



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



**OBTENÇÃO DE ZONA DE CONFORTO UTILIZANDO A REGRESSÃO PROBIT E
O MÉTODO DE MÉDIAS ASSOCIADAS PARA AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE
OURO PRETO: AMBIENTES UNIVERSITÁRIOS**

Ouro Preto
Escola de Minas da UFOP
2017

Pablyne Sant'Ana Cristeli

Obtenção de zona de conforto utilizando a regressão Probit e o Método de Médias Associadas para as condições climáticas de Ouro Preto: Ambientes Universitários

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Henor Artur de Souza

Ouro Preto, agosto de 2017

C933o Cristeli, Pablyne SantAna.
Obtenção de zona de conforto utilizando a regressão PROBIT e o método de médias associadas para as condições climáticas de Ouro Preto [manuscrito]: ambientes universitários / Pablyne SantAna Cristeli. - 2017.
171f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Henor Artur de Souza.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
Área de Concentração: Construção Metálica.

1. Conforto térmico. 2. Arquitetura e clima. 3. Termodinâmica atmosférica.
I. Souza, Henor Artur de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 624.014

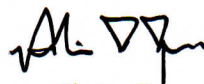
OBTENÇÃO DE ZONA DE CONFORTO UTILIZANDO A REGRESSÃO PROBIT E O MÉTODO DE MÉDIAS ASSOCIADAS PARA AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE OURO PRETO: AMBIENTES UNIVERSITÁRIOS

AUTORA: PABLYNE SANT'ANA CRISTELI

Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 04 de agosto de 2017, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Henor Artur de Souza, D. Sc. – UFOP (Presidente)



Prof. Adriano Pinto Gomes, D. Sc. – IFMG



Profa. Francine Aidie Rossi, D. Sc. – UFPR

À Deus.

Aos meus amados e inspiradores pais, Fátima e Onésimo.

Priscila, Vinícius, Dedé e Tita.

“O que prevemos raramente ocorre; o que menos esperamos geralmente acontece.” (Benjamin Disraeli)

AGRADECIMENTOS

Ao querido orientador, professor Henor Artur de Souza, com admiração, pelo seu espírito crítico e paciência, com bravura no acompanhamento desta dissertação, pela dedicação e por seus valiosos ensinamentos que foram essenciais para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida.

À minha família, alicerce de todas as conquistas e porto seguro que de longe se mantém presente e inabalável. Meus pais, incentivadores incansáveis e amorosos. Priscila pela calma. Vinicius pela paciência e apoio constantes. Dedé pelo carinho de sempre.

À Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) pelo apoio institucional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PROPEC), professores e funcionários, pelo ensino de qualidade e conhecimento único.

Aos colegas de estudos que estiveram presentes nos momentos de difíceis e também de comemorações, caminhando juntos neste rumo incerto e desafiador.

Por fim, aos que me cederam esperança e coragem. Que muitas vezes em pequenos gestos e palavras fizeram nascer força para vencer este desafio.

RESUMO

Ao se estudar o conforto térmico de um ambiente construído analisa-se sua relação com o ambiente térmico, luminoso e à transmissão de ruído objetivando adequação do sistema de fechamento (externo e interno) da edificação e um projeto arquitetônico eficiente que se insira no meio ambiente da região respeitando as condições climáticas locais e a iluminação natural. O interesse sobre conforto térmico no interior de edificações tem aumentado ao longo dos anos à medida que estudos comprovaram a relação do conforto térmico com a saúde e o bem-estar dos usuários. Esta crescente preocupação tem resultado no desenvolvimento de métodos de conforto adaptativos que contribuam para a avaliação do conforto térmico, condição diretamente relacionada com o desempenho e a produtividade dos usuários no exercício de suas atividades, especialmente em edificações escolares. Nesses ambientes, a qualidade do ambiente, ou seja, as condições de conforto (térmico, acústico e luminoso), pode atuar no rendimento do aluno, influenciando na concentração, compreensão, aprendizagem e desempenho global. Nesse contexto, vários índices de conforto térmico, levando em conta a capacidade adaptativa das populações, foram desenvolvidos para realidades climáticas distintas, inclusive alguns apropriados às condições climáticas brasileiras e outros necessitando da verificação da sua aplicabilidade. Neste trabalho obtêm-se zonas de conforto térmico por meio de dois métodos adaptativos: a Regressão Probit e as Médias Associadas, tomando como base as condições climáticas da cidade de Ouro Preto, Minas Gerais. Os dados são obtidos por meio da aplicação de questionários e medição das variáveis ambientais, simultaneamente. A análise é realizada por meio de comparação da zona de conforto térmico plotada em carta psicrométrica a partir dos limites de neutralidade em relação: à temperatura operativa do ar e à temperatura de globo de bulbo úmido (Método de Regressão Probit), e à temperatura do ar e à temperatura de globo de bulbo úmido (Método de Médias Associadas). Os resultados obtidos pelos dois métodos apresentaram zonas de conforto similares – Método de Regressão Probit: T_{op} entre 17,8 e 24,7°C e T_{bu} entre 12,2 e 20,2°C; Método de Médias Associadas: T_{ar} entre 17,2 e 25,6°C e T_{bu} entre 13,4 e 20,3°C – e em conformidade com as sensações térmicas expressadas pelos entrevistados, o que comprova a validade dos modelos adaptativos utilizados para o ambiente em estudo e para as condições climáticas locais.

Palavras-chave: zona de conforto térmico, modelos de conforto adaptativo, método de regressão Probit, método de médias associadas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.2	JUSTIFICATIVA	4
1.3	METODOLOGIA.....	6
2	CONFORTO TÉRMICO.....	7
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	7
2.2	HOMEOTERMIA E CORPO HUMANO	9
2.2.1	Homeotermia	9
2.2.2	Termorregulação.....	10
2.2.3	Fadiga higrotérmica e estresse térmico.....	11
2.3	PARÂMETROS IMPORTANTES	12
2.3.1	Parâmetros individuais	12
2.3.2	Parâmetros ambientais.....	13
2.4	ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO	14
2.4.1	Diagrama Bioclimático de Olgyay	15
2.4.2	Diagrama Bioclimático de Givoni	18
2.4.3	Índice de Temperatura Efetiva	19
2.4.4	Diagrama Bioclimático de Szokolay	21
2.4.5	Método Fanger de PMV e PPD	23
2.4.6	Temperatura de Globo de Bulbo Úmido (WBGT – Wet Bulb Globe Temperature).....	26
2.5	MODELOS ADAPTATIVOS	29
2.5.1	Revisão da norma ASHRAE 55	30
2.5.2	Método de Análise Probit	31

2.5.3	Método de Médias Associadas por Intervalo de Sensação Térmica	32
2.6	CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – PESQUISAS ANTERIORMENTE REALIZADAS	34
3	MÉTODOS UTILIZADOS.....	42
3.1	DELIMITAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	42
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	43
3.2.1	Região Climática	43
3.2.2	Edificações	43
3.3	ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	49
3.3.1	Definição e planejamento do projeto	49
3.3.2	Definição dos modelos adaptativos	50
3.3.3	Coleta de dados e tipos de variáveis manipuladas	50
3.3.4	Parâmetros físico-ambientais medidos diretamente	51
3.3.5	Parâmetros físico-ambientais calculados	58
3.3.6	Parâmetros psico-fisiológicos	60
3.3.7	Pesquisa de campo.....	61
3.3.8	Caracterização da amostra	62
3.3.9	Etapas para obtenção da zona de conforto.....	65
3.4	LIMITES DA PESQUISA E INCERTEZAS EXPERIMENTAIS	77
4	RESULTADOS	78
4.1	ANÁLISE DAS SALAS AVALIADAS	78
4.2	VARIÁVEIS AMBIENTAIS.....	78
4.3	CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS PSICO-FISIOLÓGICAS	82
4.4	ANÁLISE DO CRUZAMENTO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E AS PSICO-FISIOLÓGICAS	88

4.4.1	Sensação térmica	89
4.4.2	Satisfação com o ambiente	91
4.4.3	Adaptação ao ambiente.....	93
4.5	DEFINIÇÃO DOS LIMITES DE CONFORTO TÉRMICO	96
4.5.1	Método de Regressão Probit.....	96
4.5.2	Método de Médias Associadas	110
4.6	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....	115
4.6.1	Método de Regressão Probit e Método de Médias Associadas	115
4.6.2	Índices de conforto térmico estudados	117
4.7	CLASSIFICAÇÃO POR ESTAÇÕES DO ANO	124
4.7.1	Inverno.....	125
4.7.2	Primavera.....	126
4.7.3	Verão	127
4.7.4	Outono	128
4.7.5	Comparação entre as zonas de conforto das diferentes estações do ano.....	129
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	133
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	136
6	REFERÊNCIAS.....	137
7	APÊNDICE A – CÁLCULO DA TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO E UMIDADE ABSOLUTA.....	147
A.1	- TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO (T_{BU}).....	147
A.2	– UMIDADE ABSOLUTA DO AR (Ω).....	147
A.3	- OBTENÇÃO DA TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO E DA UMIDADE ABSOLUTA.....	148

8	APÊNDICE B – RESULTADOS OBTIDOS POR MEIO DO MÉTODO DE ANÁLISE PROBIT	152
	B.1 -TEMPERATURA OPERATIVA	152
	B.2–UMIDADE RELATIVA DO AR	156
	B.3-TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO.....	160
9	ANEXO I – MODELOS DE QUESTIONÁRIO.....	164
	I.A - QUESTIONÁRIO PARA OS ENTREVISTADOS.....	164
	I.B - QUESTIONÁRIO PARA O PESQUISADOR.....	165
10	ANEXO II – RESPOSTAS COLETADAS POR NASCIMENTO (2016) POR MEIO DE QUESTIONÁRIOS.....	166
	II.A- RESPOSTAS EM FUNÇÃO DA DATA DE MEDIÇÃO	166
	II.B- RESPOSTAS EM FUNÇÃO DA ESCALA DE SENSÇÃO TÉRMICA.....	168
11	ANEXO III – TABELA IX PRÓBITES (FISHER & YATES, 1971).....	169

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Carta Bioclimática de Olgyay.....	16
Figura 2.2 – Condições que se deve cumprir para desenvolver o ambiente à zona de conforto.	17
Figura 2.3 – Ilustração esquemática da carta bioclimática de Givoni.....	19
Figura 2.4 – Ábaco da Temperatura Efetiva.	20
Figura 2.5 – Carta Bioclimática de Szokolay (1987).	22
Figura 2.6 – Gráfico para a determinação do PPD a partir do PMV.....	26
Figura 2.7 - Faixas de conforto adaptativo proposta pela ASHRAE Standard 55-2004 para edificações naturalmente ventiladas.....	31
Figura 2.8 – Diagrama esquemático do Método de Médias Associadas para temperatura de conforto térmico.....	33
Figura 2.9 - Referências Principais	41
Figura 3.1 – Localização da região em estudo: Ouro Preto - MG.....	43
Figura 3.2 – Escola de Minas no Campus Morro do Cruzeiro (UFOP).	44
Figura 3.3 - Planta baixa esquemática: Escola de Minas	45
Figura 3.4 - Salas de aula e laboratório utilizados para a pesquisa: Escola de Minas.....	46
Figura 3.5 – Escola de Medicina no Campus Morro do Cruzeiro (UFOP).....	47
Figura 3.6 - Planta baixa esquemática: Escola de Medicina	48
Figura 3.7 - Salas de aula e laboratórios utilizados para a pesquisa: Escola de Medicina.....	49
Figura 3.8 – Equipamentos externos de coleta dos condicionantes térmicos.....	53
Figura 3.9 – Aparelhos utilizados para as unidades móveis.....	53
Figura 3.10 – Unidades Fixas.....	54
Figura 3.11 - Conjunto dos instrumentos para coleta de dados.....	55
Figura 3.12 - Sensor de temperatura e umidade - Modelo ALMEMO 3290.....	56
Figura 3.13 - Termômetro de globo - Modelo ALMEMO Class B (DIN/IEC 751).	56
Figura 3.14 - Termo anemômetro - Modelo ALMEMO FV A605 TA.....	57

Figura 3.15 - Data Logger para armazenamento das variáveis climáticas – Modelo ALMEMO 2890-9.	58
3.16 - Distribuição da frequência relativa do sexo dos pesquisados	63
Figura 3.17 - Distribuição da frequência relativa da idade dos pesquisados.....	63
Figura 3.18 – Distribuição da frequência relativa ao peso dos pesquisados	63
Figura 3.19 – Distribuição da frequência relativa à altura dos pesquisados.....	64
Figura 3.20 – Histograma de frequência com curva normal da idade dos pesquisados	64
Figura 3.21 – Histograma de frequência com curva normal do peso dos pesquisados	65
Figura 3.22 – Histograma de frequência com curva normal da altura dos pesquisados.....	65
Figura 3.23 - Fluxograma para obtenção da zona de conforto utilizando Método de Análise Probit ...	69
Figura 3.24 - Fluxograma para obtenção da zona de conforto utilizando Método de Médias Associadas	74
Figura 4.1 - Histograma de frequência com curva normal (a) e gráfico de probabilidade (b) da Temperatura do ar	81
Figura 4.2 - Histograma de frequência com curva normal (a) e gráfico da probabilidade (b) da Umidade relativa	81
Figura 4.3 - Histograma de frequência com curva normal (a) e gráfico da probabilidade (b) da Temperatura de Globo.....	82
Figura 4.4 - Histograma de frequência com curva normal (a) e gráfico da probabilidade (b) da Temperatura Radiante Média.....	82
Figura 4.5 - Histograma de frequência com curva normal (a) e gráfico da probabilidade (b) da Temperatura Operativa.....	82
Figura 4.6 - Julgamentos subjetivos gerais sobre conforto térmico	83
Figura 4.7 - Julgamentos subjetivos sobre conforto térmico em termos de aceitabilidade das salas	84
Figura 4.8 - Sensações na última hora.....	84
Figura 4.9 - Sensações na última hora segundo a escala de 7 pontos	85
Figura 4.10 - Prejuízo à atividade	85
Figura 4.12 - Necessidade de adaptação	86
Figura 4.14 - Movimentação de ar	86

Figura 4.11 - Tipo de vestimenta	86
Figura 4.13 - Iluminação	86
Figura 4.15- Satisfação com o ambiente interno.....	87
Figura 4.16 - Conforto do ambiente interno.....	87
Figura 4.17 - Ruído	87
Figura 4.18 - Incidência solar.....	87
Figura 4.19 - Cruzamento da temperatura de bulbo seco do ar com a escala térmica	90
Figura 4.20 - Cruzamento da umidade relativa do ar ambiente com a escala térmica	90
Figura 4.21 - Cruzamento da temperatura de globo com a escala térmica.....	90
Figura 4.22 - Cruzamento da temperatura operativa com a escala térmica.....	91
Figura 4.23 - Cruzamento da temperatura de bulbo seco do ar com a variável de satisfação com o ambiente	92
Figura 4.24 - Cruzamento da umidade relativa do ar ambiente com a variável de satisfação com o ambiente	92
Figura 4.25 - Cruzamento da temperatura operativa com a variável de satisfação com o ambiente.....	92
Figura 4.26 - Cruzamento da temperatura de bulbo seco do ar com a aceitação do ambiente.....	93
Figura 4.27 – Cruzamento da umidade relativa do ar com a aceitação do ambiente	94
Figura 4.28 - Cruzamento da temperatura operativa com a aceitação do ambiente.....	94
Figura 4.29 - Cruzamento da temperatura de bulbo seco do ar com a capacidade de estudar no ambiente	95
Figura 4.30 - Cruzamento da umidade relativa com a capacidade de estudar no ambiente.....	95
Figura 4.31 - Cruzamento da temperatura operativa com a capacidade de estudar no ambiente.....	95
Figura 4.32 - Comportamento dos Próbites observados e estimados relativos aos graus de satisfação $MQ+Q+LQ+C+0,5LF$ versus temperatura de bulbo seco do ar.....	100
Figura 4.33 - Comportamento dos Próbites observados e estimados relativos aos graus de satisfação $MQ+Q+0,5LQ$ versus temperatura de bulbo seco do ar	100
Figura 4.34 - Comportamento das curvas de percentagens estimadas relativas às combinações dos graus de conforto térmico versus temperatura de bulbo seco do ar	101
Figura 4.35 - Frequências estimadas por regressão Probit versus temperatura de bulbo seco do ar...	103

Figura 4.36 - Percentagem de pessoas insatisfeitas estimada por regressão Probit <i>versus</i> temperatura de bulbo seco do ar	103
Figura 4.37 - Comportamento das curvas de percentagens estimadas relativas às combinações dos graus de conforto térmico <i>versus</i> temperatura operativa.....	104
Figura 4.38 - Comportamento das curvas das percentagens estimadas relativas às combinações dos graus de conforto térmico <i>versus</i> umidade relativa do ar.....	105
Figura 4.39 - Comportamento das curvas das percentagens estimadas relativas às combinações dos graus de conforto térmico <i>versus</i> umidade absoluta do ar	106
Figura 4.40 - Comportamento das curvas das percentagens estimadas relativas às combinações dos graus de conforto térmico <i>versus</i> temperatura de bulbo úmido	106
Figura 4.41 - Comportamento das curvas das percentagens estimadas relativas às combinações MF+F+0,5LF e MF+F+LF+C+0,5LQ dos graus de conforto térmico <i>versus</i> temperatura operativa.	107
Figura 4.42 - Comportamento das curvas das percentagens estimadas relativas às combinações MF+F+0,5LF e MF+F+LF+C+0,5LQ dos graus de conforto térmico <i>versus</i> umidade absoluta do ar.....	107
Figura 4.43 - Comportamento das percentagens estimadas relativas às combinações MF+F+0,5LF e MF+F+LF+C+0,5LQ dos graus de conforto térmico <i>versus</i> temperatura de bulbo úmido	108
Figura 4.44 - Carta psicrométrica com os parâmetros de conforto térmico determinados segundo o Método de Regressão Probit	109
Figura 4.45 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) <i>versus</i> temperatura de bulbo seco do ar.....	111
Figura 4.46 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) <i>versus</i> temperatura operativa	112
Figura 4.47 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) <i>versus</i> umidade relativa do ar	113
Figura 4.48 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) <i>versus</i> temperatura de bulbo úmido.....	113
Figura 4.49 - Carta psicrométrica com os parâmetros de conforto térmico determinados segundo o Método de Médias Associadas.....	114
4.50 – Carta psicrométrica com a zona de conforto obtida utilizando o Método de Médias Associadas em função da temperatura do ar e da umidade relativa do ar	115
Figura 4.51 - Carta psicrométrica com os parâmetros de conforto térmico determinados segundo Método de Regressão Probit e Método de Médias Associadas.....	116
Figura 4.52 – Comparação do diagrama de Olgyay com os limites de conforto obtidos.....	119
Figura 4.53 - Comparação do diagrama de Givoni com os limites de conforto obtidos	120

Figura 4.54 - Comparação dos limites de conforto obtidos e a zona de conforto proposta por Koenigsberger et al. (1977; apud GOULART et al., 1994)	121
Figura 4.55 - Comparação entre o modelo de Fanger e os dados experimentais levantados para a região em estudo	123
Figura 4.56 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) <i>versus</i> temperatura de bulbo seco do ar: INVERNO.....	126
Figura 4.57 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) <i>versus</i> umidade relativa do ar: INVERNO.....	126
Figura 4.58 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) <i>versus</i> temperatura de bulbo seco do ar: PRIMAVERA.....	127
Figura 4.59 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) <i>versus</i> umidade relativa do ar: PRIMAVERA	127
Figura 4.60 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) <i>versus</i> temperatura de bulbo seco do ar: VERÃO.....	128
Figura 4.61 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) <i>versus</i> umidade relativa do ar: VERÃO	128
Figura 4.62 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) <i>versus</i> temperatura de bulbo seco do ar: OUTONO.....	129
Figura 4.63 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) <i>versus</i> umidade relativa do ar: OUTONO.....	129
Figura 4.64 - Comparação zonas de conforto das estações do ano	130
Figura 4.65 - Comparação entre a zona de conforto média das estações do ano e a zona de conforto do ano inteiro.....	131

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Escala de sensação térmica.....	24
Tabela 2.2 – Taxas de metabolismo por tipo de atividade.	28
Tabela 2.3 – Limites de tolerância da TGBU para exposição ao calor.	29
Tabela 3.1 - Posições de medições para coleta das variáveis climáticas de um ambiente	54
Tabela 3.2 – Detalhamento do número de salas e questionários válidos na pesquisa de campo	62
Tabela 3.3 - Média dos gêneros	63
Tabela 4.1 - Principais características das salas de aula analisadas	79
Tabela 4.2 - Variáveis ambientais levantadas <i>in loco</i> e calculadas.....	80
Tabela 4.3 - Parâmetros estatísticos descritivos das variáveis ambientais.....	81
Tabela 4.4- Frequências relativas às sensações subjetivas de conforto térmico	88
Tabela 4.5 - Matriz de correlação direta entre as variáveis ambientais e as variáveis psico-fisiológicas	89
Tabela 4.6 - Frequência absoluta para o grau de satisfação segundo a variação da temperatura do ar (T_{ar}).....	97
Tabela 4.7 - Frequências relativas e absolutas das correlações em relação à temperatura de bulbo seco do ar (T_{ar}).....	98
Tabela 4.8 - Distribuição das frequências observadas e estimadas dos Próbits por categoria de grau de satisfação.....	99
Tabela 4.9 - Distribuição das frequências estimadas segundo a variação da temperatura de bulbo seco do ar.....	102
Tabela 4.10 – Intervalos (quente e frio) de conforto térmico para as variáveis ambientais estudadas	108
Tabela 4.11 - Limites de conforto térmico - Método de Regressão Probit	109
Tabela 4.12 - Médias da temperatura de bulbo seco do ar para cada grupo de sensação térmica.....	110
Tabela 4.13 - Desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) para cada grupo de sensação térmica.....	110
Tabela 4.14 - Limites de conforto térmico - Método de Médias Associadas.....	114
Tabela 4.15 - Dados de acordo com a estação do ano.....	125

1 INTRODUÇÃO

A função de abrigo de qualquer edificação é proteger o homem quanto às intempéries do meio ambiente, proporcionando-o conforto independentemente de como estão as condições do meio ambiente externo. Ou seja, deve proporcionar condições internas para que o habitante se sinta não somente protegido do sol e da chuva, da umidade do solo, do vento e do frio, como também possa estar em condições de conforto térmico em seu interior, garantindo seu bem-estar físico, fisiológico e psicológico.

Boas soluções tecnológicas e de projeto arquitetônico nas escalas da edificação e da unidade habitacional são aquelas comprometidas com a redução dos impactos ambientais e, sobretudo, com o conforto do usuário (FERREIRA et al., 2012).

Segundo Xavier (2000) para a concepção de um ambiente termicamente adequado, deve-se ter a clara noção e conhecimento do local onde este irá ser edificado, considerando o clima e as estratégias que possam ser utilizadas; conhecimento esse que é obtido por meio de estudos de bioclimatologia.

Nessa linha, os estudos em conforto térmico visam analisar e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupações humanas, bem como estabelecer métodos e princípios para uma detalhada análise térmica de um ambiente (DUARTE et al., 2016).

É possível destacar três principais fatores para comprovar a importância do estudo do conforto térmico: a satisfação do ser humano em se sentir termicamente confortável; o aumento da produtividade humana no desempenho de atividade quando estes estão em um estado de bem-estar; e a conservação de energia ou eficiência energética que é adquirida ao se aproveitar recursos naturais e estratégias bioclimáticas.

Chamando a atenção para a conservação de energia, vem junto a esse fator a busca por fontes alternativas, uma vez que a refrigeração e o aquecimento de edificações gastam uma quantidade considerável de energia elétrica. Cabe aos pesquisadores se aprofundarem nos estudos de eficiência energética e desempenho térmico de materiais e equipamentos. Uma edificação projetada de acordo com os princípios bioclimáticos utiliza conhecimentos de

técnicas construtivas e elementos arquitetônicos para tirar proveito do clima a fim de se obter uma edificação com conforto térmico e economia de energia.

Com a finalidade de garantir a uniformidade e a coerência dos métodos e resultados obtidos foram criadas normas e zonas de conforto térmico específicas para cada região de estudo, com o intuito de facilitar a aplicação de estratégias que sejam adequadas e eficientes, além de uma análise apropriada para os ambientes construídos desde a etapa de projeto.

As normas em vigor que tratam do conforto térmico, com especificações diversas são internacionais e entre elas as de maior relevância para o trabalho proposto são as normas ISO 7730 (ISO, 2006), ISO 7726 (ISO, 1996) e ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013). A norma ISO 7730 (ISO, 2006) especifica um método para determinar a sensação térmica e o grau de desconforto dos usuários, além de apresentar condições de conforto térmico aceitáveis para ambientes termicamente controlados. A norma ISO 7726 (ISO, 1996) busca uniformizar os equipamentos de medição de conforto térmico e seus métodos de utilização. A norma ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013) apresenta os fundamentos de termorregulação humana e conforto para a elaboração e operação de projetos e aplicações de conforto dos ocupantes da edificação e apresenta um método para determinar as condições de conforto considerando a adaptação humana, este último acrescentado a partir da edição de 2004 e baseado na abordagem adaptativa.

No Brasil não se tem uma norma de conforto específico. Têm-se duas normas que abordam o desempenho das edificações, assunto diretamente relacionado ao conforto: a norma NBR 15.220 (ABNT, 2005) e a norma NBR 15.575 (ABNT, 2013). A norma NBR 15.220 (ABNT, 2005) foi a primeira norma de desempenho criada no Brasil e enfatiza a avaliação de habitações unifamiliares de interesse social, além de apresentar recomendações de projeto baseadas no zoneamento bioclimático que propõe. A norma NBR 15.575 (ABNT, 2013) foi criada em 2008 para ampliar a abrangência da avaliação de desempenho térmico de edificações o abordando em vários aspectos, entre os quais o desempenho térmico pode ser avaliado por três procedimentos: simplificado, simulação ou medição (FERREIRA, 2016).

As zonas de conforto são estabelecidas de acordo com índices e diagramas de conforto térmico que calculam os limites, ou faixa efetiva, das variáveis climáticas que garantem o bem-estar térmico da maior parte dos usuários. Estes índices podem ser analíticos ou

adaptativos, sendo os analíticos os que não consideram as reações subjetivas dos indivíduos e os adaptativos aqueles que levam em conta as reações de cada usuário para atingir o conforto.

Os primeiros estudos realizados foram de caráter analítico, como o Diagrama Bioclimático de Olgay (1963) que representa em uma carta os parâmetros de conforto térmico de acordo com os dados de clima externo à edificação e resulta em estratégias para adaptar a edificação ao clima da região. Posteriormente diversos estudos foram realizados com enfoques variados, como o Diagrama Bioclimático de Givoni (1976), Índice de Temperatura Efetiva (1923), Diagrama Bioclimático de Szokolay (1987) e Método Fanger de PMV e PPD (1970), este último, considerado o de maior representatividade na abordagem do balanço térmico humano, e prevê a porcentagem de pessoas satisfeitas e insatisfeitas em um determinado ambiente.

Por outro lado, os métodos adaptativos começaram a ganhar relevância nas últimas décadas. Eles buscam englobar nas análises, além dos efeitos das variáveis climáticas, os efeitos oriundos das variáveis físicas e psicológicas dos usuários (como sexo, peso, adaptação térmica e atitudes realizadas pelos mesmos para melhorar o conforto em um determinado ambiente), que os faz serem considerados subjetivos. O Método de Análise Probit, ou Método de Regressão Probit, é um modelo estatístico de dados ligados ao estímulo biológico, utilizado nos estudos de conforto térmico para determinar a porcentagem de indivíduos que sentirão calor, conforto ou frio em um determinado nível de estímulo utilizando para isso uma distribuição probabilística. O Método de Médias Associadas utiliza estatísticas descritivas para determinar um valor de temperatura neutra a partir de cálculos de médias para as variáveis climáticas que consideram as sensações térmicas dos usuários, a fim de definir um valor final para cada variável que satisfaça a maior parte dos indivíduos.

Batiz et al. (2009) e Silva e Muzardo (2016) comprovaram a importância do conforto térmico em ambientes escolares, destacando a influência deste sobre a atenção, memória e rendimento dos usuários. A adequabilidade e neutralidade térmica são dificilmente alcançadas em diversas cidades brasileiras, principalmente as que possuem climas severos em alguma época do ano, como é o caso da cidade de Ouro Preto (MG), região onde foi desenvolvido o trabalho.

A cidade de Ouro Preto, situada no estado de Minas Gerais, possui clima tropical de altitude, com chuvas durante os meses de outubro a abril e geadas ocasionais em junho e julho, além

de temperaturas e umidades elevadas durante o verão. Essas características dificultam o bem-estar dos habitantes e, em particular, dos estudantes da Universidade Federal de Ouro Preto - Campus Morro do Cruzeiro. Pesquisas anteriores sobre o conforto térmico no interior de edificações deste ambiente escolar, como a de Fontanella (2009), Faria (2013) e Nascimento (2016), apontaram grande desconforto por parte dos usuários, com resultados que concluíram insatisfação com o ambiente e queda de aprendizado e concentração, principalmente durante os meses mais frios do ano.

O presente trabalho busca encontrar novas zonas de conforto térmico utilizando dados climáticos e questionários respondidos por usuários de edificações escolares da Universidade Federal de Ouro Preto – Campus Morro do Cruzeiro a partir do Método de Análise Probit e o Método de Médias Associadas, a fim de se obter uma comparação final entre os resultados e propor mudanças simples a serem realizadas nas edificações para melhorar o bem-estar de seus usuários e, conseqüentemente, a produtividade.

1.1 Objetivo Geral e Objetivos Específicos

Obter a zona de conforto para as condições climáticas de Ouro Preto utilizando os Métodos de Regressão Probit e de Médias Associadas.

