valores correspondentes aos grupos
Neutro	0	1
Levemente aquecido	+1	2
Levemente refrescado	-1	3
Aquecido	+2	4
Refrescado	-2	5
Quente	+3	6
Frio	-3	7

Fonte: Autoria Própria

As variáveis independentes correspondem aos modelos de Conforto Térmico aplicados nessa pesquisa. Para Brasília e Recife foram 12 variáveis (PMV, aPMV, PMV_{oo}, PMV_{nsr}, PMV_{brv}, Adap PMV, IZA, PMV*, PMV₂, PMV_{p,sv}, ePMV, PMV_{new2}) e para Maceió e Florianópolis foram 13 variáveis (PMV, PMV_{new}, aPMV, PMV_{oo}, PMV_{nsr}, PMV_{brv}, Adap PMV, IZA, PMV*, PMV₂, PMV_{p,sv}, ePMV, PMV_{new2}). Essas variáveis formaram uma função discriminante capaz de distribuir os indivíduos em grupos. O total de observações (indivíduos) em cada análise discriminante é de 51 para Brasília e Recife, 1630 para Maceió e 5034 para Florianópolis.

4.5.1 Análise discriminante: Brasília e Recife

Os valores de TSV para Brasília e Recife foram classificados em 4 grupos (1 – neutro, 2 – levemente aquecido, 3 – levemente refrescado, 4 – aquecido). Na Tabela 8 as estatísticas descritivas das variáveis para cada grupo estão presentes, através das médias e desvios padrões. Para o grupo 1 foram 29 observações (indivíduos), no grupo 2 foram 13 observações, no grupo 3 foram 4 observações e no grupo 4 foram 5 observações, totalizando 51 indivíduos.

Tabela 8 - Estatísticas Descritivas das Variáveis de cada grupo: Brasília e Recife

(continua)

TSV	Média	Desvio padrão	N válido		
			Observado	Ponderado	
1	PMV	-0,140690	0,3208463	29	29,000
	aPMV	-0,134830	0,2972102	29	29,000
	PMV _{oo}	0,501636	0,1669863	29	29,000
	PMV _{nsr}	-0,473366	0,2630940	29	29,000
	PMV _{brv}	0,474349	0,2007142	29	29,000
	Adap PMV	-0,315494	0,4267519	29	29,000

Tabela 8 - Estatísticas Descritivas das Variáveis de cada grupo: Brasília e Recife

(continua)

	IZA	0,938441	0,0799977	29	29,000
	PMV*	0,825414	0,1586610	29	29,000
	PMV2	0,522545	0,2519617	29	29,000
	PMVp,sv	-0,253827	0,4487358	29	29,000
	ePMV	0,311324	0,3441924	29	29,000
	PMVnew2	-1,784845	1,1026445	29	29,000
	PMV	0,168462	0,3245984	13	13,000
	aPMV	0,139523	0,2718739	13	13,000
	PMVoo	0,682204	0,4194814	13	13,000
	PMVnsr	-0,219862	0,2661707	13	13,000
	PMVbrv	0,691388	0,5042083	13	13,000
2	Adap PMV	-0,143462	0,2820328	13	13,000
	IZA	1,037270	0,1972518	13	13,000
	PMV*	1,353904	0,1618619	13	13,000
	PMV2	1,361814	0,2570448	13	13,000
	PMVp,sv	-0,182029	0,5357691	13	13,000
	ePMV	0,542916	0,7194354	13	13,000
	PMVnew2	-1,340778	0,8924639	13	13,000
	PMV	-0,777500	0,0478714	4	4,000
	aPMV	-0,708467	0,0397938	4	4,000
	PMVoo	-0,162700	0,0344981	4	4,000
	PMVnsr	-0,995550	0,0392545	4	4,000
	PMVbrv	-0,324170	0,0414660	4	4,000
3	Adap PMV	-0,372011	0,0110333	4	4,000
	IZA	0,749296	0,0063012	4	4,000
	PMV*	0,051275	0,0515500	4	4,000
	PMV2	-0,706826	0,0818640	4	4,000
	PMVp,sv	-1,303520	0,0964669	4	4,000
	ePMV	-1,146715	0,1818039	4	4,000
	PMVnew2	-0,597787	0,0181775	4	4,000
	PMV	0,756000	0,3119776	5	5,000
	aPMV	0,605518	0,2238893	5	5,000
4	PMVoo	1,258370	0,1396578	5	5,000
	PMVnsr	0,261920	0,2558216	5	5,000
	PMVbrv	1,383928	0,1678660	5	5,000
	Adap PMV	-0,281248	0,1384378	5	5,000
	IZA	1,104594	0,0336081	5	5,000
	PMV*	1,757580	0,0862596	5	5,000
	PMV2	2,002872	0,1369847	5	5,000
	PMVp,sv	0,692386	0,1779856	5	5,000
	ePMV	1,915086	0,7936477	5	5,000
	PMVnew2	-1,064935	0,2373025	5	5,000
Total	PMV	-0,023922	0,4633015	51	51,000
	aPMV	-0,037305	0,4028855	51	51,000

Tabela 8 - Estatísticas Descritivas das Variáveis de cada grupo: Brasília e Recife

					(conclusão)
PMVoo	0,569748	0,3947097	51	51,000	51,000
PMVnsr	-0,377616	0,3799073	51	51,000	51,000
PMVbrv	0,556218	0,4744333	51	51,000	51,000
Adap PMV	-0,272718	0,3589115	51	51,000	51,000
IZA	0,965087	0,1430124	51	51,000	51,000
PMV*	0,990799	0,4479904	51	51,000	51,000
PMV2	0,785186	0,7114313	51	51,000	51,000
PMVp,sv	-0,225089	0,6024335	51	51,000	51,000
ePMV	0,413233	0,8207095	51	51,000	51,000
PMVnew2	-1,507969	1,0070640	51	51,000	51,000

Fonte: Autoria Própria

Segundo Carmelino e Hanazato (2019), a análise discriminante contribui para a organização das variáveis dentro de funções discriminantes e assim avaliar como elas explicam os modelos de acordo os pesos estatísticos oriundos do teste de Lambda de Wilks. O teste de Lambda de Wilks (Tabela 9) é realizado para testar as hipóteses de que as médias dos grupos são iguais ou se há pelo menos uma das médias diferentes. Dessa maneira, as hipóteses testadas são:

- H_0 : médias dos grupos são iguais;
- H_1 : média dos grupos são diferentes.

Os resultados dos testes da tabela 9 constam alguns valores em vermelho que representam as variáveis que aceitaram a hipótese nula (H_0) de que existem médias dos grupos iguais, sendo **Adap PMV** e **PMVnew2**, isso se deve ao valor de $p > 0,05$, que é o nível de significância. Dessa maneira, essas duas variáveis não passaram no pressuposto da igualdade das matrizes de variância e covariância, não sendo significantes para a diferenciação entre os grupos. As demais variáveis que apresentaram valores de p mais próximos de zero ou iguais a zero, indicam que possuem um maior poder de discriminação entre os grupos, sendo o valor de p o valor responsável pelas diferenças entre as médias.

Tabela 9 - Teste de Igualdade de Médias: Brasília e Recife

	Lambda de Wilks	F	df1	df2	p.
PMV	0,423	21,345	3	47	0,000
aPMV	0,439	19,993	3	47	0,000
PMVoo	0,382	25,370	3	47	0,000
PMVnsr	0,423	21,345	3	47	0,000
PMVbrv	0,382	25,370	3	47	0,000

Tabela 9 – Teste de Igualdade de Médias: Brasília e Recife

					(conclusão)
Adap PMV	0,952	0,792	3	47	0,504
IZA	0,636	8,954	3	47	0,000
PMV*	0,105	133,070	3	47	0,000
PMV2	0,105	133,070	3	47	0,000
PMVp,sv	0,509	15,110	3	47	0,000
ePMV	0,361	27,771	3	47	0,000
PMVnew2	0,864	2,460	3	47	0,074

Fonte: Autoria Própria

Como pode ser visto na Tabela 10, a Matriz de Covariância e Correlação consta alguns valores em vermelho que representam o maior nível de correlação positiva que aconteceu entre as variáveis **PMV** e **aPMV** (0,996), **aPMV** e **PMVnsr** (0,996) e **PMV*** e **PMV2** (1,000). O valor em verde representa a menor correlação positiva entre as variáveis **Adap PMV** e **PMVnew2** (0,028). Ao longo das análises foi possível verificar quais são as variáveis que melhor discriminam para os grupos.

Tabela 10 - Matriz de Covariância e Correlação: Brasília e Recife

(continua)

		PMV	aPMV	PMVoo	PMVnsr	PMVbrv	Adap PMV	IZA	PMV*	PMV2	PMVp,sv	ePMV	PMVnew2	
Covariância	PMV	0,097	0,085	0,054	0,079	0,065	-0,024	0,017	0,028	0,044	0,119	0,109	-0,150	
	aPMV	0,085	0,076	0,048	0,070	0,058	-0,023	0,015	0,025	0,039	0,108	0,091	-0,142	
	PMVoo	0,054	0,048	0,063	0,045	0,076	-0,014	0,023	0,027	0,042	0,090	0,076	-0,072	
	PMVnsr	0,079	0,070	0,045	0,065	0,054	-0,020	0,014	0,023	0,036	0,098	0,090	-0,123	
	PMVbrv	0,065	0,058	0,076	0,054	0,091	-0,017	0,027	0,032	0,051	0,108	0,091	-0,086	
	Adap PMV	-0,024	-0,023	-0,014	-0,020	-0,017	0,130	-0,002	-0,014	-0,022	-0,022	-0,030	-0,034	0,010
	IZA	0,017	0,015	0,023	0,014	0,027	-0,002	0,014	0,008	0,013	0,026	0,023	-0,030	
	PMV*	0,028	0,025	0,027	0,023	0,032	-0,014	0,008	0,022	0,036	0,043	0,039	-0,010	
	PMV2	0,044	0,039	0,042	0,036	0,051	-0,022	0,013	0,036	0,057	0,068	0,062	-0,016	
	PMVp,sv	0,119	0,108	0,090	0,098	0,108	-0,030	0,026	0,043	0,068	0,197	0,112	-0,286	
	ePMV	0,109	0,091	0,076	0,090	0,091	-0,034	0,023	0,039	0,062	0,112	0,258	0,023	
	PMVnew2	-0,150	-0,142	-0,072	-0,123	-0,086	0,010	-0,030	-0,010	-0,016	-0,286	0,023	0,932	
	Correlação	PMV	1,000	0,996	0,695	1,000	0,695	-0,214	0,476	0,599	0,599	0,865	0,692	-0,499
aPMV		0,996	1,000	0,693	0,996	0,693	-0,232	0,465	0,600	0,600	0,881	0,648	-0,534	
PMVoo		0,695	0,693	1,000	0,695	1,000	-0,152	0,764	0,708	0,708	0,809	0,593	-0,296	
PMVnsr		1,000	0,996	0,695	1,000	0,695	-0,214	0,476	0,599	0,599	0,865	0,692	-0,499	
PMVbrv		0,695	0,693	1,000	0,695	1,000	-0,152	0,764	0,708	0,708	0,809	0,593	-0,296	
Adap PMV		-0,214	-0,232	-0,152	-0,214	-0,152	1,000	-0,054	-0,252	-0,252	-0,188	-0,186	0,028	
IZA		0,476	0,465	0,764	0,476	0,764	-0,054	1,000	0,464	0,464	0,494	0,390	-0,261	
PMV*		0,599	0,600	0,708	0,599	0,708	-0,252	0,464	1,000	1,000	0,647	0,509	-0,070	
PMV2		0,599	0,600	0,708	0,599	0,708	-0,252	0,464	1,000	1,000	0,647	0,509	-0,070	
PMVp,sv		0,865	0,881	0,809	0,865	0,809	-0,188	0,494	0,647	0,647	1,000	0,496	-0,667	
ePMV		0,692	0,648	0,593	0,692	0,593	-0,186	0,390	0,509	0,509	0,496	1,000	0,047	
PMVnew2		-0,499	-0,534	-0,296	-0,499	-0,296	0,028	-0,261	-0,070	-0,070	-0,667	0,047	1,000	

Tabela 10 - Matriz de Covariância e Correlação: Brasília e Recife**(conclusão)**

a. A matriz de covariâncias possui 47 graus de liberdade.

Fonte: Autoria Própria

A Tabela 11 corresponde as Matrizes de covariância existentes para cada grupo. Através dela é possível observar a homogeneidade de covariância, que consiste em um dos pressupostos para se aplicar a análise discriminante. Na sequência, o teste M de Box é realizado para fins de confirmação deste pressuposto de homogeneidade.

Tabela 11 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Brasília e Recife**(continua)**

	TSV	PMV	aPMV	PMVoo	PMVnsr	PMVbrv	Adap PMV	IZA	PMV*	PMV2	PMVp,sv	ePMV	PMVnew2	
1	PMV	0,103	0,095	0,040	0,084	0,048	-0,033	0,009	0,030	0,047	0,135	0,049	-0,231	
	aPMV	0,095	0,088	0,037	0,078	0,044	-0,032	0,008	0,027	0,044	0,125	0,045	-0,216	
	PMVoo	0,040	0,037	0,028	0,033	0,034	-0,006	0,010	0,018	0,029	0,057	0,017	-0,077	
	PMVnsr	0,084	0,078	0,033	0,069	0,040	-0,027	0,007	0,024	0,039	0,111	0,040	-0,190	
	PMVbrv	0,048	0,044	0,034	0,040	0,040	-0,007	0,012	0,022	0,035	0,068	0,020	-0,092	
	Adap PMV	-0,033	-0,032	-0,006	-0,027	-0,007	0,182	0,001	-0,019	-0,030	-0,036	-0,043	0,038	
	IZA	0,009	0,008	0,010	0,007	0,012	0,001	0,006	0,004	0,007	0,013	-0,004	-0,023	
	PMV*	0,030	0,027	0,018	0,024	0,022	-0,019	0,004	0,025	0,040	0,039	0,039	0,027	-0,006
	PMV2	0,047	0,044	0,029	0,039	0,035	-0,030	0,007	0,040	0,063	0,063	0,063	0,043	-0,009
	PMVp,sv	0,135	0,125	0,057	0,111	0,068	-0,036	0,013	0,039	0,063	0,201	0,047	-0,393	
	ePMV	0,049	0,045	0,017	0,040	0,020	-0,043	-0,004	0,027	0,043	0,047	0,047	0,118	0,051
PMVnew2	-0,231	-0,216	-0,077	-0,190	-0,092	0,038	-0,023	-0,006	-0,009	-0,009	-0,393	0,051	1,216	
2	PMV	0,105	0,088	0,109	0,086	0,131	-0,030	0,045	0,036	0,057	0,137	0,229	-0,068	
	aPMV	0,088	0,074	0,094	0,072	0,113	-0,026	0,038	0,030	0,048	0,118	0,189	-0,066	
	PMVoo	0,109	0,094	0,176	0,089	0,212	-0,046	0,065	0,059	0,094	0,213	0,231	-0,109	
	PMVnsr	0,086	0,072	0,089	0,071	0,107	-0,024	0,037	0,030	0,047	0,112	0,188	-0,056	

Tabela 11 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Brasília e Recife

(continua)

	PMVbrv	0,131	0,113	0,212	0,107	0,254	-0,056	0,078	0,071	0,113	0,256	0,278	-0,131
	Adap PMV	-0,030	-0,026	-0,046	-0,024	-0,056	0,080	-0,013	-0,012	-0,018	-0,042	-0,068	-0,059
	IZA	0,045	0,038	0,065	0,037	0,078	-0,013	0,039	0,022	0,035	0,068	0,093	-0,066
	PMV*	0,036	0,030	0,059	0,030	0,071	-0,012	0,022	0,026	0,042	0,074	0,080	-0,027
	PMV2	0,057	0,048	0,094	0,047	0,113	-0,018	0,035	0,042	0,066	0,117	0,127	-0,042
	PMVp,sv	0,137	0,118	0,213	0,112	0,256	-0,042	0,068	0,074	0,117	0,287	0,291	-0,210
	ePMV	0,229	0,189	0,231	0,188	0,278	-0,068	0,093	0,080	0,127	0,291	0,518	-0,085
	PMVnew2	-0,068	-0,066	-0,109	-0,056	-0,131	-0,059	-0,066	-0,027	-0,042	-0,210	-0,085	0,796
	PMV	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000	-0,001	-0,001	0,000	0,008	0,001
	aPMV	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,006	0,001
	PMVoo	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,002	0,006	0,000
	PMVnsr	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,006	0,001
	PMVbrv	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,002	0,007	0,001
	Adap PMV	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,282E- 05	0,000	0,000	-9,377E- 05	0,002	0,000
3	IZA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,282E- 05	3,970E- 05	1,808E- 05	2,871E- 05	0,000	0,001	0,000
	PMV*	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000	1,808E- 05	0,003	0,004	-0,003	-0,003	0,000
	PMV2	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	2,871E- 05	0,004	0,007	-0,005	-0,005	0,001
	PMVp,sv	0,000	0,000	-0,002	0,000	-0,002	-9,377E- 05	0,000	-0,003	-0,005	0,009	-0,007	-0,001
	ePMV	0,008	0,006	0,006	0,006	0,007	0,002	0,001	-0,003	-0,005	-0,007	0,033	0,003
	PMVnew2	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,001	0,003	0,000
	PMV	0,097	0,070	0,030	0,080	0,036	0,040	0,010	0,011	0,018	0,047	0,248	0,064
	aPMV	0,070	0,050	0,022	0,057	0,027	0,029	0,007	0,009	0,014	0,034	0,178	0,045
4	PMVoo	0,030	0,022	0,020	0,024	0,023	0,016	0,004	0,008	0,013	0,024	0,076	0,018
	PMVnsr	0,080	0,057	0,024	0,065	0,029	0,033	0,008	0,009	0,015	0,038	0,203	0,052

Tabela 11 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Brasília e Recife

													(conclusão)
	PMVbrv	0,036	0,027	0,023	0,029	0,028	0,019	0,005	0,010	0,016	0,029	0,092	0,021
	Adap PMV	0,040	0,029	0,016	0,033	0,019	0,019	0,004	0,006	0,010	0,024	0,102	0,022
	IZA	0,010	0,007	0,004	0,008	0,005	0,004	0,001	0,001	0,002	0,005	0,024	0,007
	PMV*	0,011	0,009	0,008	0,009	0,010	0,006	0,001	0,007	0,012	0,010	0,030	0,002
	PMV2	0,018	0,014	0,013	0,015	0,016	0,010	0,002	0,012	0,019	0,016	0,047	0,002
	PMVp,sv	0,047	0,034	0,024	0,038	0,029	0,024	0,005	0,010	0,016	0,032	0,119	0,026
	ePMV	0,248	0,178	0,076	0,203	0,092	0,102	0,024	0,030	0,047	0,119	0,630	0,162
	PMVnew2	0,064	0,045	0,018	0,052	0,021	0,022	0,007	0,002	0,002	0,026	0,162	0,056
	PMV	0,215	0,186	0,159	0,176	0,191	-0,008	0,046	0,172	0,273	0,253	0,327	-0,134
	aPMV	0,186	0,162	0,138	0,153	0,166	-0,009	0,040	0,149	0,237	0,222	0,277	-0,130
	PMVoo	0,159	0,138	0,156	0,131	0,187	-0,002	0,047	0,150	0,238	0,214	0,274	-0,074
	PMVnsr	0,176	0,153	0,131	0,144	0,157	-0,006	0,037	0,141	0,224	0,207	0,268	-0,110
	PMVbrv	0,191	0,166	0,187	0,157	0,225	-0,003	0,056	0,180	0,287	0,257	0,329	-0,090
Total	Adap PMV	-0,008	-0,009	-0,002	-0,006	-0,003	0,129	0,003	0,010	0,016	-0,018	-0,014	0,014
	IZA	0,046	0,040	0,047	0,037	0,056	0,003	0,020	0,044	0,070	0,057	0,074	-0,030
	PMV*	0,172	0,149	0,150	0,141	0,180	0,010	0,044	0,201	0,319	0,199	0,291	-0,002
	PMV2	0,273	0,237	0,238	0,224	0,287	0,016	0,070	0,319	0,506	0,315	0,462	-0,003
	PMVp,sv	0,253	0,222	0,214	0,207	0,257	-0,018	0,057	0,199	0,315	0,363	0,381	-0,300
	ePMV	0,327	0,277	0,274	0,268	0,329	-0,014	0,074	0,291	0,462	0,381	0,674	-0,003
	PMVnew2	-0,134	-0,130	-0,074	-0,110	-0,090	0,014	-0,030	-0,002	-0,003	-0,300	-0,003	1,014

a. A matriz de covariâncias total possui 50 graus de liberdade.

Fonte: Autoria Própria

A matriz de variância/covariância de todas as variáveis nos 4 grupos foi:

$$S = \begin{pmatrix} 0,215 & 0,186 & 0,159 & 0,176 & 0,191 & -0,008 & 0,046 & 0,172 & 0,273 & 0,253 & 0,327 & -0,134 \\ 0,000 & 0,162 & 0,138 & 0,153 & 0,166 & -0,009 & 0,040 & 0,149 & 0,237 & 0,222 & 0,277 & -0,130 \\ 0,000 & 0,000 & 0,156 & 0,131 & 0,187 & -0,002 & 0,047 & 0,150 & 0,238 & 0,214 & 0,274 & -0,074 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,144 & 0,157 & -0,006 & 0,037 & 0,141 & 0,224 & 0,207 & 0,268 & -0,110 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,225 & -0,003 & 0,056 & 0,018 & 0,287 & 0,257 & 0,329 & -0,090 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,129 & 0,003 & 0,010 & 0,016 & -0,018 & -0,014 & 0,014 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,020 & 0,044 & 0,070 & 0,057 & 0,074 & -0,003 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,201 & 0,319 & 0,199 & 0,291 & -0,002 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,506 & 0,315 & 0,462 & -0,003 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,363 & 0,381 & -0,300 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,674 & -0,003 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 1,014 \end{pmatrix}$$

Na Tabela 12, o teste M de Box permite analisar a homogeneidade das matrizes de covariância para cada um dos grupos e suas variáveis. Duas hipóteses são levantadas:

- H_0 : matrizes são homogêneas;
- H_1 : matrizes não são homogêneas.

Tabela 12 - Teste M de Box: Brasília e Recife

M de Box		235,634
	Aprox.	3,570
	df1	45
F	df2	1914,081
	p.	0,000

Fonte: Autoria Própria

O valor de p foi menor que a significância de 0,05, com isso têm evidências que as matrizes não são homogêneas, com isso,

aceita-se H_1 . O pressuposto de homogeneidade das matrizes de variância e covariância não foram atendidos, porém é importante ressaltar que no teste M de Box o seu resultado é influenciado pelo tamanho da amostra e algumas possíveis diferenças que possam ser encontradas nas amostras.

Os autovalores permitem verificar o quão diferentes são os grupos na função discriminante, portanto, quanto mais afastado de 1 forem os valores do autovalor maiores serão as variações entre os grupos que serão explicadas pela função determinante. Na Tabela 13 estão presentes os autovalores para Brasília e Recife, onde a primeira função discriminante apresenta um percentual de 87,4% [16,385/(16,354+1,226+1,135)], ou seja, esta primeira função é a que mais contribui para a demonstração de diferenças entre os grupos. A segunda função contém um poder discriminante de 6,5% [1,226/(1,226+16,385+1,1135)] da variância entre os grupos e a terceira e última função explica o poder discriminante em apenas 6,1% [1,135/(1,135+16,385+1,226)].

Tabela 13 - Autovalores: Brasília e Recife

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	16,385 ^a	87,4	87,4	0,971
2	1,226 ^a	6,5	93,9	0,742
3	1,135 ^a	6,1	100,0	0,729

a. As primeiras 3 funções discriminantes canônicas foram usadas na análise.

Fonte: Autoria Própria

Para testar a significância das funções discriminantes, o teste de hipótese de Lambda de Wilks foi realizado (Tabela 14). O cálculo é feito através do determinante da matriz da soma dos quadrados e dos produtos cruzados dentro dos grupos e produtos cruzados total. As hipóteses testadas foram:

- H_0 : média da população dos grupos são iguais;
- H_1 : média da população dos grupos são diferentes.

Tabela 14 - Lambda de Wilks e Qui-quadrado: Brasília e Recife

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	p.
1 até 3	0,012	192,025	27	0,000
2 até 3	0,210	67,806	16	0,000
3	0,468	33,001	7	0,000

Fonte: Autoria Própria

O valor de p é analisado nesse teste, se $p < 0,05$, aceita-se que as médias das populações são diferentes (H_1). Na primeira linha, as três funções em conjunto são testadas, dessa maneira é possível concluir que pelo menos a primeira função

discriminante é muito significativa. Na linha seguinte, o teste é feito com a segunda função juntamente com a terceira, concluindo que pelo menos a segunda função discriminante é significativa. Na terceira linha, a terceira função discriminante também é significativa devido ao valor de p. Quanto mais próximo de zero no teste de Lambda de Wilks, melhor será a função discriminante. Os valores de Qui-Quadrado servem para testar a significância das funções discriminantes para verificar a capacidade de separação das observações (indivíduos) em grupos.

Na Tabela 15 são apresentados os coeficientes não padronizados das funções discriminantes para cada uma das variáveis independentes (modelos de conforto térmico).