Os objetivos específicos são:

- Analisar a percepção dos usuários à respeito das edificações avaliadas;
- Especificar as metodologias para aplicação dos Métodos de Regressão Probit e de Médias Associadas;
- Verificar a viabilidade do Método de Médias Associadas;
- Analisar a aclimação sazonal dos usuários das edificações.

1.2 Justificativa

Diferentes fatores, como o conforto térmico, qualidade do ar e ruído têm efeitos combinados notáveis sobre a aceitabilidade dos ocupantes e desempenho no trabalho. (HUANG et al., 2012). Dentre os fatores citados, as condições térmicas têm um papel chave para o bem-estar e conforto dos ocupantes de um determinado local.

Edifícios escolares precisam estimular a produtividade e aprendizado dos estudantes. Estudos comprovaram a relação entre o conforto térmico no interior de salas de aula e a qualidade do ar com o desempenho e o bem-estar dos alunos (HAVERINNEN-SHAUGHNESSY et al., 2015).

Segundo a norma ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013) o desempenho dos seres humanos, sob uma condição de estresse térmico, é aproximadamente 11% menor, quando comparado ao seu desempenho sob condições térmicas adequadas ou de neutralidade. As edificações que adotam medidas eficientes para melhorar as condições térmicas internas e a qualidade do ar interno e, conseqüentemente, são mais agradáveis para se trabalhar, têm taxas de retenção de funcionários mais altas e, na maioria dos casos, resultam em aluguéis superiores. Algumas companhias de seguros oferecem descontos para quem investe na qualidade do ar interno e na eficiência energética das construções. Os arquitetos e os empregadores devem estar cientes de que os funcionários têm o direito a um ar interno mais saudável, como defendido pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Curado (2014) lembra que há muitos estudos de medição isolada de parâmetros de conforto térmico e de consumo energético nos edifícios, mas a relação entre o conforto térmico, o consumo energético e as características da edificação não tem sido analisada de forma consistente, nem se encontra traduzida na regulamentação.

Para o Brasil, em função de sua dimensão territorial, são poucas as zonas de conforto definidas. Devido a isso, a aplicação de técnicas na análise de dados que representem a sensação dos usuários em relação ao ambiente térmico, num dado ambiente construído, se torna muito relevante.

Novos modelos de conforto adaptativo surgem constantemente, mas não necessariamente são passivos de utilização em qualquer ambiente ou mesmo em quaisquer condições climáticas. O Brasil sofre com a inexistência de um método adaptativo eficiente que considere os aspectos subjetivos de conforto expressados pelos indivíduos e que, ao mesmo tempo, possa ser aplicado em toda a sua extensão.

Analisar e avaliar modelos adaptativos mundiais utilizando condições climáticas brasileiras é de extrema importância para o estudo do conforto térmico no território nacional a fim de

alcançar avanços significativos na área das edificações visando o bem-estar e a produtividade dos usuários, especialmente em edificações escolares.

1.3 Metodologia

A metodologia abrange duas abordagens: (a) compilação e análise dos dados obtidos, via investigação exploratória e medições dos parâmetros climáticos *in loco* para as condições climáticas de Ouro Preto, por Nascimento (2016); (b) determinação da zona de conforto aplicando o Método de Regressão Probit e o Método de Médias Associadas.

2 CONFORTO TÉRMICO

2.1 Considerações iniciais

Desde os primórdios da humanidade, o homem começou a sentir a necessidade de minimizar seu desconforto térmico. Ele buscava o bem-estar físico, fisiológico e psicológico por meio de soluções comportamentais e mecânicas. Apenas nas últimas décadas os estudos sobre conforto térmico em ambientes internos têm ganhado espaço com o intuito de encontrar soluções duradouras e eficientes. Uma das primeiras lembranças históricas associadas a busca do homem pela satisfação térmica é a dos faraós egípcios sendo abanados por seus escravos com grandes folhas de plantas. Exemplo seguido pelos gregos e romanos que utilizavam penas de pavão. Estes fatos, além de simbolizarem o início da procura por bem-estar térmico, comprovam também como essa sensação era um luxo destinado apenas aos mais abastados.

De acordo com Xavier (2000) até a Revolução Industrial, não foi dada a devida atenção aos estudos de conforto térmico. Com o impulso da industrialização ocorrido no início do século XX, a visão de que melhores condições ambientais para o desenvolvimento do trabalho eram importantes começaram a conquistar espaço, tendo em vista principalmente a manutenção da saúde e da produtividade do trabalhador. Houghton e Yaglou (1923) buscaram então delimitar uma “zona de conforto”, efetuando estudos no laboratório da Associação Americana de Engenheiros de Aquecimento e Ventilação (ASHVE - *American Society of Heating and Ventilating Engineers*). Já na Inglaterra, a preocupação se deu com relação ao estabelecimento dos limites das condições ambientais para o trabalho, onde Vernon e Wagner (1932) e mais tarde Bedford (1936), efetuaram estudos empíricos envolvendo trabalhadores de fábricas.

Andreas (2009) lembra que já na década de 1960, a sociedade ocidental descobriu com surpresa que as fontes artificiais de energia não eram um bem ilimitado e que não poderiam ser utilizadas sem nenhuma prevenção. Apesar disso, as exigências de conforto térmico foram mantidas e com isso o consumo de energia aumentado, ensejando, assim, que soluções fossem apresentadas para essa questão. Nessa busca, iniciaram-se as discussões sobre “edifícios modernos”, tanto na concepção funcional e estética como também sobre o relacionamento entre arquitetura e energia.

Foi nesse cenário que Olgyay (1963) foi pioneiro em uma nova maneira de se projetar e deu origem às etapas da arquitetura reconhecidas como solar, passiva e atualmente bioclimática.

Ele afirmou que o primeiro passo consistia em definir o grau e a medida do bem-estar requerido. O passo seguinte consistia em se revisar as condições climáticas existentes e, posteriormente, buscar uma solução racional. Assim os resultados podem sintetizar-se e adaptar-se à expressão arquitetônica.

Fanger (1970) entendeu que o conhecimento científico sobre conforto térmico ainda era insuficiente para aplicação prática e iniciou uma pesquisa em que relacionava a temperatura de bulbo seco do ar, temperatura radiante média, umidade e velocidade do ar (parâmetros climáticos) com a taxa metabólica e o índice de isolamento das roupas utilizadas (parâmetros pessoais). Os resultados obtidos determinaram três requisitos de conforto: que o corpo humano vive em constante balanço térmico com o ambiente, que a temperatura média da pele pode ser um indicativo de conforto, e que existe uma taxa preferencial de sudorese para o conforto (RUAS, 1999). Ele também gerou um modelo matemático, segundo uma abordagem analítica, em que utilizou dados de estudos realizados em câmaras climáticas, que demonstrava a interação do corpo humano com o ambiente que o circunda e as relações entre o denominado voto médio estimado (PMV) e a percentagem de pessoas insatisfeitas (PPI). Este modelo é o adotado pela norma internacional ISO 7730 (ISO, 2006) e pela ASHRAE 55 (ASHRAE 2013). Definiu-se então que o conforto térmico é obtido por trocas térmicas entre o corpo humano e o ambiente que o envolve.

A avaliação do conforto térmico pela norma ISO 7730 (ISO, 2006) exige o conhecimento de outras normas como a ISO 7726 (ISO, 1996) que especifica métodos e características dos instrumentos para avaliação do conforto térmico, a norma ISO 8996 (ISO, 1990) que descreve métodos para a obtenção das taxas de metabolismo e a norma ISO 9920 (ISO, 1995) que apresenta métodos para estimar as características térmicas das vestimentas (FONTANELLA, 2009).

A definição de conforto mais utilizada nos dias de hoje é aquela apresentada na norma ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013) que o descreve como um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. O que indica a existência de uma componente subjetiva no cálculo do conforto térmico do indivíduo. Devido a essa componente subjetiva é impossível conseguir um ambiente em que todos os indivíduos estão confortáveis.

Como se pode notar, o conforto térmico pode ser analisado de maneira pessoal para cada indivíduo ou de forma física para o ambiente como um todo. Considerando a forma pessoal, conforto térmico é definido como uma condição mental que expresse satisfação com o ambiente térmico. Já da forma física, um ambiente é confortável se permitir a manutenção interna da temperatura corporal sem serem necessários os mecanismos termorreguladores, ou seja, se o organismo humano estiver em equilíbrio térmico com o meio ambiente.

Além disso, a atual preocupação com o meio ambiente tem indicado a urgência de se pensar mecanismos e dispositivos de maior eficiência energética, por questões econômicas e pelo próprio esgotamento de recursos não renováveis. Aspectos relacionados à adequabilidade da edificação ao clima local tornam-se cada vez mais importantes e determinantes nas soluções adotadas em projeto (FERREIRA et al., 2012).

Atualmente existem duas abordagens referentes aos métodos para prever o conforto térmico: a abordagem analítica e a abordagem adaptativa. A abordagem analítica se baseia em estudos realizados em ambientes controlados, já a abordagem adaptativa utiliza dados obtidos em estudos de campo. Os modelos adaptativos consideram que a sensação térmica será influenciada pelos mecanismos termorreguladores, a atividade humana e pela capacidade de adaptação das populações a diferentes condições climáticas (FERREIRA, 2016). Esta abordagem tem origem no princípio adaptativo que estabelece que as temperaturas termicamente confortáveis são socialmente, historicamente, tecnologicamente e economicamente condicionadas e dependentes das variações sazonais, geográficas e culturais. O conceito fundamental da abordagem adaptativa é de que caso ocorra uma alteração que gere desconforto, a reação das pessoas é procurar restaurar sua sensação de conforto por meio de várias medidas, entre elas as atitudes comportamentais (NICOL; HUMPHREYS; ROAF, 2012). Os métodos adaptativos são preferencialmente aplicáveis em edificações naturalmente ventiladas, caso comum no Brasil, e, por este fator, é o modelo com melhor aplicabilidade no país.

2.2 Homeotermia e corpo humano

2.2.1 Homeotermia

Todos os processos que ocorrem em um organismo para manter seu funcionamento necessitam de uma temperatura adequada. Isso se deve ao fato de tais processos envolverem

proteínas, enzimas, reações químicas e físicas que ocorrem mais rapidamente ou de forma muito lenta de acordo com a temperatura do meio em que se encontram. Assim, é fundamental que os seres vivos disponham de estratégias para regular a temperatura do corpo.

Seres homeotérmicos possuem a capacidade de manter a temperatura interna do corpo aproximadamente constante, independente da variação da temperatura de bulbo seco do ar ambiente e da atividade exercida. Essa característica é encontrada no homem, aves e animais mamíferos.

Segundo Rodrigues (2006) a temperatura interna do corpo é controlada pelo equilíbrio entre o calor produzido pelo seu metabolismo e o calor ganho ou perdido para o ambiente externo. Enquanto o calor é produzido transformando quimicamente a energia dos alimentos ingeridos, a dissipação do calor ocorre devido as condições do ambiente externo em que o ser está, por meio dos mecanismos de transferência de calor por condução, convecção, radiação e evaporação.

Diversos são os fatores externos que produzem um desequilíbrio deste balanço energético (calor, frio, vento, sede, umidade, fome, poluição sonora, etc.), chamados de estressores. Eles geram uma resposta motora ou endócrina do corpo a fim de evitar ou reduzir seus efeitos.

A homeotermia é de extrema importância porque mecanismos bioquímicos e fisiológicos do corpo são dependentes da temperatura corporal, como a frequência cardíaca, o metabolismo celular e a frequência respiratória. Os limites da temperatura interna para o sucesso destes processos são muito estreitos - entre 36,1°C e 37,2°C - sendo 32°C o limite inferior e 42°C o superior para a sobrevivência (FARIA, 2013).

2.2.2 Termorregulação

O hipotálamo é uma região do sistema nervoso central responsável pela manutenção da vida. Controla a sede, a fome, as glândulas endócrinas, as gônadas e a temperatura corporal. Nele está localizado o grupo de neurônios que formam o centro termorregulador, que é, ao mesmo tempo, sensor e controlador da temperatura corporal (RODRIGUES, 2006).

No centro termorregulador existem neurônios que avaliam a temperatura do sangue que passa pelo hipotálamo, o que reflete a temperatura corporal. Também recebe informações sobre a

temperatura do ambiente, vindas dos receptores cutâneos, e a partir dessas informações, integrando a temperatura ambiente com a temperatura corporal, desencadeia mecanismos de ajustes que aumentam ou diminuem a geração e a dissipação de calor. Tais ajustes são possíveis graças às conexões que o centro termorregulador estabelece com o córtex cerebral, com o sistema nervoso autônomo e com a hipófise (RODRIGUES, 2006).

A termorregulação pode ser dividida em respostas fisiológicas, que são involuntárias, e respostas comportamentais, por sua vez voluntárias, aos estímulos externos.

Como exemplo das respostas fisiológicas, caso o objetivo seja manter o calor, acarreta uma vasoconstrição dos vasos da pele, piloereção, síntese de hormônios e tremores musculares; se o desejo for perder calor, há uma estimulação de glândulas sudoríparas e vasodilatação dos vasos cutâneos. Já para as respostas comportamentais, pode-se citar movimento, postura, ingestão de alimentos e construção de abrigos (FONTANELLA, 2009; ASHRAE, 2013).

Através da pele se realizam as trocas de calor, por isso ela é o principal órgão termorregulador humano, e sua temperatura é regulada pelo fluxo sanguíneo que a percorre.

2.2.3 Fadiga higrotérmica e estresse térmico

O organismo humano passa diariamente por uma fase de fadiga (catabolismo) e por uma fase de repouso (anabolismo), sendo que o catabolismo envolve três tipos de fadiga: física, termo higrométrica e nervosa; esta última, particularmente, visual e sonora. A fadiga física faz parte do processo normal do metabolismo e a fadiga termo higrométrica é resultante do excessivo trabalho do sistema termorregulador devido a condições ambientais desfavoráveis oriundas da temperatura e da umidade do ar. (FROTA; SCHIFFER, 2001).

O excesso de calor, umidade, vento, ruído, etc., afetam a saúde e o bem-estar das pessoas. O calor em excesso pode, por exemplo, afetar o desempenho das pessoas, causar inquietação e perda de concentração. A umidade gera desconforto, sonolência, aumento do suor. Ruído, acima do confortável, causa inquietação, perda do sossego e da concentração. São essas e outras perturbações que causam o estresse e, depois de certo tempo, podem provocar doenças mais complexas, como cardiovasculares, respiratórias e diabetes. Quando esse estresse é

devido a trocas de calor prejudicadas entre o corpo e o meio ambiente ele é chamado de estresse térmico.

2.3 Parâmetros importantes

O conforto térmico é, em linhas gerais, obtido por trocas térmicas que dependem de vários fatores, ambientais ou pessoais, governados por processos físicos, como convecção, radiação, evaporação e eventualmente condução. Estes processos de troca térmica dependem da produção de calor metabólico, do nível de fatores ambientais (velocidade do vento, temperatura de bulbo seco do ar, umidade relativa e temperatura radiante média) e do tipo de vestimenta que o indivíduo estiver usando. O efeito conjugado destes é que define o grau de conforto ou desconforto térmico sentido pelas pessoas (FONTANELLA, 2009; ASHRAE, 2013).

A vestimenta funciona como uma resistência térmica entre o indivíduo e o ambiente. O tipo e intensidade de atividade realizada alteram a quantidade de calor gerada pelo corpo. A temperatura superficial dos elementos que compõem a envolvente determinará o sentido do fluxo de calor entre o corpo e estas superfícies. A presença de radiação solar direta, temperatura, umidade e velocidade do ar influenciarão nas perdas de calor por convecção e evaporação. Além disso, há outras variáveis que determinarão o grau de conforto, que dependem de cada indivíduo: a idade, o sexo e o grau de aclimação (RIBEIRO, 2008).

Caso a resultante dessas trocas de calor, que atuam juntas, causem uma perda de calor no corpo maior do que está sendo produzido pelo organismo, o ambiente é considerado frio. Se a perda de calor for menor do que a produzida, o ambiente é quente. Finalmente, se elas forem iguais, o ambiente é neutro.

Portanto, podem-se dividir os parâmetros mais importantes do conforto térmico em dois tipos: parâmetros individuais (metabolismo e vestuário) e parâmetros ambientais (temperatura de bulbo seco do ar, umidade do ar, velocidade do ar e temperatura radiante média).

2.3.1 Parâmetros individuais

O metabolismo ou taxa metabólica é fundamental para a avaliação do ambiente térmico e por isso deve-se estimar corretamente a produção de calor metabólico do corpo humano.

Considerando que o calor humano é produzido pelas células, a investigação da resposta humana ao ambiente térmico deve ser considerada como o estudo da distribuição e dispersão desse calor. No processo de produção deste, o homem extrai oxigênio do ar pelos pulmões, e carboidratos, gorduras e proteínas pela ingestão de alimentos, caracterizando, assim, o processo do metabolismo humano. As moléculas envolvidas, depois de diversas transformações, são responsáveis pela energia acumulada nas células, que é imediatamente disponibilizada ao homem, permitindo que sejam realizadas as mais diversas formas de trabalho, desde a prática de exercícios (atividades externas) até atividades involuntárias (atividades basais ou internas) como a circulação sanguínea, formação de suor, contração de músculos, atividade dos órgãos internos, etc. (ANDREASI, 2009).

Já cada vestimenta possui uma propriedade intrínseca das roupas, chamada de índice de isolamento. Ele representa a resistência térmica à transferência de calor por condução entre a pele e o meio ambiente exercida pela roupa. Sua unidade convencional é m^2K/W ou “clo”, sendo que 1 clo equivale a $0,155 m^2K/W$. A norma ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013) apresenta em seu Apêndice B três métodos para estimativa do isolamento de roupas que estão relacionados aos movimentos do corpo e do ar no ambiente.

2.3.2 Parâmetros ambientais

A temperatura de bulbo seco do ar, ou apenas temperatura do ar, influencia na troca de calor convectivo do corpo humano e na temperatura do ar expirado. Assim, a perda de calor pelo aquecimento e umidificação do ar expirado é influenciada pela temperatura de bulbo seco do ar. Uma temperatura elevada é um verdadeiro obstáculo à dissipação de calor por convecção do corpo, por isso a temperatura radiante média entre os corpos também afeta o conforto humano. A umidade refere-se ao valor de água contido no ar. A variável umidade relativa terá influência sobre a difusão e a evaporação do suor na pele do corpo humano (FANGER, 1970).

É necessário conhecer a temperatura do ar e a umidade relativa do ar, para se analisar a capacidade de contribuição da ventilação na remoção de calor do corpo humano. Para a condição de ar não saturado e com temperatura inferior à pele, se a ventilação aumenta, a evaporação e a convecção também aumentam, uma vez que a umidade do corpo é retirada mais rapidamente e a velocidade de troca do ar que rodeia o corpo é maior respectivamente. Se a ventilação diminui o contrário acontece.

2.4 Índices de conforto térmico

Como dito anteriormente, o conforto térmico é caracterizado pela sensação de bem-estar do homem, ocasionada por um ambiente em função da atuação conjunta das variáveis mencionadas. Assim, há uma faixa efetiva de ocorrência de tais elementos, para a qual o homem mantém-se em conforto térmico, ou seja, não está estressado nem por calor nem por frio. É a chamada “zona de conforto térmico”. Nestas condições, ou seja, nesta faixa, o esforço termorregulatório do homem é mínimo e o desempenho em qualquer atividade é otimizado. Ao longo de muitos anos, diversos pesquisadores têm procurado alternativas no sentido de prever o nível de conforto térmico, objetivando expressar num único valor o efeito conjunto das variáveis do ambiente térmico que proporcionam conforto térmico ao homem. Assim, por meio dos índices do ambiente térmico, pode-se expressar a sensação térmica experimentada pelo homem, submetido a um determinado ambiente (SEELIG; ZEPKA; FOSTER, 2002).

Os primeiros estudos acerca da influência das condições termo higrométricas sobre o rendimento no trabalho foram desenvolvidas pela Comissão Americana da Ventilação. Em 1916, presidida por Winslow, essa comissão efetuou estudos e pesquisas com o objetivo de determinar a influência das condições termo higrométricas no rendimento do trabalho, visando, principalmente, ao trabalho físico do operário, aos interesses de produção surgidos com a Revolução Industrial e às situações especiais de guerra, quando as tropas são deslocadas para regiões de diferentes tipos de clima (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Os índices de conforto térmico, em geral, são desenvolvidos fixando um tipo de atividade e a vestimenta utilizada pelo indivíduo para então relacionar as variáveis do ambiente e reunir, sob a forma de gráficos, cartas ou nomogramas, as diversas condições ambientais com as respostas dos indivíduos. Eles foram desenvolvidos com base em diferentes aspectos do conforto e podem ser classificados em índices biofísicos, fisiológicos e subjetivos.

Os índices biofísicos se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos. Os índices fisiológicos consideram as reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade relativa do ar e velocidade do ar. Por fim, os índices subjetivos originam-se das reações subjetivas de

conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Existem dezenas de índices de conforto térmico e a escolha de qual será utilizado deve estar relacionada com as condições ambientais e a atividade desenvolvida pelo indivíduo em questão. Neste trabalho, são estudados aqueles que estimam a sensação térmica para atividade sedentária ou que procuram englobar, em um único parâmetro, o efeito combinado de várias variáveis.

2.4.1 Diagrama Bioclimático de Olgyay

Os irmãos Olgyay (1963) foram os primeiros que representaram em uma carta os parâmetros de conforto térmico, baseados em dados de clima externo, a fim de propor estratégias de adaptação da edificação ao clima e estabelecer uma “zona de conforto”.

A expressão do projeto bioclimático foi também definida por eles, por meio da aplicação da bioclimatologia no projeto arquitetônico, estabelecendo que essa ciência deveria ser desenvolvida no intuito de obter respostas a requisitos climáticos específicos, conforme demonstrado no diagrama com os campos que devem ser inter-relacionados estabelecendo o equilíbrio bioclimático (DIAS, 2009).

Na década de 1950, eles propuseram um diagrama que apresentava as condições de temperatura e umidade para o conforto do homem em um determinado clima. A proposição era de que são aceitáveis para o conforto humano variações de temperatura associada à umidade. Entretanto, temperatura e umidade ambiente, devem estar em sintonia com a atividade, bem como as vestimentas dos indivíduos (SILVA; KINSEL, 2006).

Como estratégias de controle climático, a carta de Olgyay apresenta: para períodos de calor: ventilação, sombreamento e resfriamento evaporativo; já para períodos de frio: irradiação solar (DIAS, 2009).

Este método baseia-se em condições muito específicas, para uma pessoa com atividade leve (caminhada), vestindo roupas de meia estação (1 clo), sem vento e na sombra. Na Figura 2.1 tem-se a zona de conforto (região hachurada) definida por Olgyay (1963), delimitada pela temperatura do ar entre 21°C e 27°C e umidade relativa entre 20 e 75%. Ela também mostra as

sensações fisiológicas das áreas periféricas; os limites da atividade ou o risco, dependendo das condições de calor e umidade; e a tolerância a baixas temperaturas quando se aumenta a resistência térmica da vestimenta (IZARD; GUYOT, 1980).

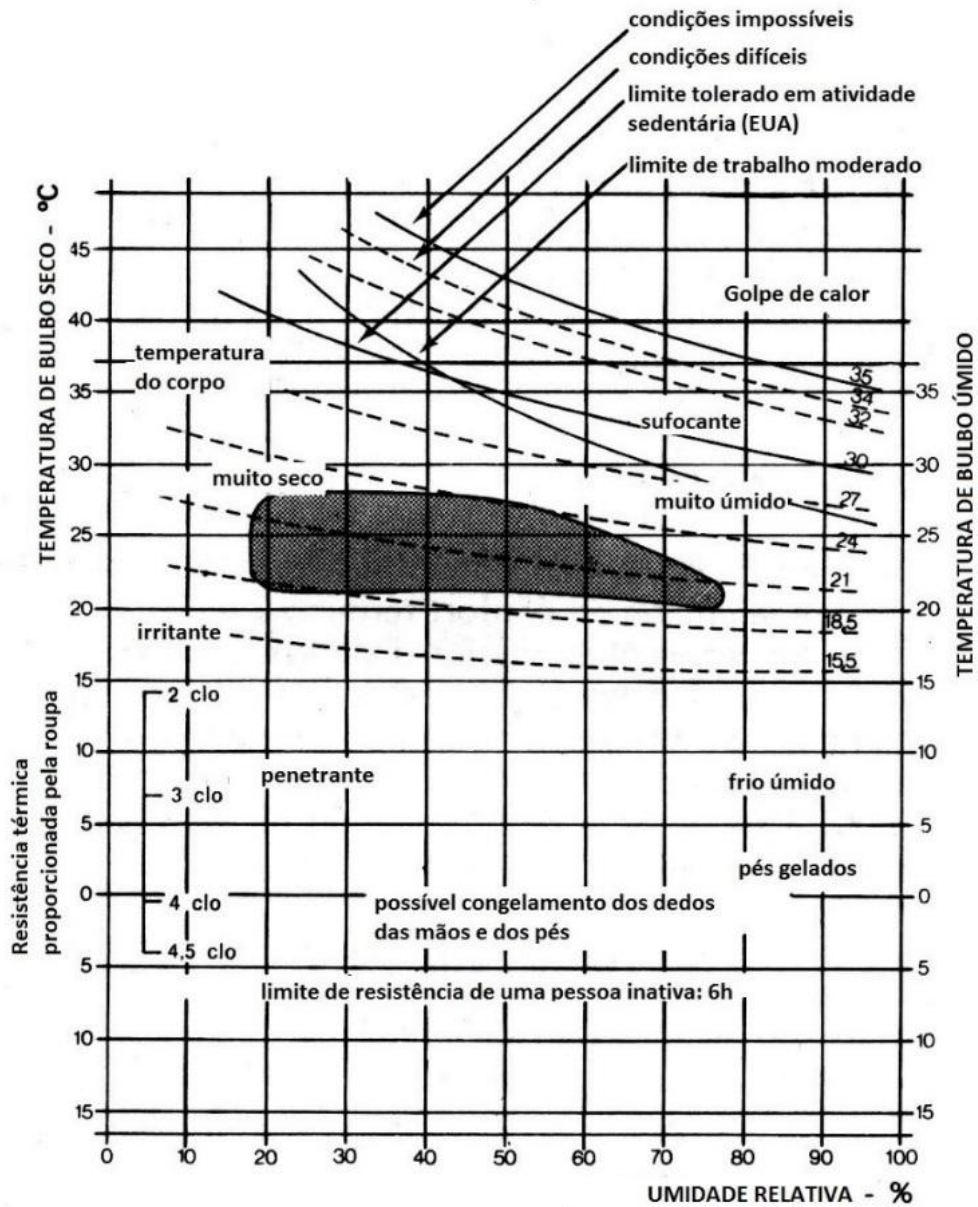


Figura 2.1 – Carta Bioclimática de Olgay.
 Fonte: IZARD; GUYOT (1980)

Evidentemente, se os pontos determinados por essas variáveis de localizarem na zona de conforto, as condições apresentadas serão consideradas como de conforto. Se caírem fora da zona de conforto, há necessidade de serem tomadas medidas corretivas. Se o ponto determinado pelas condições de temperatura e de umidade relativa do ar cair acima da zona de conforto, será necessário recorrer-se ao efeito do movimento do ar. Se a temperatura do ar é

elevada, mas a umidade é baixa, o movimento do ar pouco favorece. Quanto à região abaixo do limite inferior da zona de conforto, as linhas representam a radiação necessária para atingir a zona de conforto, quer em termos de radiação solar quer em termos de aquecimento do ambiente (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Já na Figura 2.2 mostra-se o movimento da zona de conforto quando se aplicam as medidas corretivas no ambiente.

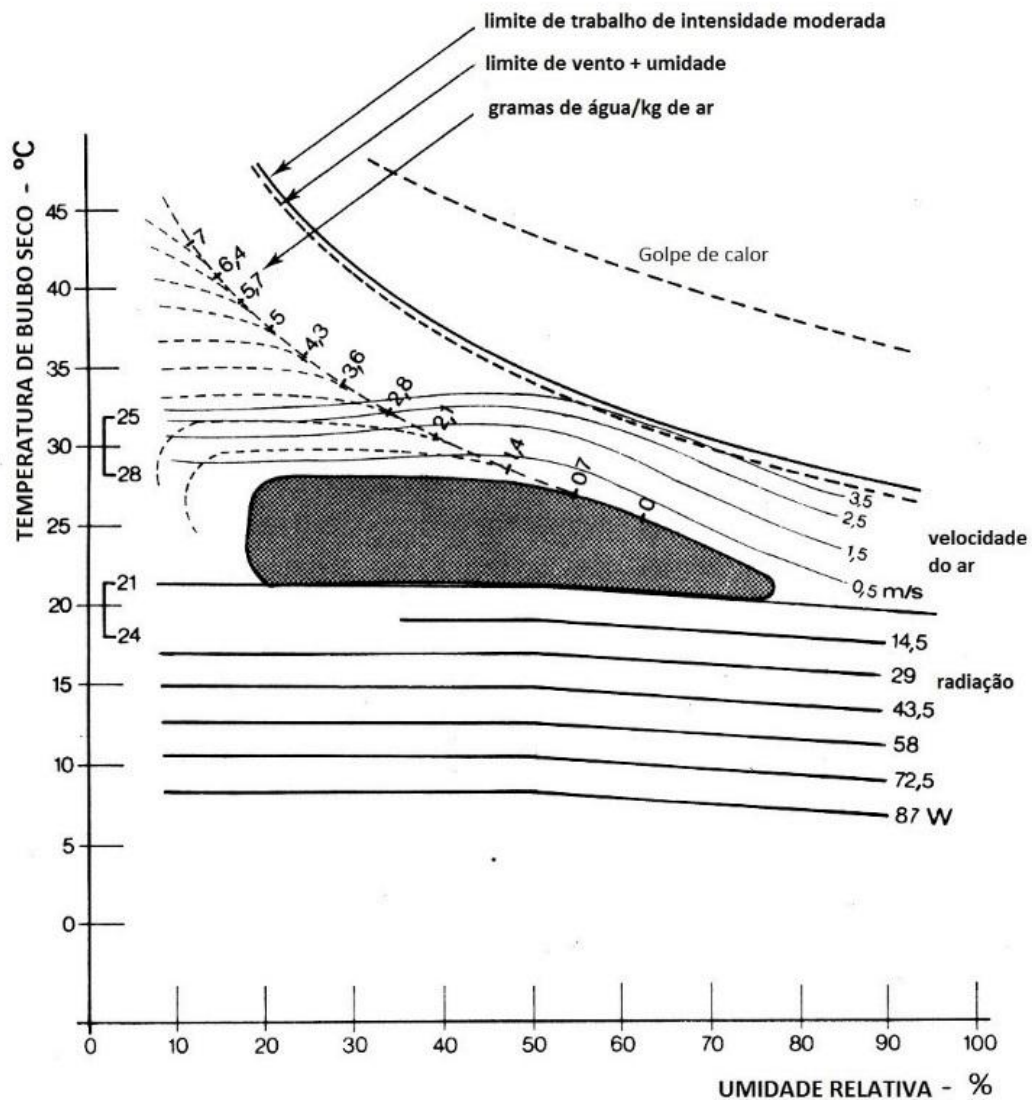


Figura 2.2 – Condições que se deve cumprir para desenvolver o ambiente à zona de conforto.
 Fonte: IZARD; GUYOT (1980)

A principal crítica que pode ser feita desse método é o fato de ele considerar uma condição completamente aberta ao meio externo, desconsiderando as características da edificação. Por sua vez, as vantagens estão na possibilidade de comparar um ambiente construído com

medições das variáveis climáticas externas e de se obter correções a serem adotadas para fazer com que o espaço interior fique confortável, motivo pelo qual se dá o nome de diagrama bioclimático (FONTANELLA, 2009).

2.4.2 Diagrama Bioclimático de Givoni

Givoni (1976) elaborou novos estudos para corrigir as limitações do diagrama bioclimático de Olgyay (1963), em que se baseou em pesquisas realizadas nos EUA, Europa e Israel para criar a carta bioclimática para o edifício (BBCC – “Building Bioclimatic Chart”). Passou a utilizar como modelo biofísico, que descreve os mecanismos de troca de calor entre o corpo e o meio ambiente, o Índice de Stress Térmico (ITS). Este índice utiliza a temperatura de ar, umidade (pressão de vapor), movimento de ar, radiação solar, taxa metabólica e vestimentas como variáveis incluídas no cálculo.

A principal diferença entre estes dois métodos é que o diagrama de Olgyay (1963) é desenhado entre dois eixos, sendo o eixo vertical o das temperaturas de bulbo seco e o eixo horizontal o das umidades relativas, enquanto que a carta de Givoni (BBCC) é traçada sobre uma carta psicrométrica convencional segundo Givoni (1976).

Outra diferença é que Givoni se baseia em temperaturas internas ao edifício, as quais foram obtidas por meio de cálculo, que projetam as temperaturas esperadas para o interior de um edifício sem climatização artificial, inerte termicamente, protegido eficientemente contra a radiação solar e com ventilação adequada. O diagrama de Olgyay, entretanto, é aplicável estritamente para as condições externas. Isso faz com que a carta bioclimática desenvolvida por Givoni seja considerada mais aperfeiçoada que a carta de Olgyay.

O diagrama de Olgyay sugere que as condições de temperatura e umidade se plotem como curvas fechadas ou ciclogramas das médias diárias de hora em hora, para cada mês, do local em estudo. Já na carta bioclimática de Givoni pode-se descrever mês a mês o clima da região por dois pontos: por meio das médias mensais dos valores da temperatura e umidade do ar externo. Mas nada impede que se realizem análises climáticas com outra periodicidade, levando-se em consideração os mesmos critérios. Esse método serve para comprovar de forma simultânea as exigências humanas e as variações climáticas da região, com o intuito de propor soluções arquitetônicas, de forma qualitativa e global, favoráveis às características locais (IZARD; GUYOT, 1980).

Posteriormente, os dois pesquisadores, Olgyay e Givoni, com o objetivo de revisar o modelo originalmente desenvolvido, realizaram pesquisas nos países em desenvolvimento e constataram que os usuários se consideravam confortáveis mesmo com temperatura acima da zona de conforto, pois apresentaram aclimação às condições locais. Com isso Givoni, em 1992, elaborou dois modelos diferentes de sua carta bioclimática, um para países desenvolvidos e outro para os em desenvolvimento (CARTANA, 2006).

A norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005c) adaptou a carta bioclimática brasileira proposta por Givoni em onze zonas, estabelecendo as respectivas estratégias por zona e seu acondicionamento térmico (Figura 2.3).

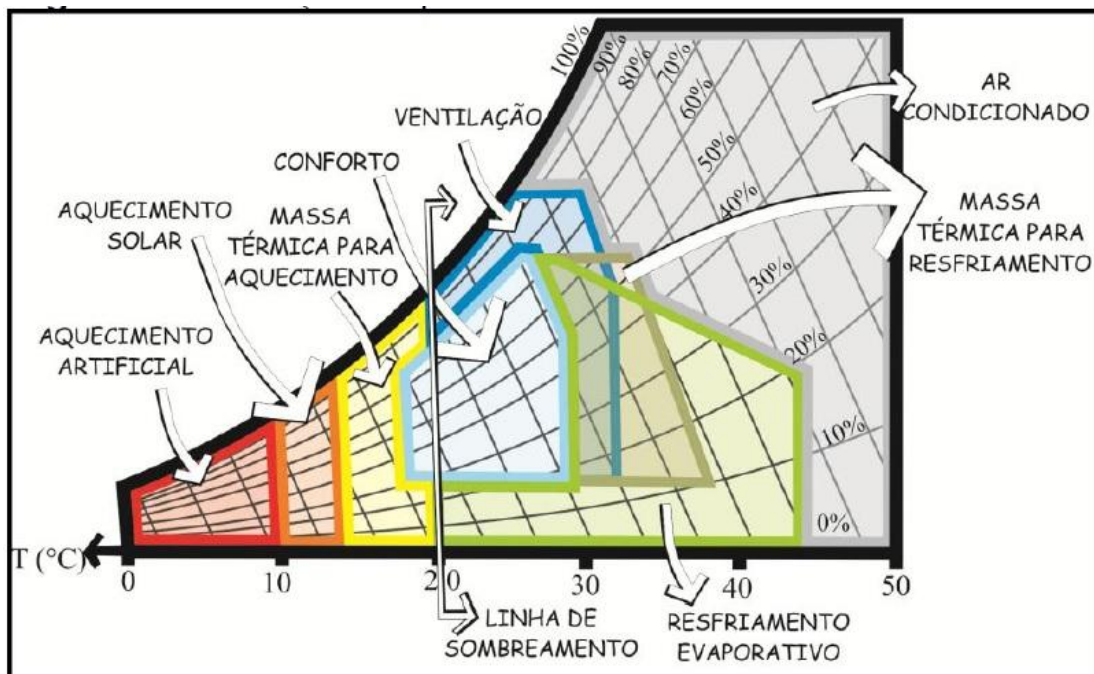


Figura 2.3 – Ilustração esquemática da carta bioclimática de Givoni.
Fonte: Thomé (2011)

2.4.3 Índice de Temperatura Efetiva

A temperatura efetiva (TE) surgiu no início do século XX como uma forma de se encontrar um índice que melhor representasse o efeito combinado dos fatores determinados como fundamentais para o conforto térmico, na época, como a temperatura de bulbo seco, a velocidade do ar e a umidade relativa.

Yaglou e Houghton (1923) definiram a temperatura efetiva pela correlação entre as sensações de conforto e as condições de temperatura, umidade e velocidade do ar, procurando concluir

quais são as condições de conforto térmico, gerando um índice subjetivo representado sob a forma de nomograma. A pesquisa, realizada para a American Society of Heating and Ventilation Engineers (ASHVE, posteriormente ASHRAE), propunha as “linhas de igual conforto” que determinariam as “zonas de conforto”. Foram pesquisados indivíduos do sexo masculino, que passavam de uma câmara de controle para uma câmara de teste adjacente, e então comparava-se as sensações térmicas nos dois ambientes.

A Figura 2.4 apresenta as curvas de temperatura efetiva que permitem calcular o índice de temperatura efetiva. As temperaturas estão em Fahrenheit (°F).

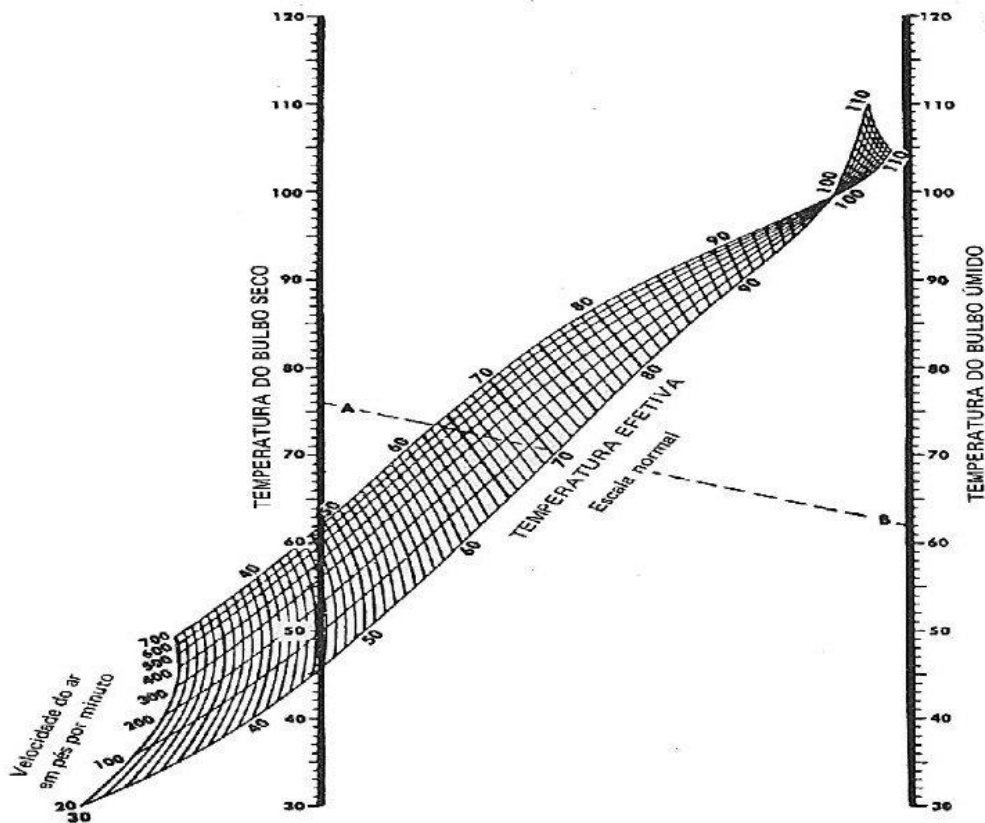


Figura 2.4 – Ábaco da Temperatura Efetiva.
Fonte: KOENIGSBERGER et al. (1977)

O índice sofreu várias alterações, uma delas para incorporar os efeitos da vestimenta (YAGLOU; MILLER, 1925) e outra para determinar os efeitos do clima de verão no intervalo de conforto (YAGLOU; DRINKER, 1929).

Em 1932, Vernon e Warner apresentaram uma proposta de correção para o índice de Temperatura Efetiva, utilizando a temperatura do termômetro de globo em vez da temperatura

de bulbo seco do ar, para base dos cálculos, posto que a temperatura de radiação, sendo superior ou inferior à temperatura de bulbo seco do ar, proporciona alterações na sensação de conforto (FROTA; SCHIFFER, 2001). Essa proposta de correção foi realizada para incluir os efeitos da radiação térmica e deu origem à Temperatura Efetiva Corrigida (TEC).

O ábaco de temperatura efetiva foi usado sem restrições até 1947, quando se comprovou que o índice superestimava o efeito da umidade nas baixas temperaturas e o subestimava nas altas temperaturas (OLIVEIRA, 2003).

Gagge et al. (1972) definiram a nova temperatura efetiva (TE^*), que combina o efeito de três fatores em um único índice: temperatura radiante média, temperatura de bulbo seco do ar e pressão parcial do vapor d'água no ar. A umidade da pele e o índice de permeabilidade devem ser especificados e são constantes para uma dada linha de TE^* , em uma situação particular (FONTANELLA, 2009).

A temperatura efetiva pode ser definida como a temperatura de bulbo seco equivalente num ambiente isotérmico com umidade relativa de 50% em que um indivíduo, usando uma roupa padrão (0,6 clo) para a atividade em questão, tem a mesma perda (ou ganho) de calor, o que implica na mesma temperatura da pele, em relação ao ambiente real.

Como a temperatura efetiva depende da vestimenta e da atividade desempenhada pelo indivíduo, é inviável a geração de uma carta universal de temperatura efetiva. No caso do Brasil, a Norma Regulamentadora NR 17 (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2007) recomenda que para condições de conforto, o índice de temperatura efetiva deve estar entre 20°C e 22°C no verão e 25°C e 26°C no inverno.

2.4.4 Diagrama Bioclimático de Szokolay

Em 1987, Szokolay desenvolveu um método, chamado CPZ (Control Potencial Zone), de análise de clima e projeto, onde os dados climáticos são calculados e transferidos para uma carta psicrométrica, marcando-se a zona de conforto a partir da temperatura neutra (T_n), que é variável conforme o clima e está relacionada com a temperatura média externa (ANDRADE, 1996).

Esta primeira carta desenvolvida por Szokolay pode ser criticada devido ao fato do autor não ter definido exatamente quais as variáveis climáticas mais adequadas a serem aplicadas nos cálculos que determinam as zonas das estratégias (média das máximas ou máxima absoluta; amplitude térmica média anual ou amplitude térmica máxima do inverno), o que acarretava grande variação dos resultados.

Assim, em 1995, Szokolay apresentou uma complementação ao seu método, em que associava a variação das condições de temperaturas e da umidade média. Esta complementação utiliza-se de dados climáticos plotados sobre a carta psicrométrica de cada mês, retratados por linhas entre dois pontos e determinadas por interligação da temperatura média máxima com a umidade da tarde, com a temperatura média mínima com a umidade matutina de cada mês e por todo o ano climático (Figura 2.5).

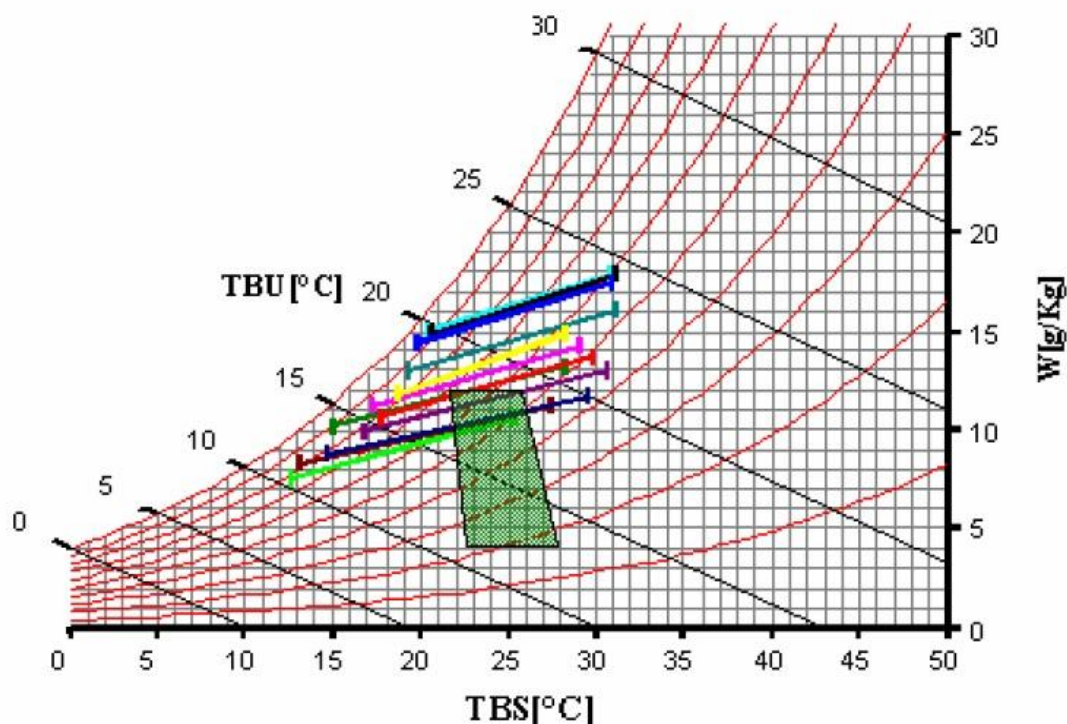


Figura 2.5 – Carta Bioclimática de Szokolay (1987).
Fonte: NETO (2003)

A proposta formulada por Szokolay permite o cálculo de limites específicos para a zona de conforto de uma dada região, dependendo somente das temperaturas médias do mês mais quente e do mês mais frio da região de estudo. Os dados climáticos utilizados pelo método são simples, pois são usadas apenas as temperaturas médias das máximas e mínimas mensais e o desvio padrão destas. O uso desta base simples de dados propicia quase a mesma

confiabilidade que uma base de dados horários, com a vantagem de sua fácil obtenção. O método complementado torna-se mais abrangente, porém de aplicabilidade menos direta (NETO, 2003).

2.4.5 Método Fanger de PMV e PPD

Câmara climatizada é um local especialmente construído onde o ambiente térmico pode ser totalmente controlado pelos pesquisadores. Deve possuir controles independentes para cada uma das variáveis.

O modelo de conforto térmico de maior representatividade da abordagem do balanço térmico humano é o modelo do Voto Médio Estimado (Predicted Mean Vote – PMV), desenvolvido por Fanger (1970), a partir de estudos realizados em câmaras climatizadas. Neste estudo 1296 pessoas foram expostas em ensaios de três em três horas a diferentes temperaturas do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade relativa do ar, vestidas com vestimentas com diferentes níveis de isolamento térmico, com diferentes níveis de atividade. As pessoas permaneciam sentadas e opinavam sobre as sensações térmicas segundo a escala sétima desenvolvida pelo autor (FERREIRA, 2016).

Fanger (1970) ampliou ainda o conceito do PMV para prever a proporção de um dado grupo de pessoas que ficariam insatisfeitas num dado ambiente. Essa condição de insatisfação das pessoas foi definida em termos dos votos de conforto. Assim, a Percentagem de Pessoas Insatisfeitas (Predicted Percentage of Dissatisfied - PPD) é definida em termos do PMV (FONTANELLA, 2009).

Este método é utilizado pela norma ISO 7730 (ISO, 2006) e pela norma ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013) para os estudos de conforto térmico por ser considerado o mais completo.

2.4.5.1 Voto Médio Estimado (PMV – Predicted Mean Vote)

Fanger (1970) elaborou uma equação que permite, para determinada combinação de variáveis pessoais, o cálculo de todas as combinações das variáveis ambientais que produzem o conforto térmico. Essa relação foi chamada de equação de conforto. Contudo, nas aplicações práticas, era necessário conhecer-se o grau de desconforto experimentado pelas pessoas em

ambientes que têm diferentes condições daquelas de conforto térmico (BARTHOLOMEI, 2003).

Fanger (1970) aproximou-se de um índice ambiental universal partindo do princípio que uma pessoa sente sua própria temperatura e não a do ambiente. Então estipulou três requisitos para atingir o conforto térmico:

- O corpo deve estar em equilíbrio térmico com o ambiente, isto é, a taxa de calor perdido para o ambiente deve equilibrar a taxa de calor produzido pelo organismo.
- A sensação térmica está relacionada à temperatura da pele, e, portanto, a temperatura média da pele, T_s , deve estar em um nível apropriado. As medidas demonstram que T_s decresce com o aumento da taxa metabólica.
- Deve haver uma taxa de transpiração adequada, ou seja, pessoas em atividade sedentária tendem a não suar. A taxa de transpiração aumenta com a taxa metabólica.

Finalmente, ele utilizou a equação de balanço para determinar um valor para os diferentes graus de sensação. O índice de sensação térmica adotado por Fanger (1970) é baseado em uma escala psicofísica de sete pontos (Tabela 2.1), em que o ponto 0 (zero) corresponde a neutralidade térmica e apresenta valores de 1 a 3 que podem ser positivos, correspondendo às sensações de calor, ou negativos, correspondendo às sensações de frio.

Tabela 2.1 – Escala de sensação térmica.

+3	Muito Quente
+2	Quente
+1	Ligeiramente Quente
0	Neutralidade
-1	Ligeiramente Frio
-2	Frio
-3	Muito Frio

Fonte: ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013)

O PMV é um índice que indica o valor médio dos votos de um grande grupo de pessoas sobre os sete pontos da escala de sensação térmica, baseado no equilíbrio térmico do corpo humano (ASHRAE, 2013).

Segundo as normas ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013) e ISO 7730 (ISO, 2006), para o cálculo do PMV utilizam-se as seguintes expressões:

$$PMV = (0,303.e^{-0,036M} + 0,028).L \quad (2.1)$$

onde PMV é o voto médio estimado adimensional; M é o fluxo metabólico de produção de calor em função da atividade (W/m²); L é a carga térmica atuante sobre o corpo (W/m²), dada por:

$$L = M - W - S_{sk} - S_{cr} \pm R_{ad} \pm C_{nd} \pm C_{nv} - E_{vp} \quad (2.2)$$

onde M novamente é o fluxo metabólico (W/m²); W é o fluxo de energia usado para o trabalho mecânico (W/m²); R_{ad} é o ganho ou perda de calor pelo processo de trocas térmicas de radiação (W/m²); C_{nd} é o ganho ou perda de calor pelo processo de trocas térmicas de condução (W/m²); C_{nv} é o ganho ou perda de calor pelo processo de trocas térmicas de convecção (W/m²); E_{vp} é a perda de calor pelo processo de trocas térmicas por evaporação do suor na pele (W/m²); S_{sk} é perda de calor por difusão d'água (W/m²); S_{cr} é o fluxo de calor armazenado no interior do corpo (W/m²).

Como aplicações, o PMV pode ser usado para checar se um dado parâmetro está em conformidade com critérios de conforto térmico do ambiente, e para estabelecer requisitos para os diferentes níveis de aceitabilidade.

Ao definir $PMV = 0$, é estabelecida uma equação que prediz combinações de atividade, vestuário e parâmetros ambientais que, em média, irá proporcionar uma sensação térmica neutra (FONTANELLA, 2009).

2.4.5.2 *Percentual de Pessoas Insatisfeitas (PPD – Predicted Percentage Dissatisfied)*

Como a sensação de conforto é algo subjetivo que varia de indivíduo para indivíduo, Fanger (1970) coloca que, devido a essas diferenças subjetivas pessoais, nenhum ambiente será capaz de gerar satisfação a todos os seus usuários e sempre haverá pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico. Com o objetivo de estimar tal insatisfação, o autor definiu o PPD. O percentual PPD é derivado do PMV e estima a quantidade de pessoas desconfortáveis termicamente (FERREIRA, 2016).

A partir dos valores do PMV, o PPD pode ser obtido conforme a Equação 2.3 ou pela curva apresentada na Figura 2.6.

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0,03353 PMV^4 + 0,2179 PMV^2)} \quad (2.3)$$

Do gráfico pode-se verificar que a percentagem mínima de insatisfeitos é de 5% mesmo quando PMV é igual a zero, ou seja, quando há neutralidade. A percentagem aumenta à medida que o índice PMV aumenta em módulo.

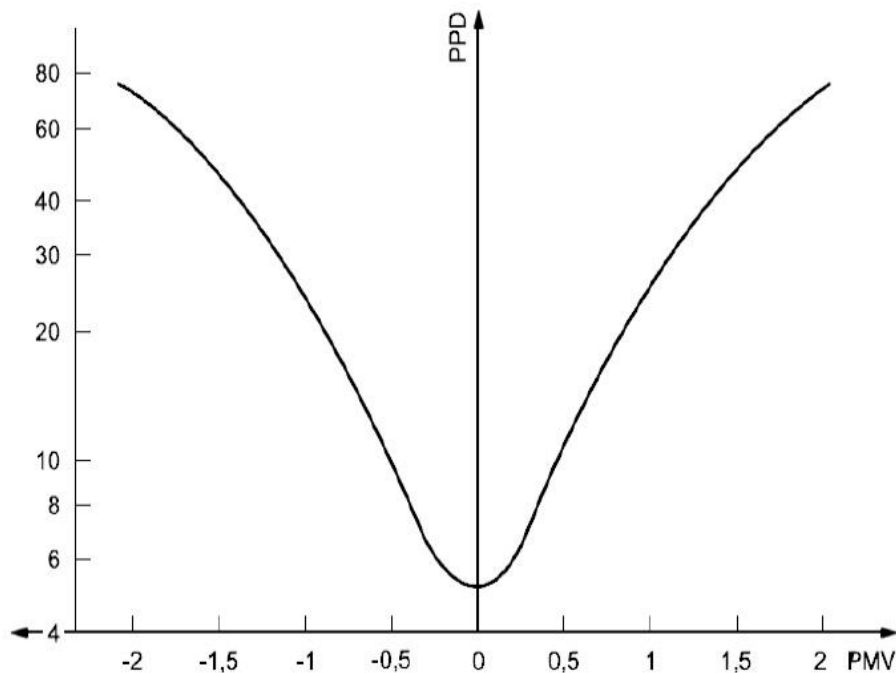


Figura 2.6 – Gráfico para a determinação do PPD a partir do PMV.
Fonte: ISO (2006)

2.4.6 Temperatura de Globo de Bulbo Úmido (WBGT – Wet Bulb Globe Temperature)

O índice de temperatura de globo de bulbo úmido (TGBU) foi desenvolvido em 1957 inicialmente como um método simples para avaliar sobrecarga térmica (estresse térmico) em contingentes militares. Esse índice também permite o cálculo de períodos adequados de trabalho-descanso, no caso em que o índice ultrapasse os limites estabelecidos.

O índice TGBU é extensivamente usado para monitorar o estresse térmico em ambientes industriais. O seu valor (média ponderada no tempo, em °C) adotado como limite máximo de exposição ocupacional em um ambiente de trabalho depende da Taxa Metabólica (M) (média

ponderada no tempo, em W/m²) do trabalhador, a qual é função da atividade que o mesmo exerce. Esse limite máximo representa as condições de calor sob as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, durante toda a sua vida de trabalho, sem sofrer efeitos adversos à sua saúde.

O Anexo N° 3 da Norma Reguladora NR 15 (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2008) trata dos limites de tolerância para exposição ao calor. Segundo esse anexo, a exposição ao calor deve ser avaliada por meio do TGBU, índice esse que representa o efeito combinado da radiação térmica, da temperatura de bulbo seco, da umidade e da velocidade do ar (COUTINHO, 1998).

A norma ISO 7243 (ISO, 1989) também adota este índice, sendo definido para ambientes internos ou externos sem carga solar, como:

$$TGBU = 0,7T_{BU} + 0,3T_G \quad (2.4)$$

e para ambientes externos com carga solar, como:

$$TGBU = 0,7T_{BU} + 0,2T_G + 0,1T_{BS} \quad (2.5)$$

onde T_{BU} é a temperatura de bulbo úmido natural (°C); T_G é a temperatura de globo (°C) e T_{BS} é a temperatura de bulbo seco ou temperatura do ar (°C).

As avaliações de calor efetuadas por meio do TGBU estão sujeitas a variações climáticas que dependem das estações do ano. No entanto, para efeito da estipulação de medidas preventivas, devem ser consideradas sempre as piores condições ambientais. Além disso, para o ponto de medição das temperaturas, deve ser considerado o local onde permanece o trabalhador, à altura da região do corpo mais atingida.

Após o cálculo do TGBU, procede-se a classificação da atividade que está sendo avaliada em uma das três categorias previstas, atividade leve, moderada ou pesada (Tabela 2.2) e, por fim, fixam-se os limites de tolerância verificando-se se o regime de trabalho em vigor é compatível com os dados levantados, ou se há necessidade de uma modificação de forma a adequá-lo às características da atividade e dos índices apurados (Tabela 2.3).

No Brasil, a utilização do TGBU na definição do regime de trabalho tem como objetivo minimizar, controlar ou eliminar, as consequências danosas à saúde ocupacional que a

exposição a condições térmicas insalubres pode vir a provocar aos indivíduos. Também é com base nesse índice que se avalia o direito do trabalhador à percepção do adicional de insalubridade, se o exercício do trabalho se processa acima dos limites de tolerância previstos na norma NR 15 (OLIVEIRA; PESSOA, 2006).

Tabela 2.2 – Taxas de metabolismo por tipo de atividade.

TIPO DE ATIVIDADE	Kcal/h
Sentado em repouso	100
TRABALHO LEVE	
Sentado, movimento moderados com braços e tronco (ex.: datilografia).	125
Sentado, movimentos com braços e pernas (ex.: dirigir).	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com braços.	150
TRABALHO MODERADO	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar	300
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá).	440
Trabalho fatigante	550

Fonte: NR 15 (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2008)

Tabela 2.3 – Limites de tolerância da TGBU para exposição ao calor.

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (por hora)	Tipo de atividade		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos de trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos de trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos de trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Fonte: NR 15 (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2008)

2.5 Modelos Adaptativos

Modelos adaptativos começaram a ser estudados devido à necessidade de considerar variáveis físicas, fisiológicas e psicológicas no cálculo do conforto térmico de um ambiente. Eles são derivados de estudos de campo e analisam a aceitabilidade do ambiente térmico, ou seja, expressam a tendência natural de adaptação humana às mudanças climáticas no ambiente.