Tabela 15 - Coeficientes das Funções Discriminantes: Brasília e Recife

	Função		
	1	2	3
PMV	-1,158	43,889	28,878
aPMV	-0,581	-42,700	-36,016
PMVoo	-4,207	2,738	1,580
Adap PMV	-0,684	-0,592	-0,634
IZA	5,751	-3,292	-4,929
PMV*	-11,029	-0,207	-1,314
PMVp,sv	6,465	-1,187	3,512
ePMV	-0,508	-3,991	0,192
PMVnew2	1,460	0,762	0,167
(Constante)	11,406	3,649	5,295

Fonte: Autoria Própria

Através da Tabela 15, é possível escrever cada função da seguinte maneira (equação 27, 28 e 29):

$$Z_1 = 11,406 - 1,158PMV - 0,581aPMV - 4,207PMVoo - 0,684AdapPMV + 5,751IZA - 11,029PMV * + 6,465PMVp,sv - 0,508ePMV + 1,460PMVnew2 \quad (27)$$

$$Z_2 = 3,649 + 43,889PMV - 42,700aPMV + 2,738PMVoo - 0,592AdapPMV - 3,292IZA - 0,207PMV * - 1,187PMVp,sv - 3,991ePMV + 0,762PMVnew2 \quad (28)$$

$$Z_3 = 5,295 + 28,878PMV - 36,016aPMV + 1,580PMV_{oo} - 0,634AdapPMV - 4,929IZA - 1,314PMV^* + 3,512PMV_{p,sv} + 0,192ePMV + 0,167PMV_{new2} \quad (29)$$

Na Tabela 16, os valores dos coeficientes padronizados das funções discriminantes são apresentados. Esses valores são conhecidos por pesos discriminantes, sendo importantes para a avaliação da importância de cada variável.

Tabela 16 - Coeficientes Padronizados das Funções Discriminantes: Brasília e Recife

	Função		
	1	2	3
PMV	-0,360	13,645	8,978
aPMV	-0,160	-11,761	-9,920
PMV _{oo}	-1,058	0,689	0,397
Adap PMV	-0,247	-0,214	-0,229
IZA	0,677	-0,387	-0,580
PMV*	-1,654	-0,031	-0,197
PMV _{p,sv}	2,866	-0,526	1,557
ePMV	-0,258	-2,029	0,098
PMV _{new2}	1,410	0,736	0,161

Fonte: Autoria Própria

A matriz de estrutura apresenta as correlações de cada variável com cada função discriminada e esses coeficientes de Pearson são coeficientes de estrutura ou cargas discriminantes (TSEHAY; SHITIE, 2020). Na Tabela 17, a Matriz de Estrutura é apresentada, onde as variáveis acompanhadas por asteriscos são as mais relevantes para cada função discriminante, representando as maiores correlações para as funções.

Tabela 17 - Matriz de Estrutura: Brasília e Recife

(continua)

	Função		
	1	2	3
PMV*	-,714*	0,017	0,340
PMV ^{2b}	-,714*	0,017	0,340
IZA	-,185*	-0,076	0,075
PMV _{new2}	-0,005	,357*	-0,016
ePMV	-0,283	-0,150	,615*
PMV _{brv^b}	-0,285	-0,101	,492*
PMV _{oo}	-0,285	-0,101	,492*
PMV _{p,sv}	-0,201	-0,195	,475*
PMV _{nsr^b}	-0,272	0,021	,359*
PMV	-0,272	0,021	,359*

Tabela 17 - Matriz de Estrutura: Brasília e Recife

			(conclusão)
aPMV	-0,266	-0,008	,316*
Adap PMV	-0,043	0,021	-,132*

Fonte: Autoria Própria

Através dos coeficientes não padronizados das funções discriminantes, é possível descobrir a posição dos centroides dos grupos, que são as médias que permitem verificar os pontos característicos dos indivíduos no grupo e ainda demonstrar graficamente o nível de afastamento dos grupos. As coordenadas dos centroides estão contidas na Tabela 18.

Tabela 18 - Centroides dos grupos: Brasília e Recife

TSV	Função		
	1	2	3
1	1,640	-0,770	0,242
2	-4,020	0,370	-1,346
3	8,683	2,743	-0,321
4	-6,007	1,308	2,354

Fonte: Autoria Própria

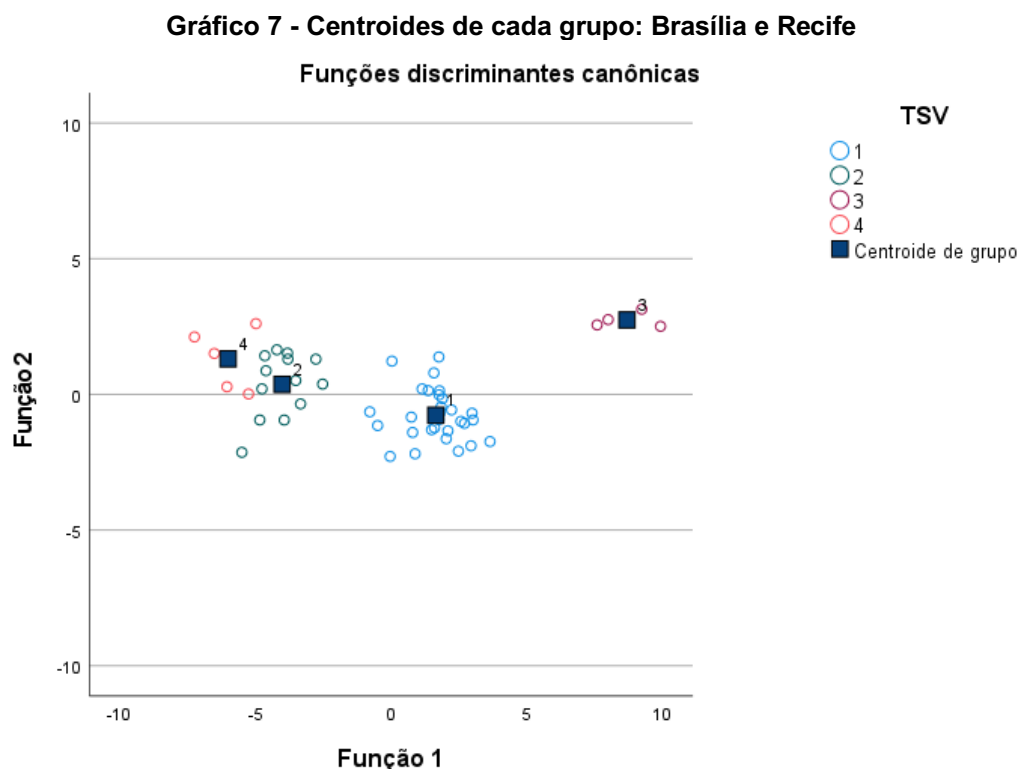
A Tabela 19 apresenta um sumário das probabilidades calculadas a Priori a partir da amostra para se obter o ponto de corte crítico que tem por finalidade contribuir na compreensão da representação da distribuição normal das variáveis independentes (modelos de conforto).

Tabela 19 - Probabilidades Calculadas a Priori: Brasília e Recife

TSV	A priori	Casos utilizados na análise	
		Observado	Ponderado
1	0,569	29	29,000
2	0,255	13	13,000
3	0,078	4	4,000
4	0,098	5	5,000
Total	1,000	51	51,000

Fonte: Autoria Própria

No Gráfico 7, são representados os centroides de cada grupo nas funções discriminantes através de uma dispersão. É possível verificar como se comportaram (1 – neutro, 2 – levemente aquecido, 3 – levemente refrescado, 4 – aquecido).



A Tabela 20 apresenta os resultados da classificação, mostrando a efetividade do modelo e o acerto em suas classificações. Para Brasília e Recife, o modelo conseguiu acertar a classificação dos casos em 96,1%.

Tabela 20 - Resultados da Classificação: Brasília e Recife

TSV		Associação ao grupo prevista				Total
		1	2	3	4	
Contagem	1	29	0	0	0	29
	2	0	12	0	1	13
	3	0	0	4	0	4
	4	0	1	0	4	5
Original	1	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	2	0,0	92,3	0,0	7,7	100,0
	3	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
	4	0,0	20,0	0,0	80,0	100,0

a. 96,1% de casos agrupados originais classificados corretamente.

Fonte: Autoria Própria

Através das funções discriminantes obtidas foi possível verificar sua alta capacidade discriminativa nos grupos (IVASHCHENKO; KHUDOLII; JAGIELLO, 2021). A utilização da análise discriminante na área de conforto térmico ainda não é muito comum, dessa maneira, sendo algo relativamente novo a ser explorado.

Entre as encontradas pesquisas na área, Gładyszewska-Fiedoruk e Sulewska (2020) fizeram estudos em uma sala de aula de uma faculdade na Polônia, onde realizaram testes de temperatura juntamente com a aplicação de questionários para definir as sensações de conforto térmico de pessoas em um mesmo local e que estivessem submetidas a diferentes condições de temperatura interna e externa. Em sua pesquisa, Chang *et al.* (2018) utilizou a análise discriminante e a análise de *clusters* para formulação de uma política de alocação de custos de energia de aquecimento para avaliar e agrupar os edifícios residenciais de acordo com as propriedades termo físicas dos envelopes e o consumo energético.

Dessa forma, foi possível reafirmar a baixa existência de trabalhos que fizeram uso da análise discriminante em conforto térmico e a verificação de que as pesquisas encontradas continham propósitos de análise distintos dessa pesquisa. Outro ponto a se destacar, é a combinação da utilização da análise discriminante com a análise de *clusters*, conforme observado na pesquisa de Chang *et al.* (2018) e que foi também utilizada no cenário brasileiro conforme a seção 4.6.

4.5.2 Análise discriminante: maceió

Os valores de TSV para Maceió foram classificados em 6 grupos (1 – neutro, 2 – levemente aquecido, 3 – levemente refrescado, 4 – aquecido, 5 – refrescado, 6 - quente). Na Tabela 21 as estatísticas descritivas das variáveis para cada grupo estão presentes, através das médias e desvios padrões. Para o grupo 1 foram 762 observações (indivíduos), no grupo 2 foram 424 observações, no grupo 3 foram 196 observações, no grupo 4 foram 207 observações, no grupo 5 foram 21 observações e no grupo 6 foram 20 observações, totalizando 1630 indivíduos.

Tabela 21 - Estatísticas Descritivas das Variáveis de cada grupo: Maceió (continua)

TSV	Média	Desvio padrão	N válido		
			Observado	Ponderado	
1	PMV	0,003425	0,6228236	762	762,000
	PMVnew	0,017707	0,3359710	762	762,000
	aPMV	-0,026999	0,5131324	762	762,000
	PMVoo	0,984684	0,3861010	762	762,000
	PMVnsr	-0,355191	0,5107154	762	762,000
	PMVbrv	1,054963	0,4640858	762	762,000
	Adap PMV	-0,194530	0,6689527	762	762,000
	IZA	1,098349	0,1058425	762	762,000

Tabela 21- Estatísticas Descritivas das Variáveis de cada grupo: Maceió

(continua)

	PMV*	0,644777	0,0186746	762	762,000
	PMV2	0,235684	0,0296562	762	762,000
	PMVp,sv	-0,019787	0,5842978	762	762,000
	ePMV	-0,000465	0,0177130	762	762,000
	PMVnew2	-0,024791	0,0618749	762	762,000
	PMV	0,527618	0,6978869	424	424,000
	PMVnew	0,267365	0,3718133	424	424,000
	aPMV	0,379449	0,5223892	424	424,000
	PMVoo	1,333100	0,4808852	424	424,000
	PMVnsr	0,074647	0,5722672	424	424,000
	PMVbrv	1,473753	0,5780145	424	424,000
2	Adap PMV	-0,191545	0,4433621	424	424,000
	IZA	1,183380	0,1358154	424	424,000
	PMV*	1,157168	0,0500698	424	424,000
	PMV2	1,049388	0,0795133	424	424,000
	PMVp,sv	0,509793	0,7398967	424	424,000
	ePMV	0,609310	0,7708452	424	424,000
	PMVnew2	0,030165	0,0697618	424	424,000
	PMV	-0,248010	0,4792447	196	196,000
	PMVnew	-0,127687	0,2803471	196	196,000
	aPMV	-0,232229	0,4269462	196	196,000
	PMVoo	0,832459	0,2413834	196	196,000
	PMVnsr	-0,561368	0,3929807	196	196,000
	PMVbrv	0,871992	0,2901380	196	196,000
3	Adap PMV	-0,241397	0,4677246	196	196,000
	IZA	1,063299	0,0714351	196	196,000
	PMV*	0,133860	0,0736429	196	196,000
	PMV2	-0,575677	0,1169486	196	196,000
	PMVp,sv	-0,261466	0,3465770	196	196,000
	ePMV	-0,205517	0,4306065	196	196,000
	PMVnew2	-0,053574	0,0485815	196	196,000
	PMV	0,651449	0,5340647	207	207,000
	PMVnew	0,330571	0,3278488	207	207,000
	aPMV	0,501404	0,3964775	207	207,000
	PMVoo	1,504849	0,3334942	207	207,000
	PMVnsr	0,176188	0,4379330	207	207,000
	PMVbrv	1,680191	0,4008534	207	207,000
4	Adap PMV	-0,183181	0,3030736	207	207,000
	IZA	1,229487	0,0988347	207	207,000
	PMV*	1,675100	0,0000000	207	207,000
	PMV2	1,871890	0,0000000	207	207,000
	PMVp,sv	0,760423	0,5212070	207	207,000
	ePMV	0,722273	0,5967411	207	207,000

Tabela 21 - Estatísticas Descritivas das Variáveis de cada grupo: Maceió

					(conclusão)
	PMVnew2	0,041557	0,0488488	207	207,000
	PMV	-0,204286	0,4373051	21	21,000
	PMVnew	-0,101551	0,2245674	21	21,000
	aPMV	-0,197090	0,3904552	21	21,000
	PMVoo	0,859564	0,2107283	21	21,000
	PMVnsr	-0,525514	0,3585901	21	21,000
	PMVbrv	0,904571	0,2532912	21	21,000
5	Adap PMV	-0,195543	0,3309134	21	21,000
	IZA	1,059236	0,0734342	21	21,000
	PMV*	-0,386900	0,0000000	21	21,000
	PMV2	-1,402670	0,0000000	21	21,000
	PMVp,sv	-0,223540	0,3077822	21	21,000
	ePMV	-0,167323	0,3947027	21	21,000
	PMVnew2	-0,041738	0,0432799	21	21,000
	PMV	1,290000	0,6434447	20	20,000
	PMVnew	0,675743	0,3937575	20	20,000
	aPMV	0,884654	0,3987999	20	20,000
	PMVoo	1,701760	0,3011498	20	20,000
	PMVnsr	0,699800	0,5276246	20	20,000
	PMVbrv	1,916874	0,3619761	20	20,000
6	Adap PMV	0,135832	1,6284405	20	20,000
	IZA	1,298535	0,1041316	20	20,000
	PMV*	2,190600	0,0000000	20	20,000
	PMV2	2,690530	0,0000000	20	20,000
	PMVp,sv	1,209392	0,5475630	20	20,000
	ePMV	1,468182	0,7688051	20	20,000
	PMVnew2	0,086944	0,0521596	20	20,000
	PMV	0,204951	0,7008239	1630	1630,000
	PMVnew	0,111435	0,3767907	1630	1630,000
	aPMV	0,130148	0,5556115	1630	1630,000
	PMVoo	1,130255	0,4543232	1630	1630,000
	PMVnsr	-0,189940	0,5746756	1630	1630,000
	PMVbrv	1,229936	0,5460875	1630	1630,000
Total	Adap PMV	-0,193907	0,5760164	1630	1630,000
	IZA	1,134859	0,1243179	1630	1630,000
	PMV*	0,853146	0,4855060	1630	1630,000
	PMV2	0,566586	0,7710080	1630	1630,000
	PMVp,sv	0,200447	0,6949572	1630	1630,000
	ePMV	0,241149	0,6059029	1630	1630,000
	PMVnew2	-0,004378	0,0698317	1630	1630,000

Fonte: Autoria Própria

Na sequência, o teste de Lambda de Wilks (Tabela 22) é realizado para testar as hipóteses de que as médias dos grupos são iguais ou se há pelo menos uma das médias diferentes. Dessa maneira, as hipóteses testadas são:

- H_0 : médias dos grupos são iguais;
- H_1 : média dos grupos são diferentes.

Os resultados dos testes da tabela 22 constam apenas um valor em vermelho, representando que a variável aceitou a hipótese nula (H_0) de que existem médias dos grupos iguais, sendo **Adap PMV**, isso se deve ao valor de $p > 0,05$, que é o nível de significância. Dessa maneira, essa variável não passa no pressuposto da igualdade das matrizes de variância e covariância, não sendo significativa para a diferenciação entre os grupos. As demais variáveis que apresentaram valores de p mais próximos de zero ou iguais a zero, indicando que possuem um maior poder de discriminação entre os grupos, sendo o valor de p o valor responsável pelas diferenças entre as médias.

Tabela 22 - Teste de Igualdade de Médias: Maceió

	Lambda de Wilks	F	df1	df2	p.
PMV	0,770	96,755	5	1624	0,000
PMVnew	0,803	79,491	5	1624	0,000
aPMV	0,775	94,217	5	1624	0,000
PMVoo	0,738	115,304	5	1624	0,000
PMVnsr	0,770	96,755	5	1624	0,000
PMVbrv	0,738	115,304	5	1624	0,000
Adap PMV	0,995	1,596	5	1624	0,158
IZA	0,780	91,363	5	1624	0,000
PMV*	0,006	52002,989	5	1624	0,000
PMV2	0,006	52002,989	5	1624	0,000
PMVp,sv	0,735	117,035	5	1624	0,000
ePMV	0,628	192,563	5	1624	0,000
PMVnew2	0,757	104,288	5	1624	0,000

Fonte: Autoria Própria

Como pode ser visto na Tabela 23, a Matriz de Covariância e Correlação consta alguns valores em vermelho que representam o maior nível de correlação positiva que aconteceu entre as variáveis **PMV** e **aPMV** (0,992), **aPMV** e **PMVnsr** (0,992) e **PMVoo** e **PMVbrv** (1,000). O valor em verde representa a menor correlação positiva entre as variáveis **Adap PMV** e **PMV*** (0,001) e **Adap PMV** e **PMV2** (0,001). Ao longo das análises foi possível verificar quais são as variáveis que melhor discriminam para os grupos.

Tabela 23 - Matriz de Covariância e Correlação: Maceió

(continua)

		PMV	PMVnew	aPMV	PMVoo	PMVnsr	PMVbrv	Adap PMV	IZA	PMV*	PMV2	PMVp,sv	ePMV	PMVnew2
	PMV	0,380	0,200	0,299	0,198	0,311	0,238	0,009	0,061	0,000	0,001	0,323	0,213	0,036
	PMVnew	0,200	0,114	0,156	0,095	0,164	0,114	0,006	0,032	0,000	0,000	0,162	0,114	0,018
	aPMV	0,299	0,156	0,240	0,153	0,246	0,184	0,010	0,047	0,000	0,000	0,249	0,160	0,029
	PMVoo	0,198	0,095	0,153	0,153	0,162	0,184	0,005	0,037	0,000	0,001	0,230	0,118	0,021
	PMVnsr	0,311	0,164	0,246	0,162	0,255	0,195	0,008	0,050	0,000	0,001	0,265	0,174	0,030
	PMVbrv	0,238	0,114	0,184	0,184	0,195	0,221	0,006	0,045	0,000	0,001	0,276	0,142	0,025
Covariância	Adap PMV	0,009	0,006	0,010	0,005	0,008	0,006	0,331	0,001	1,844E-05	2,928E-05	0,007	-0,006	0,001
	IZA	0,061	0,032	0,047	0,037	0,050	0,045	0,001	0,012	0,000	0,000	0,059	0,037	0,006
	PMV*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,844E-05	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	4,337E-05
	PMV2	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	2,928E-05	0,000	0,002	0,004	0,001	0,001	6,887E-05
	PMVp,sv	0,323	0,162	0,249	0,230	0,265	0,276	0,007	0,059	0,001	0,001	0,356	0,195	0,032
	ePMV	0,213	0,114	0,160	0,118	0,174	0,142	-0,006	0,037	0,000	0,001	0,195	0,231	0,020
	PMVnew2	0,036	0,018	0,029	0,021	0,030	0,025	0,001	0,006	4,337E-05	6,887E-05	0,032	0,020	0,004
	PMV	1,000	0,959	0,992	0,821	1,000	0,821	0,026	0,894	0,018	0,018	0,877	0,718	0,961
	PMVnew	0,959	1,000	0,944	0,715	0,959	0,715	0,029	0,853	0,012	0,012	0,803	0,701	0,883
	aPMV	0,992	0,944	1,000	0,801	0,992	0,801	0,037	0,878	0,016	0,016	0,851	0,678	0,961
	PMVoo	0,821	0,715	0,801	1,000	0,821	1,000	0,024	0,865	0,026	0,026	0,985	0,629	0,870
	PMVnsr	1,000	0,959	0,992	0,821	1,000	0,821	0,026	0,894	0,018	0,018	0,877	0,718	0,961
	PMVbrv	0,821	0,715	0,801	1,000	0,821	1,000	0,024	0,865	0,026	0,026	0,985	0,629	0,870
Correlação	Adap PMV	0,026	0,029	0,037	0,024	0,026	0,024	1,000	0,016	0,001	0,001	0,021	-0,022	0,025
	IZA	0,894	0,853	0,878	0,865	0,894	0,865	0,016	1,000	0,024	0,024	0,901	0,692	0,863
	PMV*	0,018	0,012	0,016	0,026	0,018	0,026	0,001	0,024	1,000	1,000	0,025	0,027	0,019
	PMV2	0,018	0,012	0,016	0,026	0,018	0,026	0,001	0,024	1,000	1,000	0,025	0,027	0,019
	PMVp,sv	0,877	0,803	0,851	0,985	0,877	0,985	0,021	0,901	0,025	0,025	1,000	0,681	0,890
	ePMV	0,718	0,701	0,678	0,629	0,718	0,629	-0,022	0,692	0,027	0,027	0,681	1,000	0,684
	PMVnew2	0,961	0,883	0,961	0,870	0,961	0,870	0,025	0,863	0,019	0,019	0,890	0,684	1,000

Tabela 23 - Matriz de Covariância e Correlação: Maceió

(conclusão)

a. A matriz de covariâncias possui 1624 graus de liberdade.

Fonte: Autoria Própria

A Tabela 24 corresponde as Matrizes de covariância existentes para cada grupo. Através dela é possível observar a homogeneidade de covariância, que consiste em um dos pressupostos para se aplicar a análise discriminante. Na sequência, o teste M de Box é realizado para fins de confirmação deste pressuposto de homogeneidade.

Tabela 24 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Maceió

(continua)

	TSV	PMV	PMVnew	aPMV	PMVoo	PMVnsr	PMVbrv	Adap PMV	IZA	PMV*	PMV2	PMVp,sv	ePMV	PMVnew2
	PMV	0,388	0,200	0,318	0,193	0,318	0,232	0,028	0,058	0,000	-0,001	0,310	0,000	0,037
	PMVnew	0,200	0,113	0,163	0,091	0,164	0,109	0,014	0,030	0,000	0,000	0,152	0,000	0,019
	aPMV	0,318	0,163	0,263	0,155	0,261	0,186	0,026	0,047	0,000	-0,001	0,248	0,000	0,031
	PMVoo	0,193	0,091	0,155	0,149	0,159	0,179	0,022	0,034	0,000	-0,001	0,223	0,000	0,020
	PMVnsr	0,318	0,164	0,261	0,159	0,261	0,191	0,023	0,047	0,000	-0,001	0,254	0,000	0,031
	PMVbrv	0,232	0,109	0,186	0,179	0,191	0,215	0,027	0,041	0,000	-0,001	0,268	0,000	0,024
1	Adap PMV	0,028	0,014	0,026	0,022	0,023	0,027	0,447	0,005	-8,505E-05	0,000	0,031	0,000	0,003
	IZA	0,058	0,030	0,047	0,034	0,047	0,041	0,005	0,011	-4,507E-05	-7,158E-05	0,054	4,625E-05	0,006
	PMV*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-8,505E-05	-4,507E-05	0,000	0,001	0,000	0,000	-5,374E-05
	PMV2	-0,001	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	-7,158E-05	0,001	0,001	-0,001	-0,001	-8,535E-05
	PMVp,sv	0,310	0,152	0,248	0,223	0,254	0,268	0,031	0,054	0,000	-0,001	0,341	0,000	0,031
	ePMV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,625E-05	0,000	-0,001	0,000	0,000	5,350E-05
	PMVnew2	0,037	0,019	0,031	0,020	0,031	0,024	0,003	0,006	-5,374E-05	-8,535E-05	0,031	5,350E-05	0,004
	PMV	0,487	0,251	0,362	0,303	0,399	0,364	-0,006	0,090	0,000	0,000	0,489	0,536	0,047
2	PMVnew	0,251	0,138	0,185	0,145	0,206	0,174	0,003	0,046	0,000	0,000	0,243	0,276	0,023
	aPMV	0,362	0,185	0,273	0,227	0,297	0,272	-0,004	0,067	-4,419E-05	-7,018E-05	0,363	0,395	0,035

Tabela 24 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Maceió

(continua)

	PMVoo	0,303	0,145	0,227	0,231	0,248	0,278	-0,007	0,061	0,001	0,002	0,351	0,337	0,032
	PMVnsr	0,399	0,206	0,297	0,248	0,327	0,299	-0,005	0,074	0,000	0,000	0,401	0,440	0,038
	PMVbrv	0,364	0,174	0,272	0,278	0,299	0,334	-0,008	0,073	0,001	0,002	0,422	0,405	0,038
	Adap PMV	-0,006	0,003	-0,004	-0,007	-0,005	-0,008	0,197	-0,002	0,000	0,000	-0,007	-0,007	-0,001
	IZA	0,090	0,046	0,067	0,061	0,074	0,073	-0,002	0,018	0,000	0,000	0,096	0,099	0,009
	PMV*	0,000	0,000	-4,419E-05	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,004	0,002	0,000	5,584E-05
	PMV2	0,000	0,000	-7,018E-05	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,004	0,006	0,002	0,001	8,867E-05
	PMVp,sv	0,489	0,243	0,363	0,351	0,401	0,422	-0,007	0,096	0,002	0,002	0,547	0,544	0,049
	ePMV	0,536	0,276	0,395	0,337	0,440	0,405	-0,007	0,099	0,000	0,001	0,544	0,594	0,052
	PMVnew2	0,047	0,023	0,035	0,032	0,038	0,038	-0,001	0,009	5,584E-05	8,867E-05	0,049	0,052	0,005
	PMV	0,230	0,127	0,204	0,064	0,188	0,077	0,032	0,025	0,005	0,007	0,108	0,206	0,022
	PMVnew	0,127	0,079	0,113	0,027	0,104	0,032	0,021	0,015	0,002	0,004	0,052	0,114	0,012
	aPMV	0,204	0,113	0,182	0,057	0,168	0,069	0,029	0,023	0,004	0,006	0,097	0,183	0,020
	PMVoo	0,064	0,027	0,057	0,058	0,052	0,070	-0,005	0,010	0,002	0,003	0,082	0,057	0,007
	PMVnsr	0,188	0,104	0,168	0,052	0,154	0,063	0,027	0,021	0,004	0,006	0,089	0,169	0,018
	PMVbrv	0,077	0,032	0,069	0,070	0,063	0,084	-0,006	0,012	0,002	0,004	0,099	0,068	0,009
3	Adap PMV	0,032	0,021	0,029	-0,005	0,027	-0,006	0,219	0,001	-4,777E-06	-7,587E-06	-0,004	0,027	0,003
	IZA	0,025	0,015	0,023	0,010	0,021	0,012	0,001	0,005	0,001	0,001	0,016	0,023	0,002
	PMV*	0,005	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002	-4,777E-06	0,001	0,005	0,009	0,003	0,004	0,000
	PMV2	0,007	0,004	0,006	0,003	0,006	0,004	-7,587E-06	0,001	0,009	0,014	0,005	0,007	0,001
	PMVp,sv	0,108	0,052	0,097	0,082	0,089	0,099	-0,004	0,016	0,003	0,005	0,120	0,097	0,012
	ePMV	0,206	0,114	0,183	0,057	0,169	0,068	0,027	0,023	0,004	0,007	0,097	0,185	0,020
	PMVnew2	0,022	0,012	0,020	0,007	0,018	0,009	0,003	0,002	0,000	0,001	0,012	0,020	0,002
4	PMV	0,285	0,169	0,210	0,139	0,234	0,167	-0,019	0,048	6,209E-15	-2,070E-15	0,247	0,318	0,024
	PMVnew	0,169	0,107	0,123	0,075	0,138	0,090	-0,013	0,028	2,828E-15	-1,242E-15	0,142	0,188	0,013

Tabela 24 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Maceió

(continua)

aPMV	0,210	0,123	0,157	0,102	0,172	0,123	-0,015	0,035	4,139E-15	-1,794E-15	0,180	0,232	0,018
PMVoo	0,139	0,075	0,102	0,111	0,114	0,134	-0,006	0,029	1,104E-14	-9,934E-15	0,168	0,159	0,014
PMVnsr	0,234	0,138	0,172	0,114	0,192	0,137	-0,016	0,039	1,414E-15	-5,519E-16	0,202	0,260	0,020
PMVbrv	0,167	0,090	0,123	0,134	0,137	0,161	-0,007	0,035	7,726E-15	-1,104E-14	0,201	0,191	0,017
Adap PMV	-0,019	-0,013	-0,015	-0,006	-0,016	-0,007	0,092	-0,003	-1,552E-15	5,519E-16	-0,013	-0,021	-0,002
IZA	0,048	0,028	0,035	0,029	0,039	0,035	-0,003	0,010	9,658E-15	-6,898E-15	0,048	0,054	0,004
PMV*	6,209E-15	2,828E-15	4,139E-15	1,104E-14	1,414E-15	7,726E-15	-1,552E-15	9,658E-15	0,000	2,208E-14	6,898E-15	6,347E-15	3,449E-16
PMV2	-2,070E-15	-1,242E-15	-1,794E-15	-9,934E-15	-5,519E-16	-1,104E-14	5,519E-16	-6,898E-15	2,208E-14	0,000	-4,691E-15	-2,483E-15	-1,897E-16
PMVp,s v	0,247	0,142	0,180	0,168	0,202	0,201	-0,013	0,048	6,898E-15	-4,691E-15	0,272	0,281	0,023
ePMV	0,318	0,188	0,232	0,159	0,260	0,191	-0,021	0,054	6,347E-15	-2,483E-15	0,281	0,356	0,027
PMVne w2	0,024	0,013	0,018	0,014	0,020	0,017	-0,002	0,004	3,449E-16	-1,897E-16	0,023	0,027	0,002
PMV	0,191	0,091	0,171	0,071	0,157	0,086	0,051	0,021	2,220E-17	-4,441E-17	0,113	0,172	0,019
PMVne w	0,091	0,050	0,081	0,028	0,075	0,034	0,033	0,012	0,000	-2,220E-17	0,049	0,083	0,008
aPMV	0,171	0,081	0,152	0,064	0,140	0,077	0,046	0,019	-1,110E-17	-8,882E-17	0,101	0,154	0,017
5 PMVoo	0,071	0,028	0,064	0,044	0,058	0,053	-0,004	0,007	4,441E-17	3,553E-16	0,064	0,064	0,008
PMVnsr	0,157	0,075	0,140	0,058	0,129	0,070	0,042	0,018	4,441E-17	-1,776E-16	0,093	0,141	0,015
PMVbrv	0,086	0,034	0,077	0,053	0,070	0,064	-0,005	0,008	-3,109E-16	3,553E-16	0,077	0,076	0,009
Adap PMV	0,051	0,033	0,046	-0,004	0,042	-0,005	0,110	0,002	4,441E-17	-4,441E-17	0,003	0,043	0,004

Tabela 24 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Maceió

(continua)

IZA	0,021	0,012	0,019	0,007	0,018	0,008	0,002	0,005	0,000	3,553E-16	0,012	0,020	0,002
PMV*	2,220E-17	0,000	-1,110E-17	4,441E-17	4,441E-17	-3,109E-16	4,441E-17	0,000	0,000	0,000	0,000	1,110E-17	0,000
PMV2	-4,441E-17	-2,220E-17	-8,882E-17	3,553E-16	-1,776E-16	3,553E-16	-4,441E-17	3,553E-16	0,000	0,000	0,000	-4,441E-17	-2,220E-17
PMVp,s v	0,113	0,049	0,101	0,064	0,093	0,077	0,003	0,012	0,000	0,000	0,095	0,101	0,012
ePMV	0,172	0,083	0,154	0,064	0,141	0,076	0,043	0,020	1,110E-17	-4,441E-17	0,101	0,156	0,017
PMVne w2	0,019	0,008	0,017	0,008	0,015	0,009	0,004	0,002	0,000	-2,220E-17	0,012	0,017	0,002
PMV	0,414	0,251	0,255	0,184	0,339	0,221	-0,396	0,064	-7,479E-16	-1,496E-15	0,347	0,494	0,032
PMVne w	0,251	0,155	0,155	0,106	0,205	0,127	-0,247	0,038	0,000	-3,740E-16	0,205	0,296	0,019
aPMV	0,255	0,155	0,159	0,112	0,209	0,134	-0,257	0,039	-3,740E-16	-3,740E-16	0,213	0,302	0,020
PMVoo	0,184	0,106	0,112	0,091	0,151	0,109	-0,167	0,029	-7,479E-16	0,000	0,163	0,223	0,016
PMVnsr	0,339	0,205	0,209	0,151	0,278	0,181	-0,325	0,052	-5,610E-16	0,000	0,285	0,405	0,026
PMVbrv	0,221	0,127	0,134	0,109	0,181	0,131	-0,200	0,035	-2,244E-15	-1,496E-15	0,196	0,269	0,019
6 Adap PMV	-0,396	-0,247	-0,257	-0,167	-0,325	-0,200	2,652	-0,055	1,870E-16	1,402E-16	-0,320	-0,459	-0,031
IZA	0,064	0,038	0,039	0,029	0,052	0,035	-0,055	0,011	-1,122E-15	-7,479E-16	0,054	0,077	0,005
PMV*	-7,479E-16	0,000	-3,740E-16	-7,479E-16	-5,610E-16	-2,244E-15	1,870E-16	-1,122E-15	0,000	-2,244E-15	-7,479E-16	-1,496E-15	-7,012E-17
PMV2	-1,496E-15	-3,740E-16	-3,740E-16	0,000	0,000	-1,496E-15	1,402E-16	-7,479E-16	-2,244E-15	0,000	-7,479E-16	-2,244E-15	-4,675E-17
PMVp,s v	0,347	0,205	0,213	0,163	0,285	0,196	-0,320	0,054	-7,479E-16	-7,479E-16	0,300	0,418	0,028
ePMV	0,494	0,296	0,302	0,223	0,405	0,269	-0,459	0,077	-1,496E-15	-2,244E-15	0,418	0,591	0,039

Tabela 24 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Maceió

													(conclusão)	
PMVnew2	0,032	0,019	0,020	0,016	0,026	0,019	-0,031	0,005	-7,012E-17	-4,675E-17	0,028	0,039	0,003	
PMV	0,491	0,255	0,387	0,274	0,403	0,330	0,017	0,080	0,156	0,247	0,441	0,336	0,047	
PMVnew	0,255	0,142	0,200	0,133	0,209	0,159	0,010	0,041	0,078	0,124	0,221	0,175	0,024	
aPMV	0,387	0,200	0,309	0,214	0,317	0,257	0,016	0,062	0,123	0,196	0,342	0,256	0,038	
PMVoo	0,274	0,133	0,214	0,206	0,225	0,248	0,010	0,051	0,109	0,173	0,312	0,203	0,029	
PMVnsr	0,403	0,209	0,317	0,225	0,330	0,270	0,014	0,065	0,128	0,203	0,362	0,275	0,039	
PMVbrv	0,330	0,159	0,257	0,248	0,270	0,298	0,012	0,061	0,131	0,209	0,375	0,244	0,034	
Total Adap PMV	0,017	0,010	0,016	0,010	0,014	0,012	0,332	0,002	0,011	0,017	0,015	0,002	0,002	
IZA	0,080	0,041	0,062	0,051	0,065	0,061	0,002	0,015	0,027	0,044	0,080	0,058	0,008	
PMV*	0,156	0,078	0,123	0,109	0,128	0,131	0,011	0,027	0,236	0,374	0,168	0,169	0,016	
PMV2	0,247	0,124	0,196	0,173	0,203	0,209	0,017	0,044	0,374	0,594	0,267	0,268	0,025	
PMVp,sv	0,441	0,221	0,342	0,312	0,362	0,375	0,015	0,080	0,168	0,267	0,483	0,326	0,044	
ePMV	0,336	0,175	0,256	0,203	0,275	0,244	0,002	0,058	0,169	0,268	0,326	0,367	0,033	
PMVnew2	0,047	0,024	0,038	0,029	0,039	0,034	0,002	0,008	0,016	0,025	0,044	0,033	0,005	

a. A matriz de covariâncias total possui 1629 graus de liberdade.

Fonte: Autoria Própria

A matriz de variância/covariância de todas as variáveis nos 6 grupos foi:

$$S = \begin{pmatrix} 0,491 & 0,255 & 0,387 & 0,274 & 0,403 & 0,330 & 0,017 & 0,080 & 0,156 & 0,247 & 0,441 & 0,336 & 0,047 \\ 0,000 & 0,142 & 0,200 & 0,133 & 0,209 & 0,159 & 0,001 & 0,041 & 0,078 & 0,124 & 0,221 & 0,175 & 0,024 \\ 0,000 & 0,000 & 0,309 & 0,214 & 0,317 & 0,257 & 0,016 & 0,062 & 0,123 & 0,196 & 0,342 & 0,256 & 0,038 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,206 & 0,225 & 0,248 & 0,010 & 0,051 & 0,109 & 0,173 & 0,312 & 0,203 & 0,029 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,330 & 0,270 & 0,014 & 0,065 & 0,128 & 0,203 & 0,362 & 0,275 & 0,039 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,298 & 0,012 & 0,061 & 0,131 & 0,209 & 0,375 & 0,244 & 0,034 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,332 & 0,002 & 0,011 & 0,017 & 0,015 & 0,002 & 0,002 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,015 & 0,027 & 0,044 & 0,080 & 0,058 & 0,008 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,236 & 0,374 & 0,168 & 0,169 & 0,016 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,594 & 0,267 & 0,268 & 0,025 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,483 & 0,326 & 0,044 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,367 & 0,033 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,005 \end{pmatrix}$$

Na Tabela 25, o teste M de Box permite analisar a homogeneidade das matrizes de covariância para cada um dos grupos e suas variáveis. Duas hipóteses são levantadas:

- H_0 : matrizes são homogêneas;
- H_1 : matrizes não são homogêneas.

M de Box		12194,403
	Aprox.	109,293
	df1	110
F	df2	1106233,598
	p.	0,000

Fonte: Autoria Própria

O valor de p foi menor que a significância de 0,05, com isso têm evidências que as matrizes não são homogêneas, com isso, aceita-se H_1 . O pressuposto de homogeneidade das matrizes de variância e covariância não foram atendidos, porém é importante ressaltar que no teste M de Box o seu resultado é influenciado pelo tamanho da amostra e algumas possíveis diferenças que possam ser encontradas nas amostras.

Os autovalores permitem verificar o quão diferentes são os grupos na função discriminante, portanto, quanto mais afastado de 1 forem os valores do autovalor maiores serão as variações entre os grupos que serão explicadas pela função determinante. Na Tabela 26 estão presentes os autovalores para Maceió, onde a primeira função discriminante apresenta um percentual de 99,9% $[160,403 / (160,403 + 0,110 + 0,60 + 0,33 + 0,005)]$, ou seja, esta primeira função é a que mais contribui para a demonstração de diferenças entre os grupos. A segunda função contém um poder discriminante de 0,1% $[0,110 / (160,403 + 0,110 + 0,60 + 0,33 + 0,005)]$ da variância entre os grupos, as três últimas funções explicam o poder discriminante em 0% $[0,060 / (160,403 + 0,110 + 0,60 + 0,33 + 0,005)]$, $[0,033 / (160,403 + 0,110 + 0,60 + 0,33 + 0,005)]$ e $[0,005 / (160,403 + 0,110 + 0,60 + 0,33 + 0,005)]$, respectivamente.

Tabela 26 - Autovalores: Maceió

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	160,403 ^a	99,9	99,9	0,997
2	,110 ^a	0,1	99,9	0,315
3	,060 ^a	0,0	100,0	0,237
4	,033 ^a	0,0	100,0	0,180
5	,005 ^a	0,0	100,0	0,073

a. As primeiras 5 funções discriminantes canônicas foram usadas na análise.

Fonte: Autoria Própria

Para testar a significância das funções discriminantes, o teste de hipótese de Lambda de Wilks foi realizado (Tabela 27). O cálculo é feito através do determinante da matriz da soma dos quadrados e dos produtos cruzados dentro dos grupos e produtos cruzados total. As hipóteses testadas foram:

- H_0 : média da população dos grupos são iguais;
- H_1 : média da população dos grupos são diferentes.

Tabela 27 - Lambda de Wilks e Qui-quadrado: Maceió

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	p.
1 até 5	0,005	8565,517	50	0,000
2 até 5	0,819	324,504	36	0,000
3 até 5	0,909	155,540	24	0,000
4 até 5	0,962582	61,81898	14	5,61E-08
5	0,995	8,589	6	0,198

Fonte: Autoria Própria

O valor de p é analisado nesse teste, se $p < 0,05$, aceita-se que as médias das populações são diferentes (H_1). Na primeira linha, as cinco funções em conjunto são testadas, dessa maneira é possível concluir que pelo menos a primeira função discriminante é muito significativa. Na linha seguinte, o teste é feito com a segunda até a quinta função discriminante, concluindo que pelo menos a segunda função discriminante é significativa. Na terceira linha, o teste é feito com a terceira até a quinta função discriminante, sendo significativa devido ao valor de p. Na sequência, o teste é realizado com a quarta e quinta função discriminante, apresentando significância. A última função discriminante não houve significância, pois o valor de p foi de 0,198, sendo maior que a significância aceitável de 0,05. Quanto mais próximo de zero no teste de Lambda de Wilks, melhor será a função discriminante. Os valores de Qui-Quadrado servem para testar a significância das funções discriminantes para verificar a capacidade de separação das observações (indivíduos) em grupos. Na Tabela 28 são apresentados os coeficientes não padronizados das funções discriminantes para cada uma das variáveis independentes (modelos de conforto térmico).

Tabela 28 - Coeficientes das Funções Discriminantes: Maceió

(continua)

	Função				
	1	2	3	4	5
PMV	-0,416	11,993	-9,648	4,66208	-11,751
PMVnew	0,269	-3,633	2,199	-6,28255	-1,742
aPMV	0,385	-11,102	9,519	2,310836	7,145
PMVoo	0,199	-0,921	8,291	-0,25074	-23,229
Adap PMV	0,000	0,295	-0,354	0,069675	0,620
IZA	-0,453	-5,935	-0,978	6,048497	0,048
PMV*	26,069	-0,666	-1,297	-0,34379	-0,624
PMVp,sv	-0,068	-0,789	-4,659	1,473415	18,370
ePMV	0,085	1,203	2,042	0,70233	0,099
PMVnew2	-0,124	8,049	1,833	-59,4401	41,067

Tabela 28 - Coeficientes das Funções Discriminantes: Maceió

						(conclusão)
(Constante)	-21,9534	7,696294	-6,28037	-7,55508		24,99864

Fonte: Autoria Própria

Através da Tabela 28, é possível escrever cada função da seguinte maneira (equação 30, 31, 32, 33 e 34):

$$Z_1 = -21,9534 - 0,416PMV + 0,269 PMV_{new} + 0,385aPMV + 0,199PMV_{oo} + 0,000AdapPMV - 0,453IZA + 26,069PMV * -0,068PMV_{p,sv} + 0,085ePMV - 0,124PMV_{new2} \quad (30)$$

$$Z_2 = 7,696294 + 11,993PMV - 3,6330PMV_{new} - 11,102aPMV - 0,921PMV_{oo} + 0,295AdapPMV - 5,935IZA - 0,666PMV * -0,789PMV_{p,sv} + 1,203ePMV + 8,049PMV_{new2} \quad (31)$$

$$Z_3 = -6,28037 - 9,648PMV + 2,199PMV_{new} + 9,519aPMV + 8,291PMV_{oo} - 0,354AdapPMV - 0,978IZA - 1,297PMV * -4,659PMV_{p,sv} + 2,042ePMV + 1,833PMV_{new2} \quad (32)$$

$$Z_4 = -7,55508 + 4,66208PMV - 6,28255PMV_{new} + 2,310836aPMV - 0,25074PMV_{oo} + 0,069675AdapPMV + 6,048497IZA - 0,34379PMV * +1,473415PMV_{p,sv} + 0,70233ePMV - 59,4401PMV_{new2} \quad (33)$$

$$Z_5 = 24,99864 - 11,751PMV - 1,742PMV_{new} + 7,145aPMV - 23,229PMV_{oo} + 0,620AdapPMV + 0,048IZA - 0,624PMV * +18,370PMV_{p,sv} + 0,099ePMV + 41,067PMV_{new2} \quad (34)$$

Na Tabela 29, os valores dos coeficientes padronizados das funções discriminantes são apresentados. Esses valores são conhecidos por pesos discriminantes, sendo importantes para a avaliação da importância de cada variável.

Tabela 29 - Coeficientes Padronizados das Funções Discriminantes: Maceió

	Função				
	1	2	3	4	5
PMV	-0,256	7,389	-5,944	2,872347	-7,240

(continua)

Tabela 29 - Coeficientes Padronizados das Funções Discriminantes: Maceió

						(conclusão)
PMVnew	0,091	-1,229	0,744	-2,12503	-0,589	
aPMV	0,188	-5,439	4,663	1,13214	3,501	
PMVoo	0,078	-0,360	3,241	-0,09801	-9,080	
Adap PMV	0,000	0,170	-0,204	0,040097	0,357	
IZA	-0,050	-0,653	-0,108	0,665311	0,005	
PMV*	0,999	-0,026	-0,050	-0,01317	-0,024	
PMVp,sv	-0,040	-0,471	-2,780	0,879283	10,963	
ePMV	0,041	0,578	0,982	0,337693	0,048	
PMVnew2	-0,00753	0,489797	0,111528	-3,61688	2,498885	

Fonte: Autoria Própria

A Matriz de Estrutura é apresentada na Tabela 30 e colaborou para entender as contribuições de cada variável a função discriminante. As variáveis acompanhadas por asteriscos são as mais relevantes para cada função discriminante, representando as maiores correlações para as funções.

Tabela 30 - Matriz de Estrutura: Maceió

	Função				
	1	2	3	4	5
PMV*	,999*	-0,011	-0,029	0,008087	-0,013459139
PMV2 ^b	,999*	-0,011	-0,029	0,008087	-0,013459139
ePMV	0,057191	664*	0,551	0,20095	0,259989845
PMV	0,041	413*	0,325	0,01156	0,281
PMVnsr ^b	0,041	413*	0,32528	0,01156	0,281
PMVnew	0,038	368*	0,221657	-0,05339	0,344
PMVbrv ^b	0,046	0,235	,506*	0,15443	0,374
PMVoo	0,046	0,235	,506*	0,15443	0,374
PMVnew2	0,043	0,384	,453*	-0,14173	0,289
IZA	0,041	0,221	,373*	0,236293	0,321
aPMV	0,041	0,336	,371*	-0,016	0,267
PMVp,sv	0,046	0,287	0,427232	0,168268	,441*
Adap PMV	0,003099	0,097561	-0,16659	0,026054	,351*

Fonte: Autoria Própria

Através dos coeficientes não padronizados das funções discriminantes, é possível descobrir a posição dos centroides dos grupos, que são as médias que permitem verificar os pontos característicos dos indivíduos no grupo e ainda demonstrar graficamente o nível de afastamento dos grupos. As coordenadas dos centroides estão contidas na Tabela 31.

Tabela 31 - Centroides dos grupos: Maceió

TSV	Função
-----	--------

(continua)

Tabela 31 - Centroides dos grupos: Maceió

	(conclusão)				
	1	2	3	4	5
1	-5,449	-0,124	-0,163	-0,1074	0,010
2	7,954	0,336	0,216	-0,09988	-0,042
3	-18,794	0,055	0,096	0,368883	-0,066
4	21,472	-0,507	0,109	0,191965	0,042
5	-32,3603	0,564736	0,876627	0,019785	0,535517
6	34,92065	1,709952	-1,34681	0,586833	0,166132

Fonte: Autoria Própria

A Tabela 32 apresenta um sumário das probabilidades calculadas a Priori a partir da amostra para se obter o ponto de corte crítico que tem por finalidade contribuir na compreensão da representação da distribuição normal das variáveis independentes (modelos de conforto térmico).

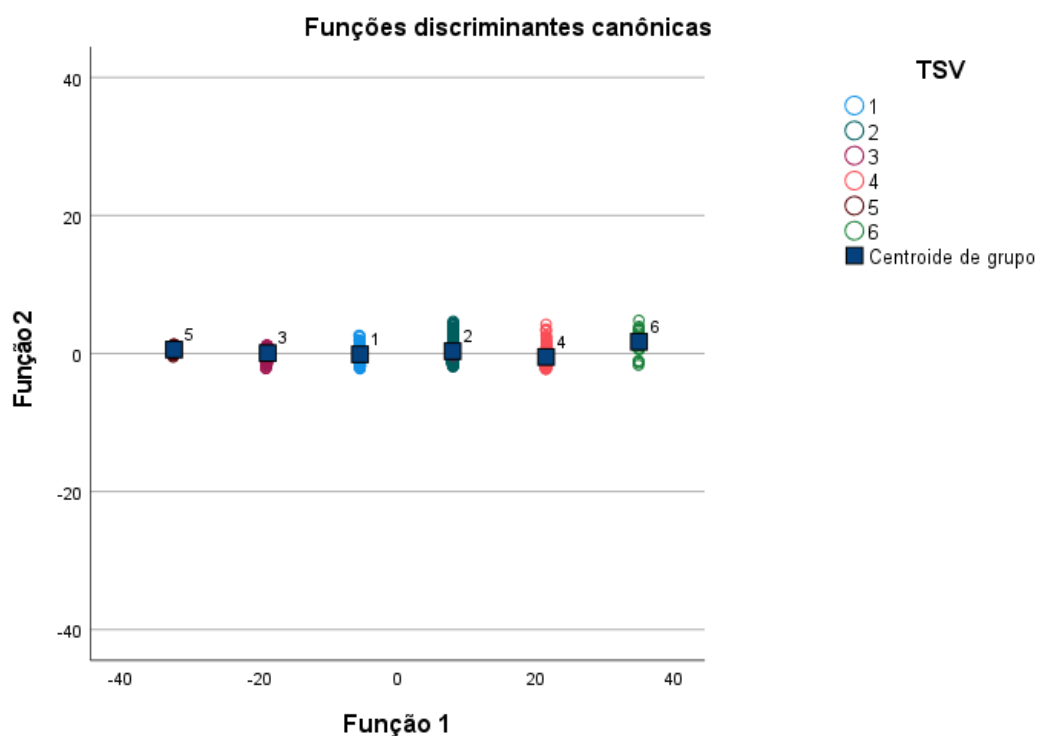
Tabela 32 - Probabilidades Calculadas a Priori: Maceió

TSV	A priori	Casos utilizados na análise	
		Ordenado	Ponderado
1	0,467	762	762,000
2	0,260	424	424,000
3	0,120	196	196,000
4	0,127	207	207,000
5	0,013	21	21,000
6	0,01227	20	20
Total	1	1630	1630

Fonte: Autoria Própria

No Gráfico 8, são representados os centroides de cada grupo nas funções discriminantes através de uma dispersão. É possível verificar como se comportaram (1 – neutro, 2 – levemente aquecido, 3 – levemente refrescado, 4 – aquecido, 5 – refrescado, 6 - quente).