Nicol e Humphreys (2002) apontaram que o principal princípio do pensamento adaptativo é que caso uma mudança cause desconforto, as pessoas envolvidas reagem de forma a restaurar o conforto. Além disso, o desconforto aumenta caso não haja maneiras de se modificar o ambiente, ou que as formas possíveis sejam ineficazes, inapropriadas ou inacessíveis. Feriadi e Wong (2004) concluíram que quando se há liberdade de modificar o ambiente, os usuários sempre realizam ajustes a fim de compensar as condições térmicas menos confortáveis.

Negreiro (2010) afirma que se os usuários de um ambiente estão insatisfeitos com as condições térmicas, podem ocorrer ajustes fisiológicos, comportamentais ou psicológicos para que os mesmos se adaptem às condições do ambiente. Su, Zhang e Gao (2009) explicam que os ajustes fisiológicos acontecem em longo prazo com moradores de locais com climas mais severos. Os ajustes comportamentais são os atos realizados pelos usuários para retomada da condição de conforto, como o controle de aberturas e troca de roupas. Por fim, os ajustes

psicológicos são função da interação da população e a diversidade térmica do ambiente em que vivem que podem alterar suas expectativas e sensação de satisfação térmica.

Gómez-Azpeitia et al. (2007) menciona que modelos adaptativos envolvem sistemas complexos: variáveis físicas e biológicas (clima, metabolismo e isolamento da roupa) e algumas variáveis psicológicas (adaptação, tolerância, experiência e expectativa). Portanto, a sensação de conforto varia de acordo com o indivíduo, a localidade, e até mesmo o aspecto sociocultural.

A maior parte dos modelos adaptativos são expressos em equações que associam a temperatura de conforto com a temperatura externa mensal a fim de sugerir faixas de conforto, adicionando ou subtraindo temperaturas a este valor. Esta variação é baseada nas possibilidades de adaptação ou aceitabilidade dos usuários às condições de estresse térmico, de forma a garantir que o indivíduo continue em bem-estar térmico (NEGREIRO, 2010).

Auliciems (1981; apud Szokolay, 2004) apresentou o primeiro modelo psico-fisiológico da percepção térmica. Este modelo, considerado a base dos modelos adaptativos, é resultado de correlações de dados obtidos em edificações mecanicamente e naturalmente ventiladas e assume as condições de que os usuários estão em atividade sedentária e usando roupas a sua escolha. Além disso, expressa a temperatura de conforto com uma variação de $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ em relação à temperatura de neutralidade, temperatura está restringida entre 18 e 28°C.

2.5.1 Revisão da norma ASHRAE 55

A revisão da norma ASHRAE 55 do ano de 2004 acrescentou pela primeira vez a abordagem pelo método adaptativo, por meio do princípio de adaptabilidade proposto por Dear e Brager (2002). Estes autores propuseram uma faixa de conforto térmico que relaciona a temperatura média do ar externo com um intervalo de temperatura operativa interna.

Esta faixa de conforto pode ser utilizada apenas se comprovadas as seguintes condições:

- Espaços naturalmente ventilados em que os usuários têm o controle das principais formas de ventilação, como abertura e fechamento de janelas;
- Espaços que possuam aquecimento artificial mas que o mesmo não está acionado quando o método é aplicado;

- Espaços onde não haja sistemas mecânicos de resfriamento;
- Espaços onde haja sistemas de ventilação mecânica, porém sem condicionamento de ar;
- Ocupantes realizando atividade sedentária (1-1,4 met) e que possuam livre escolha quanto à adaptação de vestimenta e à aclimação entre o interior e o exterior.

O modelo permite uma variação de $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ na temperatura de conforto quando se objetiva 90% de pessoas satisfeitas e de $\pm 3,5^{\circ}\text{C}$ caso este limite de conforto seja para 80% de pessoas satisfeitas, conforme é mostrado na Figura 2.7.

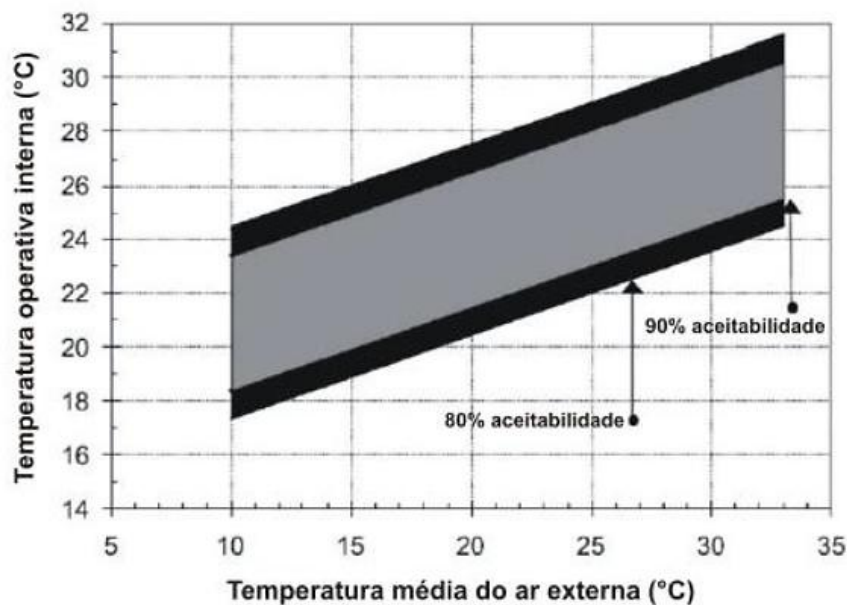


Figura 2.7 - Faixas de conforto adaptativo proposta pela ASHRAE Standard 55-2004 para edificações naturalmente ventiladas
Fonte: DE DEAR e BRAGER (2002)

2.5.2 Método de Análise Probit

O Método de Análise Probit teve sua metodologia desenvolvida por McFadden (1973; apud Gujarati, 1988). É um método estatístico para análise de dados ligados ao estímulo biológico. Dentro do estudo a respeito de conforto térmico, a aplicação deste método permite conhecer para um determinado nível de estímulo qual a percentagem de indivíduos que sentirão calor, conforto ou frio a partir de uma distribuição probabilística baseada nos dados obtidos em campo.

Ele é utilizado para determinar as probabilidades de duas situações de variáveis binárias, do tipo sim ou não, falha ou sucesso em relação a outras variáveis envolvidas. Estas probabilidades variam entre 0 e 1 e possibilita a interpretação da relação entre as variáveis. As variáveis analisadas são definidas como explicativas (independentes) e respostas (dependentes). O modelo Probit pode ser definido como uma regressão não-linear que analisa variáveis de interesse, a partir de variáveis preditas que servem para modelar, explicar ou dar significância estatística à probabilidade destas respostas (GOMES; RORIZ, 2008).

Este método é adequado para os casos em que existem variáveis dependentes qualitativas e limitadas, além de ser útil para descrever o comportamento de escolha e não usar variável dependente contínua usual, trabalhando com variáveis dependentes binárias. A análise via Probit busca identificar quando cada fator afeta a probabilidade de ocorrência das variáveis dependentes e relaciona-se com a distribuição normal de probabilidade, sendo representada por uma curva em forma de “S” (FONTANELLA, 2009).

Segundo Xavier (1999) a presença de desconforto por calor em dada medição, é constatada quando o percentual do somatório das pessoas que votaram, segundo a escala psicofísica de 7 pontos, +3 (muito quente), +2 (quente) e 50% dos que votaram +1 (levemente quente) é superior a 30% do total dos votos coletados na medição. Quando essa condição é verificada, diz-se que a variável dicotômica assume valor igual a 1, e a probabilidade de que 30% ou mais das pessoas encontre-se desconfortável por calor é medida pela área abaixo da curva de distribuição normal. De maneira similar, a presença de desconforto por frio em cada medição, é constatada quando o percentual do somatório de pessoas que votaram muito quente, quente, levemente quente, neutro e 50% dos que votaram levemente frio é inferior a 70% do total dos votos.

2.5.3 Método de Médias Associadas por Intervalo de Sensação Térmica

O Método de Médias Associadas por Intervalo de Sensação Térmica, neste trabalho chamado apenas de Método de Médias Associadas, foi proposto por Gómez-Azpeitia et al. (2007) e desenvolvido com base na proposta de Nicol (1993) para climas assimétricos. A Figura 2.8 apresenta um diagrama esquemático do método para o cálculo da temperatura de conforto térmico.

O método, que é um modelo adaptativo, consiste em utilizar estatísticas descritivas para determinar um valor de temperatura neutra, que é considerada como sendo a de conforto térmico. A diferença fundamental entre o ele e o método convencional é que os grupos ou estratos dos mesmos são determinados antes da obtenção da linha de regressão que caracteriza a amostra para calcular o valor médio e o desvio padrão de cada um. Dessa maneira, a regressão não é feita com todos os dados coletados, apenas os valores médios e os limites são definidos por adição ou subtração de uma ou duas vezes o desvio padrão da amostra.

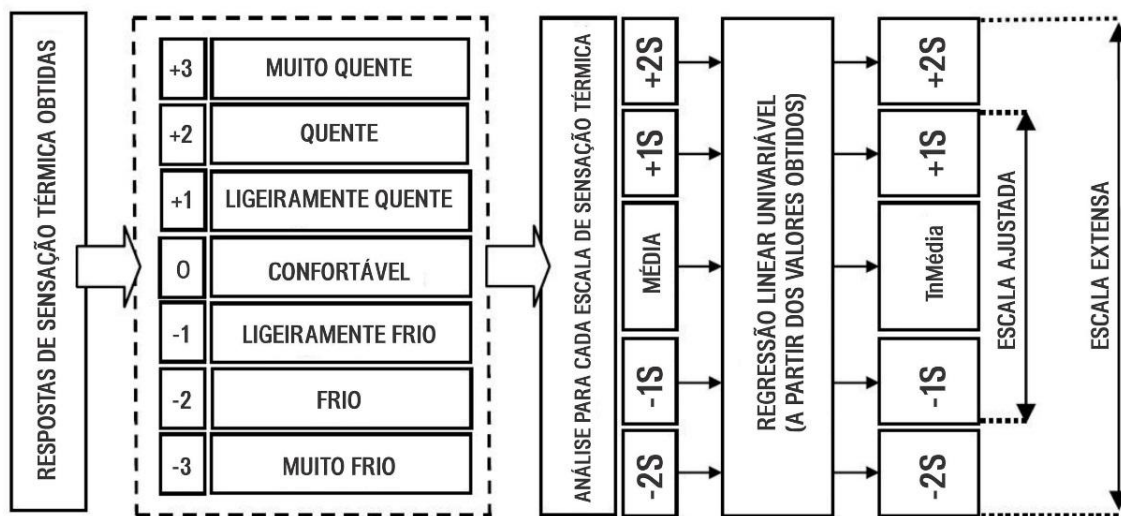


Figura 2.8 – Diagrama esquemático do Método de Médias Associadas para temperatura de conforto térmico.
Fonte: Bojórquez (2009)

O objetivo deste procedimento é determinar a temperatura média de todas as respostas para cada nível de voto térmico percebido. Assim, o valor da temperatura média dos usuários que relataram estar confortáveis é calculado, assim como o dos que expressaram a sensação de calor ou frio (BOJÓRQUEZ et al., 2009).

O desvio padrão é utilizado como uma medida da dispersão das respostas, e, por conseguinte, serve para determinar as categorias de classificação. Estima-se que para dados com distribuição normal, a escala com desvio padrão $\pm 1S$ inclui 68% de respostas (escala ajustada) e a escala com desvio padrão $\pm 2S$ inclui 95% (escala extensa). Para dados que não são normalmente distribuídos esta porcentagem pode variar, por isso recomenda-se obter o maior número possível de respostas nos estudos de campo para chegar o mais próximo possível da distribuição normal (BOJÓRQUEZ et al., 2010).

2.6 Conforto no Ambiente Construído – Pesquisas anteriormente realizadas

É necessário contextualizar o estudo do conforto térmico, especialmente em ambientes escolares, a fim de definir o progresso que vem acontecendo nas últimas décadas e instigar questionamentos a respeito dos fatores que ainda necessitam de aprimoramento. Com este intuito, algumas pesquisas desenvolvidas na área serão citadas a seguir.

Kowaltowski et al. (1999) descreve uma pesquisa junto às escolas estaduais da região de Campinas cujo objetivo é detectar problemas relacionados ao conforto e propor um acervo de soluções para que as próprias escolas tenham possibilidades de introduzir melhorias no ambiente construído.

A partir das observações e avaliações efetuadas pela autora percebeu-se que os problemas de conforto e funcionalidade eram comuns e, na sua maioria, de solução simples e de baixo custo, como a introdução de elementos de sombreamentos, os *brises*. Elaborou-se também um banco de dados que mostra os problemas e as soluções viáveis para cada um, o que pode refletir economicamente e evitar desperdício com intervenções pouco eficientes. Por fim, detectou-se o desconhecimento dos usuários dos edifícios sobre os conceitos de conforto ambiental o que acarretou no desenvolvimento de um manual de conforto com linguagem acessível (Kowaltowski, 2005) para ser aproveitado no ambiente escolar.

Pode-se citar também o trabalho de Xavier (2000), que buscou a determinação de parâmetros e condições de conforto térmico em ambientes internos condicionados e não condicionados, na Universidade Federal de Santa Catarina e na Escola Técnica Federal de Santa Catarina, onde foram medidas todas as variáveis ambientais, bem como dados a respeito de variáveis e sensações pessoais.

O método proposto pelo autor concluiu que existem diferenças individuais na taxa metabólica, que ao serem consideradas, diferentemente do que ocorre no modelo normalizado do PMV/PPD, fornecem condições de predição das sensações térmicas de usuários de edificações desempenhando atividades sedentárias mais compatíveis com a realidade encontrada e vivenciada pelas pessoas. Como resultados, o percentual de pessoas insatisfeitas com o ambiente mostrou-se superior ao apresentado nas normas, que não levam em conta as preferências térmicas pessoais. A zona de conforto obtida também não coincide com a esperada e mostra maior tolerância à altas umidade relativas do ar. Essas diferenças

evidenciam a adaptação das pessoas ao clima, bem como sugerem a necessidade da especificação das zonas de conforto diferenciadas para cada região.

Dalvite et al. (2007) lembraram que a edificação escolar é um equipamento de relevância indiscutível na formação do ser humano e vital para o contexto social, cultural e econômico de um país, o que torna imprescindível garantir condições mínimas de conforto ambiental aos usuários, seja térmico, acústico ou lumínico. Assim apresentaram estudos de caso realizados em escolar da rede pública de Santa Maria, RS, com a intenção de avaliar o conforto ambiental dessas edificações e, paralelamente, discutir as consequências e perspectivas futuras aos ocupantes desses ambientes.

De modo geral, as constatações observadas e os resultados obtidos demonstraram que as fragilidades e problemas de conforto dos espaços são decorrentes da falta de planejamento de projeto, da implantação e orientação solar inadequadas. Apontaram também que os projetos escolares eram, muitas vezes, meras repetições que não levavam em conta as particularidades de cada região de inserção, do terreno e do entorno. A constatação mais preocupante sobre o conforto acústico, térmico e lumínico dos locais analisados foi como a falta de adequação repercutia de modo negativo no processo de ensino-aprendizado, envolvendo variáveis físicas e psicológicas dos ocupantes, que eram agravadas pela exposição a parâmetros ambientais extremos. Isto, segundo os autores, prejudicava significativamente o pleno desenvolvimento das capacidades intelectuais e a garantia de um futuro mais saudável e próspero para os estudantes e funcionários.

Gomes e Roriz (2008) realizaram um estudo sobre o método adotado na norma ASHRAE 55 (ASHRAE, 2004). Para isso, interpretaram a metodologia adotada por De Dear; Brager; Cooper (1997) no projeto ASHRAE RP-884 em que este autor usava o procedimento Probit, para obter as temperaturas de preferência, e regressão linear, para os limites de conforto aceitáveis pela população avaliada. Posteriormente, os autores aplicaram o método de De Dear; Brager; Cooper (1997) nos dados obtidos da ampla Base de Dados da ASHRAE (2004), como fim de entender como foram obtidas as temperaturas de conforto e a aceitabilidade térmica de pessoas submetidas a determinadas condições térmicas internas, em ambientes naturalmente ventilados. Ao realizar esta análise buscava-se verificar a aplicabilidade da análise Probit como um método de grande eficácia para o estudo e a determinação de probabilidades de variáveis binárias.

Constatou-se como resultado a aplicabilidade do método de análise Probit em grandes amostras de variáveis binárias, permitindo a análise de probabilidades em diferentes situações. Além disso, diante das análises feitas por De Dear; Brager; Cooper (1997), observaram que seria difícil se obter em um ambiente uma combinação das variáveis de conforto que satisfizesse a todos os integrantes de um grupo de pessoas, uma vez que à medida que as condições das variáveis envolvidas aumentavam, reduzia-se significativamente a faixa de aceitabilidade térmica das pessoas. Os autores por fim concluíram que um novo paradigma para estabelecimento das condições de conforto térmico adequadas ao desempenho do homem não se produz da noite para o dia, e sim pode levar décadas desde a sua realização até a disseminação e utilização das diretrizes obtidas, em concepções de projetos ou adequações de edifícios já construídos.

Batiz et al. (2009) verificaram a relação entre conforto térmico na sala de aula universitária e o rendimento da atenção e da memória dos estudantes por meio de análises realizadas no Instituto Superior Tupy – IST, da Sociedade Educacional de Santa Catarina. Métodos de avaliação objetivos e subjetivos foram aplicados nessa verificação, como questionário próprio dos autores, teste das figuras de Ray e o cálculo do PMV e PPD pelas expressões de Fanger.

Com base nos resultados encontrados, ficou evidente que o estudo do conforto térmico e sua relação com o processo de atenção e memória são de extrema importância. Verificou-se que o modelo de avaliação do conforto térmico e o questionário subjetivo são instrumentos valiosos para entender cada vez mais esse processo tão complexo. Houve coincidência superior a 90% entre os resultados do PMV e PPD calculados pelas expressões de Fanger e as respostas dos alunos. Apontou-se na pesquisa que há uma relação direta entre a atenção e a memória e os valores de PMV: quando estes se encontram próximos do valor neutro (conforto), a atenção e a memória permanecem inalteradas. Então se pôde apurar que na condição neutra os alunos apresentam bom desempenho.

Mors et al. (2011) investigaram os parâmetros de conforto térmico e as preferências subjetivas para crianças em salas de aula sem condicionamento artificial de escolas primárias na Holanda. Estudos anteriores já haviam constatado que o ambiente interior em salas de aula pode ter um grande efeito sobre o conforto, saúde, aprendizagem e desempenho, o que objetivou avaliar se o método PMV poderia ser usado para melhorar a precisão das previsões de conforto térmico quando as salas de aula fossem naturalmente ventiladas. Foram realizadas

medições de parâmetros físicos durante 24 dias em diferentes estações (inverno, primavera e verão) e aplicados questionários para obter a sensação real de isolamento térmico das roupas, tanto para alunos regularmente matriculados no turno matutino quanto vespertino.

Os resultados mostraram que as crianças se adaptaram a roupas com valores médios de 0,9 clo no inverno e 0,3 clo no verão, sendo ainda que houve diferença na adaptação quando comparadas crianças do sexo masculino e feminino, estas últimas demonstrando melhores resultados. A comparação dos votos médios reais com o PMV calculado indicou uma clara diferença, o que gerou a conclusão de que o modelo PMV não prediz a sensação térmica dessas crianças com precisão. Então, os autores afirmaram que são necessárias mais pesquisas sobre o assunto de conforto térmico para crianças, uma vez que a base fisiológica dos métodos atuais é de adultos e estes possuem relações entre metabolismo, temperatura da pele, suores, etc., diferentes.

Ochoa, Araújo e Sattler (2012) trataram da avaliação *in loco* do conforto ambiental de salas de aula de duas edificações com arquitetura e técnicas construtivas diferentes, da Universidade Federal de Goiás. A pesquisa objetivou explorar essas edificações, buscando identificar a influência das tecnologias construtivas adotadas e da conformação física destas no seu desempenho. Os dados técnicos levantados foram avaliados por modalidade de conforto, a partir da medição de variáveis e aplicação de questionários aos usuários das salas estudadas.

A partir dos dados técnicos obtidos nesta pesquisa, concluiu-se que ambas as edificações possuem deficiências em termos de desempenho ambiental, em muito acentuadas por elementos arquitetônicos, que influem de forma positiva em uma modalidade de conforto e negativa em outra. A principal deficiência observada foi do ponto de vista do conforto lumínico, o qual foi bastante prejudicado em função da escolha de elementos arquitetônicos que visaram à melhoria apenas do conforto térmico. Tanto para o conforto lumínico quanto o acústico, as salas analisadas não foram consideradas confortáveis. Assim, concluiu-se que há necessidade de maiores estudos para identificar e quantificar as interferências de uma modalidade de conforto sobre as demais, de modo a obter-se uma metodologia adequada para determinar um nível de conforto ambiental balanceado de uma edificação.

Wu e Sun (2012) lembraram que o modelo PMV desempenha um papel importante na avaliação de conforto térmico e *design* de sistemas de controle de aquecimento, ventilação e ar condicionado. Sendo assim, o trabalho apresentou uma representação de regressão empírica de dois estágios do modelo PMV segundo a ASHRAE, norma esta que incorpora parâmetros arquitetônicos e variáveis de controle que são usados para desenvolver e validar o modelo de regressão. As medições foram realizadas no prédio de Ciência e Engenharia da Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos. O sistema de controle do edifício possuiu comportamento muito estável e consistente durante o período em que os dados foram recolhidos, dados estes que foram colhidos a cada 5 minutos durante quatorze dias e, por meio de interpolação linear, previstos também para intervalos de medição de 1 minuto, 10 minutos, 15 minutos e 30 minutos.

Os autores concluíram que o modelo proposto por meio de regressão em dois estágios é orientado pelos dados e pode ser atualizado quando mudanças significativas ocorrerem devido a estratégias de controle do sistema de climatização. Isto significa que o modelo pode ser atualizado periodicamente, o que leva a uma estratégia de modelagem adaptativa dos sistemas de climatização. Desta forma, foi desenvolvida uma estratégia para incorporar os parâmetros de arquitetura para o modelo empírico do PMV, uma vez que se verificou que o modelo de regressão de duas fases é capaz de prever o PMV, tanto em intervalos de medições curtos quanto longos, com alta precisão.

Langevin, Wen e Gurian (2013) basearam-se na falta de um método integrado para avaliar sensação térmica, aceitabilidade e preferência em conjunto como parte da avaliação do conforto térmico construído. A única relação dada entre essas variáveis está nas orientações de conforto existente (PMV e PPD) e se baseia na suposição de que apenas ocupantes com sensação térmica neutra consideram o ambiente aceitável. Desta forma, eles buscaram desenvolver uma abordagem integrada para a avaliação do conforto térmico dos ocupantes por meio de distribuições de probabilidade desenvolvidas para cada uma dessas variáveis de conforto, usando a análise Probit Bayesiana.

Os autores utilizaram dados de campos para estimar parâmetros Bayesianos e desenvolver novas distribuições de probabilidade de sensação térmica, aceitabilidade e preferência e então estendê-las para o método PMV. Os resultados revelaram uma curva PMV melhor ajustada à distribuição de sensações térmicas encontradas nas repostas subjetivas dos indivíduos

analisados e sugeriram que a aceitabilidade e respostas térmicas preferenciais estão sujeitas a influências sazonais. Por fim, concluiu-se a utilidade das distribuições desenvolvidas e o grande potencial deste método ser utilizado no futuro à medida que os estudos sobre ele se aprofundarem.

Djamila (2015) investigou a relação entre a preferência térmica e a temperatura neutra em locais de clima tropical úmido. O principal objetivo era explorar a discrepância entre elas e quantificar a diferença entre a análise por meio de dados técnicos e a que utiliza preferências subjetivas, utilizando a escala ASHRAE. O estudo foi realizado com medição de variáveis e aplicação de questionários em salas de aula artificialmente condicionadas na Faculdade de Engenharia da Universidade Sabah, na Malásia.

Os resultados revelaram que os alunos preferiam temperaturas abaixo da temperatura considerada neutra. Entretanto, o autor recomendou que o termostato não fosse reajustado para temperaturas menores, pois implicaria em maior consumo energético e um efeito negativo no meio ambiente. Assim, concluiu-se que a relação entre a percepção térmica na escala ASHRAE entre os indivíduos e os dados técnicos continua sem uma calibração perfeita e necessita de uma investigação mais profunda.

Silva e Muzardo (2016) analisaram a relação entre a qualidade do ensino e as características de sete escolas públicas estaduais localizadas no município de Londrina, estado do Paraná, construídas em diferentes contextos históricos e com situações diversas de manutenção e conservação. O estudo foi motivado em pesquisas anteriores sobre arquitetura escolar que têm sublinhado a sua importância no contexto da educação. Estes estudos mostram que a arquitetura escolar representa determinados valores socialmente construídos e que podem revelar o grau de importância conferido à educação, além de enfatizarem a importância dos aspectos arquitetônicos para o conforto ambiental, importante para o bem-estar e a eficiência no desempenho daqueles que frequentam o ambiente escolar.

Foram aplicados questionários a 132 professores que comprovaram que alguns problemas estruturais e de manutenção geram dificuldades no processo de aprendizagem dos alunos, independente da faixa etária. Foi percebida uma contradição entre a afirmação de 75% dos professores de que as escolas são bonitas e agradáveis e a quantidade de docentes que afirmaram que as salas de aula eram quentes, mal iluminadas e com ruído. Uma explicação

possível, que necessita ser testada, é que os professores estão acostumados com o espaço em que trabalham e somente pensam sobre ele quando estimulados. Com esse resultado, a necessidade de repensar a questão arquitetônica na educação, tanto externa quanto interna, ficou evidente, a fim de obter-se uma mudança de cenário na educação brasileira.

Para a realização do presente trabalho utilizou-se três referências principais: Fontanella (2009), Faria (2013) e Nascimento (2016), todas desenvolvidas na Universidade Federal de Ouro Preto. Os avanços conquistados pelas autoras levantaram um conjunto de questionamentos relevantes que demonstraram fatores válidos de serem analisados simultaneamente. Na Figura 2.9 identificam-se cada um destes estudos e a contribuição dos mesmos para esta pesquisa.

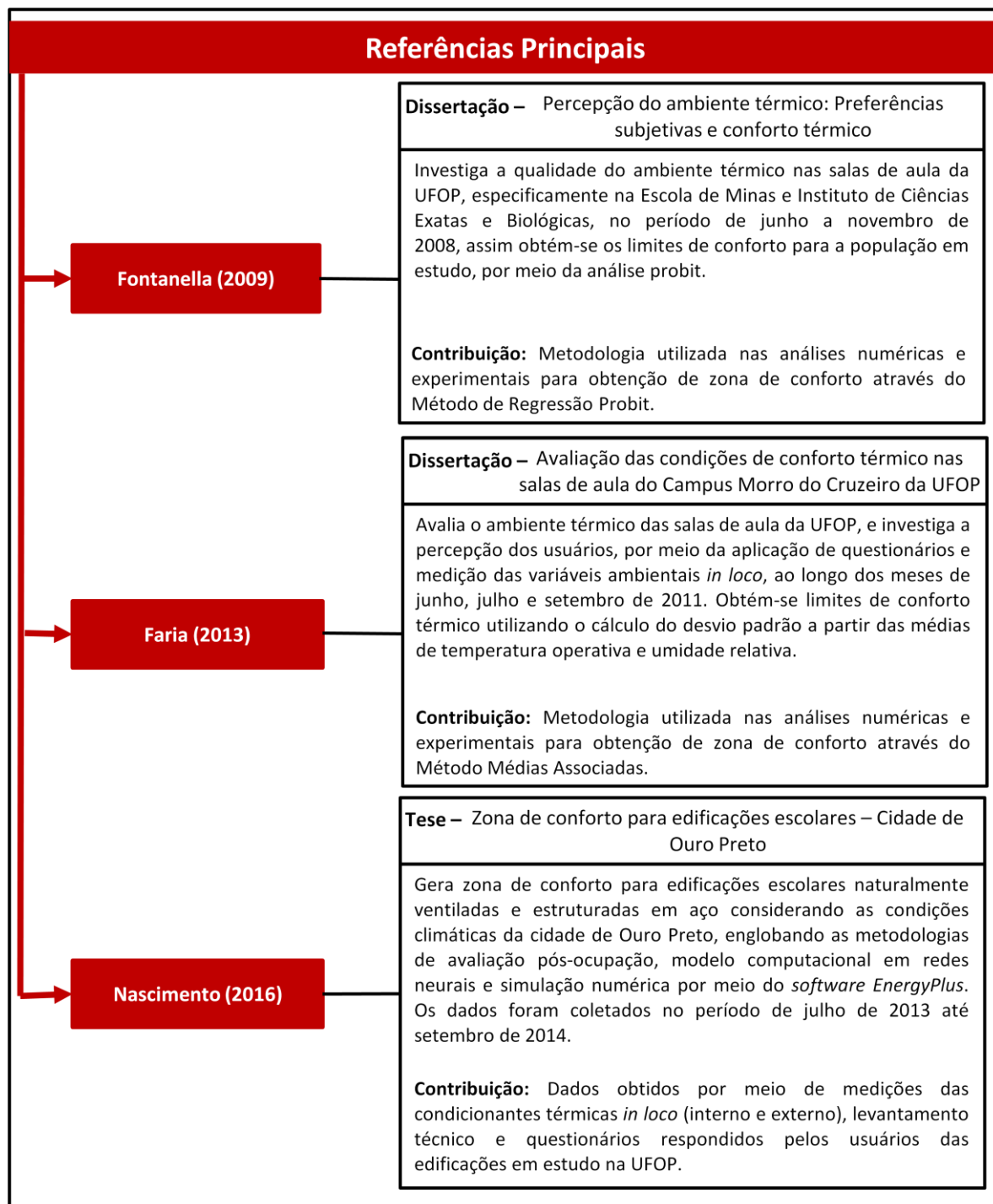


Figura 2.9 - Referências Principais

3 MÉTODOS UTILIZADOS

Neste capítulo uma explanação sobre as variáveis envolvidas no problema é apresentada, com a classificação e descrição destas, visando à definição da metodologia adotada.

Com as etapas de desenvolvimento do trabalho e uma breve síntese sobre os procedimentos adotados em cada uma delas, expõe-se a metodologia adotada para medição das variáveis ambientais e psico-fisiológicas na pesquisa de campo, descrevendo as características dos equipamentos e questionários utilizados. Apresenta-se a sequência dos procedimentos adotados nos ensaios de campo, assim como detalhes sobre os ambientes analisados, modelos adaptativos de conforto térmico utilizados e finaliza-se com uma discussão sobre as limitações do trabalho.

3.1 Delimitação do objeto de estudo

O presente trabalho consiste na avaliação do conforto térmico nas salas de aula da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) em dois edifícios construtivamente semelhantes, mediante pesquisa sobre adaptação climática e as preferências quanto à sensação térmica da população em estudo realizada por Nascimento (2016).

A utilização dos dados de Nascimento (2016) deu-se pela amplitude dos dados medidos pela mesma, que ao longo de um ano realizou medições climáticas e aplicação de questionários aos usuários das edificações analisadas. Uma medição com período similar seria inviável devido ao tempo disponível para realizar-se a pesquisa, enquanto que um período de tempo menor não apresentaria a amplitude de dados necessária para o estudo, o que diminuiria a representatividade dos resultados.

Os resultados são apresentados de forma gráfica. A análise destes pode contribuir para o aperfeiçoamento de projetos arquitetônicos sob um enfoque bioclimático além de servir como ponto de partida para futuros questionamentos à respeito das diretrizes normativas utilizadas atualmente no país.

3.2 Caracterização do objeto de estudo

3.2.1 Região Climática

A UFOP está inserida na cidade de Ouro Preto – MG, região que se caracteriza por possuir clima tropical de altitude, característico das regiões montanhosas com chuvas durante os meses de outubro a abril e geadas ocasionais em junho e julho. Localiza-se na latitude 20°23'08" sul, longitude 43°30'29" oeste e altitude média de 1179 metros (Figura 3.1). O município foi fundado em 1711 e, segundo o censo de 2010, abriga uma população de 70227 habitantes.

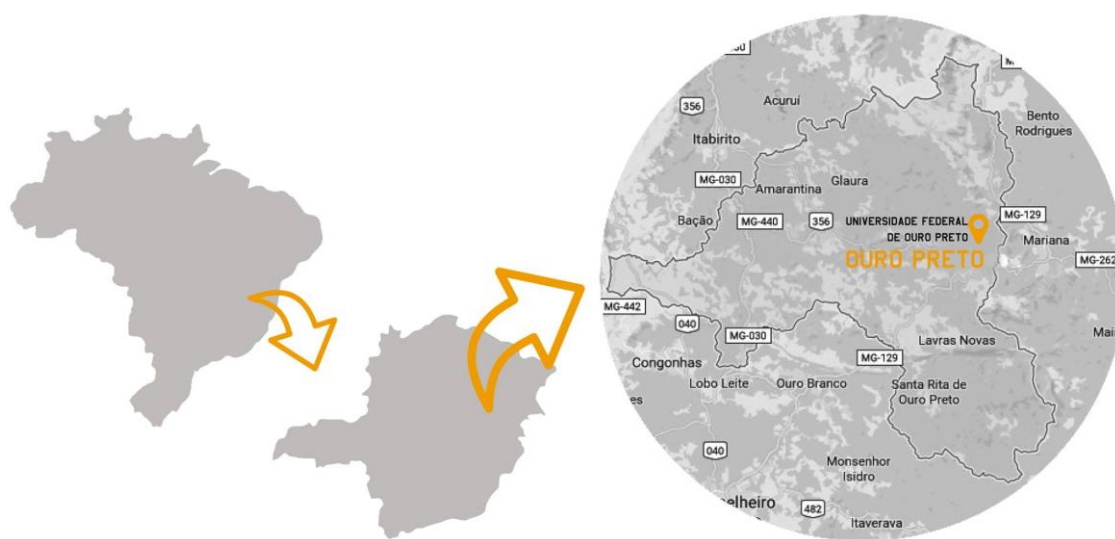


Figura 3.1 – Localização da região em estudo: Ouro Preto - MG

Entre os meses de agosto de 2016 e julho de 2017 os dados de temperatura da cidade foram: média anual de 18,3°C; média máxima de 20,8°C; média mínima de 14,8°C; temperatura máxima de 28,0°C (janeiro); temperatura mínima de 6,0°C (julho) (PREFEITURA MUNICIPAL DE OURO PRETO, 2017).

3.2.2 Edificações

É analisada a qualidade do ambiente térmico das salas de aula de dois prédios pertencentes a UFOP, o da Escola de Minas e o da Escola de Medicina, que possuem o mesmo tipo construtivo (estrutura em aço) e, por esse motivo, os dados coletados serão estudados em conjunto, sem distinção de edificação.

3.2.2.1 Escola de Minas

A Escola de Minas foi idealizada por Dom Pedro II e fundada por Claude Henri Gorceix no dia 12 de outubro de 1876, sendo pioneira em estudos geológicos, mineralógicos e metalúrgicos. Inicialmente, a Escola de Minas começou funcionando no antigo Palácio dos Governadores, no ano de 1995 foi transferida para o Campus Morro do Cruzeiro, esta última edificação (Figura 3.2) que será o objeto do estudo deste trabalho, comportando nove cursos da área de engenharia e arquitetura.



Figura 3.2 – Escola de Minas no Campus Morro do Cruzeiro (UFOP).

A edificação possui dois pavimentos e compreende três blocos: o primeiro, com a portaria, salas administrativas, laboratórios e salas de estudos, o segundo com salas de aula e biblioteca, e o terceiro, construído em 2013, com mais salas de aula e laboratórios. A edificação possui suas menores fachadas voltadas à orientação leste-oeste o que é positivo devido ao fato de ser uma menor porção de fachada absorvendo a radiação direta. E nas fachadas orientadas a norte, foram instalados brises horizontais infinitos, com lâminas de 15 cm e espaçamento entre as lâminas de 10 cm.

Todos os ambientes internos possuem janelas para o exterior, com possibilidade de abrir/fechar, e também são providos de algum tipo de proteção para a iluminação (*blackouts*, persianas ou *insulfilme*).

Com relação aos materiais utilizados na construção da Escola de Minas, a estrutura é metálica aparente (aço carbono), com fechamento interno de tijolo cerâmico aparente e fechamento interno de alvenaria convencional (áreas molhadas, salas e laboratórios) e painéis de fórmica na cor bege (áreas administrativas, salas e laboratórios). As aberturas são de esquadrias de

alumínio e vidro incolor de 6 mm de espessura, a cobertura é estrutura em aço e telha de fibro cimento e o piso é de cimento queimado.

Na Figura 3.3 apresenta-se a planta baixa esquemática da edificação e na Figura 3.4 destacam-se as salas de aula e laboratório avaliados nesta pesquisa.

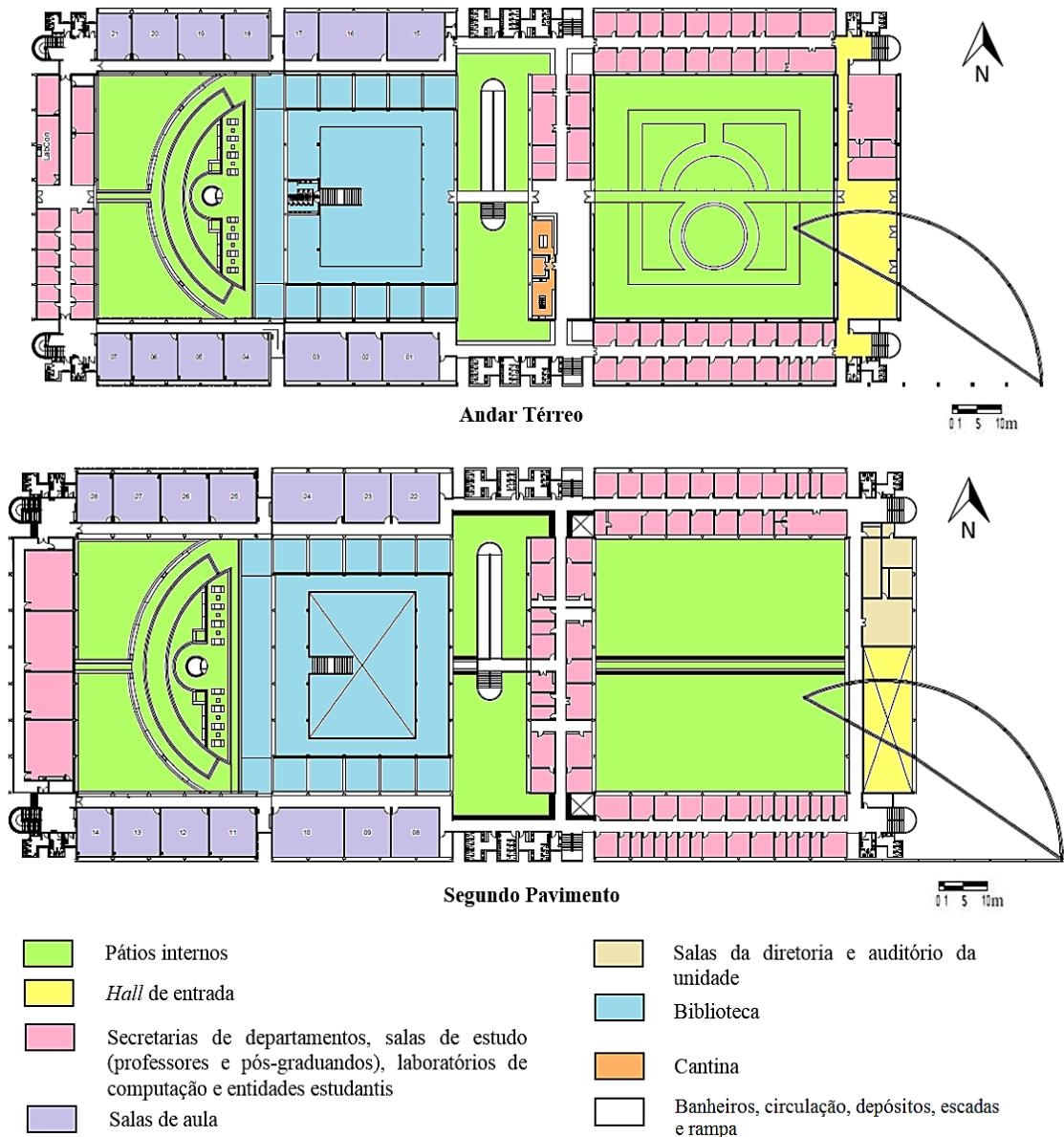
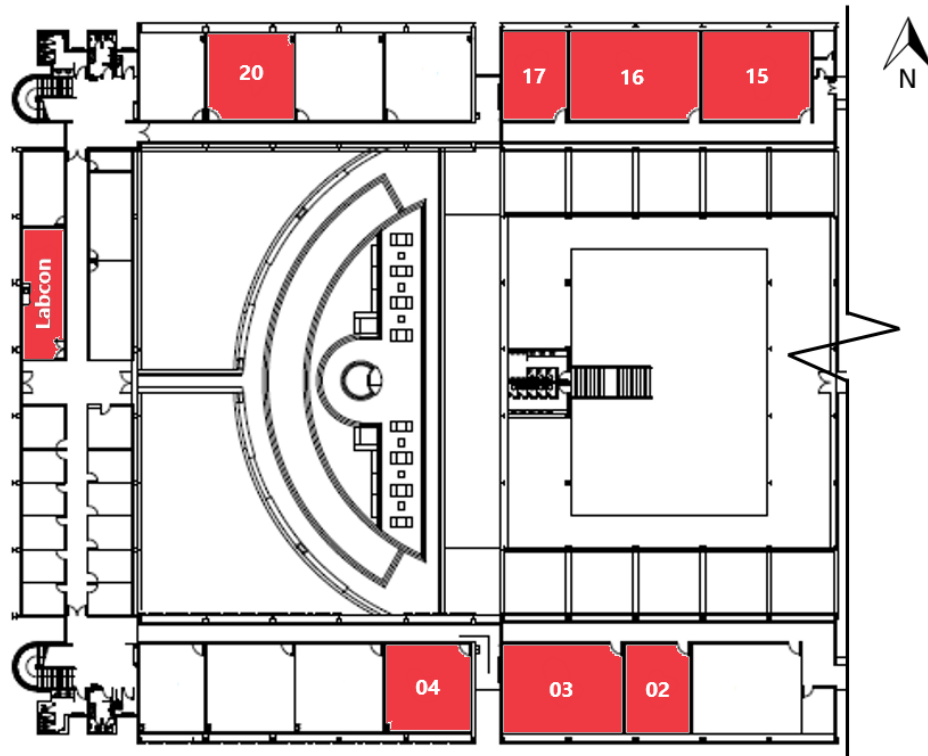
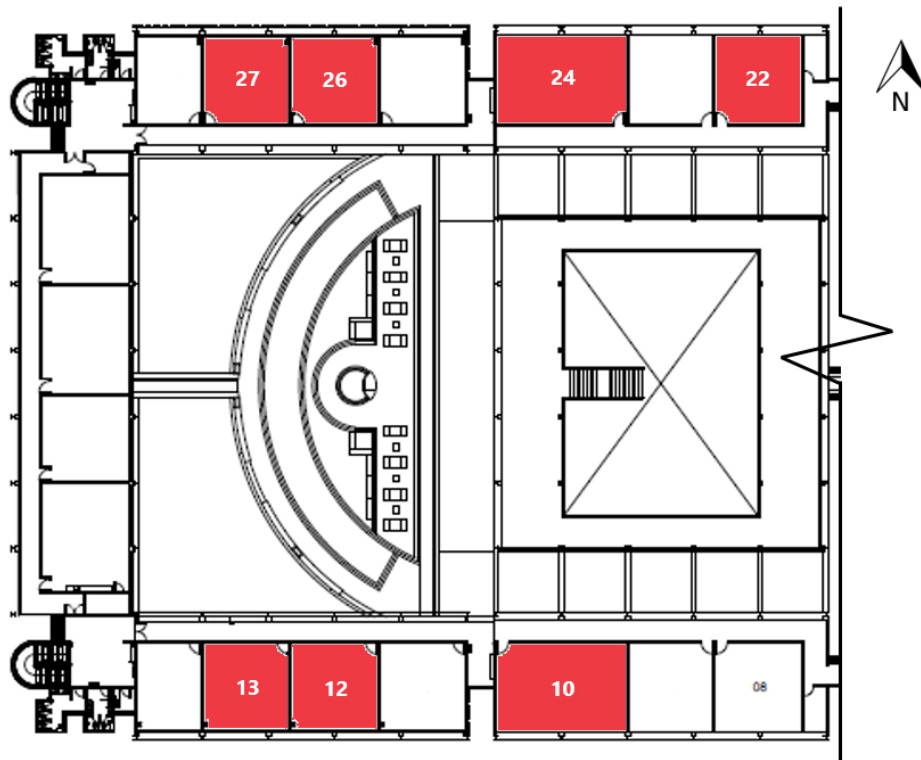


Figura 3.3 - Planta baixa esquemática: Escola de Minas



Andar Térreo



Segundo Pavimento

Figura 3.4 - Salas de aula e laboratório utilizados para a pesquisa: Escola de Minas

3.2.2.2 Escola de Medicina

No início de 2013, foi criada a Escola de Medicina (Figura 3.5), no campus Morro do Cruzeiro, responsável por sediar o curso de Medicina. O curso, que surgiu em 2007 e funcionava junto ao Departamento de Farmácia, ganhou prédio próprio, com salas de aula, laboratórios e ambientes da administração.



Figura 3.5 – Escola de Medicina no Campus Morro do Cruzeiro (UFOP).

A edificação possui dois pavimentos: o primeiro, com a portaria, salas administrativas, salas de aula e de informática e biblioteca, o segundo com salas de aula, laboratórios de pesquisa, ambulatórios, enfermarias e salas administrativas. Na parte exterior há uma vegetação rasteira inserida para conter os cortes, alguns coqueiros e os acessos são de cimento. Todos os ambientes internos possuem janelas para o exterior, com possibilidade de abrir/fechar, porém sem nenhuma proteção para a iluminação (*insulfilme* ou *blackouts*).

A estrutura é metálica aparente (aço carbono pintado na cor verde), com fechamento externo de alvenaria convencional e fechamento interno de alvenaria convencional (áreas molhadas, salas e laboratórios) e painéis de fórmica na cor bege (áreas administrativas). As aberturas são de esquadrias de alumínio e vidro incolor de 6 mm de espessura, a cobertura é de estrutura em aço e telha de fibrocimento e o piso de cimento queimado.

Na Figura 3.6 apresenta-se a planta baixa esquemática da edificação e na Figura 3.7 destacam-se as salas de aula e laboratório avaliados nesta pesquisa.



Andar Térreo



Segundo Pavimento









- | | | | |
|---|---|--|---|
|  | Laboratórios de pesquisa e ambulatórios de atendimento |  | Salas da diretoria e auditório da unidade |
|  | Hall de entrada |  | Biblioteca |
|  | Secretarias de departamentos, salas de estudo (professores e pós-graduandos), laboratórios de computação e entidades estudantis |  | Cantina |
|  | Salas de aula |  | Banheiros, circulação, depósitos, escadas e rampa |

Figura 3.6 - Planta baixa esquemática: Escola de Medicina

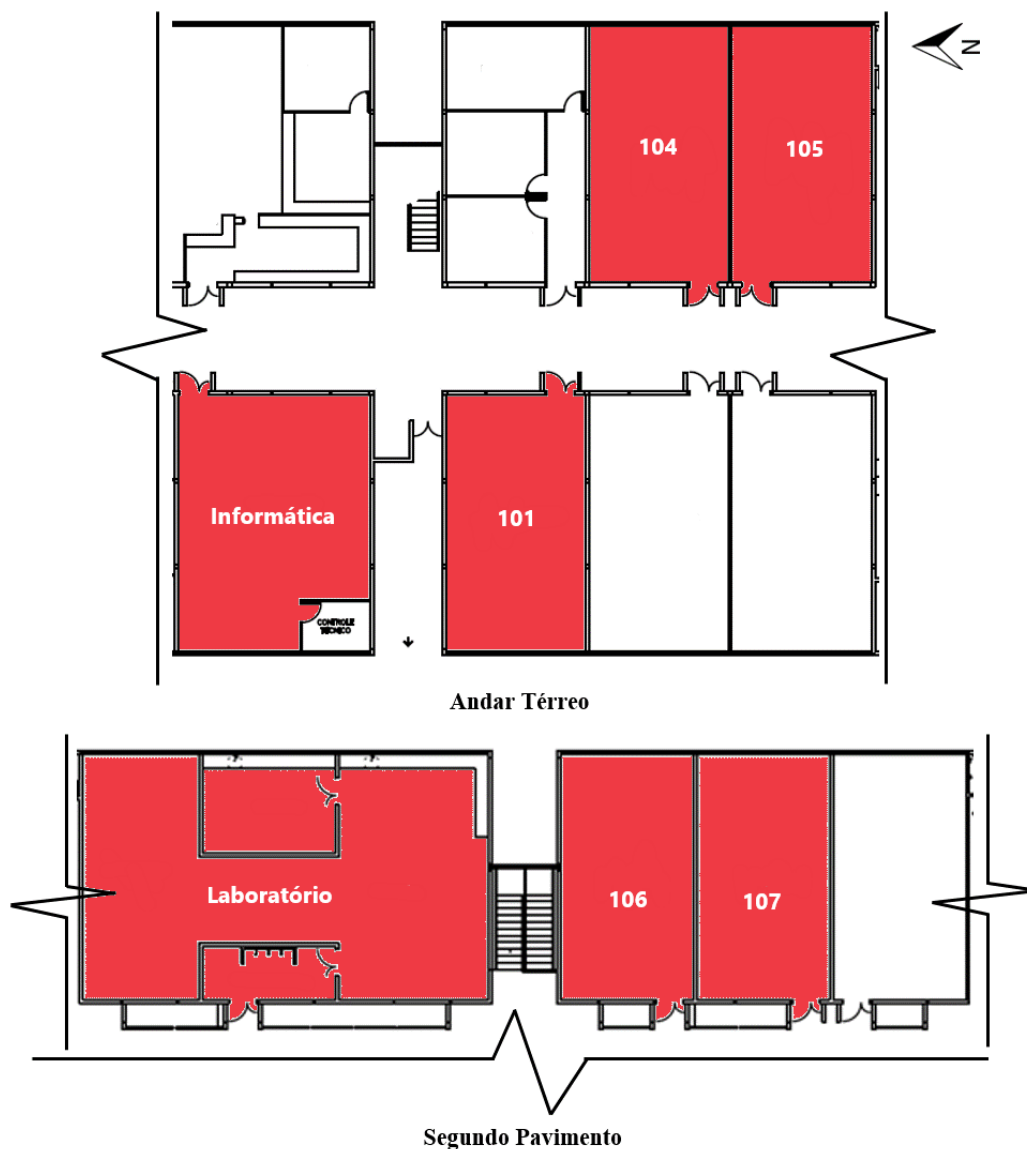


Figura 3.7 - Salas de aula e laboratórios utilizados para a pesquisa: Escola de Medicina

3.3 Etapas de desenvolvimento da pesquisa

3.3.1 Definição e planejamento do projeto

O planejamento da metodologia aplicada no experimento abrange a escolha dos modelos adaptativos que serão utilizados nesta pesquisa para a obtenção da zona de conforto, a definição e cálculo das demais variáveis envolvidas, a análise e caracterização dos dados coletados por Nascimento (2016) e a definição das etapas necessárias para a obtenção da zona de conforto segundo cada método.

3.3.2 Definição dos modelos adaptativos

Algumas pesquisas, citadas anteriormente, mostraram ao longo dos anos que a equação de Fanger não é universal. Devido a isto, modelos adaptativos começaram a ser estudados. Eles são derivados de estudos de campo e analisam a aceitabilidade do ambiente térmico.

Assim, para análise mais aprofundada das correlações desenvolvidas nesse trabalho, escolheu-se utilizar dois métodos diferentes a efeito de comparação no final: o Método de Análise Probit e o Método de Médias Associadas.

Optou-se por obter as zonas climáticas a partir destes modelos por duas razões. A primeira é que ambos os métodos são capazes de abordar a adaptabilidade dos usuários das edificações, entretanto cada modelo aborda um cálculo diferente, o que pode influenciar em seus resultados e deve ser analisado. Além disso, pesquisas anteriores de, Xavier (1999), Gonçalves (2000), Araújo (2001), Fontanella (2009), entre outros autores, utilizaram o Método de Regressão Probit e dados de estudo de campo para encontrar zonas climáticas para cidades em diferentes regiões brasileiras, confirmando sua aplicabilidade em território nacional. Entretanto, estudos utilizando o Método de Médias Associadas não foram amplamente realizados para o território brasileiro, ressaltando a pesquisa realizada por Faria (2013). Uma comparação entre as zonas de conforto térmico obtidas por estes métodos utilizando os mesmos dados coletados em campo poderá conferir a variação entre os resultados e a viabilidade de aplicação de ambos para prever o conforto térmico em edificações localizadas em regiões com clima semelhante ao de Ouro Preto (MG).

3.3.3 Coleta de dados e tipos de variáveis manipuladas

A técnica de pesquisa utilizada por Nascimento (2016) para o levantamento de votos de conforto e sensações térmicas dos indivíduos foi a aplicação de questionários *in loco*, focando a interação usuário-ambiente, com uma medição simultânea das variáveis climáticas em cada ambiente estudado.

A pesquisa foi realizada na população universitária regular que frequenta dois prédios da UFOP no Campus Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, MG. A coleta de dados consistiu em se obter, ao mesmo tempo, o valor das variáveis ambientais externas (temperatura do ar e umidade relativa do ar) e internas (temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de

globo e velocidade do ar) que influenciam no conforto térmico dos usuários das salas de aula dessas edificações, assim como a percepção que estes indivíduos tinham em relação ao ambiente interno.

Para a obtenção das variáveis foram utilizados instrumentos de medição como sensores para aferir a temperatura e a umidade do ambiente, e um termômetro de globo. Simultaneamente, foram aplicados questionários para se levantar a resposta dos usuários principalmente em termos de sensações e conforto térmico, além de condições como vestimentas, iluminação e ruído.

Os parâmetros utilizados no atual trabalho sobre conforto térmico de um ambiente podem ser divididos em dois grupos: os físico-ambientais e os psico-fisiológicos. O grupo dos parâmetros físico-ambientais subdivide-se em outros dois: aqueles que foram medidos diretamente no ambiente por Nascimento (2016) e aqueles que são calculados por meio dos dados dessas medições (temperatura radiante média e temperatura operativa). Os equipamentos utilizados na aferição das variáveis físico-ambientais segundo Nascimento (2016) são descritos no decorrer desse capítulo.

3.3.4 Parâmetros físico-ambientais medidos diretamente

Dentre as variáveis físicas usadas neste trabalho, Nascimento (2016) mediu diretamente a temperatura do ar interno e externo, a umidade relativa do ar interno e externo e a temperatura de globo e velocidade do ar nos ambientes internos. Os dados foram coletados no período de julho de 2013 até setembro de 2014, diariamente.

A temperatura do ar, ou temperatura de bulbo seco, é uma variável utilizada pela maioria dos índices de conforto térmico, podendo ser considerada o primeiro parâmetro de análise da condição térmica do ambiente. Ela influencia nos mecanismos de troca de calor entre o corpo e o ambiente e atua no processo de evapotranspiração indicando o quanto ele está aquecido ou resfriado.

A umidade do ar afeta diretamente o metabolismo do corpo humano. Uma umidade do ar elevada faz com que o corpo transpire menos, o suor se condensa na pele e faz com que a sensação de calor seja ainda maior, causando até mesmo dificuldade para respirar. Já uma

umidade do ar baixa faz com que o ar fique mais seco, diminuindo a sensação de calor mesmo que a temperatura esteja elevada.

A temperatura de globo é usada para calcular a temperatura radiante média e é medida por meio do termômetro de globo negro. Este instrumento gera um resultado dos efeitos combinados da energia radiante, temperatura e velocidade do ar, a partir do qual se pode concluir sobre o nível de conforto em um dado ambiente.

A velocidade do ar em um ambiente interno costuma ser abaixo de 1m/s sem necessariamente a ação direta do vento (convecção natural). Quando o ar se desloca por meios mecânicos (convecção forçada), como um ventilador, o coeficiente de convecção aumenta, aumentando a sensação de perda de calor. O deslocamento do ar também acelera a evaporação da água em contato com a pele humana, reduzindo a sensação de calor.

A medição destas variáveis ocorreu por meio de três formas distintas: unidade fixa para medição das variáveis externas; unidades móveis (para coleta durante a aplicação dos questionários nas salas de aula) e unidades fixas (Para coleta intermitente) para medição das variáveis internas.

3.3.4.1 Variáveis externas – Unidade fixa

Segundo Nascimento (2016) os condicionantes externos foram obtidos por meio da estação meteorológica local instalada na UFOP, conforme mostrado na Figura 3.8. Esta unidade está fixada na cobertura do Prédio de Laboratórios da Escola de Minas da UFOP e coleta dados intermitentemente. Na atual pesquisa eles foram utilizados apenas na análise do clima externo nos dias das medições e, conseqüentemente, a diferença do clima externo e do clima interno das edificações avaliadas.



Figura 3.8 – Equipamentos externos de coleta dos condicionantes térmicos.
Fonte: Nascimento (2016)

3.3.4.2 Variáveis internas – Unidades Móveis

As unidades móveis forneciam coletas semanais, em salas de aula variadas nas Escolas de Minas e Medicina. Utilizavam o termômetro de globo (modelo REED 8778) e o psicrômetro (modelo REED 8726) para coleta da temperatura de globo ($^{\circ}\text{C}$), temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), e umidade relativa do ar (%), respectivamente, conforme mostrado na Figura 3.9. Estas coletas eram realizadas durante o preenchimento dos questionários pelos estudantes, por leitura manual, em intervalos de tempo de 5 minutos. As médias dos dados das variáveis climáticas de cada medição servirão como base para a análise dos dados subjetivos de voto térmico dos usuários.



a – Termômetro de Globo b - Psicrômetro
Figura 3.9 – Aparelhos utilizados para as unidades móveis.
Fonte: Nascimento (2016)

3.3.4.3 Variáveis internas – Unidades Fixas

Foram utilizadas duas unidades fixas de coletas ininterruptas, sendo uma na sala de mestrados no prédio da Escola de Minas e outra na sala de administração no prédio da Escola de Medicina, conforme mostra a Figura 3.10.



a – Sala dos Mestrados (Escola de Minas) b – Sala da administração (Escola de Medicina)

Figura 3.10 – Unidades Fixas.

Fonte: Nascimento (2016)

Estas unidades eram compostas por um suporte metálico onde estão interligados os sensores que medem a temperatura (°C), umidade relativa (%), velocidade do ar (m/s) e a temperatura de globo (°C) à um aparelho *Data Logger* (Figura 3.11), onde foram armazenados os dados coletados. As variáveis climáticas foram medidas simultaneamente em três posições diferentes. As posições dos sensores no suporte metálico seguiram a recomendação da norma ISO 7726 (ISSO, 1998), que correspondem aproximadamente às alturas da cabeça, do abdômen e do tornozelo, conforme apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Posições de medições para coleta das variáveis climáticas de um ambiente

Localização dos sensores	Alturas recomendadas	
	sentado	em pé
Nível da cabeça	1,1m	1,7m
Nível do abdômen	0,6m	1,1m
Nível do tornozelo	0,1m	0,1m

Fonte: Adaptada de ISO 7726 (ISO, 1998).