Gráfico 8 - Centroides de cada grupo: Maceió



Fonte: Autoria Própria

A Tabela 33 apresenta os resultados da classificação, mostrando a efetividade do modelo e o acerto em suas classificações. Para Maceió, o modelo conseguiu acertar a classificação dos casos em 99,8%.

Tabela 33 - Resultados da Classificação: Maceió

TSV	Associação ao grupo prevista						Total
	1	2	3	4	5	6	
Contagem	1	761	1	0	0	0	762
	2	0	423	1	0	0	424
	3	0	1	195	0	0	196
	4	0	0	0	207	0	207
	5	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	21
	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20
Original	1	99,9	0,1	0,0	0,0	0,0	100
	2	0,0	99,8	0,2	0,0	0,0	100
	3	0	0,510204	99,4898	0	0	100
	4	0	0	0	100	0	100
	5	0	0	0	0	100	100
	6	0	0	0	0	0	100

a. 99,8% de casos agrupados originais classificados corretamente.

Fonte: Autoria Própria

4.5.3 Análise discriminante: Florianópolis

Os valores de TSV para Florianópolis foram classificados em 7 grupos (1 – neutro, 2 – levemente aquecido, 3 – levemente refrescado, 4 – aquecido, 5 – refrescado, 6 – quente, 7 - frio). Na Tabela 34 as estatísticas descritivas das variáveis para cada grupo estão presentes, através das médias e desvios padrões. Para o grupo 1 foram 2689 observações (indivíduos), no grupo 2 foram 949 observações, no grupo 3 foram 967 observações, no grupo 4 foram 234 observações, no grupo 5 foram 142 observações, no grupo 6 foram 42 observações e no grupo 7 foram 11 observações totalizando 5034 indivíduos.

Tabela 34 - Estatísticas Descritivas das Variáveis de cada grupo: Florianópolis
(continua)

TSV	Média	Desvio padrão	N válido	
			Observado	Ponderado
PMV	-0,545708	0,5389320	2689	2689,000
PMVnew	-0,254601	0,3111968	2689	2689,000
aPMV	1,022340	0,1750593	2689	2689,000
PMVoo	0,572807	0,3929062	2689	2689,000
PMVnsr	-0,805481	0,4419242	2689	2689,000
PMVbrv	0,563495	0,4722655	2689	2689,000
1 Adap PMV	-0,307239	0,5222358	2689	2689,000
IZA	0,955361	0,1416755	2689	2689,000
PMV*	0,644483	0,0198821	2689	2689,000
PMV2	0,235219	0,0315739	2689	2689,000
PMVp,sv	-0,689056	0,5739259	2689	2689,000
ePMV	-0,000427	0,0122164	2689	2689,000
PMVnew2	-0,152309	0,0568786	2689	2689,000
PMV	-0,306375	0,5437983	949	949,000
PMVnew	-0,115397	0,3176127	949	949,000
aPMV	1,047385	0,1962448	949	949,000
PMVoo	0,801543	0,3831172	949	949,000
PMVnsr	-0,609228	0,4459146	949	949,000
PMVbrv	0,838432	0,4604993	949	949,000
2 Adap PMV	-0,190891	0,9408511	949	949,000
IZA	1,036356	0,1418955	949	949,000
PMV*	1,159600	0,0000000	949	949,000
PMV2	1,053250	0,0000000	949	949,000
PMVp,sv	-0,344248	0,5615462	949	949,000
ePMV	-0,119397	0,2193114	949	949,000
PMVnew2	-0,126458	0,0599608	949	949,000
PMV	-0,728335	0,5762128	967	967,000
3 PMVnew	-0,361209	0,3394143	967	967,000
aPMV	0,982644	0,1717311	967	967,000

Tabela 34 - Estatísticas Descritivas das Variáveis de cada grupo: Florianópolis

(continua)

	PMVoo	0,406410	0,3620998	967	967,000
	PMVnsr	-0,955235	0,4724945	967	967,000
	PMVbrv	0,363489	0,4352368	967	967,000
	Adap PMV	-0,339413	0,4157371	967	967,000
	IZA	0,898614	0,1358474	967	967,000
	PMV*	0,130732	0,0468636	967	967,000
	PMV2	-0,580644	0,0744217	967	967,000
	PMVp,sv	-0,933270	0,5382138	967	967,000
	ePMV	-0,271319	0,2144253	967	967,000
	PMVnew2	-0,174020	0,0549784	967	967,000
	PMV	-0,113120	0,5110614	234	234,000
	PMVnew	0,001057	0,3170975	234	234,000
	aPMV	1,057589	0,2120210	234	234,000
	PMVoo	1,047133	0,3157530	234	234,000
	PMVnsr	-0,450758	0,4190704	234	234,000
	PMVbrv	1,133626	0,3795289	234	234,000
4	Adap PMV	-0,175835	0,8028770	234	234,000
	IZA	1,105418	0,1297326	234	234,000
	PMV*	1,675100	0,0000000	234	234,000
	PMV2	1,871890	0,0000000	234	234,000
	PMVp,sv	0,014286	0,4563518	234	234,000
	ePMV	-0,042020	0,2148457	234	234,000
	PMVnew2	-0,098939	0,0608262	234	234,000
	PMV	-0,555423	0,5684440	142	142,000
	PMVnew	-0,275037	0,3299907	142	142,000
	aPMV	0,982530	0,1726067	142	142,000
	PMVoo	0,427922	0,3221192	142	142,000
	PMVnsr	-0,813446	0,4661241	142	142,000
	PMVbrv	0,389346	0,3871809	142	142,000
5	Adap PMV	-0,305364	0,8885581	142	142,000
	IZA	0,930247	0,1502651	142	142,000
	PMV*	-0,386900	0,0000000	142	142,000
	PMV2	-1,402670	0,0000000	142	142,000
	PMVp,sv	-0,883231	0,4956475	142	142,000
	ePMV	-0,204192	0,2120603	142	142,000
	PMVnew2	-0,165133	0,0534362	142	142,000
	PMV	-0,006905	0,4550663	42	42,000
	PMVnew	0,072818	0,3003160	42	42,000
	aPMV	0,975524	0,1926292	42	42,000
	PMVoo	1,206620	0,2041797	42	42,000
6	PMVnsr	-0,363662	0,3731543	42	42,000
	PMVbrv	1,325325	0,2454199	42	42,000
	Adap PMV	-0,094470	0,5970012	42	42,000
	IZA	1,086441	0,1432635	42	42,000
	PMV*	2,190600	0,0000000	42	42,000

Tabela 34 - Estatísticas Descritivas das Variáveis de cada grupo: Florianópolis

					(conclusão)
	PMV2	2,690530	0,0000000	42	42,000
	PMVp,sv	0,213083	0,2862913	42	42,000
	ePMV	-0,001191	0,2009922	42	42,000
	PMVnew2	-0,073141	0,0457724	42	42,000
	PMV	-1,500909	1,1085256	11	11,000
	PMVnew	-0,860426	0,7074608	11	11,000
	aPMV	0,950722	0,1786444	11	11,000
	PMVoo	0,262694	0,3869283	11	11,000
	PMVnsr	-1,588745	0,9089910	11	11,000
7	PMVbrv	0,190745	0,4650802	11	11,000
	Adap PMV	-0,420046	0,1481629	11	11,000
	IZA	0,847164	0,1419547	11	11,000
	PMV*	-0,902400	0,0000000	11	11,000
	PMV2	-2,221310	0,0000000	11	11,000
	PMVp,sv	-1,129652	0,5739469	11	11,000
	ePMV	-0,530926	0,3637626	11	11,000
	PMVnew2	-0,237636	0,0824377	11	11,000
	PMV	-0,513429	0,5736773	5034	5034,000
	PMVnew	-0,236122	0,3354278	5034	5034,000
	aPMV	1,019405	0,1819542	5034	5034,000
	PMVoo	0,606536	0,4148277	5034	5034,000
	PMVnsr	-0,779012	0,4704153	5034	5034,000
	PMVbrv	0,604037	0,4986147	5034	5034,000
Total	Adap PMV	-0,283796	0,6355182	5034	5034,000
	IZA	0,966853	0,1504347	5034	5034,000
	PMV*	0,671237	0,4530282	5034	5034,000
	PMV2	0,277705	0,7194317	5034	5034,000
	PMVp,sv	-0,637185	0,6092811	5034	5034,000
	ePMV	-0,083738	0,1834268	5034	5034,000
	PMVnew2	-0,149013	0,0606465	5034	5034,000

Fonte: Autoria Própria

Na sequência, o teste de Lambda de Wilks (Tabela 35) é realizado para testar as hipóteses de que as médias dos grupos são iguais ou se há pelo menos uma das médias diferentes. Dessa maneira, as hipóteses testadas são:

- H_0 : médias dos grupos são iguais;
- H_1 : média dos grupos são diferentes.

Nos resultados dos testes apresentados na tabela 35, todos os valores de p foram menores que zero, dessa maneira aceita-se a hipótese alternativa (H_1) de que existem médias dos grupos são diferentes, isso se deve ao valor de $p < 0,05$, que é o nível de significância. Dessa maneira, todas as variáveis passaram no pressuposto da igualdade das matrizes de variância e covariância, sendo significantes para a

diferenciação entre os grupos e com um maior poder de discriminação, sendo o valor de p o valor responsável pelas diferenças entre as médias.

Tabela 35 - Teste de Igualdade de Médias: Florianópolis

	Lambda de Wilks	F	df1	df2	p.
PMV	0,911	81,839	6	5027	0,000
PMVnew	0,909	83,918	6	5027	0,000
aPMV	0,984	14,007	6	5027	0,000
PMVoo	0,833	167,439	6	5027	0,000
PMVnsr	0,911	81,839	6	5027	0,000
PMVbrv	0,833	167,439	6	5027	0,000
Adap PMV	0,992	7,134	6	5027	0,000
IZA	0,869	125,940	6	5027	0,000
PMV*	0,003	270962,289	6	5027	0,000
PMV2	0,003	270962,289	6	5027	0,000
PMVp,sv	0,832	169,502	6	5027	0,000
ePMV	0,652	446,258	6	5027	0,000
PMVnew2	0,888	105,399	6	5027	0,000

Fonte: Autoria Própria

Como pode ser visto na Tabela 36, a Matriz de Covariância e Correlação consta alguns valores em vermelho que representam o maior nível de correlação positiva que aconteceu entre as variáveis **PMVoo** e **PMVp,sv** (0,989) e **PMVbrv** e **PMVp,sv** (0,989). O valor em verde representa a menor correlação positiva entre as variáveis **PMV*** e **PMVnew** (0,001) e **PMV2** e **PMVnew** (0,001). Ao longo das análises foi possível verificar quais são as variáveis que melhor discriminam para os grupos.

Tabela 36 - Matriz de Covariância e Correlação: Florianópolis

		PMV	PMVnew	aPMV	PMVo	PMVnsr	PMVbrv	Adap PMV	IZA	PMV*	PMV2	PMVp,sv	ePMV	PMVnew2
Covariância	PMV	0,300	0,165	-0,004	0,082	0,246	0,099	0,052	0,042	3,330E-05	5,289E-05	0,134	0,056	0,027
	PMVnew	0,165	0,102	0,001	0,043	0,135	0,052	0,028	0,024	9,466E-06	1,503E-05	0,073	0,031	0,015
	aPMV	-0,004	0,001	0,033	0,022	-0,003	0,027	0,002	0,014	-3,444E-05	-5,470E-05	0,032	-0,003	-4,175E-05
	PMVo	0,082	0,043	0,022	0,144	0,067	0,173	0,014	0,037	0,000	0,000	0,208	0,012	0,013
	PMVnsr	0,246	0,135	-0,003	0,067	0,202	0,081	0,043	0,034	2,731E-05	4,337E-05	0,110	0,046	0,022
	PMVbrv	0,099	0,052	0,027	0,173	0,081	0,207	0,017	0,044	0,000	0,000	0,251	0,015	0,015
	Adap PMV	0,052	0,028	0,002	0,014	0,043	0,017	0,401	0,007	7,134E-05	0,000	0,022	0,011	0,005
	IZA	0,042	0,024	0,014	0,037	0,034	0,044	0,007	0,020	-5,248E-05	-8,334E-05	0,057	0,007	0,004
	PMV*	3,330E-05	9,466E-06	-3,444E-05	0,000	2,731E-05	0,000	7,134E-05	-5,248E-05	0,001	0,001	0,000	-2,269E-05	-2,116E-05
	PMV2	5,289E-05	1,503E-05	-5,470E-05	0,000	4,337E-05	0,000	0,000	-8,334E-05	0,001	0,002	0,000	-3,604E-05	-3,360E-05
Correlação	PMVp,sv	0,134	0,073	0,032	0,208	0,110	0,251	0,022	0,057	0,000	0,000	0,309	0,021	0,019
	ePMV	0,056	0,031	-0,003	0,012	0,046	0,015	0,011	0,007	-2,269E-05	-3,604E-05	0,021	0,022	0,005
	PMVnew2	0,027	0,015	-4,175E-05	0,013	0,022	0,015	0,005	0,004	-2,116E-05	-3,360E-05	0,019	0,005	0,003
	PMV	1,000	0,938	-0,040	0,396	1,000	0,396	0,150	0,544	0,002	0,002	0,438	0,688	0,875
	PMVnew	0,938	1,000	0,019	0,354	0,938	0,354	0,136	0,541	0,001	0,001	0,413	0,653	0,835
	aPMV	-0,040	0,019	1,000	0,326	-0,040	0,326	0,018	0,544	-0,008	-0,008	0,318	-0,101	-0,004
	PMVo	0,396	0,354	0,326	1,000	0,396	1,000	0,058	0,696	-0,019	-0,019	0,989	0,219	0,582
	PMVbrv	0,396	0,354	0,326	1,000	0,396	1,000	0,058	0,696	-0,019	-0,019	0,989	0,219	0,582

Tabela 36 - Matriz de Covariância e Correlação: Florianópolis

(conclusão)

Adap PMV	0,150	0,136	0,018	0,058	0,150	0,058	1,000	0,079	0,004	0,004	0,062	0,112	0,144
IZA	0,544	0,541	0,544	0,696	0,544	0,696	0,079	1,000	-0,015	-0,015	0,734	0,346	0,532
PMV*	0,002	0,001	-0,008	-0,019	0,002	-0,019	0,004	-0,015	1,000	1,000	-0,019	-0,006	-0,015
PMV2	0,002	0,001	-0,008	-0,019	0,002	-0,019	0,004	-0,015	1,000	1,000	-0,019	-0,006	-0,015
PMVp,sv	0,438	0,413	0,318	0,989	0,438	0,989	0,062	0,734	-0,019	-0,019	1,000	0,253	0,599
ePMV	0,688	0,653	-0,101	0,219	0,688	0,219	0,112	0,346	-0,006	-0,006	0,253	1,000	0,587
PMVnew2	0,875	0,835	-0,004	0,582	0,875	0,582	0,144	0,532	-0,015	-0,015	0,599	0,587	1,000

a. A matriz de covariâncias possui 5027 graus de liberdade.

Fonte: Autoria Própria

A Tabela 37 corresponde as Matrizes de covariância existentes para cada grupo. Através dela é possível observar a homogeneidade de covariância, que consiste em um dos pressupostos para se aplicar a análise discriminante. Na sequência, o teste M de Box é realizado para fins de confirmação deste pressuposto de homogeneidade.

Tabela 37 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Florianópolis

(continua)

TSV	PMV	PMVnew	aPMV	PMVoo	PMVnsr	PMVbrv	Adap PMV	IZA	PMV*	PMV2	PMVp,sv	ePMV	PMVnew2
PMV	0,290	0,158	0,000	0,083	0,238	0,100	0,045	0,041	-1,315E-05	-2,089E-05	0,134	0,000	0,027
PMVnew	0,158	0,097	0,003	0,042	0,129	0,051	0,024	0,024	4,389E-05	6,971E-05	0,072	2,627E-05	0,015
aPMV	0,000	0,003	0,031	0,024	0,000	0,029	0,007	0,015	0,000	0,000	0,036	4,021E-05	0,000
PMVoo	0,083	0,042	0,024	0,154	0,068	0,186	0,013	0,039	0,000	0,000	0,223	9,795E-05	0,013
1 PMVnsr	0,238	0,129	0,000	0,068	0,195	0,082	0,037	0,034	-1,079E-05	-1,713E-05	0,110	0,000	0,022
PMVbrv	0,100	0,051	0,029	0,186	0,082	0,223	0,016	0,047	0,000	0,000	0,269	0,000	0,016
Adap PMV	0,045	0,024	0,007	0,013	0,037	0,016	0,273	0,008	8,523E-05	0,000	0,020	2,590E-05	0,004
IZA	0,041	0,024	0,015	0,039	0,034	0,047	0,008	0,020	8,982E-05	0,000	0,060	5,472E-05	0,004

Tabela 37 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Florianópolis

(continua)

	PMV*	-1,315E-05	4,389E-05	0,000	0,000	-1,079E-05	0,000	8,523E-05	8,982E-05	0,000	0,001	0,000	-8,974E-05	-2,536E-05
	PMV2	-2,089E-05	6,971E-05	0,000	0,000	-1,713E-05	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	-4,028E-05
	PMVp,s _v	0,134	0,072	0,036	0,223	0,110	0,269	0,020	0,060	0,000	0,000	0,329	0,000	0,020
	ePMV	0,000	2,627E-05	4,021E-05	9,795E-05	0,000	0,000	2,590E-05	5,472E-05	-8,974E-05	0,000	0,000	0,000	1,941E-05
	PMVne _{w2}	0,027	0,015	0,000	0,013	0,022	0,016	0,004	0,004	-2,536E-05	-4,028E-05	0,020	1,941E-05	0,003
	PMV	0,296	0,161	-0,028	0,092	0,242	0,111	0,072	0,046	-5,217E-15	6,776E-15	0,157	0,119	0,028
	PMVne _w	0,161	0,101	-0,012	0,051	0,132	0,061	0,038	0,026	-2,368E-15	2,189E-15	0,090	0,065	0,016
	aPMV	-0,028	-0,012	0,039	0,012	-0,023	0,014	-0,011	0,009	2,135E-14	-2,374E-14	0,013	-0,013	-0,003
	PMVoo	0,092	0,051	0,012	0,147	0,076	0,176	0,024	0,037	2,003E-14	-1,463E-14	0,212	0,033	0,013
	PMVnsr	0,242	0,132	-0,023	0,076	0,199	0,091	0,059	0,038	-1,163E-14	1,115E-14	0,128	0,097	0,023
	PMVbrv	0,111	0,061	0,014	0,176	0,091	0,212	0,029	0,045	1,775E-14	-1,499E-14	0,255	0,040	0,016
2	Adap PMV	0,072	0,038	-0,011	0,024	0,059	0,029	0,885	0,010	-3,058E-15	4,377E-15	0,039	0,028	0,008
	IZA	0,046	0,026	0,009	0,037	0,038	0,045	0,010	0,020	1,991E-14	-2,135E-14	0,059	0,018	0,004
	PMV*	-5,217E-15	-2,368E-15	2,135E-14	2,003E-14	-1,163E-14	1,775E-14	-3,058E-15	1,991E-14	0,000	-2,398E-16	-7,375E-15	-2,368E-15	-2,668E-15
	PMV2	6,776E-15	2,189E-15	-2,374E-14	-1,463E-14	1,115E-14	-1,499E-14	4,377E-15	-2,135E-14	-2,398E-16	0,000	6,896E-15	2,368E-15	2,398E-15
	PMVp,s _v	0,157	0,090	0,013	0,212	0,128	0,255	0,039	0,059	-7,375E-15	6,896E-15	0,315	0,058	0,021
	ePMV	0,119	0,065	-0,013	0,033	0,097	0,040	0,028	0,018	-2,368E-15	2,368E-15	0,058	0,048	0,011
	PMVne _{w2}	0,028	0,016	-0,003	0,013	0,023	0,016	0,008	0,004	-2,668E-15	2,398E-15	0,021	0,011	0,004

Tabela 37 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Florianópolis

													(continua)	
	PMV	0,332	0,184	0,016	0,065	0,272	0,079	0,054	0,038	0,000	0,000	0,102	0,122	0,028
	PMVnew	0,184	0,115	0,013	0,034	0,151	0,041	0,031	0,022	-7,288E-05	0,000	0,055	0,067	0,016
	aPMV	0,016	0,013	0,029	0,036	0,013	0,043	0,005	0,019	-0,001	-0,001	0,054	0,003	0,003
	PMVoo	0,065	0,034	0,036	0,131	0,054	0,158	0,008	0,036	-0,001	-0,002	0,194	0,016	0,010
	PMVnsr	0,272	0,151	0,013	0,054	0,223	0,064	0,044	0,031	0,000	0,000	0,083	0,100	0,023
	PMVbrv	0,079	0,041	0,043	0,158	0,064	0,189	0,010	0,043	-0,001	-0,002	0,233	0,019	0,012
3	Adap PMV	0,054	0,031	0,005	0,008	0,044	0,010	0,173	0,004	0,000	0,000	0,014	0,020	0,005
	IZA	0,038	0,022	0,019	0,036	0,031	0,043	0,004	0,018	-0,001	-0,001	0,054	0,012	0,004
	PMV*	0,000	-7,288E-05	-0,001	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,002	0,003	-0,002	0,000	-3,951E-05
	PMV2	0,000	0,000	-0,001	-0,002	0,000	-0,002	0,000	-0,001	0,003	0,006	-0,003	0,000	-6,275E-05
	PMVp,sv	0,102	0,055	0,054	0,194	0,083	0,233	0,014	0,054	-0,002	-0,003	0,290	0,026	0,015
	ePMV	0,122	0,067	0,003	0,016	0,100	0,019	0,020	0,012	0,000	0,000	0,026	0,046	0,010
	PMVnew2	0,028	0,016	0,003	0,010	0,023	0,012	0,005	0,004	-3,951E-05	-6,275E-05	0,015	0,010	0,003
	PMV	0,261	0,151	-0,046	0,087	0,214	0,104	0,036	0,041	-9,149E-16	5,184E-16	0,152	0,110	0,026
	PMVnew	0,151	0,101	-0,027	0,045	0,124	0,055	0,020	0,024	-1,144E-17	-1,167E-17	0,089	0,064	0,014
	arm	-0,046	-0,027	0,045	-0,009	-0,037	-0,011	-0,010	0,003	1,049E-14	-4,879E-15	-0,022	-0,020	-0,005
4	PMVoo	0,087	0,045	-0,009	0,100	0,071	0,120	0,021	0,019	9,515E-15	-5,611E-15	0,138	0,035	0,014
	PMVnsr	0,214	0,124	-0,037	0,071	0,176	0,085	0,030	0,033	-4,391E-15	1,830E-15	0,125	0,090	0,021
	PMVbrv	0,104	0,055	-0,011	0,120	0,085	0,144	0,026	0,023	7,807E-15	-8,539E-15	0,166	0,042	0,017
	Adap PMV	0,036	0,020	-0,010	0,021	0,030	0,026	0,645	0,003	-1,708E-15	5,489E-16	0,032	0,014	0,006
	IZA	0,041	0,024	0,003	0,019	0,033	0,023	0,003	0,017	9,271E-15	-5,611E-15	0,033	0,017	0,003
	PMV*	-9,149E-16	-1,144E-17	1,049E-14	9,515E-15	-4,391E-15	7,807E-15	-1,708E-15	9,271E-15	0,000	2,391E-14	1,067E-16	-3,812E-16	-9,454E-16

Tabela 37 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Florianópolis

(continua)