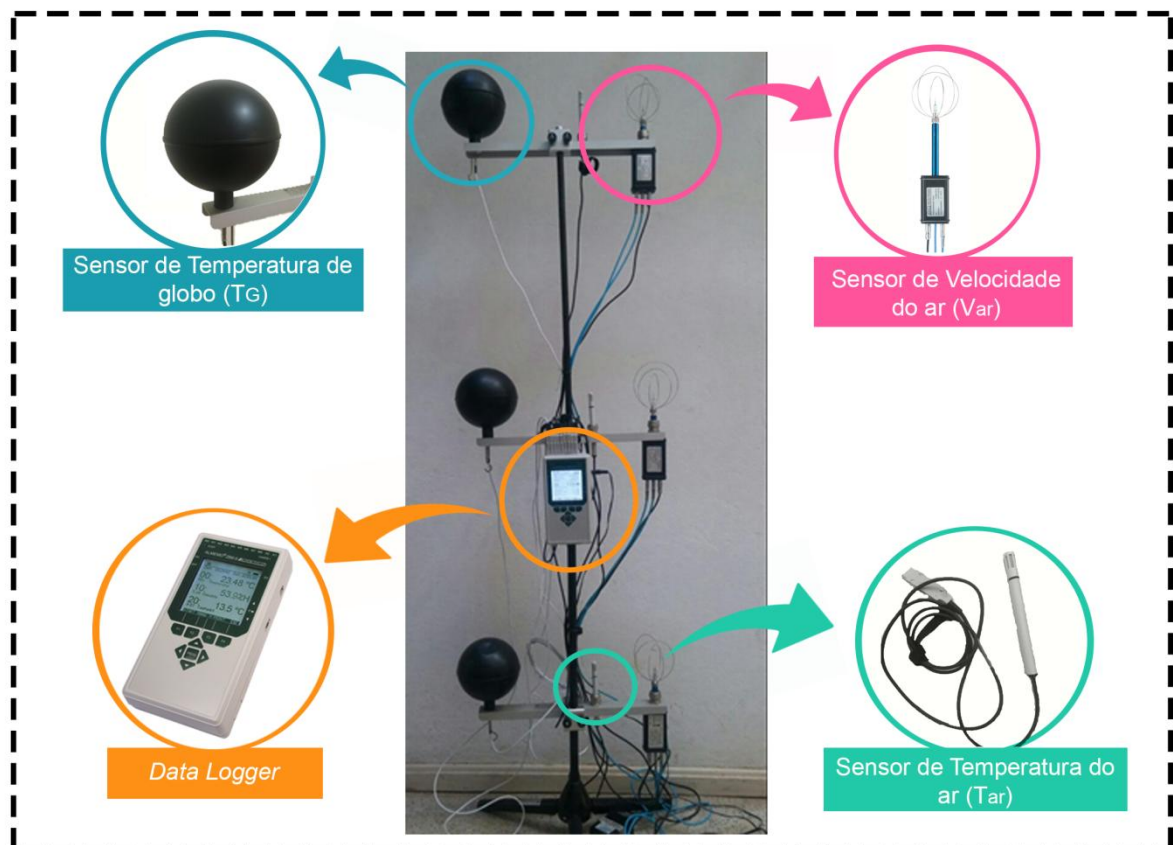


Figura 3.11 - Conjunto dos instrumentos para coleta de dados

As medições no interior das salas em condições reais de uso ocorreram durante as quatro estações – inverno, primavera, verão e outono – com horário de coleta de 7h30 às 17h00, período que compreende a maior parte do horário de aulas nessas salas. Porém, ressalta-se que a aquisição de dados ocorreu intermitentemente durante todo o período do experimento, em intervalos de tempo de 30 minutos. Os dados climáticos obtidos nestas medições foram utilizados nesta pesquisa quando as medições realizadas por meio das unidades móveis mostraram-se incompletas ou incoerentes uma vez que nas unidades fixas as medições são automáticas enquanto que nas unidades móveis as medições são manuais, o que faz com que estas últimas tenham confiabilidade reduzida.

Assim, segue a descrição dos instrumentos empregados nas unidades móveis – pertencentes ao Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto – em conjunto com uma breve revisão bibliográfica para cada variável ambiental.

3.3.4.3.1 *Temperatura do ar e Umidade relativa do ar*

Para medir a temperatura do ar e a umidade relativa do ar foi utilizado o sensor do tipo termistor, modelo ALMEMO 3290 (Figura 3.12). O modelo de sensor empregado tem uma resistência alta e um coeficiente negativo de temperatura, logo a resistência diminui com o aumento da temperatura.



Figura 3.12 - Sensor de temperatura e umidade - Modelo ALMEMO 3290.
Fonte: AHLBORN (2011)

3.3.4.3.2 *Temperatura de Globo*

A temperatura de globo foi medida por meio de um globo metálico de 150 mm de diâmetro modelo ALMEMO *Class B* (DIN/IEC 751) conforme mostra a Figura 3.13.



Figura 3.13 - Termômetro de globo - Modelo ALMEMO *Class B* (DIN/IEC 751).
Fonte: AHLBORN (2011)

3.3.4.3.3 *Velocidade do ar*

A velocidade do ar é um parâmetro que apresenta dificuldades de medição e determinação devido às constantes flutuações em intensidade e direção do vento no espaço (GOMES, 2010). Dessa forma, utilizou-se um sensor de precisão, denominado termo anemômetro de fluxo termoeletrônico modelo ALMEMO FV A605 TA (Figura 3.14). O equipamento consiste num tubo de metal, que contém um sensor para as medições de temperatura e um termistor miniatura aquecido para medição do fluxo de velocidade.



Figura 3.14 - Termo anemômetro - Modelo ALMEMO FV A605 TA.
Fonte: AHLBORN (2011)

3.3.4.3.4 *Armazenamento dos dados coletados – Data Logger*

Os dados coletados por meio dos sensores das unidades móveis foram armazenados em um equipamento *Data Logger* da marca ALMEMO modelo 2890-9 com nove entradas individuais, que podem ser duplicadas quando um sensor faz mais de um tipo de medição, por exemplo, os sensores de umidade capacitivos simultaneamente realizam as medições da temperatura do ar e da umidade relativa do ar.

Este modelo de *Data Logger* possui duas saídas de dados: uma que faz interface com o computador, e outra que é a saída analógica. O equipamento é capaz de realizar medições agendadas com programação de data e hora, de início e término. A memória suporta cerca de 20.000 medições sem necessidade de transferência de dados para um computador. As frequências com que as tomadas de valores são realizadas também podem ser programadas. O equipamento *Data Logger* mostrado na Figura 3.15 foi utilizado para armazenar os dados coletados.



Figura 3.15 - Data Logger para armazenamento das variáveis climáticas – Modelo ALMEMO 2890-9.
Fonte: AHLBORN (2011)

Com o propósito de serem obtidas as informações para esta pesquisa, o *Data Logger* foi programado para coletar os dados no intervalo de 30 em 30 minutos. Para a análise estatística foram organizados em médias horárias.

3.3.5 Parâmetros físico-ambientais calculados

Dentre as variáveis calculadas a partir das variáveis físicas medidas, tem-se a temperatura radiante média e a temperatura operativa.

3.3.5.1 Temperatura Radiante Média

A temperatura radiante média é a temperatura média da superfície dos elementos que envolvem um espaço. Influencia tanto no calor perdido pela radiação do corpo como a perda de calor por condução, quando o corpo está em contato com as superfícies mais frias.

Neste trabalho, para o cálculo desta variável, primeiro foi determinado o coeficiente de convecção para cada ambiente a fim de definir se a convecção que estava acontecendo era natural ou forçada. As expressões utilizadas são:

para convecção natural:

$$h_{cg} = 1,4 \left(\frac{\Delta T}{0,15} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (3.1)$$

para convecção forçada:

$$h_{cg} = 6,3 \left(\frac{V_{ar}^{0,6}}{0,15^{0,4}} \right) \quad (3.2)$$

sendo h_{cg} o coeficiente de convecção (W/m^2K); $\Delta T=(T_G-T_{ar})$ é a variação de temperatura ($^{\circ}C$); T_G a temperatura de globo ($^{\circ}C$); T_{ar} a temperatura do ar ($^{\circ}C$); V_{ar} a velocidade do ar ao nível do globo (m/s).

O coeficiente de convecção a ser adotado deve ser o maior entre os dois calculados e, conseqüentemente, a fórmula para cálculo da temperatura radiante média também deve coincidir com o tipo de convecção do coeficiente utilizado. Assim, a temperatura radiante média no caso de convecção natural é dada por:

$$\bar{T}_r = \left[(T_G + 273)^4 + 0,4 \times 10^8 |T_G - T_{ar}|^{\frac{1}{4}} \cdot (T_G - T_{ar}) \right]^{\frac{1}{4}} - 273 \quad \dots \quad (3.3)$$

e a temperatura radiante média no caso de convecção forçada:

$$\bar{T}_r = \left[(T_G + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 \cdot V_{ar}^{0,6} \cdot (T_G - T_{ar}) \right]^{\frac{1}{4}} - 273 \quad \dots \quad (3.4)$$

onde \bar{T}_r é a temperatura radiante média ($^{\circ}C$).

É importante salientar que estas equações (3.1 a 3.4) são válidas apenas para o globo padronizado, que possui diâmetro de 150 milímetros.

3.3.5.2 *Temperatura Operativa*

A temperatura operativa resume as perdas da temperatura do corpo, que está submetido a um ambiente real com efeitos desiguais por todos os lados. Ela é uma temperatura teórica que provoca uma perda de calor equivalente a todos os fenômenos que provocam esta perda caso o corpo estivesse em um ambiente imaginário submetido apenas a uma temperatura homogênea. Para o cálculo desta temperatura, utilizou-se a expressão:

$$T_o = \frac{h_c \cdot T_{ar} + h_r \cdot T_r}{h_c + h_r} \quad (3.5)$$

onde T_o é a temperatura operativa (°C); T_{ar} é a temperatura do ar (°C); T_r é a temperatura radiante média (°C); h_c é o coeficiente de troca de calor por convecção dado por $h_c = 12,1\sqrt{V_{ar}}$ (W/m²K); V_{ar} é a velocidade do ar (m/s); e h_r é o coeficiente de troca de calor por radiação (W/m²K), adotado o valor típico de $h_r=4,7$ W/m²K (ASHRAE, 2013).

3.3.6 **Parâmetros psico-fisiológicos**

A variável psico-fisiológica mais importante levantada neste trabalho é o voto térmico dos indivíduos. Nascimento (2016) a obteve por meio da aplicação de questionários, utilizando a escala de sete pontos de sensação térmica (em que: +3 = muito quente, +2 = quente, +1 = ligeiramente quente, 0 = neutro, -1 = ligeiramente frio, -2 = frio, -3 = muito frio), para representar o grau de satisfação dos indivíduos no dado ambiente (ASHRAE, 2013).

Além do voto térmico, outros parâmetros psico-fisiológicos foram levantados por Nascimento (2016) com a aplicação de questionários junto aos usuários amostrados. A elaboração do questionário utilizado na pesquisa de campo foi realizada baseando-se na análise de exemplos anteriores de trabalhos semelhantes como o de Araújo (2001) e Fontanella (2009).

Foram utilizados dois tipos de formulários: um para o pesquisador e outro para os usuários. Ambos os formulários são apresentados no Anexo A. Os questionários não possuem identificação pessoal, contendo questões relacionadas aos aspectos físicos individuais e suas

considerações a respeito da sensação de conforto no momento de suas respostas e os resultados coletados por Nascimento (2016) são mostrados no Anexo B deste trabalho.

Os formulários entregues aos usuários das edificações analisavam, além dos votos de sensação térmica, o tipo de roupa usada pelo indivíduo, o conforto e a satisfação com o ambiente, a qualidade da realização de atividades, movimento do ar, necessidade de ventilação, sensações psicológicas nas últimas horas, radiação direta, frequência com que se utilizam mecanismos de adaptação, iluminação e ruídos externos e internos. Estas análises possibilitam uma visão geral do ambiente escolar experimentado pelos usuários e são importantes para a verificação da necessidade de mudanças no ambiente a fim de torná-lo mais confortável.

Segundo Nascimento (2016), para a aplicação dos questionários, foram escolhidas salas de aula em uso, e no momento das respostas era aferida, por meio dos sensores previamente mencionados, a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a temperatura de globo no interior dos ambientes.

Com estes dados é possível simular uma zona de conforto mesclando as respostas subjetivas dos questionários e os dados técnicos ambientais coletados no momento da aplicação dos questionários.

3.3.7 Pesquisa de campo

Segundo Nascimento (2016) a aplicação dos questionários foi realizada ao longo de todos os meses no período de julho de 2013 a abril de 2014, em datas escolhidas em função do calendário escolar da universidade.

Os procedimentos adotados em campo estão descritos a seguir.

Explicavam-se os objetivos da pesquisa aos alunos da sala e os procedimentos que seriam realizados durante o ensaio. Distribuíam-se, em seguida, os formulários aos alunos, que eram orientados à preenchê-los após cerca de 30 minutos do começo da aula e, normalmente após 5 minutos do início do preenchimento, eles eram recolhidos. Continuava-se coletando manualmente os dados de temperaturas e umidade até o final do período determinado, no caso, 1 hora.

3.3.7.1 Amostragem

A escolha da população universitária como amostra para o presente trabalho se deu por apresentar, além da temática principal desta dissertação, que é fazer um levantamento e análise das temperaturas das salas de aula, as seguintes características: familiarização com o instrumento questionário, pressupondo discernimentos nas respostas e consciência sobre a importância da pesquisa, similaridade de idade e hábitos de vestimenta e grupamento de indivíduos compatível com a operacionalidade necessária para a pesquisa.

Foram entrevistadas mais de 1200 pessoas que estavam utilizando as salas de aula durante o período de coleta de dados. Deste número de entrevistas foi utilizada uma amostra de 621 indivíduos, ao longo de 44 ensaios de campo (Tabela 3.2). A diferença entre estes números deve-se à questionários que não foram preenchidos devidamente e acabavam por conter informações desconexas e/ou incompletas, o que os tornava inconclusivos.

Tabela 3.2 – Detalhamento do número de salas e questionários válidos na pesquisa de campo

		Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
Medicina	Nº salas pesquisadas	1	1	1	2	5	0	4	2	2	2
	Nº questionários	22	12	8	33	74	0	45	9	10	8
Escola de Minas	Nº salas pesquisadas	3	2	1	3	5	1	4	2	2	1
	Nº questionários	87	17	31	28	90	12	76	32	20	7
Ambos	Nº salas pesquisadas	4	3	2	5	10	1	8	4	4	3
	Nº questionários	109	29	39	61	164	12	121	41	30	15

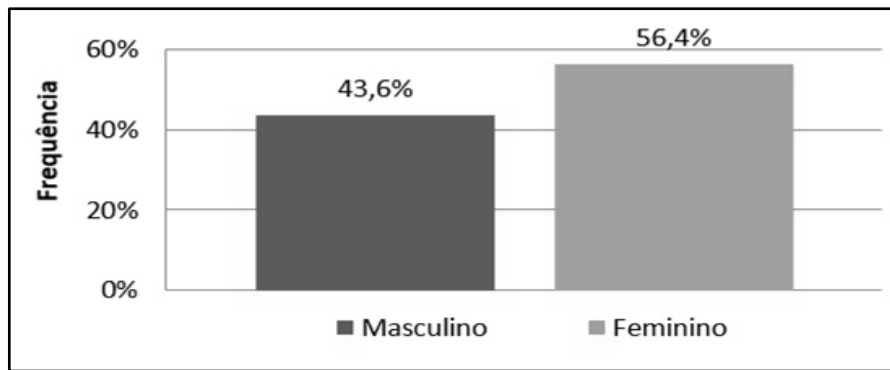
3.3.8 Caracterização da amostra

Os dados obtidos por Nascimento (2016) na aplicação dos questionários e por meio das medições *in loco*. Foram analisadas estatisticamente gerando gráficos para melhor entendimento, assim como o cruzamento das variáveis. O estudo dos dados obtidos na pesquisa foi baseado nas referências bibliográficas estudadas.

A amostra utilizada de 621 indivíduos pesquisados pode ser analisada e caracterizada com os dados mostrados nas Figuras 3.16 a 3.19, que ilustram a distribuição de frequência relativa quanto ao sexo, idade, peso e altura dos entrevistados, sem separação por edificação. Já na Tabela 3.3 observam-se alguns dados médios das características pessoais por gênero.

Tabela 3.3 - Média dos gêneros

Idade Homem	24 anos
Idade Mulher	22 anos
Peso Homem	72 kg
Peso Mulher	55 kg
Altura Homem	1,72 m
Altura Mulher	1,59 m



3.16 - Distribuição da frequência relativa do sexo dos pesquisados

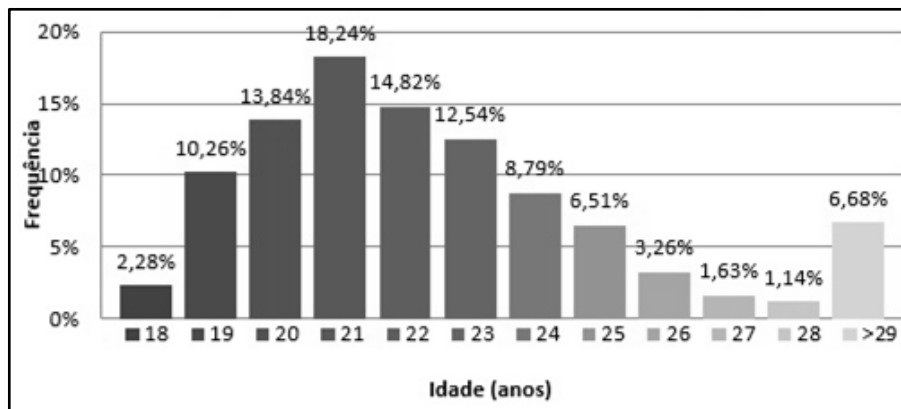


Figura 3.17 - Distribuição da frequência relativa da idade dos pesquisados

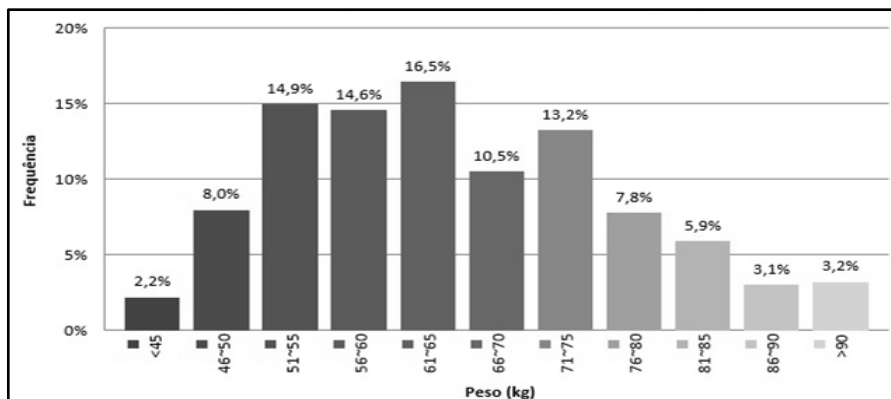


Figura 3.18 - Distribuição da frequência relativa ao peso dos pesquisados

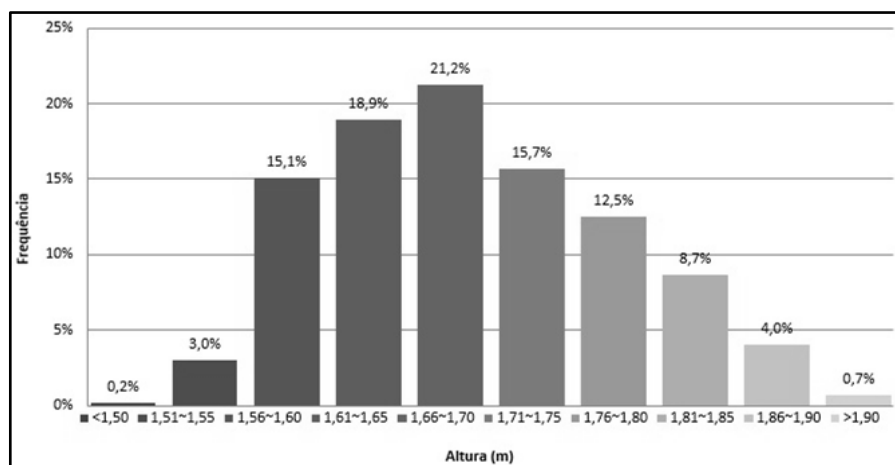


Figura 3.19 – Distribuição da frequência relativa à altura dos pesquisados

Pela análise da frequência dos dados obtidos da amostra da pesquisa, observa-se que a distribuição de sexo resultou em um maior número de mulheres (56,4%), a faixa de idade da maior parte dos pesquisados é 21 anos, o peso e a altura apresentaram uma boa distribuição. Analisando os dados apresentados nas Figuras 3.16 a 3.19, obteveram-se os histogramas das frequências das variáveis fisiológicas: Idade, Peso e Altura (Figuras 3.20 a 3.22) da população pesquisada.

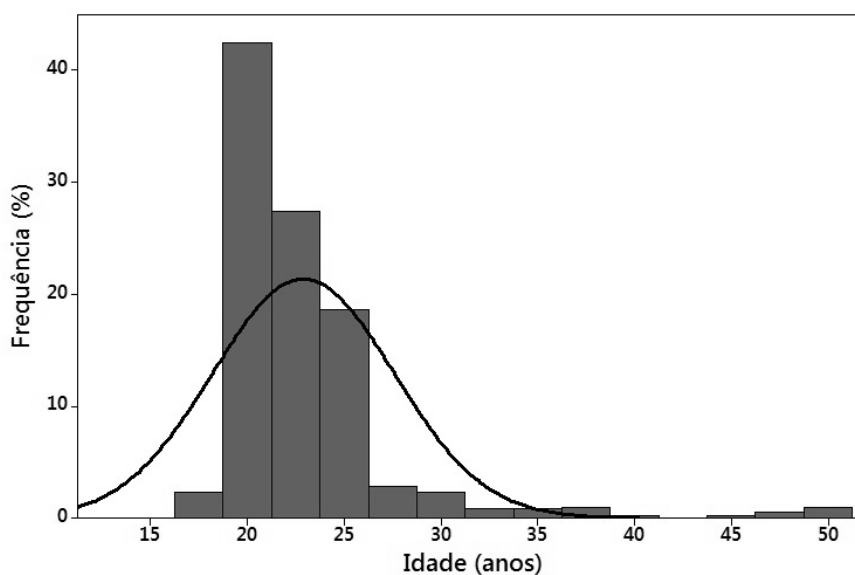


Figura 3.20 – Histograma de frequência com curva normal da idade dos pesquisados

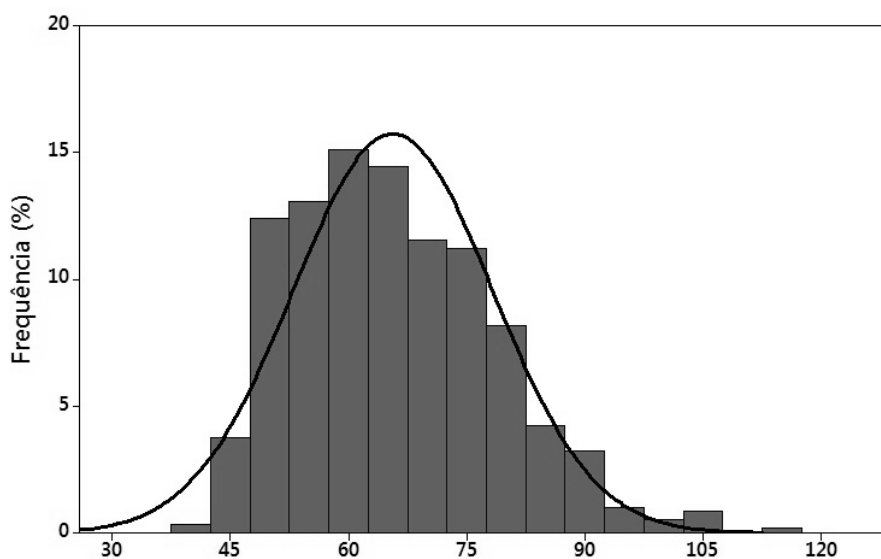


Figura 3.21 – Histograma de frequência com curva normal do peso dos pesquisados

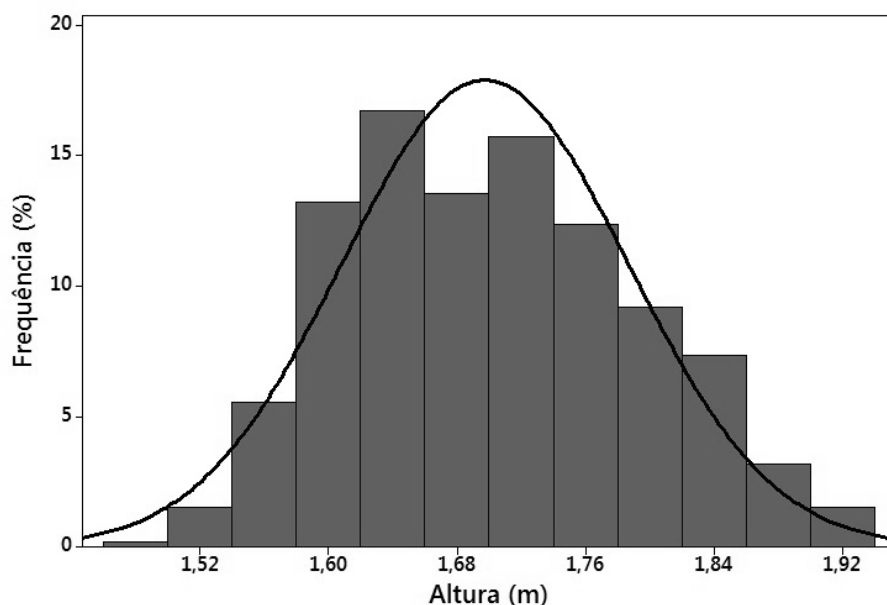


Figura 3.22 – Histograma de frequência com curva normal da altura dos pesquisados

Os dados mostrados nas Figuras 3.20 a 3.22 representam os valores das variáveis fisiológicas e pessoais de todos os usuários da pesquisa. Como esperado, as variáveis apresentam comportamento normal.

3.3.9 Etapas para obtenção da zona de conforto

Com relação à obtenção da zona de conforto propriamente dita, primeiramente os dados devem ser organizados em uma tabela que especifica a data da medição, os valores medidos/calculados para as variáveis climáticas – temperatura de bulbo seco do ar (°C),

umidade do ar (%), temperatura de globo (°C), temperatura radiante média (°C) e temperatura operativa (°C) – e os respectivos votos de sensação térmica (obtidos por meio dos questionários para cada medição), como mostra o Apêndice A. Esta tabela é a base de dados a ser usada para a obtenção da zona de conforto pelo Método de Regressão Probit e o Método de Médias Associadas.

Para o desenvolvimento da zona de conforto segundo ambos os métodos é necessário analisar cada uma das variáveis climáticas separadamente. As etapas citadas a seguir devem ser repetidas para a obtenção dos resultados de cada uma destas variáveis climáticas.

3.3.9.1 Método de Análise Probit

As etapas usadas no Método Probit são mostradas no Fluxograma 1 apresentado na Figura 3.23 tendo como base a tabela que especifica a data da medição e suas respectivas medições de variáveis climáticas e votos de sensação térmica comentada anteriormente. O Passo 1 (Figura 3.23) consiste em criar uma nova tabela com apenas a variável climática analisada no momento em ordem crescente, em conjunto com os respectivos votos de sensação térmica de cada medição.

A partir desta, no Passo 2 (Figura 3.23) é possível somar os votos de sensação térmica em quatro grupos: “Com calor”, “Ausência de Frio”, “Ausência de Calor” e “Com Frio”. O grupo “Com Calor” é composto pelo somatório dos votos de sensação dos usuários que responderam sentir muito calor (+3), calor (+2) e 50% dos que responderam sentir ligeiro calor (+1). O grupo “Ausência de Frio” é formado pelo somatório dos votos dos que sentiram muito calor, calor, ligeiro calor, neutralidade (0) e 50% dos votos dos usuários que declararam sentir ligeiro frio (-1). Seguindo a mesma lógica são obtidos os grupos “Ausência de Calor” e “Com Frio”. Estes somatórios são realizados para cada medição e correspondem às frequências absolutas. Deve-se calcular também as frequências relativas destes somatórios para cada grupo, considerando o número total de votos obtidos em cada medição.

No Passo 3 (Figura 3.23) a Tabela de Regressão Probit começa a ser preenchida. A primeira coluna traz novamente a variável climática em análise por ordem crescente, seguida por informações de dois dos grupos anteriormente divididos: em uma tabela são analisados os grupos “Com Calor” e “Ausência de Frio” (Tabela Probit para o Calor) e, em outra, os grupos “Com Frio” e “Ausência de Calor” (Tabela Probit para o Frio). Cada um destes grupos possui

cinco colunas de análise no total, aqui chamadas de colunas “A”, “B”, “C”, “D” e “E”. As colunas “A” e “B” correspondem às frequências absolutas e relativas de cada medição, respectivamente. A Primeira Transformação Probit é realizada utilizando as frequências relativas presentes na coluna “B” e a Tabela de Próbites indicada por Fisher e Yates (1971, Tabela IX, p. 72-74).

O Passo 4 (Figura 3.23) consiste em realizar a leitura correta da Tabela IX de Fisher (Anexo C). Cada frequência relativa resultará em um Próbite, que será inserido na coluna “C” chamada de Próbites Transformados. Para obter-se o Próbite é preciso separar a parte inteira e a parte decimal da frequência relativa e, então, realizar a leitura do Próbite correspondente na Tabela IX. Obtém-se então o Próbite Transformado de cada medição, para cada grupo (Passo 5 – Figura 3.23).