	5,184E-16	-1,167E-17	-4,879E-15	-5,611E-15	1,830E-15	-8,539E-15	5,489E-16	-5,611E-15	2,391E-14	0,000	-4,422E-16	1,830E-16	5,489E-16
PMV2													
PMVp,s _v	0,152	0,089	-0,022	0,138	0,125	0,166	0,032	0,033	1,067E-16	-4,422E-16	0,208	0,062	0,021
ePMV	0,110	0,064	-0,020	0,035	0,090	0,042	0,014	0,017	-3,812E-16	1,830E-16	0,062	0,046	0,011
PMVne _{w2}	0,026	0,014	-0,005	0,014	0,021	0,017	0,006	0,003	-9,454E-16	5,489E-16	0,021	0,011	0,004
PMV	0,323	0,175	0,006	0,103	0,265	0,123	0,053	0,053	4,535E-16	-1,008E-16	0,158	0,120	0,028
PMVne _w	0,175	0,109	0,007	0,052	0,144	0,063	0,026	0,029	2,898E-16	-5,039E-17	0,081	0,065	0,016
aPMV	0,006	0,007	0,030	0,023	0,005	0,028	-0,004	0,015	-9,575E-16	-6,047E-16	0,035	0,001	0,001
PMVoo	0,103	0,052	0,023	0,104	0,084	0,125	-0,013	0,041	-3,024E-16	7,055E-16	0,159	0,036	0,011
PMVnsr	0,265	0,144	0,005	0,084	0,217	0,101	0,043	0,044	6,047E-16	-2,016E-16	0,129	0,098	0,023
PMVbrv	0,123	0,063	0,028	0,125	0,101	0,150	-0,015	0,049	-3,276E-16	4,031E-16	0,191	0,043	0,013
5 Adap PMV	0,053	0,026	-0,004	-0,013	0,043	-0,015	0,790	-0,005	3,024E-16	-1,512E-16	-0,022	0,019	0,004
IZA	0,053	0,029	0,015	0,041	0,044	0,049	-0,005	0,023	-6,047E-16	4,031E-16	0,063	0,019	0,005
PMV*	4,535E-16	2,898E-16	-9,575E-16	-3,024E-16	6,047E-16	-3,276E-16	3,024E-16	-6,047E-16	0,000	-2,016E-16	9,071E-16	2,268E-16	1,386E-16
PMV2	-1,008E-16	-5,039E-17	-6,047E-16	7,055E-16	-2,016E-16	4,031E-16	-1,512E-16	4,031E-16	-2,016E-16	0,000	-1,008E-15	2,520E-16	-1,008E-16
PMVp,s _v	0,158	0,081	0,035	0,159	0,129	0,191	-0,022	0,063	9,071E-16	-1,008E-15	0,246	0,055	0,016
ePMV	0,120	0,065	0,001	0,036	0,098	0,043	0,019	0,019	2,268E-16	2,520E-16	0,055	0,045	0,011
PMVne _{w2}	0,028	0,016	0,001	0,011	0,023	0,013	0,004	0,005	1,386E-16	-1,008E-16	0,016	0,011	0,003

Tabela 37 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Florianópolis

(continua)

6	PMV	0,207	0,126	-0,024	0,024	0,170	0,029	0,028	0,047	7,582E-17	-2,166E-17	0,076	0,091	0,014
	PMVnew	0,126	0,090	-0,015	0,003	0,103	0,004	0,005	0,023	-1,733E-16	8,665E-17	0,042	0,055	0,006
	aPMV	-0,024	-0,015	0,037	-0,007	-0,019	-0,008	-0,004	0,004	-3,466E-15	3,466E-16	-0,014	-0,010	-0,003
	PMVoo	0,024	0,003	-0,007	0,042	0,020	0,050	0,016	0,008	-3,466E-15	0,000	0,050	0,010	0,007
	PMVnsr	0,170	0,103	-0,019	0,020	0,139	0,024	0,023	0,038	6,932E-16	-8,665E-16	0,062	0,075	0,011
	PMVbrv	0,029	0,004	-0,008	0,050	0,024	0,060	0,019	0,010	-4,506E-15	1,386E-15	0,060	0,013	0,008
	Adap PMV	0,028	0,005	-0,004	0,016	0,023	0,019	0,356	0,014	1,300E-16	-4,333E-17	0,025	0,012	0,004
	IZA	0,047	0,023	0,004	0,008	0,038	0,010	0,014	0,021	-3,119E-15	1,040E-15	0,018	0,021	0,002
	PMV*	7,582E-17	-1,733E-16	-3,466E-15	-3,466E-15	6,932E-16	-4,506E-15	1,300E-16	-3,119E-15	0,000	-7,625E-15	-6,066E-16	-1,692E-17	1,516E-16
	PMV2	-2,166E-17	8,665E-17	3,466E-16	0,000	-8,665E-16	1,386E-15	-4,333E-17	1,040E-15	-7,625E-15	0,000	7,799E-16	-9,478E-18	-1,300E-16
	PMVp,sv	0,076	0,042	-0,014	0,050	0,062	0,060	0,025	0,018	-6,066E-16	7,799E-16	0,082	0,033	0,010
	ePMV	0,091	0,055	-0,010	0,010	0,075	0,013	0,012	0,021	-1,692E-17	-9,478E-18	0,033	0,040	0,006
	PMVnew ₂	0,014	0,006	-0,003	0,007	0,011	0,008	0,004	0,002	1,516E-16	-1,300E-16	0,010	0,006	0,002
	PMV	1,229	0,780	0,138	0,327	1,008	0,393	0,156	0,109	0,000	1,421E-15	0,490	0,402	0,091
	PMVnew	0,780	0,501	0,090	0,201	0,639	0,241	0,100	0,071	0,000	7,105E-16	0,302	0,256	0,058
7	aPMV	0,138	0,090	0,032	0,060	0,113	0,072	0,019	0,025	-1,776E-16	-7,105E-16	0,092	0,044	0,011
	PMVoo	0,327	0,201	0,060	0,150	0,268	0,180	0,039	0,048	-8,882E-17	-1,776E-16	0,222	0,100	0,024
	PMVnsr	1,008	0,639	0,113	0,268	0,826	0,323	0,128	0,089	-1,776E-16	7,105E-16	0,402	0,329	0,074

Tabela 37 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Florianópolis

(continua)

	PMVbrv	0,393	0,241	0,072	0,180	0,323	0,216	0,046	0,058	-2,220E-17	-8,882E-17	0,266	0,121	0,029
	Adap PMV	0,156	0,100	0,019	0,039	0,128	0,046	0,022	0,015	0,000	1,776E-16	0,060	0,052	0,012
	IZA	0,109	0,071	0,025	0,048	0,089	0,058	0,015	0,020	0,000	-7,105E-16	0,073	0,035	0,009
	PMV*	0,000	0,000	-1,776E-16	-8,882E-17	-1,776E-16	-2,220E-17	0,000	0,000	0,000	7,105E-16	0,000	8,882E-17	0,000
	PMV2	1,421E-15	7,105E-16	-7,105E-16	-1,776E-16	7,105E-16	-8,882E-17	1,776E-16	-7,105E-16	7,105E-16	0,000	3,553E-16	1,776E-16	2,665E-16
	PMVp,s v	0,490	0,302	0,092	0,222	0,402	0,266	0,060	0,073	0,000	3,553E-16	0,329	0,151	0,037
	ePMV	0,402	0,256	0,044	0,100	0,329	0,121	0,052	0,035	8,882E-17	1,776E-16	0,151	0,132	0,030
	PMVnew2	0,091	0,058	0,011	0,024	0,074	0,029	0,012	0,009	0,000	2,665E-16	0,037	0,030	0,007
	PMV	0,329	0,182	-0,001	0,110	0,270	0,132	0,061	0,051	0,072	0,114	0,175	0,063	0,031
	PMVnew	0,182	0,113	0,003	0,059	0,149	0,071	0,033	0,030	0,043	0,068	0,098	0,035	0,017
	aPMV	-0,001	0,003	0,033	0,025	-0,001	0,031	0,003	0,015	0,009	0,014	0,037	-0,001	0,000
	PMVoo	0,110	0,059	0,025	0,172	0,090	0,207	0,023	0,046	0,074	0,117	0,250	0,019	0,016
	PMVnsr	0,270	0,149	-0,001	0,090	0,221	0,109	0,050	0,042	0,059	0,093	0,144	0,052	0,025
	PMVbrv	0,132	0,071	0,031	0,207	0,109	0,249	0,028	0,055	0,089	0,141	0,301	0,023	0,019
Total	Adap PMV	0,061	0,033	0,003	0,023	0,050	0,028	0,404	0,010	0,023	0,037	0,036	0,011	0,006
	IZA	0,051	0,030	0,015	0,046	0,042	0,055	0,010	0,023	0,023	0,037	0,071	0,009	0,005
	PMV*	0,072	0,043	0,009	0,074	0,059	0,089	0,023	0,023	0,205	0,326	0,108	0,023	0,009
	PMV2	0,114	0,068	0,014	0,117	0,093	0,141	0,037	0,037	0,326	0,518	0,172	0,037	0,014
	PMVp,s v	0,175	0,098	0,037	0,250	0,144	0,301	0,036	0,071	0,108	0,172	0,371	0,030	0,024
	ePMV	0,063	0,035	-0,001	0,019	0,052	0,023	0,011	0,009	0,023	0,037	0,030	0,034	0,006
	PMVnew2	0,031	0,017	0,000	0,016	0,025	0,019	0,006	0,005	0,009	0,014	0,024	0,006	0,004

Tabela 37 - Matrizes de Covariância para todos os grupos de Florianópolis

(conclusão)

a. A matriz de covariâncias total possui 5033 graus de liberdade.

Fonte: Autoria Própria

A matriz de variância/covariância de todas as variáveis nos 7 grupos foi:

$$S = \begin{pmatrix} 0,329 & 0,182 & -0,001 & 0,110 & 0,270 & 0,132 & 0,061 & 0,051 & 0,072 & 0,114 & 0,175 & 0,063 & 0,031 \\ 0,000 & 0,113 & 0,003 & 0,059 & 0,149 & 0,071 & 0,033 & 0,030 & 0,043 & 0,068 & 0,098 & 0,035 & 0,017 \\ 0,000 & 0,000 & 0,033 & 0,025 & -0,001 & 0,031 & 0,003 & 0,015 & 0,009 & 0,014 & 0,037 & -0,001 & 0,000 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,172 & 0,090 & 0,207 & 0,023 & 0,046 & 0,074 & 0,117 & 0,250 & 0,019 & 0,016 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,221 & 0,109 & 0,050 & 0,042 & 0,059 & 0,093 & 0,144 & 0,052 & 0,025 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,249 & 0,028 & 0,055 & 0,089 & 0,141 & 0,301 & 0,023 & 0,019 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,404 & 0,010 & 0,023 & 0,037 & 0,036 & 0,011 & 0,006 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,023 & 0,023 & 0,037 & 0,071 & 0,009 & 0,005 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,205 & 0,326 & 0,108 & 0,023 & 0,009 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,518 & 0,172 & 0,037 & 0,014 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,371 & 0,030 & 0,024 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,034 & 0,006 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,004 \end{pmatrix}$$

Na Tabela 38, o teste M de Box permite analisar a homogeneidade das matrizes de covariância para cada um dos grupos e suas variáveis. Duas hipóteses são levantadas:

- H_0 : matrizes são homogêneas;
- H_1 : matrizes não são homogêneas.

Tabela 38 - Teste M de Box: Florianópolis

	M de Box	15466,448
	Aprox.	280,101
F	df1	55
	df2	11483948,468
	p.	0,000

Fonte: Autoria Própria

O valor de p foi menor que a significância de 0,05, com isso têm evidências que as matrizes não são homogêneas, com isso, aceita-se H_1 . O pressuposto de homogeneidade das matrizes de variância e covariância não foram atendidos, porém é importante ressaltar que no teste M de Box o seu resultado é influenciado pelo tamanho da amostra e algumas possíveis diferenças que possam ser encontradas nas amostras. Os autovalores permitem verificar o quão diferentes são os grupos na função discriminante, portanto, quanto mais afastado de 1 forem os valores do autovalor maiores serão as varrições entre os grupos que serão explicadas pela função determinante. Na Tabela 39 estão presentes os autovalores para Florianópolis, onde a primeira função discriminante apresenta um percentual de 99,7% $[324,628/(324,628+0,862+0,19+0,009+0,008+0,000)]$, ou seja, esta primeira função é a que mais contribui para a demonstração de diferenças entre os grupos, a segunda função contém um poder discriminante de 0,3% $[0,862/(324,628+0,862+0,19+0,009+0,008+0,000)]$ da variância entre os grupos e a terceira, quarta, quinta e sexta função possuem um poder discriminante de 0,00% $\{[0,19/(324,628+0,862+0,19+0,009+0,008+0,000)]$, $[0,09/(324,628+0,862+0,19+0,009+0,008+0,000)]$, $[0,08/(324,628+0,862+0,19+0,009+0,008+0,000)]$, $[0,00/(324,628+0,862+0,19+0,009+0,008+0,000)]\}$, respectivamente.

Tabela 39 - Autovalores: Florianópolis

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	324,628 ^a	99,7	99,7	0,998
2	,862 ^a	0,3	100,0	0,680
3	,019 ^a	0,0	100,0	0,135
4	,009 ^a	0,0	100,0	0,094
5	,008 ^a	0,0	100,0	0,089
6	,000 ^a	0,0	100,0	0,019

a. As primeiras 6 funções discriminantes canônicas foram usadas na análise.

Fonte: Autoria Própria

Para testar a significância das funções discriminantes, o teste de hipótese de Lambda de Wilks foi realizado (Tabela 40). O cálculo é feito através do determinante da matriz da soma dos quadrados e dos produtos cruzados dentro dos grupos e produtos cruzados total. As hipóteses testadas foram:

- H_0 : média da população dos grupos são iguais;
- H_1 : média da população dos grupos são diferentes.

Tabela 40 - Lambda de Wilks e Qui-quadrado: Florianópolis

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	p.
1 até 6	0,002	32372,211	60	0,000
2 até 6	0,518	3301,688	45	0,000
3 até 6	0,965	178,819	32	0,000
4 até 6	0,982962	86,3438681	21	6,84E-10
5 até 6	0,992	42,182	12	0,000
6	0,999645	1,7817646	5	0,878442

Fonte: Autoria Própria

O valor de p é analisado nesse teste, se $p < 0,05$, aceita-se que as médias das populações são diferentes (H_1). Na primeira linha, as seis funções em conjunto são testadas, dessa maneira é possível concluir que pelo menos a primeira função discriminante é muito significativa. Na linha seguinte, o teste é feito com a segunda função até a sexta, concluindo que pelo menos a segunda função discriminante é significativa. Na sequência, o teste é realizado com a terceira até a sexta função discriminante, também sendo significativa devido ao valor de p. Na quarta linha, o teste é realizado com a quarta até a sexta função, apresentando significância. Na penúltima linha, o teste foi realizado com a quinta e sexta função, sendo significantes. O último teste é composto somente pela sexta função, onde o valor de p é de 0,878442, dessa forma não houve significância pois o valor aceitável de p é de até 0,05. Quanto mais próximo de zero no teste de Lambda de Wilks, melhor será a função discriminante. Os valores de Qui-Quadrado servem para testar a significância das funções discriminantes para verificar a capacidade de separação das observações (indivíduos) em grupos.

Na Tabela 41 são apresentados os coeficientes não padronizados das funções discriminantes para cada uma das variáveis independentes (modelos de conforto térmico).

Tabela 41 - Coeficientes das Funções Discriminantes: Florianópolis

	Função					
	1	2	3	4	5	6
PMV	-0,180	-1,401	1,712	2,570714	0,788	2,506312
PMVnew	-0,041	-0,564	0,060	-3,19023	4,755	-3,96653
aPMV	-0,023	1,421	-0,525	4,875176	1,754	0,381103
PMVoo	-0,253	-0,061	0,064	-8,91167	9,347	-3,0215
Adap PMV	-0,005	-0,083	0,131	0,047652	-0,064	1,327886
IZA	0,204	-1,592	3,196	-0,45343	-6,544	-4,27524
PMV*	39,757	-0,411	-0,858	0,503842	0,094	0,068269
PMVp,sv	0,190	0,082	0,712	5,026612	-6,358	2,592154
ePMV	0,228	9,318	0,677	-0,50512	-0,387	0,176519
PMVnew2	1,551	1,594	-13,584	-6,93943	-14,991	-2,49769
(Constante)	-26,4382	0,597754	-2,60082	3,242317	-6,00145	7,553205

Fonte: Autoria Própria

Através da Tabela 41, é possível escrever cada função da seguinte maneira (equação 35, 36, 37, 38, 39 e 40):

$$Z_1 = -26,4382 - 0,180PMV - 0,041PMV_{new} - 0,023aPMV - 0,253PMV_{oo} - 0,005AdapPMV + 0,204IZA + 39,757PMV * + 0,190PMV_{p,sv} + 0,228ePMV + 1,551PMV_{new2} \quad (35)$$

$$Z_2 = 0,597754 - 1,401PMV - 0,564PMV_{new} + 1,421aPMV - 0,061PMV_{oo} - 0,083AdapPMV - 1,592IZA - 0,411PMV * + 0,082PMV_{p,sv} + 9,318ePMV + 1,594PMV_{new2} \quad (36)$$

$$Z_3 = -2,600082 + 1,712PMV + 0,060PMV_{new} - 0,525aPMV + 0,064PMV_{oo} + 0,131AdapPMV + 3,196IZA - 0,858PMV * + 0,712PMV_{p,sv} + 0,677ePMV - 13,584PMV_{new2} \quad (37)$$

$$Z_4 = 3,242317 + 2,570714PMV - 3,19023PMV_{new} + 4,875176aPMV - 8,91167PMV_{oo} + 0,047652AdapPMV - 0,45343IZA + 0,503842PMV * + 5,026612PMV_{p,sv} - 0,50512ePMV - 6,93943PMV_{new2} \quad (38)$$

$$Z_5 = -6,00145 + 0,788PMV + 4,755PMV_{new} + 1,754aPMV + 9,347PMV_{oo} - 0,064AdapPMV - 6,544IZA + 0,094PMV * - 6,358PMV_{p,sv} - 0,387ePMV - 14,991PMV_{new2} \quad (39)$$

$$Z_6 = 7,553205 + 2,506312PMV - 3,96653PMV_{new} + 0,381103aPMV - 3,0215PMV_{oo} + 1,327886AdapPMV - 4,27524IZA + 0,068269PMV^* + 2,592154PMV_{p,sv} + 0,176519ePMV - 2,49769PMV_{new2} \quad (40)$$

Na Tabela 42, os valores dos coeficientes padronizados das funções discriminantes são apresentados. Esses valores são conhecidos por pesos discriminantes, sendo importantes para a avaliação da importância de cada variável.

Tabela 42 - Coeficientes Padronizados das Funções Discriminantes: Florianópolis

	Função					
	1	2	3	4	5	6
PMV	-0,099	-0,768	0,938	1,408454	0,432	1,373169
PMV _{new}	-0,013	-0,181	0,019	-1,02083	1,521	-1,26923
aPMV	-0,004	0,257	-0,095	0,880261	0,317	0,068812
PMV _{oo}	-0,096	-0,023	0,024	-3,37694	3,542	-1,14495
Adap PMV	-0,003	-0,052	0,083	0,030174	-0,040	0,840827
IZA	0,029	-0,223	0,448	-0,06364	-0,918	-0,60001
PMV*	1,001	-0,010	-0,022	0,01268	0,002	0,001718
PMV _{p,sv}	0,106	0,046	0,396	2,794757	-3,535	1,441217
ePMV	0,034	1,381	0,100	-0,07489	-0,057	0,026169
PMV _{new2}	0,088686	0,09118	-0,77687	-0,39688	-0,85734	-0,14285

Fonte: Autoria Própria

A Matriz de Estrutura é apresentada na Tabela 43 e colaborou para entender as contribuições de cada variável a função discriminante. As variáveis acompanhadas por asteriscos são as mais relevantes para cada função discriminante, representando as maiores correlações para as funções.

Tabela 43 - Matriz de Estrutura: Florianópolis

(continua)

	Função					
	1	2	3	4	5	6
PMV*	,998*	-0,021	-0,022	0,023984	0,032138	0,010882
PMV ₂ ^b	,998*	-0,021	-0,022	0,023984	0,032138	0,010882
ePMV	0,019198	,686*	0,582	-0,14465	0,255113	0,051756
IZA	0,020	-0,05896	,854*	0,094761	-0,295	-0,24247
PMV _{nsr} ^b	0,016	-0,036	,789*	-0,12402	0,402	0,050583
PMV	0,016	-0,036	,789*	-0,12402	0,402	0,050583
PMV _{new}	0,016	-0,035	,740*	-0,13437	0,470	-0,10218
PMV _{p,sv}	0,024	-0,069	,704*	-0,37079	-0,318	-0,05835
PMV _{brv} ^b	0,024	-0,065	,650*	-0,41901	-0,296	-0,0489
PMV _{oo}	0,024	-0,065	,650*	-0,41901	-0,296	-0,0489

Tabela 43 - Matriz de Estrutura: Florianópolis

						(conclusão)
PMVnew2	0,019	-0,034	,621*	-0,38633	0,207	0,011872
aPMV	0,006	0,028	0,240723	,568*	-0,133	-0,23827
Adap PMV	0,0045	-0,03493	0,184934	0,024675	0,021886	,833*

Fonte: Autoria Própria

Através dos coeficientes não padronizados das funções discriminantes, é possível descobrir a posição dos centroides dos grupos, que são as médias que permitem verificar os pontos característicos dos indivíduos no grupo e ainda demonstrar graficamente o nível de afastamento dos grupos. As coordenadas dos centroides estão contidas na Tabela 44.

Tabela 44 - Centroides dos grupos: Florianópolis

TSV	Função					
	1	2	3	4	5	6
1	-1,047	0,860	-0,013	0,001532	-0,002	8,15E-05
2	19,420	-0,921	0,053	0,098645	0,007	0,017805
3	-21,545	-1,145	-0,128	-0,01322	0,030	-0,00895
4	39,955	-0,787	0,115	-0,11364	-0,100	-0,06368
5	-42,1194	-0,63452	0,684243	-0,15346	0,042226	0,011572
6	60,47176	-0,85271	-0,31934	-0,81906	0,172324	0,087171
7	-62,6273	-1,84142	-0,21294	-0,19713	-1,8038	0,103342

Fonte: Autoria Própria

A Tabela 45 apresenta um sumário das probabilidades calculadas a *Priori* a partir da amostra para se obter o ponto de corte crítico que tem por finalidade contribuir na compreensão da representação da distribuição normal das variáveis independentes (modelos de conforto).

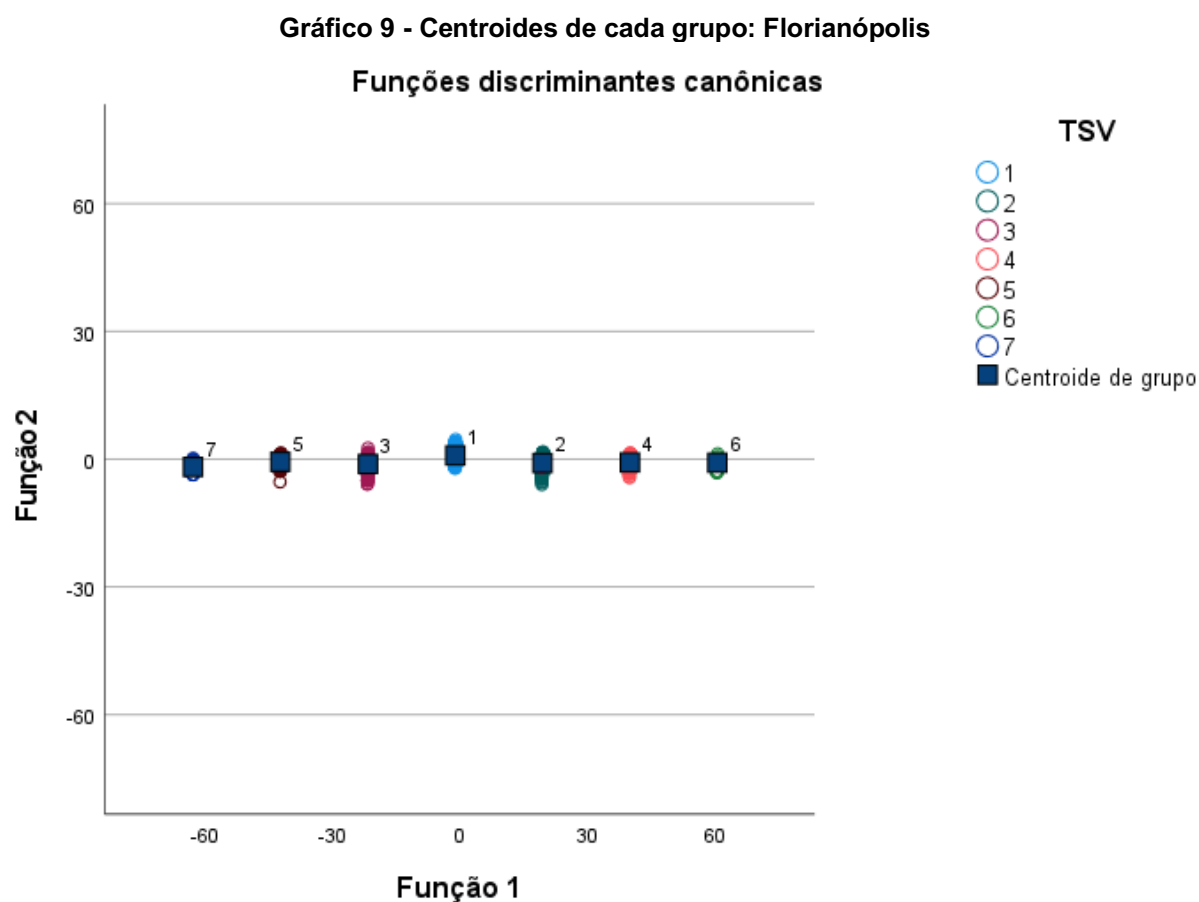
Tabela 45 - Probabilidades Calculadas a Priori: Florianópolis

TSV	A priori	Casos utilizados na análise	
		Ordenado	Ponderado
1	0,534	2689	2689,000
2	0,189	949	949,000
3	0,192	967	967,000
4	0,046	234	234,000
5	0,028	142	142,000
6	0,008343	42	42
7	0,002185	11	11
Total	1	5034	5034

Fonte: Autoria Própria

No Gráfico 9, são representados os centroides de cada grupo nas funções discriminantes através de uma dispersão. É possível verificar como se comportaram

(1 – neutro, 2 – levemente aquecido, 3 – levemente refrescado, 4 – aquecido, 5 – refrescado, 6 – quente, 7 - frio).



Fonte: Autoria Própria

A Tabela 46 apresenta os resultados da classificação, mostrando a efetividade do modelo e o acerto em suas classificações. Para Florianópolis, o modelo conseguiu acertar a classificação dos casos em 99,1%.

Tabela 46 - Resultados da Classificação: Florianópolis

(continua)

TSV		Associação ao grupo prevista							Total
		1	2	3	4	5	6	7	
Contagem	1	2685	3	1	0	0	0	0	2689
	2	0	949	0	0	0	0	0	949
	3	0	2	965	0	0	0	0	967
	4	0	0	0	234	0	0	0	234
Original	5	0,0	0,0	0,0	0,0	142,0	0	0	142
	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42	0	42
	7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	11	11
%	1	99,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0	0	100
	2	0	100	0	0	0	0	0	100

Tabela 46 - Resultados da Classificação: Florianópolis

									(conclusão)
3	0	0,206825	99,79317	0	0	0	0	0	100
4	0	0	0	100	0	0	0	0	100
5	0	0	0	0	100	0	0	0	100
6	0	0	0	0	0	100	0	0	100
7	0	0	0	0	0	0	100	0	100

a. 99,1% de casos agrupados originais classificados corretamente.

Fonte: Autoria Própria

4.6 Análise de *clusters*

4.6.1 Análise de *clusters*: Brasília e Recife

A análise de *clusters* tem por finalidade particionar os dados em k agrupamentos, onde cada indivíduo é destinado a um grupo com a média mais próxima. Dessa maneira, os indivíduos são segmentados conforme as distâncias entre os valores de seus atributos (SANTOS *et al.*, 2020). O método não-hierárquico de agrupamento de *Clusters* foi aplicado aos indivíduos contidos no Banco de Dados da ASHRAE para as cidades de Brasília e Recife. Os dados foram estandardizados no SPSS para que as variáveis contribuam de maneira uniforme aos resultados, dessa maneira, foram utilizadas as novas variáveis estandardizadas que estão acompanhadas pela letra Z. Na Tabela 47, é apresentada a variação do centro dos *Clusters* em cada iteração. Quando não existir mais variação significativa dos centroides, o algoritmo terminará, neste caso, terminando na quinta iteração.

Tabela 47 - Variação do centro dos clusters em cada iteração: Brasília e Recife

Iteração	Mudança em centros do <i>cluster</i>		
	1	2	3
1	2,715	3,773	4,593
2	1,142	0,260	0,486
3	0,289	0,128	0,307
4	0,309	0,124	0,263
5	0,000	0,000	0,000

a. Convergência alcançada devido a nenhuma ou pequena mudança em centros do *cluster*. A mudança de coordenada absoluta máxima para qualquer centro é ,000. A iteração atual é 5. A distância mínima entre os centros iniciais é 7,304.

Fonte: Autoria Própria

A tabela 48 contém a atribuição dos 51 indivíduos participantes (número de casos) aos clusters criados, juntamente com suas respectivas distâncias. Através das distâncias é possível observar as semelhanças entre os sujeitos em relação aos clusters em que estão agrupados.

Tabela 48 - Atribuição dos indivíduos aos clusters criados: Brasília e Recife

Número do caso	Cluster	Distância	Número do caso	Cluster	Distância	Número do caso	Cluster	Distância
1	1	1,118	18	3	3,077	35	2	1,884
2	1	2,267	19	3	1,975	36	2	1,856
3	1	2,426	20	3	2,085	37	2	1,011
4	1	1,332	21	3	1,400	38	2	1,085
5	1	1,864	22	3	1,365	39	2	0,760
6	1	1,869	23	3	1,670	40	2	1,566
7	1	2,534	24	3	1,701	41	2	1,166
8	1	1,463	25	3	1,633	42	2	1,192
9	1	2,184	26	3	1,847	43	2	0,966
10	1	2,505	27	3	2,569	44	2	2,300
11	1	3,393	28	3	2,900	45	2	2,278
12	3	2,985	29	3	2,632	46	2	2,434
13	3	1,352	30	3	2,193	47	2	2,093
14	3	1,445	31	3	2,027	48	2	3,711
15	3	1,710	32	2	2,063	49	2	3,697
16	3	1,215	33	2	1,731	50	2	3,333
17	3	5,056	34	2	1,160	51	2	3,711

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 49, a ANOVA é apresentada para a identificação de quais variáveis contribuem para a separação em *clusters*, ou seja, as variáveis que apresentarem o maior valor de F foram as melhores contribuintes. As variáveis em vermelho são as que possuem melhor discriminação entre os *Clusters*, sendo PMVp,sv (96,611), PMVbrv (92,404) e PMVoo (92,404). Em verde, está representada a variável que menos discrimina entre os *Clusters*, sendo Adap PMV (0,124).

Tabela 49 - ANOVA: Brasília e Recife

(continua)

	Cluster		Erro		F.	p.
	Quadrado Médio	df	Quadrado Médio	df		
Zscore(TSV)	14,265	2	0,447	48	31,891	0,000
Zscore(PMV)	17,077	2	0,330	48	51,732	0,000
Zscore(aPMV)	17,264	2	0,322	48	53,563	0,000
Zscore(PMVoo)	19,846	2	0,215	48	92,404	0,000
Zscore(PMVnsr)	17,077	2	0,330	48	51,732	0,000
Zscore(PMVbrv)	19,846	2	0,215	48	92,404	0,000
Zscore: Adap PMV	0,129	2	1,036	48	0,124	0,884
Zscore(IZA)	15,471	2	0,397	48	38,968	0,000
Zscore: PMV*	14,265	2	0,447	48	31,891	0,000
Zscore(PMV2)	14,265	2	0,447	48	31,891	0,000
Zscore: PMVp,sv	20,025	2	0,207	48	96,611	0,000

Tabela 49 - ANOVA: Brasília e Recife

						(conclusão)
Zscore(ePMV)	12,183	2	0,534	48	22,811	0,000
Zscore(PMVnew2)	14,930	2	0,420	48	35,585	0,000

Os Testes-F devem ser usados apenas para finalidades descritivas porque os *clusters* foram escolhidos para maximizar as diferenças entre os casos em *clusters* diferentes. Os níveis de significância observados não estão corrigidos para isso e, dessa forma, não podem ser interpretados como testes da hipótese de que as médias de cluster são iguais.

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 50, é possível identificar as médias para as variáveis em cada um dos *clusters* criados.

Tabela 50 - Centros dos grupos finais: Brasília e Recife

	Cluster		
	1	2	3
Zscore(TSV)	1,33919	-0,65883	-0,07773
Zscore(PMV)	1,29959	-0,86893	0,15416
Zscore(aPMV)	1,27227	-0,89363	0,19388
Zscore(PMVoo)	1,47665	-0,88330	0,07115
Zscore(PMVnsr)	1,29959	-0,86893	0,15416
Zscore(PMVbrv)	1,47665	-0,88330	0,07115
Zscore: Adap PMV	-0,03440	0,08700	-0,06807
Zscore(IZA)	1,36105	-0,72649	-0,02209
Zscore: PMV*	1,33919	-0,65883	-0,07773
Zscore(PMV2)	1,33919	-0,65883	-0,07773
Zscore: PMVp,sv	1,11126	-1,05944	0,44825
Zscore(ePMV)	1,27488	-0,54872	-0,15246
Zscore(PMVnew2)	0,15459	0,81664	-0,90166

Fonte: Autoria Própria

A partir dos resultados é possível observar que o *Cluster 1* contém valores médios positivos para a maioria das variáveis, *Cluster 2* tem médias negativas para a maioria das variáveis e o *Cluster 3* possui valores médios próximos de zero. Assim os *Clusters* podem ser classificados de acordo com o seu desempenho, como:

- *Cluster 1*: Desempenho elevado/risco baixo;
- *Cluster 2*: Desempenho baixo/risco senilidade elevado;
- *Cluster 3*: Desempenho médio/risco de senilidade médio.

A Tabela 51, contém a matriz de distâncias entre os centroides dos *clusters*.

Tabela 51 - Matriz de distâncias entre os centros dos clusters: Brasília e Recife

Cluster	Distâncias entre centros do <i>cluster</i> finais		
	1	2	3
1		7,075	4,389

Tabela 51 - Matriz de distâncias entre os centros dos clusters: Brasília e Recife (conclusão)

2	7,075		3,466
3	4,389	3,466	

Fonte: Autoria Própria

O número de casos em cada *clusters* é apresentado na Tabela 52, onde primeiro *cluster* possui 11 indivíduos e o segundo e terceiro possuem 20 indivíduos cada.

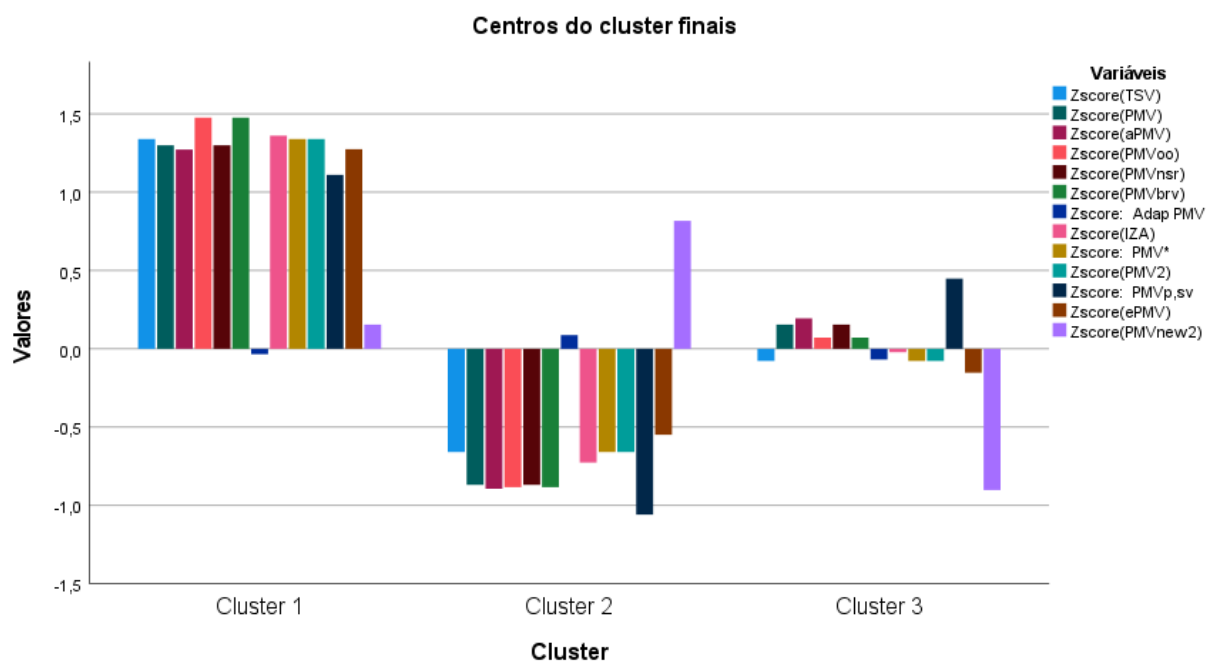
Tabela 52 - Número de casos em cada clusters: Brasília e Recife

Número de casos em cada <i>cluster</i>		
<i>Cluster</i>	1	11,000
	2	20,000
	3	20,000
Válido		51,000
Omisso		0,000

Fonte: Autoria Própria

Por fim, uma representação gráfica dos centros dos *clusters* finais (Gráfico 10) contidos na Tabela 50, com as médias para as variáveis em cada um dos *clusters* criados.

Gráfico 10 - Representação dos Centros dos clusters: Brasília e Recife



Fonte: Autoria Própria

A análise de clusters pelo método K-means é a mais utilizada, onde os indivíduos são atribuídos aos clusters quando o número de clusters for especificado.

Assim, seus resultados estão menos vulneráveis à influência da escolha de uma medida de distância, à outliers nos dados ou a inclusão de variáveis irrelevantes ou inadequadas (VIOLÁN *et al.*, 2018).

4.6.2 Análise de *clusters*: maceió

O método não-hierárquico de agrupamento de *Clusters* foi aplicado aos indivíduos contidos no Banco de Dados da ASHRAE para a cidade de Maceió. Os dados foram estandardizados no SPSS para que as variáveis contribuam de maneira uniforme aos resultados, dessa maneira, foram utilizadas as novas variáveis estandardizadas que estão acompanhadas pela letra Z. Na Tabela 53, é apresentada a variação do centro dos *Clusters* em cada iteração. Quando não existir mais variação significativa dos centroides, o algoritmo terminará, neste caso, terminando na sétima iteração.

Tabela 53 - Variação do centro dos clusters em cada iteração: Maceió

Iteração	Mudança em centros do <i>cluster</i>		
	1	2	3
1	5,350	6,424	9,370
2	1,519	0,547	0,248
3	4,047	0,251	0,142
4	0,000	0,107	0,057
5	0,000	0,042	0,023
6	0,000	0,007	0,004
7	0,000	0,000	0,000

a. Convergência alcançada devido a nenhuma ou pequena mudança em centros do *cluster*. A mudança de coordenada absoluta máxima para qualquer centro é ,000. A iteração atual é 7. A distância mínima entre os centros iniciais é 13,982.

Fonte: Autoria Própria

Devido ao grande número de indivíduos estudados na pesquisa, a tabela 54 apresenta apenas um recorte representativos das atribuições dos 1630 indivíduos participantes (número de casos) aos *clusters* criados, juntamente com suas respectivas distâncias. Através das distâncias é possível observar as semelhanças entre os sujeitos em relação aos *clusters* em que estão agrupados.

Tabela 54 - Atribuição dos indivíduos aos clusters criados: Maceió

Número do caso	Cluster	Distância	Número do caso	Cluster	Distância	Número do caso	Cluster	Distância	Número do caso	Cluster	Distância	Número do caso	Cluster	Distância
1	3	3,137	26	3	2,697	51	3	1,707	76	3	3,607	101	3	1,421
2	3	3,362	27	3	1,680	52	3	1,763	77	3	4,049	102	3	0,500
3	3	3,163	28	3	1,851	53	3	1,851	78	3	2,487	103	3	1,074
4	3	3,189	29	3	1,851	54	3	1,880	79	3	2,116	104	3	0,764
5	3	1,655	30	3	2,634	55	3	1,707	80	3	3,590	105	3	0,745
6	3	1,680	31	3	2,723	56	3	1,707	81	3	1,178	106	3	0,368
7	3	1,680	32	3	2,579	57	3	2,634	82	3	3,590	107	3	3,985
8	3	1,680	33	3	2,703	58	3	2,703	83	3	1,348	108	3	0,540
9	3	1,707	34	3	2,703	59	3	2,723	84	3	1,178	109	3	2,032
10	3	4,097	35	3	1,707	60	3	1,707	85	3	4,041	110	3	0,692
11	3	2,579	36	3	2,569	61	3	1,707	86	3	1,178	111	3	2,007
12	3	2,579	37	3	2,607	62	3	2,634	87	3	3,590	112	3	0,692
13	3	2,579	38	3	2,677	63	3	2,703	88	3	1,348	113	3	0,692
14	3	2,596	39	3	2,697	64	3	2,723	89	3	1,178	114	3	3,002
15	3	1,763	40	3	1,707	65	3	1,707	90	3	0,745	115	2	3,064
16	3	2,697	41	3	1,707	66	3	1,707	91	3	1,856	116	2	2,025
17	3	2,551	42	3	1,763	67	3	1,763	92	3	3,985	117	2	3,125
18	3	2,677	43	3	1,851	68	3	1,266	93	3	0,540	118	2	3,108
19	3	2,677	44	3	1,880	69	3	1,264	94	3	0,821	119	2	3,164
20	3	1,763	45	3	4,083	70	3	3,607	95	3	0,745	120	2	3,193
21	3	1,880	46	3	1,707	71	3	3,607	96	3	0,368	121	3	2,722
22	3	1,680	47	3	1,763	72	3	3,598	97	3	3,985	122	3	3,594
23	3	1,851	48	3	1,851	73	3	1,674	98	3	0,540	123	3	3,328
24	3	1,851	49	3	1,880	74	3	1,078	99	3	0,821	124	3	3,083
25	3	1,763	50	3	1,707	75	3	3,607	100	3	0,851	125	2	2,071

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 55, a ANOVA é apresentada para a identificação de quais variáveis contribuem para a separação em *clusters*, ou seja, as variáveis que apresentarem o maior valor de F serão as melhores contribuintes. As variáveis em vermelho são as que possuem melhor discriminação entre os *Clusters*, sendo PMVp,sv (2160,838), PMVbrv (2049,468) e PMVoo (2049,468). Em verde, está representada as variáveis que menos discriminam entre os *Clusters*, sendo TSV (380,533), PMV* (380,533) e PMV2 (380,533).

Tabela 55 - ANOVA: Maceió

	Cluster		Erro		F	p.
	Quadrado Médio	df	Quadrado Médio	df		
Zscore(TSV)	259,578	2	0,682	1627	380,533	0,000
Zscore(PMV)	509,963	2	0,374	1627	1362,248	0,000
Zscore(PMVnew)	429,581	2	0,473	1627	907,892	0,000
Zscore(aPMV)	500,461	2	0,386	1627	1296,414	0,000
Zscore(PMVoo)	583,063	2	0,284	1627	2049,468	0,000
Zscore(PMVnsr)	509,963	2	0,374	1627	1362,248	0,000
Zscore(PMVbrv)	583,063	2	0,284	1627	2049,468	0,000
Zscore: Adap PMV	472,924	2	0,420	1627	1126,319	0,000
Zscore(IZA)	561,029	2	0,312	1627	1800,593	0,000
Zscore: PMV*	259,578	2	0,682	1627	380,533	0,000
Zscore(PMV2)	259,578	2	0,682	1627	380,533	0,000
Zscore: PMVp,sv	591,729	2	0,274	1627	2160,838	0,000
Zscore(ePMV)	396,546	2	0,514	1627	771,834	0,000
Zscore(PMVnew2)	532,997	2	0,346	1627	1540,280	0,000

Os Testes-F devem ser usados apenas para finalidades descritivas porque os *clusters* foram escolhidos para maximizar as diferenças entre os casos em *clusters* diferentes. Os níveis de significância observados não estão corrigidos para isso e, dessa forma, não podem ser interpretados como testes da hipótese de que as médias de cluster são iguais.

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 56, é possível identificar as médias para as variáveis em cada um dos *clusters* criados. No Cluster 1, a variável Adap PMV apresentou um *outlier* da escala de Conforto Térmico.

Tabela 56 - Centros dos grupos finais: Maceió

(continua)

	Cluster		
	1	2	3
Zscore(TSV)	0,27728	0,76231	-0,41944
Zscore(PMV)	-0,04987	1,07057	-0,58654
Zscore(PMVnew)	-0,16682	0,98294	-0,53784
Zscore(aPMV)	0,05721	1,06016	-0,58144
Zscore(PMVoo)	0,34424	1,14293	-0,62845

Tabela 56 - Centros dos grupos finais: Maceió

			(conclusão)
Zscore(PMVnsr)	-0,04987	1,07057	-0,58654
Zscore(PMVbrv)	0,34424	1,14293	-0,62845
Zscore: Adap PMV	12,53211	-0,03930	-0,05014
Zscore(IZA)	0,30954	1,12128	-0,61639
Zscore: PMV*	0,27728	0,76231	-0,41944
Zscore(PMV2)	0,27728	0,76231	-0,41944
Zscore: PMVp,sv	0,24528	1,15194	-0,63283
Zscore(ePMV)	-0,30571	0,94469	-0,51607
Zscore(PMVnew2)	0,02895	1,09420	-0,59994

Fonte: Autoria Própria

A partir dos resultados é possível observar que o *Cluster 1* possui valores médios próximos de zero, *Cluster 2* contém valores médios positivos para a maioria das variáveis e o *Cluster 3* tem médias negativas para a todas as variáveis. Assim os Clusters podem ser classificados de acordo com o seu desempenho, como:

- *Cluster 1*: Desempenho médio/risco de senilidade médio;
- *Cluster 2*: Desempenho elevado/risco baixo;
- *Cluster 3*: Desempenho baixo/risco senilidade elevado.

A Tabela 57, contém a matriz de distâncias entre os centroides dos *clusters*.

Tabela 57 - Matriz de distâncias entre os centros dos clusters: Maceió

Distâncias entre centros do <i>cluster</i> finais			
<i>Cluster</i>	1	2	3
1		13,002	12,839
2	13,002		5,672
3	12,839	5,672	

Fonte: Autoria Própria

O número de casos em cada *clusters* é apresentado na Tabela 58, onde primeiro *cluster* possui 6 indivíduos, o segundo possui 575 indivíduos e último possui 1049 indivíduos.

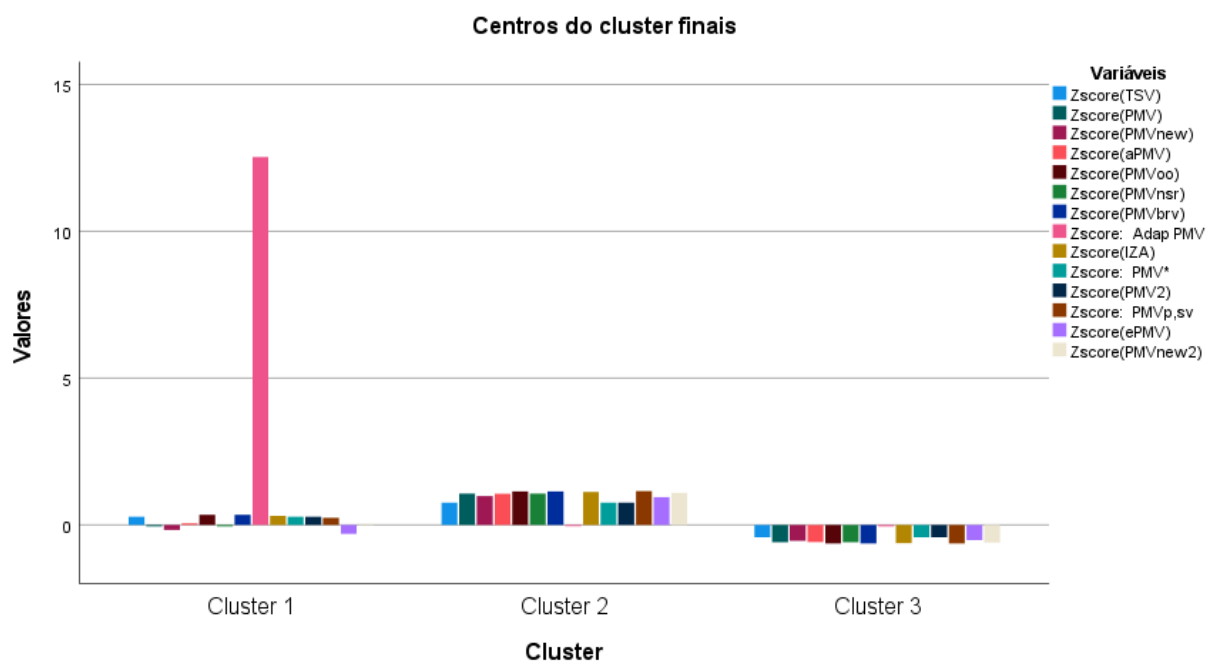
Tabela 58 - Número de casos em cada clusters: Maceió

Número de casos em cada <i>cluster</i>		
<i>Cluster</i>	1	6,000
	2	575,000
	3	1049,000
Válido		1630,000
Omisso		0,000

Fonte: Autoria Própria

Por fim, uma representação gráfica dos centros dos *clusters* finais (Gráfico 11) contidos na Tabela 56, com as médias para as variáveis em cada um dos *clusters* criados. No *cluster* 1 houve a presença de um *outlier* na variável Adap PMV.

Gráfico 11 - Representação dos Centros dos clusters: Maceió



Fonte: Autoria Própria

4.6.3 Análise de *clusters*: Florianópolis

O método não-hierárquico de agrupamento de *Clusters* foi aplicado aos indivíduos contidos no Banco de Dados da ASHRAE para a cidades de Florianópolis. Os dados foram estandardizados no SPSS para que as variáveis contribuam de maneira uniforme aos resultados, dessa maneira, foram utilizadas as novas variáveis estandardizadas que estão acompanhadas pela letra Z. Na Tabela 59, é apresentada a variação do centro dos Clusters em cada iteração. Quando não existir mais variação significativa dos centroides, o algoritmo terminará, neste caso, terminando na décima iteração.