Com base nos Próbites Transformados, são criados gráficos de dispersão com linhas de tendência linear para cada um dos grupos estudados. A equação obtida da linha de tendência destes gráficos é utilizada, substituindo-se a incógnita “x” pelos valores da variável climática de cada medição, a fim de obter-se o Próbite Ajustado, que é inserido na coluna “D” (Passos 6 e 7 – Figura 3.23, respectivamente).

Finalmente, utilizam-se os Próbites Ajustados para, a partir de uma nova transformação Probit por meio da Tabela IX de Fisher, obter-se as frequências relativas transformadas. Nesta Segunda Transformação Probit (Passo 8 – Figura 3.23) a leitura é realizada de forma inversa, partindo do valor Próbite da tabela, mais próximo ao encontrado por meio da equação para encontrar a nova frequência relativa. Essa transformação deve ser feita para todas as medições e, os resultados obtidos, inseridos na coluna “E” de cada grupo (Passo 9 – Figura 3.23).

Com a Tabela de Regressão Probit completa preenchida, inicia-se a obtenção dos limites de conforto térmico para a variável climática analisada. No Passo 10 (Figura 3.23) cria-se o gráfico de comportamento da curva de conforto térmico para a variável climática, por meio de um cruzamento entre esta e as frequências relativas transformadas obtidas para ambos os grupos estudados em conjunto. A partir deste gráfico é possível estabelecer os limites (inferior e superior) de conforto térmico. Já as percentagens de pessoas desconfortáveis termicamente (por frio ou calor) e confortáveis em cada valor da variável climática são obtidos por meio de cálculos (especificados no Passo 11 - Figura 3.23) e plotadas em Gráficos de Frequências

Estimadas por Regressão Probit (Passo 12 – Figura 3.23) que possibilitam uma visão ilustrativa do comportamento da variação climática e a análise do momento de maior conforto.

É possível ainda estabelecer a percentagem de pessoas insatisfeitas para cada medição (Passo 13 – Figura 3.23) e gerar um Gráfico de Pessoas Insatisfeitas para a variação da variável climática (Passo 14 – Figura 3.23). Por fim, são obtidos os limites de conforto térmico para a variável climática em análise por meio das Tabelas Probit (Passo 11 – Figura 3.23) para o Calor e o Frio e também as percentagens de Máximo Conforto. As médias destes limites são utilizadas para a obtenção da zona de conforto térmico desta região (Passo 15 – Figura 3.23).

Figura 3.23 - Fluxograma para obtenção da zona de conforto utilizando Método de Análise Probit (continua)

Data da medição	Variáveis climáticas					Votos de sensação térmica de acordo como a escala psicofísica							
	Tar(°C)	φ(%)	Tg(°C)	Tr(°C)	To(°C)	Sensação térmica							
Contagem das sensações subjetivas de conforto térmico													
Dia	Tar(°C)	φ(%)	Tg(°C)	Tr(°C)	To(°C)	-3	-2	-1	0	1	2	3	TOTAL
04/07/2013	20,70	61,40	20,10	19,81	20,16	2	7	6	5	1	1	0	22
18/07/2013	23,50	66,20	20,30	20,83	21,88	0	1	15	13	0	0	0	29
25/07/2013	21,70	71,10	21,54	21,46	21,56	0	3	14	32	7	0	0	56
31/07/2013	21,70	68,00	21,81	21,85	21,80	0	0	2	0	0	0	0	2
09/08/2013	21,50	52,10	20,90	20,61	20,96	0	0	0	11	5	0	0	16
15/08/2013	21,30	73,10	21,31	21,31	21,31	0	0	0	0	0	1	0	1
28/08/2013	19,20	58,40	19,20	19,20	19,20	0	2	5	2	2	1	0	12

Passo 1

Montar uma tabela com a variável climática a ser analisada no momento em ordem crescente e os respectivos votos de conforto de cada uma das medições

Variável climática em ordem crescente Respetivos votos de conforto

Tar(°C)	Sensação térmica							
	-3	-2	-1	0	1	2	3	TOTAL
16,00	0	0	2	4	1	0	0	7
16,00	2	7	4	1	0	0	0	14
16,80	0	0	3	4	0	1	0	8
17,20	0	1	3	19	1	0	0	24
17,20	0	0	2	11	1	1	0	15
17,50	0	0	6	11	1	1	0	19
17,50	0	0	1	6	2	0	0	9
17,60	1	4	9	7	0	0	0	21
18,70	0	0	0	1	0	0	0	1
18,80	0	0	3	14	0	1	0	18
19,20	0	2	5	2	2	1	0	12
19,40	0	0	1	5	6	0	0	12
19,94	0	1	0	7	0	0	0	8
20,10	0	0	0	3	10	3	0	16
20,60	0	0	1	4	9	5	1	20
20,70	2	7	6	5	1	1	0	22
20,80	0	0	2	2	0	2	0	6

Passo 2

Votos de sensação térmica divididos em quatro grupos e mostrados em frequência absoluta e frequência relativa

Tabela Probit para o calor analisando a Temperatura do ar

Variável climática	Análise Grupo "Com Calor"					Análise Grupo "Ausência de Frio"				
	MQ+Q+LQ+C					MQ+Q+LQ				
Tar(°C)	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
16,00	5	71,4				1	14,3			
16,00	1	7,1				0	0,0			
16,80	5	62,5				1	12,5			
17,20	20	83,3				1	4,2			
17,20	13	86,7				2	13,3			
17,50	13	68,4				2	10,5			
17,50	8	88,9				2	22,2			
17,60	7	33,3				0	0,0			
18,70	1	100,0				0	0,0			
18,80	15	83,3				1	5,6			
19,20	5	41,7				3	25,0			
19,40	11	91,7				6	50,0			
19,94	7	87,5				0	0,0			
20,10	16	100,0				13	81,3			
20,60	19	95,0				15	75,0			
20,70	7	31,8				2	9,1			
20,80	4	66,7				2	33,3			

Passo 3

Tabelas Probit: Uma para o calor (Grupos "Com calor" e "Ausência de Frio") e uma para o frio (Grupos "Ausência de Calor" e "Com Frio")

Variável climática Grupos de votos em frequência absoluta Grupos de votos em frequência relativa

Tar(°C)	Frequências absolutas (nº de votos)				Frequência relativa (%)			
	Com calor	Ausência de frio	Ausência de calor	Com frio	Com calor	Ausência de frio	Ausência de calor	Com frio
16,00	1	5	6	2	14,29%	71,43%	85,71%	28,57%
16,00	0	1	14	13	0,00%	7,14%	100,00%	92,86%
16,80	1	5	7	3	12,50%	62,50%	87,50%	37,50%
17,20	1	20	23	4	4,17%	83,33%	95,83%	16,67%
17,20	2	13	13	2	13,33%	86,67%	86,67%	13,33%
17,50	2	13	17	6	10,53%	68,42%	89,47%	31,58%
17,50	2	8	7	1	22,22%	88,89%	77,78%	11,11%
17,60	0	7	21	14	0,00%	33,33%	100,00%	66,67%
18,70	0	1	1	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
18,80	1	15	17	3	5,56%	83,33%	94,44%	16,67%
19,20	3	5	9	7	25,00%	41,67%	75,00%	58,33%
19,40	6	11	6	1	50,00%	91,67%	50,00%	8,33%
19,94	0	7	8	1	0,00%	87,50%	100,00%	12,50%
20,10	13	16	3	0	81,25%	100,00%	18,75%	0,00%
20,60	15	19	5	1	75,00%	95,00%	25,00%	5,00%
20,70	2	7	20	15	9,09%	31,82%	90,91%	68,18%
20,80	2	4	4	2	33,33%	66,67%	66,67%	33,33%

Primeira transformação Probit
Para realiza-la é necessário utilizar o valor da frequência relativa de cada medição e utilizar a Tabela IX de Próbites do Livro de Fisher

Passo 4

Primeira transformação Probit:
Leitura da Tabela IX de Próbites

"Com calor":
Somatório dos votos de sensação "3" "2" e 50% dos "1" (ou MQ, Q e 50%LQ)

"Ausência de frio":
Somatório dos votos de sensação "3" "2" "1" "0" e 50% de "-1" (ou MQ, Q, LQ, C e 50% LF)

"Com frio":
Somatório dos votos de sensação "-3" "-2" e 50% dos "-1" (ou MF, F e 50% LF)

"Ausência de calor":
Somatório dos votos de sensação "-3" "-2" "-1" "0" e 50% de "1" (ou MF, F, LF, C e 50% LQ)

Figura 3.23 - Fluxograma para obtenção da zona de conforto utilizando Método de Análise Probit (continuação)

Tabela IX — Próbites
Retificação da Curva Sigmoide Mortalidade-Dosagem (C. I. Bliss)

	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5
0	...	1.9098	2.1218	2.2522	2.3479	2.4242	2.4879	2.5427	2.5911	2.6344					
1	2.6737	2.7096	2.7429	2.7738	2.8027	2.8299	2.8556	2.8799	2.9031	2.9251					
2	2.9463	2.9665	2.9859	3.0046	3.0226	3.0400	3.0569	3.0732	3.0890	3.1043					
3	3.1192	3.1337	3.1478	3.1616	3.1750	3.1881	3.2009	3.2134	3.2256	3.2376					
4	3.2493	3.2608	3.2721	3.2831	3.2940	3.3046	3.3151	3.3253	3.3353	3.3454					
5	3.3551	3.3648	3.3742	3.3836	3.3928	3.4018	3.4107	3.4195	3.4282	3.4368	9	18	27	36	45
6	3.4452	3.4536	3.4618	3.4699	3.4780	3.4859	3.4937	3.5015	3.5091	3.5167	8	16	24	32	40
7	3.5242	3.5316	3.5389	3.5462	3.5534	3.5605	3.5675	3.5745	3.5813	3.5882	7	14	21	28	36
8	3.5949	3.6016	3.6083	3.6148	3.6213	3.6278	3.6342	3.6405	3.6468	3.6531	6	13	19	26	32
9	3.6592	3.6654	3.6715	3.6775	3.6835	3.6894	3.6953	3.7012	3.7070	3.7127	6	12	18	24	30
10	3.7184	3.7241	3.7298	3.7354	3.7409	3.7464	3.7519	3.7574	3.7628	3.7681	6	11	17	22	28
11	3.7735	3.7788	3.7840	3.7893	3.7945	3.7996	3.8048	3.8099	3.8150	3.8200	5	10	16	21	26
12	3.8250	3.8300	3.8350	3.8399	3.8448	3.8497	3.8545	3.8593	3.8641	3.8689	5	10	15	20	24
13	3.8736	3.8783	3.8830	3.8877	3.8923	3.8969	3.9015	3.9061	3.9107	3.9152	5	9	14	18	23
14	3.9197	3.9242	3.9286	3.9331	3.9375	3.9419	3.9463	3.9506	3.9550	3.9593	4	9	13	18	22
15	3.9636	3.9678	3.9721	3.9763	3.9806	3.9848	3.9890	3.9931	3.9973	4.0014	4	8	13	17	21
16	4.0055	4.0096	4.0137	4.0178	4.0218	4.0259	4.0299	4.0339	4.0379	4.0419	4	8	12	16	20
17	4.0458	4.0498	4.0537	4.0576	4.0615	4.0654	4.0693	4.0731	4.0770	4.0808	4	8	12	16	19
18	4.0846	4.0884	4.0922	4.0960	4.0998	4.1035	4.1073	4.1110	4.1147	4.1184	4	8	11	15	19
19	4.1221	4.1258	4.1295	4.1331	4.1367	4.1404	4.1440	4.1476	4.1512	4.1548	4	7	11	15	18
20	4.1584	4.1619	4.1655	4.1690	4.1726	4.1761	4.1796	4.1831	4.1866	4.1901	4	7	11	14	18
21	4.1936	4.1970	4.2005	4.2039	4.2074	4.2108	4.2142	4.2176	4.2210	4.2244	3	7	10	14	17
22	4.2278	4.2312	4.2345	4.2379	4.2412	4.2446	4.2479	4.2512	4.2546	4.2579	3	7	10	13	17
23	4.2612	4.2644	4.2677	4.2710	4.2743	4.2775	4.2808	4.2840	4.2872	4.2905	3	7	10	13	16
24	4.2937	4.2969	4.3001	4.3033	4.3065	4.3097	4.3129	4.3160	4.3192	4.3224	3	6	10	13	16
25	4.3255	4.3287	4.3318	4.3349	4.3380	4.3412	4.3443	4.3474	4.3505	4.3536	3	6	9	12	16
26	4.3567	4.3597	4.3628	4.3659	4.3689	4.3720	4.3750	4.3781	4.3811	4.3842	3	6	9	12	15
27	4.3872	4.3902	4.3932	4.3962	4.3992	4.4022	4.4052	4.4082	4.4112	4.4142	3	6	9	12	15
28	4.4172	4.4201	4.4231	4.4260	4.4290	4.4319	4.4349	4.4378	4.4408	4.4437	3	6	9	12	15
29	4.4466	4.4495	4.4524	4.4554	4.4583	4.4612	4.4641	4.4670	4.4699	4.4727	3	6	9	12	14
30	4.4756	4.4785	4.4813	4.4842	4.4871	4.4899	4.4928	4.4956	4.4985	4.5013	3	6	9	11	14
31	4.5042	4.5070	4.5098	4.5126	4.5154	4.5182	4.5210	4.5238	4.5267	4.5295	3	6	8	11	14
32	4.5323	4.5351	4.5379	4.5407	4.5435	4.5462	4.5490	4.5518	4.5546	4.5573	3	6	8	11	14
33	4.5601	4.5628	4.5656	4.5684	4.5711	4.5739	4.5766	4.5793	4.5821	4.5848	3	5	8	11	14
34	4.5875	4.5903	4.5930	4.5957	4.5984	4.6011	4.6039	4.6066	4.6093	4.6120	3	5	8	11	14

Passo 5
Primeira transformação Probit:
Realiza-se essa transformação para todas as frequências relativas, de ambos os Grupos

Tar(°C)	MQ+Q+LQ+C					MQ+Q+LQ				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
16,00	5	71,4	5,5651			1	14,3	3,9331		
16,00	1	7,1	3,5316			0	0,0	0,0000		
16,80	5	62,5	5,3186			1	12,5	3,8497		
17,20	20	83,3	5,9661			1	4,2	3,2721		
17,20	13	86,7	6,1123			2	13,3	3,8877		
17,50	13	68,4	5,4789			2	10,5	3,7464		
17,50	8	88,9	6,2212			2	22,2	4,2345		
17,60	7	33,3	4,5684			0	0,0	0,0000		
18,70	1	100,0	8,7190			0	0,0	0,0000		
18,80	15	83,3	5,9661			1	5,6	3,4107		
19,20	5	41,7	4,7904			3	25,0	4,3255		
19,40	11	91,7	6,3852			6	50,0	5,0000		
19,94	7	87,5	6,1359			0	0,0	0,0000		
20,10	16	100,0	8,7190			13	81,3	5,8890		
20,60	19	95,0	6,6449			15	75,0	5,6745		
20,70	7	31,8	4,5267			2	9,1	3,6654		
20,80	4	66,7	5,4316			2	33,3	4,5684		

Próbite Ajustado:
Obtido através da equação da linha de tendência do gráfico de dispersão da variável climática pela Coluna C

Observação:
Cada Grupo terá seu próprio gráfico de dispersão e, portanto, sua respectiva equação da linha de tendência

AG18 = 20,7

=0,3741*AG18-1,2397

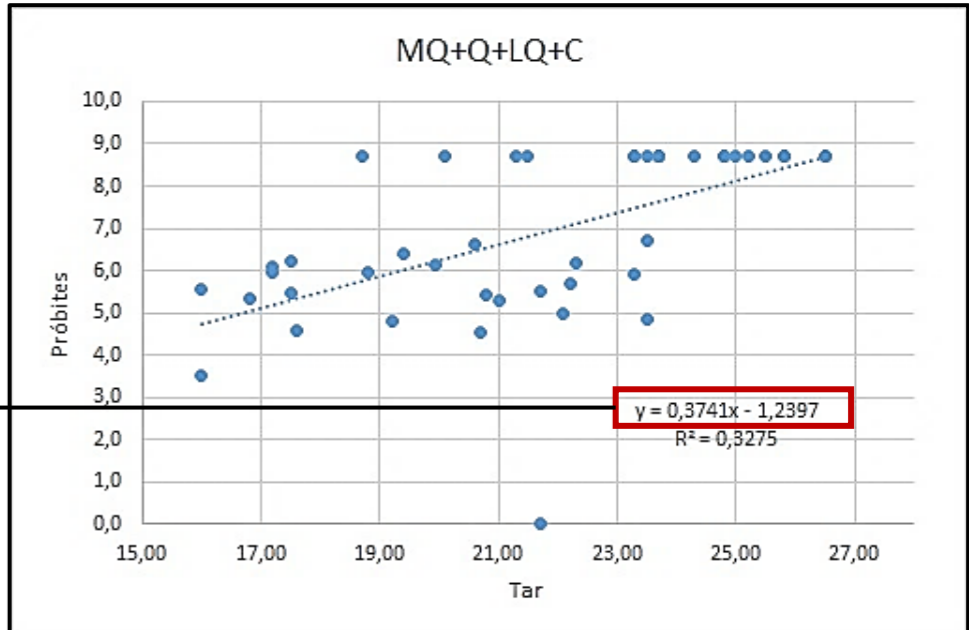
Tar(°C)	MQ+Q+LQ+C					MQ+Q+LQ				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
16,00	5	71,4	5,5651	4,7459		1	14,3	3,9331	2,3124	
16,00	1	7,1	3,5316	4,7459		0	0,0	0,0000	2,3124	
16,80	5	62,5	5,3186	5,7452		1	12,5	3,8497	2,5581	
17,20	20	83,3	5,9661	5,7948		1	4,2	3,2721	2,6809	
17,20	13	86,7	6,1123	5,7948		2	13,3	3,8877	2,6809	
17,50	13	68,4	5,4789	5,7071		2	10,5	3,7464	2,7731	
17,50	8	88,9	6,2212	5,7071		2	22,2	4,2345	2,7731	
17,60	7	33,3	4,5684	5,7445		0	0,0	0,0000	2,8038	
18,70	1	100,0	8,7190	5,7560		0	0,0	0,0000	3,1416	
18,80	15	83,3	5,9661	5,7934		1	5,6	3,4107	3,1723	
19,20	5	41,7	4,7904	5,7430		3	25,0	4,3255	3,2951	
19,40	11	91,7	6,3852	6,7178		6	50,0	5,0000	3,3565	
19,94	7	87,5	6,1359	6,7199		0	0,0	0,0000	3,5224	
20,10	16	100,0	8,7190	6,7797		13	81,3	5,8890	3,5715	
20,60	19	95,0	6,6449	6,7668		15	75,0	5,6745	3,7251	
20,70	7	31,8	4,5267	6,5042		2	9,1	3,6654	3,7558	
20,80	4	66,7	5,4316	6,5416		2	33,3	4,5684	3,7865	

Frequência Relativa Ajustada:
Usa-se novamente a Tabela IX de Fisher e o valor da Coluna D para encontrar, dessa vez, um novo valor para as frequências relativas

Observação:
Utiliza-se o valor da Tabela IX mais próximo ao encontrado na Coluna D.

Passo 7
Próbite Ajustado:
Substituir o x da equação encontrada pelos valores da variável climática de cada medição para encontrar um novo valor de Próbite para cada uma

Equação da Linha de Tendência



Passo 6

Próbite Ajustado:
Gráfico de dispersão e equação da linha de tendência para o Grupo "Com Calor" em função da Temperatura do ar

Figura 3.23 - Fluxograma para obtenção da zona de conforto utilizando Método de Análise Probit (continuação)

Passo 8

Segunda transformação Probit:
Destá vez a leitura da Tabela será ao contrário da já realizada anteriormente

I	Tabela IX - Próbites - continuação										I				
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	2	3	4	5
50	5,0000	5,0025	5,0050	5,0075	5,0100	5,0125	5,0150	5,0175	5,0201	5,0226	3	5	8	10	13
51	5,0251	5,0276	5,0301	5,0326	5,0351	5,0376	5,0401	5,0426	5,0451	5,0476	3	5	8	10	13
52	5,0502	5,0527	5,0552	5,0577	5,0602	5,0627	5,0652	5,0677	5,0702	5,0728	3	5	8	10	13
53	5,0753	5,0778	5,0803	5,0828	5,0853	5,0878	5,0904	5,0929	5,0954	5,0979	3	5	8	10	13
54	5,1004	5,1029	5,1055	5,1080	5,1105	5,1130	5,1156	5,1181	5,1206	5,1231	3	5	8	10	13
55	5,1257	5,1282	5,1307	5,1332	5,1358	5,1383	5,1408	5,1434	5,1459	5,1484	3	5	8	10	13
56	5,1510	5,1535	5,1560	5,1586	5,1611	5,1637	5,1662	5,1687	5,1713	5,1738	3	5	8	10	13
57	5,1764	5,1789	5,1815	5,1840	5,1866	5,1891	5,1917	5,1942	5,1968	5,1993	3	5	8	10	13
58	5,2019	5,2045	5,2070	5,2096	5,2121	5,2147	5,2173	5,2198	5,2224	5,2250	3	5	8	10	13
59	5,2275	5,2301	5,2327	5,2353	5,2378	5,2404	5,2430	5,2456	5,2482	5,2508	3	5	8	10	13
60	5,2533	5,2559	5,2585	5,2611	5,2637	5,2663	5,2689	5,2715	5,2741	5,2767	3	5	8	10	13
61	5,2793	5,2819	5,2845	5,2871	5,2897	5,2923	5,2949	5,2975	5,3001	5,3027	3	5	8	10	13
62	5,3055	5,3081	5,3107	5,3133	5,3159	5,3185	5,3211	5,3237	5,3263	5,3289	3	5	8	10	13
63	5,3319	5,3345	5,3371	5,3397	5,3423	5,3449	5,3475	5,3501	5,3527	5,3553	3	5	8	10	13
64	5,3585	5,3611	5,3637	5,3663	5,3689	5,3715	5,3741	5,3767	5,3793	5,3819	3	5	8	10	13
65	5,3853	5,3880	5,3907	5,3934	5,3961	5,3988	5,4015	5,4042	5,4069	5,4096	3	5	8	10	13
66	5,4125	5,4152	5,4179	5,4206	5,4233	5,4260	5,4287	5,4314	5,4341	5,4368	3	5	8	10	13
67	5,4399	5,4427	5,4454	5,4482	5,4510	5,4538	5,4565	5,4593	5,4621	5,4649	3	5	8	10	13
68	5,4677	5,4705	5,4733	5,4761	5,4789	5,4817	5,4845	5,4874	5,4902	5,4930	3	5	8	10	13
69	5,4959	5,4987	5,5015	5,5044	5,5072	5,5101	5,5129	5,5158	5,5187	5,5215	3	5	8	10	13
70	5,5244	5,5273	5,5302	5,5330	5,5359	5,5388	5,5417	5,5446	5,5476	5,5505	3	5	8	10	13
71	5,5534	5,5563	5,5592	5,5622	5,5651	5,5681	5,5710	5,5740	5,5769	5,5799	3	5	8	10	13
72	5,5828	5,5858	5,5888	5,5918	5,5948	5,5978	5,6008	5,6038	5,6068	5,6098	3	5	8	10	13
73	5,6128	5,6158	5,6189	5,6219	5,6250	5,6280	5,6311	5,6341	5,6372	5,6403	3	5	8	10	13
74	5,6433	5,6464	5,6495	5,6526	5,6557	5,6588	5,6620	5,6651	5,6682	5,6713	3	5	8	10	13
75	5,6745	5,6776	5,6808	5,6840	5,6871	5,6903	5,6935	5,6967	5,6999	5,7031	3	5	8	10	13
76	5,7063	5,7095	5,7128	5,7160	5,7192	5,7225	5,7257	5,7290	5,7323	5,7356	3	5	8	10	13
77	5,7388	5,7421	5,7454	5,7488	5,7521	5,7554	5,7588	5,7621	5,7655	5,7688	3	5	8	10	13
78	5,7722	5,7756	5,7790	5,7824	5,7858	5,7892	5,7926	5,7961	5,7995	5,8030	3	5	8	10	13
79	5,8064	5,8099	5,8134	5,8169	5,8204	5,8239	5,8274	5,8310	5,8345	5,8381	4	7	11	14	18
80	5,8416	5,8452	5,8488	5,8524	5,8560	5,8596	5,8633	5,8669	5,8705	5,8742	4	7	11	14	18
81	5,8779	5,8816	5,8853	5,8890	5,8927	5,8965	5,9002	5,9040	5,9078	5,9116	4	7	11	15	19
82	5,9154	5,9192	5,9230	5,9269	5,9307	5,9346	5,9385	5,9424	5,9463	5,9502	4	8	12	15	19
83	5,9542	5,9581	5,9621	5,9661	5,9701	5,9741	5,9782	5,9822	5,9863	5,9904	4	8	12	16	20
84	5,9945	5,9986	6,0027	6,0069	6,0110	6,0152	6,0194	6,0237	6,0279	6,0322	4	8	13	17	21
85	6,0364	6,0407	6,0450	6,0494	6,0537	6,0581	6,0625	6,0669	6,0714	6,0758	4	9	13	18	22
86	6,0803	6,0848	6,0893	6,0939	6,0985	6,1031	6,1077	6,1123	6,1170	6,1217	5	9	14	18	23
87	6,1264	6,1311	6,1359	6,1407	6,1455	6,1503	6,1552	6,1601	6,1650	6,1700	5	10	15	19	24
88	6,1750	6,1800	6,1850	6,1901	6,1952	6,2004	6,2055	6,2107	6,2160	6,2212	5	10	15	21	26
89	6,2265	6,2319	6,2372	6,2426	6,2481	6,2536	6,2591	6,2646	6,2702	6,2759	5	11	16	22	27
90	6,2816	6,2873	6,2930	6,2988	6,3047	6,3106	6,3165	6,3225	6,3285	6,3346	6	12	18	24	29
91	6,3408	6,3469	6,3532	6,3595	6,3658	6,3722	6,3787	6,3852	6,3917	6,3984	6	13	19	26	32
92	6,4051	6,4118	6,4187	6,4255	6,4325	6,4395	6,4466	6,4538	6,4611	6,4684	7	14	21	28	35
93	6,4748	6,4818	6,4889	6,4961	6,5033	6,5106	6,5180	6,5254	6,5329	6,5404	8	16	24	31	39
94	6,548	6,5532	6,5578	6,5625	6,5673	6,5721	6,5770	6,5819	6,5868	6,5918	9	18	27	36	45

Passo 9

Segunda transformação Probit:
Realiza-se essa transformação para todas as frequências relativas, de ambos os Grupos

Tar(°C)	MQ+Q+LQ+C					MQ+Q+LQ				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
16,00	5	71,4	5,5651	4,7459	40	1	14,3	3,9331	2,3124	0,4
16,00	1	7,1	3,5316	4,7459	40	0	0,0	0,0000	2,3124	0,4
16,80	5	62,5	5,3186	5,0452	51,8	1	12,5	3,8497	2,5581	0,7
17,20	20	83,3	5,9661	5,1948	57,7	1	4,2	3,2721	2,6809	1
17,20	13	86,7	6,1123	5,1948	57,7	2	13,3	3,8877	2,6809	1
17,50	13	68,4	5,4789	5,3071	62,1	2	10,5	3,7464	2,7731	1,3
17,50	8	88,9	6,2212	5,3071	62,1	2	22,2	4,2345	2,7731	1,3
17,60	7	33,3	4,5684	5,3445	63,5	0	0,0	0,0000	2,8038	1,4
18,70	1	100,0	8,7190	5,7560	77,5	0	0,0	0,0000	3,1416	3,2
18,80	15	83,3	5,9661	5,7934	78,6	1	5,6	3,4107	3,1723	3,4
19,20	5	41,7	4,7904	5,9430	82,7	3	25,0	4,3255	3,2951	4,4
19,40	11	91,7	6,3852	6,0178	84,6	6	50,0	5,0000	3,3565	5
19,94	7	87,5	6,1359	6,2199	88,9	0	0,0	0,0000	3,5224	7
20,10	16	100,0	8,7190	6,2797	90	13	81,3	5,8890	3,5715	7,7
20,60	19	95,0	6,6449	6,4668	92,9	15	75,0	5,6745	3,7251	10,1
20,70	7	31,8	4,5267	6,5042	93,4	2	9,1	3,6654	3,7558	10,7
20,80	4	66,7	5,4316	6,5416	93,8	2	33,3	4,5684	3,7865	11,2

Passo 10

Gráfico de comportamento da curva de conforto térmico:
possibilita a identificação da zona de conforto (registrada segundo bibliografias anteriores entre 30% e 70%)

Passo 12

Gráfico de Frequências Estimadas por Regressão Probit:
Estes resultados são plotados em um gráfico, que também permite analisar o valor da variável climática em que há a maior percentagem de pessoas confortáveis

Tar(°C)	Desconfortável devido ao calor	Confortável	Desconfortável devido ao frio
16,00	0,4	39,6	60,0
16,00	0,4	39,6	60,0
16,80	0,7	51,1	48,2
17,20	1,0	56,7	42,3
17,20	1,0	56,7	42,3
17,50	1,3	60,8	37,9
17,50	1,3	60,8	37,9
17,60	1,4	62,1	36,5
18,70	3,2	74,3	22,5
18,80	3,4	75,2	21,4
19,20	4,4	78,3	17,3
19,40	5,0	79,6	15,4
19,94	7,0	81,9	11,1
20,10	7,7	82,3	10,0
20,60	10,1	82,8	7,1
20,70	10,7	82,7	6,6
20,80	11,2	82,6	6,2