Tabela 59 - Variação do centro dos clusters em cada iteração: Florianópolis (continua)

Iteração	Mudança em centros do <i>cluster</i>		
	1	2	3
1	9,315	8,910	7,100
2	0,295	0,415	1,477
3	0,170	0,272	2,278

Tabela 59 - Variação do centro dos clusters em cada iteração: Florianópolis
(conclusão)

4	0,234	0,118	0,945
5	0,236	0,028	0,550
6	0,189	0,075	0,262
7	0,144	0,091	0,153
8	0,117	0,081	0,109
9	0,080	0,067	0,066
10	0,077	0,063	0,060

a. As iterações foram interrompidas porque o número máximo de iterações foi atingido. As iterações não convergiram. A mudança de coordenada absoluta máxima para qualquer centro é ,037. A iteração atual é 10. A distância mínima entre os centros iniciais é 18,396.

Fonte: Autoria Própria

Devido ao grande número de indivíduos estudados na pesquisa, a tabela 60 apresenta apenas um recorte representativos das atribuições dos 5034 indivíduos participantes (número de casos) aos *clusters* criados, juntamente com suas respectivas distâncias. Através das distâncias é possível observar as semelhanças entre os sujeitos em relação aos *clusters* em que estão agrupados.

Tabela 60 - Atribuição dos indivíduos aos clusters criados: Florianópolis

Número do caso	Cluster	Distância	Número do caso	Cluster	Distância	Número do caso	Cluster	Distância	Número do caso	Cluster	Distância	Número do caso	Cluster	Distância
1	3	3,295	26	1	3,172	51	3	2,212	76	3	2,567	101	1	3,259
2	3	3,192	27	1	3,162	52	3	4,182	77	3	2,560	102	1	3,245
3	3	3,166	28	3	1,770	53	3	3,222	78	3	2,238	103	3	2,606
4	3	2,481	29	3	3,018	54	3	2,025	79	3	3,022	104	3	3,009
5	3	2,896	30	3	4,182	55	3	2,439	80	3	2,884	105	3	2,650
6	3	4,205	31	3	3,222	56	3	2,988	81	3	2,873	106	3	2,641
7	3	2,519	32	3	2,481	57	3	2,963	82	3	3,523	107	3	2,545
8	3	3,290	33	3	2,199	58	3	1,931	83	3	3,087	108	3	3,616
9	3	3,187	34	3	1,675	59	3	2,262	84	3	3,103	109	3	2,686
10	3	3,257	35	3	1,661	60	3	2,876	85	3	3,162	110	3	2,674
11	3	3,248	36	3	2,711	61	3	2,860	86	3	1,605	111	3	3,102
12	3	2,541	37	3	4,593	62	3	2,607	87	3	2,199	112	3	4,625
13	3	2,732	38	3	5,429	63	3	2,823	88	3	1,675	113	3	4,637
14	3	2,568	39	3	4,730	64	3	4,356	89	3	3,280	114	3	4,631
15	3	2,561	40	3	2,328	65	3	4,350	90	3	2,453	115	3	2,135
16	3	2,665	41	3	3,081	66	3	2,135	91	3	2,509	116	3	2,398
17	3	2,848	42	3	2,294	67	3	3,157	92	3	2,481	117	3	3,777
18	3	1,734	43	3	2,306	68	3	4,299	93	3	2,896	118	3	2,680
19	3	1,725	44	3	2,961	69	3	3,377	94	3	2,528	119	3	2,989
20	3	2,057	45	3	3,006	70	3	2,969	95	3	11,337	120	3	3,093
21	3	4,464	46	3	1,770	71	3	3,443	96	3	2,817	121	3	2,999
22	3	4,528	47	3	2,212	72	3	3,547	97	3	3,276	122	3	2,991
23	3	4,528	48	3	4,099	73	3	3,542	98	3	4,088	123	3	3,442
24	3	3,436	49	3	3,116	74	3	1,699	99	1	3,234	124	3	3,800
25	1	3,301	50	3	1,770	75	3	1,973	100	1	3,360	125	3	3,582

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 61, a ANOVA é apresentada para a identificação de quais variáveis contribuem para a separação em *clusters*, ou seja, as variáveis que apresentaram o maior valor de F foram as melhores contribuintes. As variáveis em vermelho são as que possuem melhor discriminação entre os *Clusters*, sendo PMVnew2 (3786,810), PMVp,sv (3231,824), PMVnsr (3045,019) e PMV (3045,019). Em verde, está representada a variável que menos discrimina entre os *Clusters*, sendo Adap PMV (75,366).

Tabela 61 - ANOVA: Florianópolis

	Cluster		Erro		F	p.
	Quadrado Médio	df	Quadrado Médio	df		
Zscore(TSV)	746,186	2	0,704	5031	1059,983	0,000
Zscore(PMV)	1378,344	2	0,453	5031	3045,019	0,000
Zscore(PMVnew)	1252,250	2	0,503	5031	2490,777	0,000
Zscore(aPMV)	496,721	2	0,803	5031	618,527	0,000
Zscore(PMVoo)	1334,142	2	0,470	5031	2837,522	0,000
Zscore(PMVnsr)	1378,344	2	0,453	5031	3045,019	0,000
Zscore(PMVbrv)	1334,142	2	0,470	5031	2837,522	0,000
Zscore: Adap PMV	73,218	2	0,971	5031	75,366	0,000
Zscore(IZA)	1274,665	2	0,494	5031	2580,973	0,000
Zscore: PMV*	746,186	2	0,704	5031	1059,983	0,000
Zscore(PMV2)	746,186	2	0,704	5031	1059,983	0,000
Zscore: PMVp,sv	1415,296	2	0,438	5031	3231,824	0,000
Zscore(ePMV)	483,052	2	0,808	5031	597,566	0,000
Zscore(PMVnew2)	1512,352	2	0,399	5031	3786,810	0,000

Os Testes-F devem ser usados apenas para finalidades descritivas porque os *cluster* foram escolhidos para maximizar as diferenças entre os casos em *clusters* diferentes. Os níveis de significância observados não estão corrigidos para isso e, dessa forma, não podem ser interpretados como testes da hipótese de que as médias de *cluster* são iguais.

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 62, é possível identificar as médias para as variáveis em cada um dos *clusters* criados.

Tabela 62 - Centros dos grupos finais: Florianópolis

(continua)

	Cluster		
	1	2	3
Zscore(TSV)	-0,04830	-0,50440	1,02173
Zscore(PMV)	0,18934	-0,87532	1,14938
Zscore(PMVnew)	0,17627	-0,83194	1,10038
Zscore(aPMV)	0,48649	-0,46496	-0,27114
Zscore(PMVoo)	0,12430	-0,82160	1,20125
Zscore(PMVnsr)	0,18934	-0,87532	1,14938

Tabela 62 - Centros dos grupos finais: Florianópolis

			(conclusão)
Zscore(PMVbrv)	0,12430	-0,82160	1,20125
Zscore: Adap PMV	0,01088	-0,17942	0,29938
Zscore(IZA)	0,22040	-0,86385	1,05755
Zscore: PMV*	-0,04830	-0,50440	1,02173
Zscore(PMV2)	-0,04830	-0,50440	1,02173
Zscore: PMVp,sv	0,12277	-0,84269	1,24280
Zscore(ePMV)	0,16137	-0,54521	0,61669
Zscore(PMVnew2)	0,14567	-0,88373	1,26442

Fonte: Autoria Própria

A partir dos resultados é possível observar que o *Cluster 1* possui valores médios próximos de zero, o *Cluster 2* tem médias negativas para todas as variáveis e *Cluster 3* contém valores médios positivos para a maioria das variáveis. Assim os Clusters podem ser classificados de acordo com o seu desempenho, como:

- *Cluster 1*: Desempenho médio/risco de senilidade médio;
- *Cluster 2*: Desempenho baixo/risco senilidade elevado;
- *Cluster 3*: Desempenho elevado/risco baixo;

A Tabela 63, contém a matriz de distâncias entre os centroides dos *clusters*.

Tabela 63 - Matriz de distâncias entre os centros dos clusters: Florianópolis

Distâncias entre centros do <i>cluster</i> finais			
<i>Cluster</i>	1	2	3
1		3,210	3,539
2	3,210		6,432
3	3,539	6,432	

Fonte: Autoria Própria

O número de casos em cada *clusters* é apresentado na Tabela 64, onde primeiro *cluster* possui 2258 indivíduos, o segundo possui 1787 indivíduos e o terceiro possui 989 indivíduos.

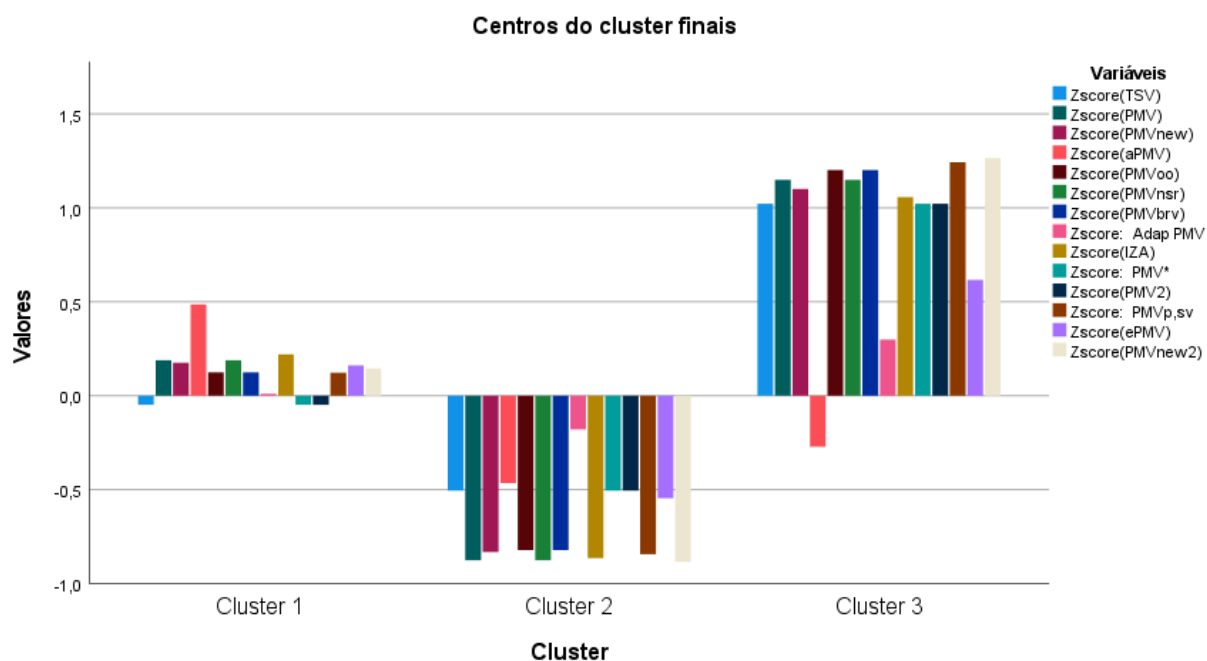
Tabela 64 - Número de casos em cada clusters: Florianópolis

Número de casos em cada <i>cluster</i>		
<i>Cluster</i>		
	1	2258,000
	2	1787,000
	3	989,000
	Válido	5034,000
	Omisso	1,000

Fonte: Autoria Própria

Por fim, uma representação gráfica dos centros dos *clusters* finais (Gráfico 12) contidos na Tabela 62, com as médias para as variáveis em cada um dos *clusters* criados.

Gráfico 12 - Representação dos Centros dos clusters: Florianópolis



Fonte: Autoria Própria

A análise de *cluster* na área de conforto térmico é um pouco mais comum quando comparada a análise discriminante. Entre suas aplicações, utilizam-se o método hierárquico, o não hierárquico, aplicação de diferentes algoritmos para a divisão dos agrupamentos e a utilização de inúmeros softwares.

Entre os estudos encontrados, Asumadu-Sakyi *et al.* (2019) utilizou a análise de *clusters* na identificação de padrões na temperatura interna para dias da semana e finais de semana, nas casas em períodos de estações intermediárias e em casas com ar-condicionado nas estações quentes e frias. Pignatta *et al.* (2017) fez uso da análise de *cluster* para investigar as condições de vida das pessoas em seus domicílios de acordo com os níveis de saúde e renda, considerando o consumo energético, qualidade da habitação e do bairro, status social e econômico. Para a aplicação de estratégias adaptativas, Bienvenido-Huertas *et al.* (2020a) utilizaram a análise de *cluster* para considerar os registros de temperatura desde o século 20 até 2019.

Portanto, a análise de cluster contém uma versatilidade em sua aplicação para várias vertentes, possibilitando a união de elementos com características em comum nos agrupamentos de conglomerados sob determinadas variáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma Análise das condições de Conforto Térmico no Brasil através da Base de Dados global da ASHRAE com o objetivo geral de verificar qual dos modelos de Conforto Térmico aplicados melhor se aproximariam da sensação térmica real dos indivíduos. O Brasil foi escolhido por ser um país continental com diferentes tipos climáticos, conforme a Classificação de Köppen-Geiger.

O modelo de Fanger é o mais utilizado em todo o mundo, porém consta com apenas 34% de precisão em seus resultados, dessa maneira, diversos autores desenvolveram modelos alternativos que buscavam diminuir essas discrepâncias, porém nem todos os modelos são compatíveis ao Banco de dados da ASHRAE. Entre os modelos encontrados verificou-se sua compatibilidade ao banco de dados, então, 13 modelos foram aplicados para as cidades de Maceió e Florianópolis e 12 modelos para as cidades de Brasília e Recife.

Após a Análise de variância, com método Pairwise, o gráfico de perfil e as diferenças de médias, foi possível determinar o modelo alternativo que melhor condizia as regiões. Os modelos que mais se aproximaram da sensação térmica real dos indivíduos de Brasília e Recife foi o modelo de Orosa e Oliveira (2011), o PMVoo que se comportou muito bem aos dados, pois foi justamente desenvolvido para ambientes de escritórios e apresentou uma diferença de média com maior proximidade de 0,102801 em relação aos votos de sensação térmica; em Maceió foi o modelo de Broday *et al.* (2019), o PMV2, que tanto a cidade quanto o modelo possuíam compatibilidade no grupo climático, mais precisamente em climas temperados úmidos, dessa forma influenciando fortemente em seus resultados apresentando uma diferença de média de 0,161065 em relação aos votos de sensação térmica e por fim, em Florianópolis, o modelo mais adequado foi o de Zhang e Lin (2020), o ePMV, mesmo havendo incompatibilidade climática entre a cidade e a região de desenvolvimento do modelo apresentou uma diferença de média de apenas 0,031096 em relação aos votos de sensação térmica. O modelo já havia sido validado por seus autores em edifícios com ar-condicionado e ventilação natural, como é o caso dos ambientes do estudo em questão.

Na sequência, regressões lineares simples foram desenvolvidas entre o modelo eleito como melhor para aquela determinada região e os votos de sensação

térmica, obteve-se um coeficiente de determinação de 0,7205 para Brasília e Recife (PMV_{oo} x TSV); 1 para Maceió (PMV₂ x TSV) e 0,0375 para Florianópolis (ePMV x TSV).

Na análise discriminante, a primeira função discriminante obtida foi considerada a mais significativa apresentando um percentual de 87,4% para Brasília e Recife, 99,9% para Maceió e 99,7% para Florianópolis, sendo as primeiras funções as que mais contribuíram para confirmar as diferenças entre os grupos. Pela matriz de estrutura, a variável que mais contribuiu para a determinação da primeira função discriminante, foi a variável PMV* que possibilitou uma correlação maior. As variáveis dependentes correspondiam a classificação da sensação térmica (TSV) que foram inseridas no SPSS como 1 – neutro, 2 – levemente aquecido, 3 – levemente refrescado, 4 – aquecido, 5 – refrescado, 6 – quente e 7 – frio, sendo qualitativa e as variáveis independentes eram os modelos de conforto térmico, sendo quantitativa. Os resultados da classificação dos indivíduos em grupos mostraram que 96,1% dos casos foram classificados corretamente para Brasília e Recife; 99,8% para Maceió e 99,1% para Florianópolis, sendo considerado um ótimo nível de classificação.

Na Análise de *Clusters* os indivíduos foram classificados dentro de múltiplos grupos com o intuito de identificar grupos homogêneos existentes nos dados. Para Brasília e Recife, após 5 iterações os indivíduos foram agrupados em 3 *clusters*, sendo 11 casos no primeiro, 20 casos no segundo e 20 casos no terceiro e o PMV_{p,sv} foi a variável com melhor discriminação entre os *clusters*. Em Maceió, após 7 iterações os indivíduos foram agrupados em 3 *clusters*, sendo 6 casos no primeiro, 575 casos no segundo e 1049 casos no terceiro e o PMV_{p,sv} também foi a variável com melhor discriminação entre os *clusters*. Por fim, em Florianópolis após 10 iterações os indivíduos foram agrupados em 3 *clusters*, sendo 2258 casos no primeiro, 1787 casos no segundo e 989 casos no terceiro e o PMV_{new2} foi a variável com melhor discriminação entre os *clusters*.

Com os resultados encontrados, foi possível confirmar através da análise de variância que os modelos alternativos podem ter maior precisão que o modelo tradicional do PMV, porém isso não invalida seu uso. É importante destacar que o desenvolvimento de modelos alternativos pode alcançar uma maior precisão em relação a realidade térmica dos indivíduos e a sua contribuição para o aumento da eficiência energética, produtividade, saúde e bem-estar. A análise discriminante mostrou-se muito significativa para a classificação dos usuários dos ambientes

conforme suas sensações térmicas em comum, através do desenvolvimento de funções discriminantes que possibilitaram a melhor visualização destes grupos. A análise de Cluster contribuiu para a classificação dos elementos em grupos e através das distâncias foi possível observar as semelhanças entre os indivíduos em relação aos *clusters* em que estão agrupados.

Uma limitação do estudo é o número de amostras bem distintas entre as cidades de acordo com sua disponibilidade no Banco de dados da ASHRAE, dessa forma pode ter influenciado nos resultados, pois quanto mais respostas dos indivíduos em relação a sua sensação térmica melhor seria a aproximação da realidade.

Sugere-se para trabalhos futuros o desenvolvimento de uma análise de Conforto Térmico para as duas regiões do Brasil que ainda não possuem estudos contidos no banco de dados da ASHRAE, sendo: o Sudeste que consiste na região mais desenvolvida economicamente no país e para o Norte que é uma região com alto índice pluviométrico e de umidade relativa do ar que influencia diretamente na sensação térmica. Dessa maneira, todos os objetivos propostos foram alcançados e a pesquisa verificou as condições de conforto térmico no Brasil na região sul, centro-este e nordeste, apresentando como resultado como os modelos de conforto térmico se comportaram aos indivíduos dessas regiões.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, J.; *et al.* **Introdução à ergonomia da prática à teoria**. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=3077617>. Acesso em: 11 dez. 2020.
- ALCOVER, C. M. Ergonomía y psicología aplicada a la prevención de riesgos laborales. **Psicothema**, v. 30, n. 3, p. 351-352, 2017.
- ALMEIDA, R. G. A ergonomia sob a ótica anglo-saxônica e a ótica francesa. **Revista Vértices**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 13, n. 1, p. 115-126, 2011.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Ashrae standard 55-2020. Atlanta, 2021.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Ashrae standard 55-2017. Atlanta, 2017.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Physiological principles and thermal comfort**. Handbook of Fundamentals. Atlanta, 1993.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Ashrae handbook – fundamentals**. Handbook of fundamentals. Atlanta, 2005.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Ashrae fundamentals**. Atlanta, 2017.
- ASADI, I.; MAHYUDDIN, N.; SHAFIGH, P. A review on indoor environmental quality (IEQ) and energy consumption in building based on occupant behavior. **Facilities**, v. 35, n. 11/12, p. 684-695, 2017.
- ASUMADU-SAKYI, A. B.; *et al.* Seasonal temperature patterns and durations of acceptable temperature range in houses in Brisbane, Australia. **Science of the Total Environment**, v. 683, p. 470-479, 2019.
- ATTHAJARIYAKUL, S.; LEEPHAKPREEDA, T. Neural computing thermal comfort index for HVAC systems. **Energy Conversion and Management**, v. 46, p. 2553-2565, 2005.
- AVANTAGGIATO, M.; *et al.* Unlocking thermal comfort in transitional spaces: a field study in three Italian shopping centres. **Building and Environment**, v. 188, 2021.
- BAGULEY, T. Calculating and graphing within-subject confidence intervals for anova. **Behavioural Brain Research**, v. 44, p. 158-175, 2011.
- BARLOW, S.; FIALA, D. Occupant comfort in UK offices - how adaptive comfort theories might influence future low energy office refurbishment strategies. **Energy and Buildings**, v. 39, p. 837-846, 2007.

BARTAL, I.; BÁNHIDI, L.; GARBAI, L. Analysis of the static thermal comfort equation. **Energy and Buildings**, v. 49, p. 188-191, 2012.

BEIZAE, A.; LOMAS, K. J.; FIRTH, S. K. National survey of summertime temperatures and overheating risk in english homes. **Building and Environment**, v. 65, p. 1-17, 2013.

BIENVENIDO-HUERTAS, D.; *et al.* Evaluating the potential of adaptive comfort approach using historic data to reduce energy consumption in buildings in southern Spain. **Building and Environment**, v. 185, 2020a.

BIENVENIDO-HUERTAS, D.; *et al.* Influence of the improvement in thermal expectation levels with adaptive setpoint temperatures on energy consumption. **Applied Sciences**, v. 10, n. 5282, 2020b.

BRODAY, E. E.; XAVIER, A. A. P.; OLIVEIRA, R. Comparative analysis of methods for determining the clothing surface temperature (t_{cl}) in order to provide a balance between man and the environment. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 57, p. 80-87, 2017.

BRODAY, E. E.; *et al.* The approximation between thermal sensation votes (TSV) and Predicted Mean Vote (PMV): a comparative analysis. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 69, p. 1-8, 2019.

BRODAY, E. E. Participatory ergonomics in the context of Industry 4.0: a literature review. **Theoretical Issues in Ergonomics Science**, 2020.

BURATTI, C., RICCIARDI, P., VERGONI, M. HVAC systems testing and check: A simplified model to predict thermal comfort conditions in moderate environments. **Applied Energy**, v. 104, p. 117-127, 2013.

BUREŠ, V.; *et al.* The influence of criteria selection method on consistency of pairwise comparison. **Mathematics**, v. 8, ed. 12, 2020.

BUTWIN, A. N.; EVANS, K. D.; KLATT, M. Teaching a series of mind-body techniques to address the risk of work-related musculoskeletal disorders among sonography students: a pilot study. **Journal of Diagnostic Medical Sonography**, v. 33, n. 5, p. 392-403, 2017.

CALIFANO, R.; NADDEO, A.; VINK, P. The effect of human-mattress interface's temperature on perceived thermal comfort. **Applied Ergonomics**, v. 58, p. 334-341, 2017.

CÂNDIDO, C.; *et al.* Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone. **Building and Environment**, v. 45, n. 1, p. 222-229, 2010.

CARAYON, P.; *et al.* Advancing a sociotechnical systems approach to workplace safety – developing the conceptual framework. **Ergonomics**, v. 58, n. 4, p. 548-564, 2015.

CARDOSO, V.; *et al.* Thermal comfort evaluation in cruise terminals. **Building and Environment**, v. 126, p. 276-287, 2017.

CARMELINO, G.; HANAZATO, T. The built environment of Japanese shopping streets as visual information on pedestrian vibrancy. **Frontiers of Architectural Research**, v. 8, ed. 2, p. 261-273, 2019.

CENTER FOR THE BUILT ENVIRONMENT. **CBE thermal comfort tool**. 2021. Disponível em: <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>. Acesso em: 16 nov. 2021.

CHANG, C.; *et al.* Data and analytics for heating energy consumption of residential buildings: the case of a severe cold climate region of China. **Energy and Buildings**, v. 172, p. 104-115, 2018.

CHEUNG, T.; *et al.* Analysis of the accuracy on PMV – PPD model using the Ashrae Global Thermal Comfort Database II. **Building and Environment**, v. 153, p. 2015-217, 2019.

CHO, H.-J.; JEONG, J.-W. Evaluation of thermal comfort in an office building served by a liquid desiccant-assisted evaporative cooling air-conditioning system. **Energy and Buildings**, v. 172, p. 361-370, 2018.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Brasília (Brasil)**. 2021d. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/distrito-federal/brasilia-852/>. Acesso em: 28 set. 2021.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Florianópolis (Brasil)**. 2021b. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/florianopolis-1235/>. Acesso em: 19 set. 2021.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Maceió (Brasil)**. 2021c. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/alagoas/maceio-2193/>. Acesso em: 19 set. 2021.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Recife (Brasil)**. 2021a. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/peernambuco/recife-5069/>. Acesso em: 19 set. 2021.

CLIMATE-DATA.ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais**. 2021e. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em: 11 nov. 2021.

DA SILVA JÚNIOR, A.; *et al.* On the development of a simplified model for thermal comfort control of split systems. **Building and Environment**, v. 179, 2020.

DARSES F.; MONTMOLLIN, M. **L'ergonomie**. Paris: La Découverte, 2006.

DAVOODI, F.; *et al.* Developing a new individualized 3-node model for evaluating the effects of personal factors on thermal sensation. **Journal of Thermal Biology**, v. 69, p. 1-12, 2017.

DE VECCHI, R.; CÂNDIDO, C.; LAMBERTS, R. Thermal history and its influence on occupants' thermal acceptability and cooling preferences in warm-humid climates: a new desire for comfort? **Proceedings of 7th windsor conference**, Cumberland Lodge, Windsor, UK, p. 12-15, 2012. Disponível em: <http://nceub.org.uk/w2012/pdfs/session1/W1222%20DeVecchi2.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2021.

DELLA CROCIATA, S.; MARTELOTTA, F.; SIMONE, A. A measurement procedure to assess indoor environment quality for hypermarket workers. **Building and Environment**, v. 47, p. 288-299, 2012.

DEL FERRARO, S.; *et al.* A field study on thermal comfort in an Italian hospital considering differences in gender and age. **Applied Ergonomics**, v. 50, p. 177-184, 2015.

DESHKO, V.; *et al.* Reference state and exergy based dynamics analysis of energy performance of the "heat source - human - building envelope" system. **Energy**, v. 200, 2020.

DIRKSE VAN SCHALKWYK, R.; STEENKAMP, R. J. A review and exploration of sociotechnical ergonomics. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v. 23, n. 3, p. 297-306, 2017.

DJAMILA, H. Indoor thermal comfort predictions: selected issues and trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, p. 569-580, 2017.

DUBOIS, D.; DUBOIS, D. F. Clinical calorimetry: tenth paper a formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. **Archives of Internal Medicine**, v. 17, p. 863-871, 1916.

DUBREUIL, V.; *et al.* The types of annual climates in Brazil: an application of the classification of Köppen from 1961 to 2015. **Confins: revue franco-brésilienne de géographie**, n. 37, 2018.

EKICI, C. Measurement uncertainty budget of the PMV thermal comfort equation. **International Journal of Thermophysics**, v. 37, n. 48, 2016.

ENESCU, D. A review of thermal comfort models and indicators for indoor environments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 79, p. 1353-1379, 2017.

FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Blücher, 2007.

FANGER, O. P. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970.

FIALA, D.; KEVIN, J. L.; STOHRER, M. A computer model of human thermoregulation for a wide range of environmental conditions: the passive system. **Journal of Applied Physiology**, v.87, p. 1957-1972, 1999.

FLETCHER, M. J.; *et al.* A modified approach to metabolic rate determination for thermal comfort prediction during high metabolic rate activities. **Building and Environment**, v. 185, 2020.

FÖLDVÁRY, V.; *et al.* Development of the ASHRAE global thermal comfort database II. **Building and Environment**, v. 142, p. 502-512, 2018.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 5. ed. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GAGGE, A.P.; STOLWIJK, J. A. J.; NISHI, Y. An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response. **ASHRAE Transactions**, v.77, n.1, p.247-262, 1971.

GAO, N.; *et al.* Transfer learning for thermal comfort prediction in multiple cities. **Building and Environment**, v. 195, 2021.

GAO, S.; *et al.* A human thermal balance based evaluation of thermal comfort subject to radiant cooling system and sedentary status. **Applied Thermal Engineering**, v. 122, p. 461-472, 2017.

GHAHRAMANI, A.; *et al.* Towards unsupervised learning of thermal comfort using infrared thermography. **Applied Energy**, v. 211, p. 41-49, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GILANI, S. I.-U; KHAN, M. H.; ALI, M. Revisiting Fanger's thermal comfort model using mean blood pressure as a bio-marker: an experimental investigation. **Applied Thermal Engineering**, v. 109, p. 35-43, 2016.

GLADYSZEWSKA-FIEDORUK, K.; SULEWSKA, M. J. Thermal comfort evaluation using Linear Discriminant Analysis (LDA) and Artificial Neural Networks (ANNs). **Energies**, v. 13, 2020.

GUEVARA, G.; SORIANO, G.; MINO-RODRIGUEZ, I. Thermal comfort in university classrooms: an experimental study in the tropics. **Building and Environment**, v. 187, 2021.

GUMBER, A.; *et al.* Changes in corneal curvature and visual acuity in North Indian adults after pterygium excision with modified sutureless, glueless limbal-conjunctival autograft. **Indian Journal of Ophthalmology**, v. 69, ed. 9, p. 158-175, 2021.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HALAWA, E.; VAN HOOFF, J.; SOEBARTO, V. The impacts of the thermal radiation field on thermal comfort, energy consumption and control - a critical overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 37, p. 907-918, 2014.

HAMZAH, B.; ISHAK, M. T.; BEDDU, S. Thermal comfort analyses of naturally ventilated university classrooms. **Structural Survey**, v. 34, p. 427-445, 2016.

HARUN, N.; *et al.* Ethnobotanical studies of fodder grass resources for ruminant animals, based on the traditional knowledge of indigenous communities in central punjab pakistan. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 13, ed. 1, 2017.

HASAN, M. H.; ALSALEEM, F.; RAFAIE, M. Sensitivity study for the PMV thermal comfort model and the use of wearable devices biometric data for metabolic rate estimation. **Building and Environment**, v. 110, p. 173-183, 2016.

HENDRICK, H. W.; KLEINER, B. M. **Macroergonomics: theory, methods, and applications**. 1. ed: CRC Press, 2016.

HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY. **What is human factors and ergonomics?** 2020. Disponível em: <https://www.hfes.org/About-HFES/What-is-Human-Factors-and-Ergonomics>. Acesso em: 3 dez. 2020.

HENRIQUES, I. B.; MADY, C. E. K.; OLIVEIRA JUNIOR, S. Assessment of thermal comfort conditions during physical exercise by means of exergy analysis. **Energy**, v. 128, p. 609-617, 2017.

HUIZENGA, C.; ZHANG, H.; ARENS, E. A model of human physiology and comfort for assessing complex thermal environments. **Building and Environment**, v. 36, n. 6, p. 691-699, 2001.

HUMPHREYS, M. A.; NICOL, J. F. The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 667-684, 2002.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. **Human factors/ergonomics (HF/E)**. 2020. Disponível em: <https://iea.cc/what-is-ergonomics/>. Acesso em: 25 ago. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico do Brasil**. 2019. v. 79. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/20/aeb_2019.pdf. Acesso em: 4 out. 2021.

IDOWU, I. A. Indoor environmental quality performance of mixed-mode ventilated shopping malls in hot-humid climatic region. **International Journal of Built Environment and Sustainability**, v. 5, n. 3, p. 187-200, 2018.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2º Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the thermal environments - instruments for measuring physical quantities**. ISO 7726, Genebra, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **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 7730, Genebra, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Hot environments - ergonomics of the thermal environment - analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain**. ISO 7933, Genebra, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the thermal environment – determination of metabolic rate**. ISO 8996, Genebra, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the thermal environment – estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble**. ISO 9920, Genebra, 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the physical environment** – subjective judgement scales for assessing physical environments. ISO 10551, Geneva, 2019.

IVASHCHENKO, O.; KHUDOLII, O.; JAGIELLO, W. Strength abilities: pattern recognition method in the management of the cumulative effect of strength loads in 8-year-old boys. **Pedagogy of Physical Culture and Sports**, p. 253-260, 2021.

JAMROZIK, A.; *et al.* A novel methodology to realistically monitor office occupant reactions and environmental conditions using a living lab. **Building and Environment**, v. 130, p. 190-199, 2018.

JORDAN, S.; ESCOBALES, M. VAMC orlando's ergonomic program. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 4823 – 4827, 2015.

JULI, F.; QIONGYAO, Z. A review about thermal comfort in aircraft. **Journal of Thermal Science**, v. 28, n. 2, p. 169-183, 2019.

JUNG, W.; JAZIZADEH, F.; DILLER, T. E. Heat flux sensing for machine-learning-based personal thermal comfort modeling. **Sensors**, v. 19, ed. 17, 2019.

KALTEH, H. O.; *et al.* Assessing safety culture in a gas refinery complex: development of a tool using a sociotechnical work systems and macroergonomics approach. **Safety Science**, v. 132, 2020.

KAMBLY, K.; BRADLEY, T. H. Geographical and temporal differences in electric vehicle range due to cabin conditioning energy consumption. **Journal of Power Sources**, v. 275, p. 468-475, 2015.

KARAHAN, A.; *et al.* Factors affecting the thermal comfort of perioperative personnel in the OR. **AORN Journal**, v. 111, n. 3, p. 333-344, 2020.

KARSH, B.-T.; WATERSON, P.; HOLDEN, R. J. Crossing levels in systems ergonomics: a framework to support 'mesoergonomic' inquiry. **Applied Ergonomics**, v. 45, p. 45-54, 2014.

KARTHIKEYAN, G.; *et al.* Thermal comfort properties of bamboo tencel knitted fabrics. **International Journal of Clothing Science and Technology**, p. 420-428, 2016.

KATAVOUTAS, G.; ASSIMAKOPOULOS, M N.; ASIMAKOPOULOS, D. N. On the determination of the thermal comfort conditions of a metropolitan city underground railway. **Science of the Total Environment**, v. 566-567, p. 877-887, 2016.

KAYNAKLI, R.; KILIC, M.; Investigation of indoor thermal comfort under transient conditions. **Building and Environment**, v. 40, n. 2, p. 165-174, 2005.

KIM, J. T.; *et al.* Development of the adaptive PMV model for improving prediction performances. **Energy and Buildings**, v. 98, p. 100-105, 2015.

KOTTEK, M.; *et al.* World map of the köppen-geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

- KOTOPOULEAS, A.; NIKOLOPOULOU, M. Thermal comfort conditions in airport terminals: indoor or transition spaces? **Building and Environment**, v. 99, p. 184-199, 2016.
- LAI, A.; MAING, M.; NG, E. Observational studies of mean radiant temperature across different outdoor spaces under shaded conditions in densely built environment. **Building and Environment**, v. 114, p. 397-409, 2017.
- LAM, C. K. C.; *et al.* Interactive effect between long-term and short-term thermal history on outdoor thermal comfort: comparison between Guangzhou, Zhuhai and Melbourne. **Science of the Total Environment**, v. 760, 2021.
- LAMB, S.; KWOK, K. C. S. A longitudinal investigation of work environment stressors on the performance and wellbeing of office workers. **Applied Ergonomics**, v. 52, p. 104-111, 2016.
- LAMBERTS, R. GHISI, E.; PAPST, AL. **Desempenho térmico de edificações**. Florianópolis: apostila – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
- LAMBERTS, R.; *et al.* **Conforto térmico e stress térmico**. UFSC. Florianópolis – SC, 2014.
- LAMBERTS, R.; *et al.* **Conforto Térmico e stress Térmico**. Apostila LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.
- LAN, L.; *et al.* Thermal comfort improvement of naturally ventilated patient wards in Singapore. **Energy and Buildings**, v. 154, p. 499-512, 2017.
- LI, Y.; *et al.* Development of an adaptation table to enhance the accuracy of the predicted mean vote model. **Building and Environment**, v. 168, 2020.
- 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**, v. 43, p. 70-81, 2008.
- LIPING, P.; *et al.* Method to predicting optimal cabin operative temperature for civil aircraft. **Building and Environment**, v. 69, p. 160-170, 2013.
- LUO, M.; *et al.* Revisiting an overlooked parameter in thermal comfort studies, the metabolic rate. **Energy and Buildings**, v. 118, p. 152-159, 2016.
- LUO, M.; *et al.* Human metabolic rate and thermal comfort in buildings: the problem and challenge. **Building and Environment**, v. 131, p. 44-52, 2018.
- MADY, C. E. K.; *et al.* Human body exergy analysis and the assessment of thermal comfort conditions. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 77, p. 577-584, 2014.
- MALCHAIRE, J. Travail à la chaleur. EMC – **Toxicologie-Pathologie**, v. 1, n. 3, p. 96-116, jul. 2004.

- MARN, J.; CHUNG, M.; ILJAŽ, J. Relationship between metabolic rate and blood perfusion under Fanger thermal comfort conditions. **Journal of Thermal Biology**, v. 80, p. 94-105, 2019.
- MAROCO, J. **Análise Estatística**: com utilização do SPSS. 2. ed. rev. Lisboa, 2003. ISBN 972-618-3316.
- MARTÍN, R. H.; MARTÍNEZ, F. J. R.; GÓMEZ, E. V. Thermal comfort analysis of a low temperature waste energy recovery system: SIECHP. **Energy and Buildings**, v. 40, ed. 4, p. 561-572, 2008.
- MÁSCULO, F; VIDAL, M. C. **Ergonomia**: trabalho adequado e eficiente. Rio de Janeiro: Elsevier/ABEPRO, 2011. ISBN 978-85-352-3802-0.
- MELO, C.G; FELICI, E. M. Segurança do trabalho em uma escola primária: ergonomia para funcionários e segurança para crianças. **Colloquium Exactarum**, v. 9, ed. 3, p. 102-108, 2017. Disponível em: <http://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/2205/2058>. Acesso em: 8 nov. 2020.
- MIGUEL, P. A. C.; *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MIJANI, N.; *et al.* Modeling thermal comfort in different condition of mind using satellite images: an ordered weighted averaging approach and a case study. **Ecological Indicators**, v. 104, p. 1-12, 2019.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO. Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. **NR 17 - ergonomia**, 6 jul. 1978. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-17.pdf. Acesso em: 10 jan. 2021.
- MISHRA, A. K.; RAMGOPAL, M. An adaptive thermal comfort model for the tropical climatic regions of India (köppen climate type a). **Building and Environment**, v. 85, p. 134-143, 2015.
- MISHRA, A. K.; RAMGOPAL, M. Thermal comfort in undergraduate laboratories: a field study in Kharagpur, India. **Building and Environment**, v. 71, p. 223-232, 2014.
- MONTMOLLIN, M. **A Ergonomia**. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.
- MURPHY, L. A.; *et al.* A sociotechnical systems approach to enhance safety climate in the trucking industry: development of a methodology. **Applied Ergonomics**, v. 66, p. 82-88, 2018.
- NA, H.; *et al.* Development of a human metabolic rate prediction model based on the use of kinect-camera generated visual data-driven approaches. **Building and Environment**, v. 160, 2019.
- NGARAMBE, J.; YUN, G. Y.; KIM, G. Prediction of indoor clothing insulation levels: a deep learning approach. **Energy and Buildings**, v. 202, 2019.
- NGUYEN, A. T., SINGH, M. K., REITER, S. An adaptive thermal comfort model for hot humid south-east asia. **Building and Environment**, v. 56, p. 291-300, 2012.

- NICO, M. A.; LIUZZI, S.; STEFANIZZI, P. Evaluation of thermal comfort in university classrooms through objective approach and subjective preference analysis. **Applied Ergonomics**, v. 48, p. 111-120, 2015.
- OLESEN, B.W.; PARSONS, K.C. Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of en ISO 7730. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 537-548, 2002.
- OLIVEIRA, C. C.; RUPP, R. F.; GHISI, E. Influence of environmental variables on thermal comfort and air quality perception in office buildings in the humid subtropical climate zone of Brazil. **Energy and Buildings**, v. 243, 2021.
- OMIDVAR, A.; KIM, J. Modification of sweat evaporative heat loss in the PMV/PPD model to improve thermal comfort prediction in warm climates. **Building and Environment**, v. 176, 2020.
- ONGWUTTIWAT, K.; SUDPRASERT, S.; LEEPHAKPREEDA, T. Determination of human thermal comfort due to moisture permeability of clothes. **International Journal of Clothing Science and Technology**, v. 30, n. 4, p. 462-476, 2018.
- OROSA, J. A.; OLIVEIRA, A. C. A new thermal comfort approach comparing adaptive and PMV models. **Renewable Energy**, v. 36, ed. 3, p. 951-956, 2011.
- PANG, L.; LI, P.; CAO, X.; WANYAN, X. Experimental study of the changes in thermal expectation during simulated flights in a civil aircraft cabin mockup. **Indoor and Built Environment**, v. 29, n. 9, p. 1277-1288, 2020.
- PARSONS, K. C. The effects of gender, acclimation state, the opportunity to adjust clothing and physical disability on requirements for thermal comfort. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 593-599, 2002.
- PEREZ, A. O.; *et al.* A wireless gas sensor network to monitor indoor environmental quality in schools. **Sensors**, v. 18, n. 12, 2018.
- PIGNATTA, G.; *et al.* Analysis of the indoor thermal quality in low income cypriohouseholds during winter. **Energy and Buildings**, v. 152, p. 766-775, 2017.
- POON, W. C.; *et al.* River and fish pollution in Malaysia: a green ergonomics perspective. **Applied Ergonomics**, v. 57, p. 80-93, 2016.
- PREK, M.; BUTALA, V. Comparison between Fanger's thermal comfort model and human exergy loss. **Energy**, v. 138, p. 228-237, 2017.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- QIN, M.; *et al.* Precise humidity control materials for autonomous regulation of indoor moisture. **Building and Environment**, v. 169, 2020.
- RAVINDRA, K.; ARGAWAL, N.; MOR, S. Assessment of thermal comfort parameters in various car models and mitigation strategies for extreme heat-health risks in the tropical climate. **Journal of Environmental Management**, v. 267, 2020.

REVEL, G. M.; ARNESANO, M.; PIETRONI, F. Development and validation of a low-cost infrared measurement system for real-time monitoring of indoor thermal comfort. **Measurement Science and Technology**, v. 25, 2014.

RIVERA-RODRIGUEZ, A. J.; *et al.* Multi-level ergonomics: determining how to bound your system. **Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting**, v. 57, p. 1104-1108, 2013.

ROHDE, L.; *et al.* Framing holistic indoor environment: definitions of comfort, health and well-being. **Indoor and Built Environment**, v. 29, n. 8, p. 118-1136, 2020.

ROSSI, F. A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba**. 2012. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012. Disponível em: http://www.degraf.ufpr.br/docentes/francine/Publicacoes/ROSSI_2012_tese.pdf. Acesso em: 16 fev. 2021.

ROST, K. A.; ALVERO, A. M. Participatory approaches to workplace safety management: bridging the gap between behavioral safety and participatory ergonomics. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v. 26, n. 1, p. 194-203, 2020.

RU, M. L.; GARRIDO, J.; VÁZQUEZ, F. Educational tool for the learning of thermal comfort control based on PMV-PPD indices. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 26, n. 4, p. 906-917, 2018.

RUIVO, C. R.; SILVA, M. G.; BRODAY, E. E. Methodology for calculating an atmospheric pressure-sensitive thermal comfort index PMV_{aps} . **Energy and Buildings**, v. 240, 2021.

RUIZ, M. A., CORREA, E. N. Adaptive model for outdoor thermal comfort assessment in an oasis city of arid climate. **Building and Environment**, v. 85, p. 40-51, 2015.

SALAMONE, F.; *et al.* An integrated framework for users' well-being. **Proceedings**, v. 2, n. 3, 2017.

SANTOS, M. R.; *et al.* Hydrogeochemical spatialization and controls of the serra geral aquifer system in southern Brazil: a regional approach by self-organizing maps and k-means clustering. **Journal of Hydrology**, v. 591, 2020.

SARACOGLU, A.; SANLI, D. U. Accuracy of GPS positioning concerning köppen-geiger climate classification. **Measurement**, v. 181, 2021.

SOCIÉTÉ D'ERGONOMIE DE LANGUE FRANÇAISE. **Définitions**: historique et diversité de la définition de l'ergonomie, 2016. Disponível em: <https://ergonomie-self.org/lergonomie/definitions-tendances/>. Acesso em: 8 dez. 2020.

SILVA, A. S.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Performance evaluation of long-term thermal comfort indices in building simulation according to ASHRAE standard 55. **Building and Environment**, v. 102, p. 95-115, 2016.

SONG, C.; LIU, Y.; LIU, J. The sleeping thermal comfort model based on local thermal requirements in winter. **Energy and Buildings**, v. 173, p. 163-175, 2018.

- SPINONI, J.; *et al.* Towards identifying areas at climatological risk of desertification using the köppen–geiger classification and FAO aridity index. **International Journal of Climatology**, v. 35, p. 2210-2222, 2014.
- STOLWIJK, J. A. J. A mathematical model of physiological temperature regulation in man, **NASA Contractor Report, NASA CR-1855**. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration, 1971.
- SUGIONO, S.; NOVAREZA, O.; FARDIAN, R. Thermal comfort study of plastics manufacturing industry in converting process. **Scientific Review Engineering and Environmental Sciences**, v. 26, n. 3, p. 401-411, 2017.
- TALEGHANI, M.; *et al.* Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. **Building and Environment**, v. 83, p. 65-78, 2015.
- TEE, M. L.; *et al.* Psychological impact of covid-19 pandemic in the Philippines. **Journal of Affective Disorders**, v. 277, p. 379-391, 2020.
- TONG, S.; *et al.* Study on correlation between air temperature and urban morphology parameters in built environment in northern China. **Building and Environment**, v. 127, p. 239-249, 2018.
- TSEHAY, B.; SHITIE, D. Minor physical anomalies among schizophrenic patients as a biomarker of its developmental origin in northwest Ethiopia. **Neuropsychiatric Disease and Treatment**, v. 16, p. 2491-2497, 2020.
- TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. UNIFEI ed. Itajubá, 2012.
- VAN CRAENENDONCK, S.; *et al.* A review of human thermal comfort experiments in controlled and semicontrolled environments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 3365-3378, 2018.
- VAN HOOFF, J. Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all? **Indoor Air**, v. 18, n. 3, p. 182-201, 2008.
- VAN LICHTENBELT, W.; *et al.* Healthy excursions outside the thermal comfort zone. **Building Research and Information**, v. 45, n. 7, p. 819-827, 2017.
- VELLEI, M.; *et al.* The influence of relative humidity on adaptive thermal comfort. **Building and Environment**, v. 124, p. 171-185, 2017.
- VIOLÁN, C.; *et al.* Multimorbidity patterns with k-means nonhierarchical cluster analysis. **BMC Family Practice**, v. 19, ed. 108, 2018.
- WALIKIEWITZ, N.; *et al.* The difference between the mean radiant temperature and the air temperature within indoor environments: a case study during summer conditions. **Building and Environment**, v. 84, p. 151-161, 2015.
- WANG, Z.; *et al.* Study on clothing insulation distribution between half-bodies and its effects on thermal comfort in cold environments. **Energy and Buildings**, v. 211, 2020.

WANG, Z.; *et al.* Individual difference in thermal comfort: a literature review. **Building and Environment**, v. 138, p. 181-193, 2018.

WISNER, A. **Por dentro do trabalho: ergonomia métodos e técnicas**. São Paulo: FTD, 1987.

WONG, L. T.; MUI, K. W.; CHEUNG, C. T. Bayesian thermal comfort model. **Building and Environment**, v. 82, p. 171-179, 2014.

WONG, N. H.; KHOO, S. S. Thermal comfort in classrooms in the tropics. **Energy and Buildings**, v. 35, p. 337–351, 2003.

WU, S.; SUN, J.-Q. Two-stage regression model of thermal comfort in office buildings. **Building and Environment**, v. 57, p. 88-96, 2012.

XAVIER, A. A. P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

XAVIER, A. A. P. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias - teoria física aliada a estudos de campo**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

YANG, C.; YIN, T.; FU, M. Study on the allowable fluctuation ranges of human metabolic rate and thermal environment parameters under the condition of thermal comfort. **Building and Environment**, v. 103, p. 155-164, 2016.

YANG, R.; *et al.* Study on the thermal comfort index of solar radiation conditions in winter. **Building and Environment**, v. 167, 2020.

YAO, R.; LI, B.; LIU, J. A theoretical adaptive model of thermal comfort - adaptive Predicted Mean Vote (aPMV). **Building and Environment**, v. 44, p. 2089-2096, 2009.

YAU, Y. H.; CHEW, B. T. Adaptive thermal comfort model for air-conditioned hospitals in Malaysia. **Journal of Building Services Engineering Research and Technology**, v. 35, n. 2, p. 117-138, 2014.

YU, J.; *et al.* A pilot study monitoring the thermal comfort of the elderly living in nursing homes in Hefei, China, using wireless sensor networks, site measurements and a survey. **Indoor and Built Environment**, v. 29, n. 3, p. 449-464, 2020.

ZAKI, S. A.; *et al.* Adaptive thermal comfort in university classrooms in Malaysia and Japan. **Building and Environment**, v. 122, p. 294-306, 2017.

ZHANG, S.; LIN, Z. Extending predicted mean vote using adaptive approach. **Building and Environment**, v. 171, 2020.

ZHANG, S.; *et al.* Improving predicted mean vote with inversely determined metabolic rate. **Sustainable Cities and Society**, v. 53, 2020.

ZHAO, Q.; LIAN, Z.; LAI, D. Thermal comfort models and their developments: a review. **Energy and Built Environment**, v. 2, n. 1, 2021.

ZHAO, Q.; *et al.* A data-driven method to describe the personalized dynamic thermal comfort in ordinary office environment: From model to application. **Building and Environment**, v. 72, p. 309-318, 2014.

ZHOU, X., LAI, D., CHEN, Q. Thermal sensation model for driver in a passenger car with changing solar radiation. **Building and Environment**, v. 183, 2020.

ZHOU, X.; *et al.* Data-driven thermal comfort model via support vector machine algorithms: Insights from ASHRAE RP-884 database. **Energy and Buildings**, v. 211, 2020.

ZHU, H.; *et al.* Experimental study on the variations in human skin temperature under simulated weightlessness. **Building and Environment**, v. 117, p. 135-145, 2017.

ZOLFAGHARI, A.; MAEREFAT, M. A new simplified model for evaluating non-uniform thermal sensation caused by wearing clothing. **Building and Environment**, v. 45, n. 3, p. 776-783, 2010.

ZOMORODIAN, Z. S.; TAHSILDOOST, M.; HAFEZI, M. Thermal comfort in educational buildings: a review article. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 895-906, 2016.