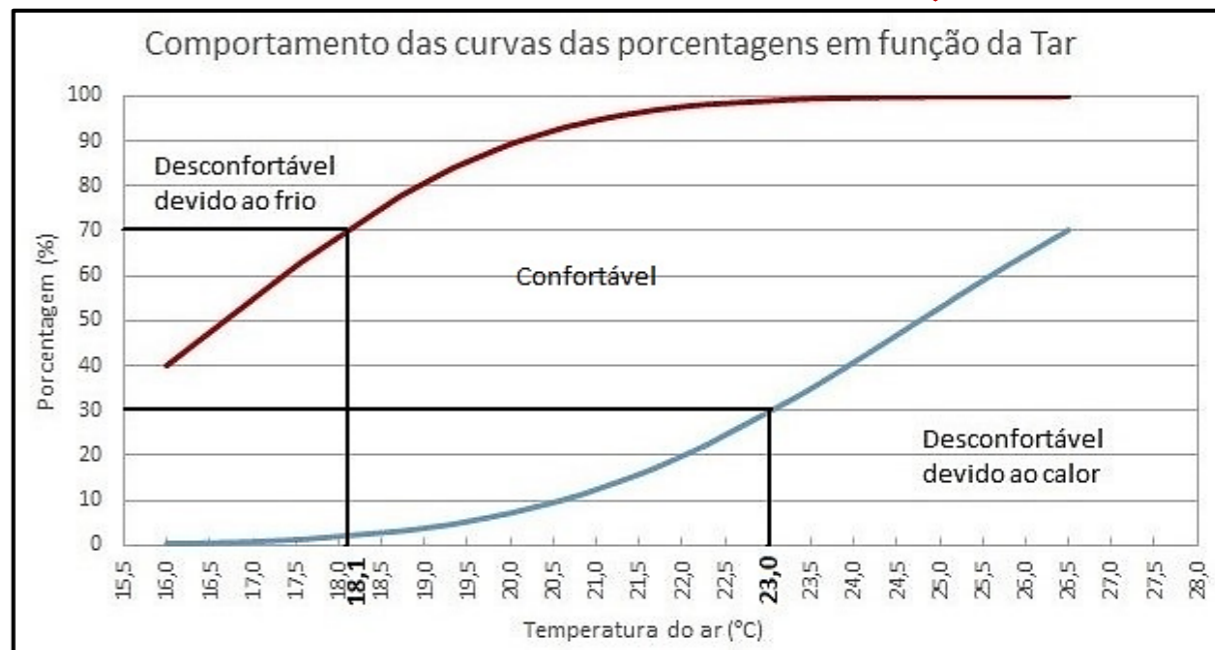
Desconfortável devido ao calor = Coluna E (MQ+Q+LQ)

Confortável = Coluna E(MQ+Q+LQ+C) - Coluna E(MQ+Q+LQ)

Desconfortável devido ao frio = 100 - Coluna E (MQ+Q+LQ+C)

Passo 11

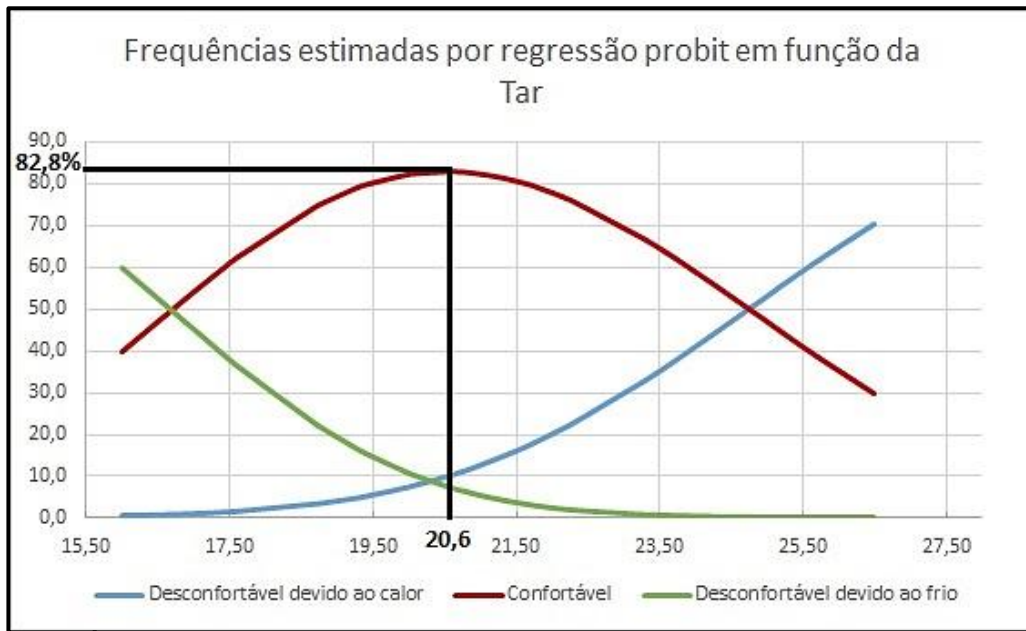
Nível de conforto dos indivíduos:
É possível elaborar uma tabela com as porcentagens de pessoas desconfortáveis devido ao calor, confortáveis e desconfortáveis devido ao frio para cada valor de variável climática



A partir dos resultados encontrados na Coluna E de ambos os grupos estudados na Tabela Probit de Calor ("Com Calor" e "Ausência de Frio"), e os valores da variável climática, traça-se um gráfico de dispersão com linhas suaves

Observação:
Traça-se outro gráfico semelhante através dos dados da Tabela Probit de Frio ("Ausência de Calor" e "Com Frio")

Figura 3.23 - Fluxograma para obtenção da zona de conforto utilizando Método de Análise Probit (conclusão)



Passo 13

Gráfico de Pessoas Insatisfeitas

Tar(°C)	Pessoas insatisfeitas
16,00	60,4
16,00	60,4
16,80	48,9
17,20	43,3
17,20	43,3
17,50	39,2
17,50	39,2
17,60	37,9
18,70	25,7
18,80	24,8
19,20	21,7
19,40	20,4
19,94	18,1
20,10	17,7
20,60	17,2
20,70	17,3
20,80	17,4

Pessoas Insatisfeitas
= 100 - % de pessoas Confortáveis

Observação:
Para a tabela de frio usa-se o mesmo raciocínio:

- Desconfortável devido ao calor = 100 - Coluna E(MF+F+LF+C)
- Confortável = Coluna E(MF+F+LF+C) - Coluna E(MF+F+LF)
- Desconfortável devido ao frio = Coluna E(MF+F+LF)

Passo 14



Gráfico de Pessoas Insatisfeitas:
Gráfico de dispersão com linhas suaves

Passo 15

Resultado Final da Variável Climática
Temperatura do ar (°C)

Observação:
Os valores finais das variáveis para a zona de conforto são obtidos através da média dos resultados mínimo e máximo das Tabelas Probit para o Calor e o Frio

		Método Probit
Temperatura do ar	Quente	17,9 a 21,4
	Frio	17,8 a 20,7
	Máximo Conforto	19,7 (78%) e 19,2 (78,5%)

Passo 16

Obtenção da zona de conforto:
Repete-se o processo para cada uma das variáveis climáticas a serem analisadas e então utiliza-se os respectivos resultados para obter a zona de conforto

3.3.9.2 Método de Médias Associadas

As etapas usadas no Método de Médias Associadas são descritas no Fluxograma 2 apresentado na Figura 3.24, que também tem como base a tabela que especifica a data da medição e suas respectivas medições de variáveis climáticas e votos de sensação térmica comentada anteriormente. A partir desta tabela, cria-se uma nova tabela que contém a variável climática a ser analisada no momento em ordem crescente e os respectivos votos de conforto de cada uma destas medições (Passo 1 - Figura 3.24). Estes votos de conforto devem ser organizados de forma a possibilitar uma contagem simples para a obtenção da média e desvio padrão necessário para o Método de Médias Associadas (Passo 2 – Figura 3.24). Com os dados obtidos por meio das medições da variável climática e dos votos de sensação térmica, cria-se um gráfico de dispersão (Passo 3 – Figura 3.24). Por meio deste gráfico é possível notar os valores com maior concentração de votos de neutralidade (0).

A partir destes dados iniciam-se os cálculos para a obtenção dos limites de conforto térmico para esta variável climática. O Passo 4 (Figura 3.24) consiste em analisar a média do valor da variável climática para cada escala de sensação térmica e então colocar estes valores em uma nova tabela (Passo 5 – Figura 3.24).

Com os valores das médias da variável climática para cada escala de sensação térmica realiza-se a Regressão Linear Univariável. Primeiramente é necessário calcular alguns valores: desvio padrão destas médias, cálculo de linearidade, inclinação e intercepção entre as médias e a escala de sensação térmica e a razão entre a intercepção e a inclinação encontradas, cálculos estes explicitados no Passo 6 (Figura 3.24).

Como explicado durante a revisão bibliográfica sobre o Método de Médias Associadas, o resultado do método pode ser na Escala Ajustada e na Escala Extensa. O cálculo da Escala Ajustada corresponde aos intervalos $\pm 1\delta$ (Passo 7 – Figura 3.24) e o da Escala Extensa aos intervalos $\pm 2\delta$ (Passo 8 – Figura 3.24). Além disso, as razões entre a intercepção e a inclinação encontradas em cada um dos intervalos são os limites destas escalas. Gera-se então, no Passo 9 (Figura 3.24), um novo gráfico de dispersão, desta vez com os limites destas escalas (média, $\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) e obtém-se o resultado final dos limites de conforto da variável climática (Passo 10 – Figura 3.24), resultado este que será utilizado para obter-se a zona de conforto por meio do Método de Médias Associadas (Passo 11 – Figura 3.24).

Figura 3.24 - Fluxograma para obtenção da zona de conforto utilizando Método de Médias Associadas (continua)

Data da medição	Variáveis climáticas					Votos de sensação térmica de acordo como a escala psicofísica								
	Tar(°C)	φ(%)	TG(°C)	Tr(°C)	To(°C)	Sensação térmica								
Contagem das sensações subjetivas de conforto térmico														
Dia	Tar(°C)	φ(%)	TG(°C)	Tr(°C)	To(°C)	-3	-2	-1	0	1	2	3	TOTAL	
04/07/2013	20,70	61,40	20,10	19,81	20,16	2	7	6	5	1	1	0	22	
18/07/2013	23,50	66,20	20,30	20,83	21,88	0	1	15	13	0	0	0	29	
25/07/2013	21,70	71,10	21,54	21,46	21,56	0	3	14	32	7	0	0	56	
31/07/2013	21,70	68,00	21,81	21,85	21,80	0	0	2	0	0	0	0	2	
09/08/2013	21,50	52,10	20,90	20,61	20,96	0	0	0	11	5	0	0	16	
15/08/2013	21,30	73,10	21,31	21,31	21,31	0	0	0	0	0	1	0	1	
28/08/2013	19,20	58,40	19,20	19,20	19,20	0	2	5	2	2	1	0	12	
05/09/2013	19,94	69,70	19,98	20,00	19,98	0	1	0	7	0	0	0	8	
06/09/2013	21,00	61,90	21,09	21,13	21,08	0	3	9	12	5	2	0	31	
03/10/2013	18,70	72,40	19,00	19,14	18,97	0	0	0	1	0	0	0	1	
17/10/2013	17,20	74,30	20,62	21,16	19,59	0	1	3	19	1	0	0	24	
17/10/2013	17,50	72,00	17,82	18,13	17,79	0	0	6	11	1	1	0	19	
24/10/2013	16,80	73,20	19,42	19,93	19,06	0	0	3	4	0	1	0	8	

Passo 1

Montar uma tabela com a variável climática a ser analisada no momento em ordem crescente e os respectivos votos de conforto de cada uma das medições

Variável climática em ordem crescente Respetivos votos de conforto

Tar(°C)	Sensação térmica							TOTAL
	-3	-2	-1	0	1	2	3	
16,00	2	7	6	5	1	0	0	21
16,80	0	0	3	4	0	1	0	8
17,20	0	1	5	30	2	1	0	39
17,50	0	0	7	17	3	1	0	28
17,60	1	4	9	7	0	0	0	21
18,70	0	0	0	1	0	0	0	1
18,80	0	0	3	14	0	1	0	18
19,20	0	2	5	2	2	1	0	12

Passo 2

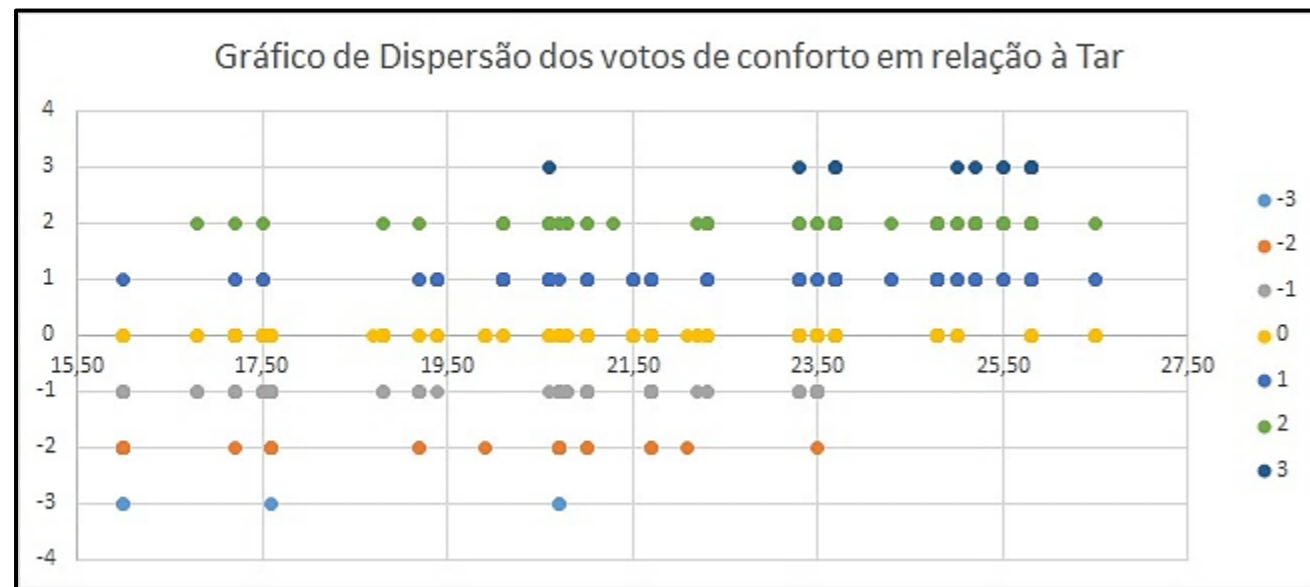
Organizar os votos de conforto de forma a realizar uma contagem simples para a obtenção da média e desvio padrão

Variável climática em ordem crescente Contagem simples dos votos de conforto

Tar(°C)	Sensação térmica						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
16,00	-3	-2	-1	0	1		
16,00	-3	-2	-1	0			
16,00		-2	-1	0			
16,00		-2	-1	0			
16,00		-2	-1				
16,00		-2	-1				
16,8			-1	0		2	
16,8			-1	0			
16,8			-1	0			
16,8			-1	0			
17,2		-2	-1	0	1	2	
17,2			-1	0	1		
17,2			-1	0			
17,2			-1	0			
17,2			-1	0			

Observação:

É importante montar a tabela desta maneira para que ao traçar a linha média dos pontos no gráfico seja considerada a quantidade de votos de cada sensação em uma mesma temperatura



Passo 3

Gráfico de Dispersão: A partir desta Tabela é possível criar um gráfico de dispersão dos votos, sendo a variável climática colocada no eixo x e os votos no eixo y

Passo 4

Análise para cada Escala de Sensação Térmica

Figura 3.24 - Fluxograma para obtenção da zona de conforto utilizando Método de Médias Associadas (continuação)

Agora é necessário calcular a média da variável climática em questão de cada Escala de Sensação Térmica

EXEMPLO: Para a Escala de Sensação Térmica -3 (= MUITO FRIO)

- Duas pessoas responderam que sentiam MUITO FRIO quando a Temperatura do ar foi de 16,0 °C
- Uma pessoa respondeu que sentia MUITO FRIO quando a Temperatura do ar foi de 17,6 °C
- Duas pessoas responderam que sentiam MUITO FRIO quando a Temperatura do ar foi de 20,7 °C

Portanto, a **média** de Temperatura do ar para a Escala de Sensação Térmica -3 é:

$$Tar\ média\ (-3) = \frac{(2 \times 16,0) + (1 \times 17,6) + (2 \times 20,7)}{5} = 18,2\ ^\circ C$$

Passo 5

Média para cada Escala de Sensação Térmica

Sensação	Média Temperatura do ar (°C)
-3	18,2
-2	19,2
-1	20,3
0	21,3
1	22,6
2	23,3
3	24,7

Passo 6

Regressão Linear Univariável

São necessários alguns cálculos antes de dar continuidade ao método:

Médias da variável climática:
Chamaremos de células
J54:J60

Escalas de Sensação Térmica:
Chamaremos de células
K54:K60

Temp do Ar	Sensação	Linear
18,2	-3	-2,9516
19,2	-2	-2,02092
20,3	-1	-0,99716
21,3	0	-0,06648
22,6	1	1,143414
23,3	2	1,794895
24,7	3	3,097855

Desv Pad Tar	2,145902598	
Inclinação Tar e Sens	0,930686049	21,4
Intercepção Tar e Sens	-19,89009041	

Linear:
Para que, posteriormente, as retas contidas no gráfico final estejam corretas, será preciso reajustar os valores do eixo y (em que estarão as escalas de sensação), devido a erros que se acumulam ao longo dos cálculos. Esta coluna contém os novos valores que serão utilizados.

Equação:
(INCLINAÇÃO)×(J54:J60)+(INTERCEPÇÃO)

Razão entre a INTERCEPÇÃO e a INCLINAÇÃO
Equação: INTERCEPÇÃO/INCLINAÇÃO

Desvio Padrão das médias da variável climática para cada Escada de Sensação Térmica:
Função: =DESVPAD.P(J54:J60)

Inclinação entre as médias e as escalas de sensação:
Função: =INCLINAÇÃO(K54:K60;J54:J60)

Intercepção entre as médias e as escalas de sensação:
Função: =INTERCEPÇÃO(K54:K60;J54:J60))

Passo 7

Escala Ajustada:
Intervalo compreendido entre ±1σ, que inclui 68% das respostas obtidas pelos questionários aplicados

Observações:

- Onde está explícita a Função, esta é válida para cálculos realizados no Programa Microsoft Excel 2016
- Onde está explícita a Equação, é apenas uma demonstração do cálculo que deve ser realizado

Figura 3.24 - Fluxograma para obtenção da zona de conforto utilizando Método de Médias Associadas (conclusão)

Médias da variável climática	Escala de Sensação Térmica	Escala Ajustada		Passo 8	Escala Extensa						
		-16	+16		-26		+26				
Temp do Ar	Sensação	Menos 1	Mais 1	Passo 8 Escala Extensa: Intervalo compreendido entre ±26, que inclui 95% das respostas obtidas pelos questionários aplicados	Menos 2	Mais 2	Menos 2	Mais 2	Menos 2	Mais 2	
18,2	-3	16,05	20,35		13,91	-2,9516	22,49	-2,9516	22,49	-2,9516	22,49
19,2	-2	17,05	21,35		14,91	-2,02092	23,49	-2,02092	23,49	-2,02092	23,49
20,3	-1	18,15	22,45		16,01	-0,99716	24,59	-0,99716	24,59	-0,99716	24,59
21,3	0	19,15	23,45		17,01	-0,06648	25,59	-0,06648	25,59	-0,06648	25,59
22,6	1	20,45	24,75		18,31	1,143414	26,89	1,143414	26,89	1,143414	26,89
23,3	2	21,15	25,45		19,01	1,794895	27,59	1,794895	27,59	1,794895	27,59
24,7	3	22,55	26,85		20,41	3,097855	28,99	3,097855	28,99	3,097855	28,99
	Desv Pad Tar	2,145902598									

Intervalos ±16
 Para encontrar esses valores basta realizar a conta:
 Equação:
 Médias da variável climática ± (Desvio Padrão)

Valores da variável climática para a zona de conforto:
 Estes valores são obtidos através da média em cada um dos intervalos.
 Significam que:
 • Entre 19,2°C e 23,5°C, 68% dos entrevistados estão confortáveis;
 • Entre 17,1°C e 25,7°C, 95% dos entrevistados estão confortáveis.

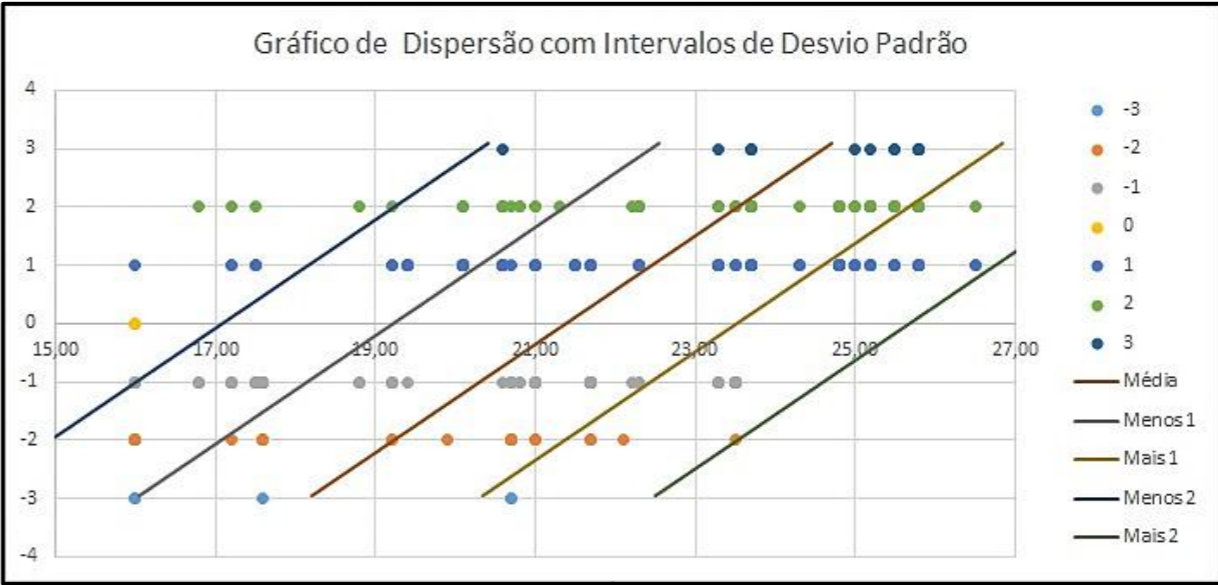
Intervalos ±26
 Para encontrar esses valores basta realizar a conta:
 Equação:
 Médias da variável climática ± 2 × (Desvio Padrão)

Observação:
 Os valores finais das variáveis para a zona de conforto podem ser os da escala ajustada ou da escala extensa.
 Para a obtenção de zona de conforto, opta-se pelos limites médios considerando 50%LQ+C+50%LF.

		Método das Médias Associadas
Temperatura do ar	±16	19,2 a 23,5
	±26	17,1 a 25,7
	Máximo Conforto	21,4

Passo 10
Resultado Final da Variável Climática Temperatura do ar (°C)

Passo 11
Obtenção da zona de conforto:
 Repete-se o processo para cada uma das variáveis climáticas a serem analisadas e então utiliza-se os respectivos resultados para obter a zona de conforto



Combinação de gráficos:

- Traça-se o gráfico de pontos de dispersão igual e com os mesmos dados do traçado anteriormente;
- Traça-se um gráfico de dispersão com linhas suaves tendo no eixo x os Valores da variável climática para a zona de conforto e no eixo y os valores da coluna Linear.

Passo 9
Gráfico de dispersão com os intervalos de desvio padrão:
 possibilita a identificação da zona de conforto

3.4 Limites da pesquisa e incertezas experimentais

A julgar-se o mérito desta pesquisa, bem como a validade dos resultados experimentados, deve-se considerar as suas limitações, bem como as fontes de erro envolvidas.

Quanto ao planejamento do experimento, um aspecto que deve ser discutido: o número de questionários que foram utilizados. Como foi retratado anteriormente, Nascimento (2016) entrevistou mais de 1200 alunos, mas apenas 621 questionários foram analisados na presente pesquisa e os demais foram descartados. Esse descarte foi realizado porque estes formulários não estavam preenchidos ou continham informações incompletas e, portanto, inconclusivas para o estudo em questão.

Quanto às fontes de erro durante as medições realizadas por Nascimento (2016) pode-se citar as seguintes limitações: influência de fontes de radiação circundantes, como janelas ou paredes expostas à radiação solar, portas abertas ou fechadas, que poderiam influenciar nos valores obtidos pelos equipamentos.

Quanto às aplicações dos resultados, deve-se salientar que as proposições elaboradas estão direcionadas para a situação típica estudada: condições de conforto térmico para estudantes universitários, em edificações estruturadas em aço e sem sistemas de refrigeração mecânica do ar, na cidade de Ouro Preto. É válido lembrar que as condições de conforto térmico mudam com o tipo de situação analisada e local.

Os equipamentos utilizados nos ensaios de campo foram verificados, a fim de garantir que estavam operando corretamente, no Laboratório de Conforto Ambiental da UFOP.

4 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentadas as análises dos dados levantados na pesquisa de campo: variáveis ambientais medidas e variáveis fisiológicas, bem como as correlações entre as variáveis psico-fisiológicas. Analisam-se ainda cada sala e o grau de satisfação e aceitabilidade dos ambientes. Logo após, as variáveis são manipuladas para a obtenção de um modelo de predição da sensação térmica. Por último, são obtidos os limites de conforto para a população em estudo por meio do Método de Regressão Probit e do Método de Médias Associadas.

4.1 Análise das salas avaliadas

Foram realizados 44 ensaios de campo, entre julho de 2013 e abril de 2014, totalizando uma amostragem de 621 indivíduos que responderam os questionários de forma válida. Foram avaliadas quinze salas de aulas na Escola de Minas (EM) e sete salas de aula na Escola de Medicina. Na Tabela 4.1 são apresentadas as principais características das salas analisadas, considerando que nenhuma delas possui qualquer tipo de ventilação mecânica.

Como foi explicado na metodologia, em cada ensaio foram feitas medições das variáveis ambientais, e aplicado um questionário (Anexo A) sobre as preferências individuais de cada usuário.

4.2 Variáveis ambientais

A análise descritiva dos dados levantados *in loco* das variáveis ambientais é mostrada na Tabela 4.2. Nela são especificados o dia e os valores médios das variáveis climáticas obtidas pelas unidades móveis nas salas de aula: temperatura do ambiente (T_{ar}), da umidade relativa (Φ), da temperatura de globo (T_G), e das variáveis calculadas: temperatura radiante média (T_r) e temperatura operativa (T_o).

Tabela 4.1 - Principais características das salas de aula analisadas

Prédio	Sala	NC	NE	V (m ³)	A (m ²)	P (m)
E.M.	2	40	29	149,8	48,00	3,12
	3	80	31	274,6	88,00	3,12
	4	50	21	196,2	62,90	3,12
	10	80	17	301,4	96,60	3,12
	12	50	17	193,4	62,00	3,12
	13	50	56	190,3	61,00	3,12
	15	60	16	249,6	80,00	3,12
	16	80	10	296,4	95,00	3,12
	17	40	20	149,8	48,00	3,12
	20	50	18	190,3	61,00	3,12
	22	50	20	193,4	62,00	3,12
	24	80	8	301,4	96,60	3,12
	26	50	2	193,4	62,00	3,12
	27	50	1	194,7	62,40	3,12
	Labcon	40	2	142,0	45,50	3,12
Med.	101	50	26	204,8	64,00	3,20
	104	50	16	204,8	64,00	3,20
	105	50	16	204,8	64,00	3,20
	106	50	16	204,8	64,00	3,20
	107	50	8	204,8	64,00	3,20
	Lab.	-	22	480	150,00	3,20
	Inf.	30	7	262,4	82,00	3,20

NC: número de carteiras; NE: Número de estudantes (média); V: volume da sala; A: área do piso; P: pé direito.

Na Tabela 4.3 mostram-se os parâmetros estatísticos descritivos das variáveis ambientais.

Nas Figuras 4.1 a 4.6 apresentam-se o histograma da frequência observada e o gráfico da probabilidade normal para cada variável ambiental medida em campo (temperatura do ar, umidade relativa e temperatura de globo) e calculada (temperatura radiante média e temperatura operativa), obtido a partir dos dados apresentados nas Tabelas 4.2 e 4.3. A normalidade é aceita ao nível de confiança de 95%, conforme tipicamente estabelecido na Literatura.

O uso do valor médio das variáveis ambientais analisadas mostrou-se adequado. A distribuição dos valores de temperatura do ar, temperatura de globo, temperatura radiante média e temperatura operativa (Fig. 4.1, 4.3, 4.4 e 4.5) são os que mais se aproximam de uma melhor distribuição normal. Para a umidade relativa (Fig. 4.2), apesar dos picos de frequências, não foi adotado nenhum procedimento adicional para a normalização destes valores.

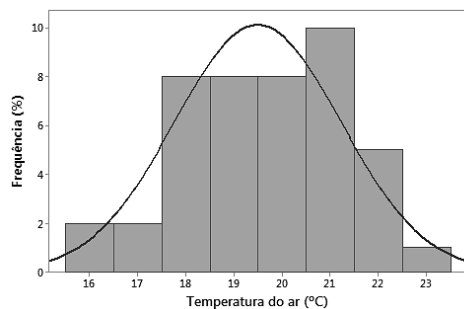
O uso e análise das variáveis ambientais são importantes, pois elas que têm influência direta no conforto de um ambiente, assim como é a partir delas que intervenções devem ser estudadas para o ambiente construído.

Tabela 4.2 - Variáveis ambientais levantadas *in loco* e calculadas

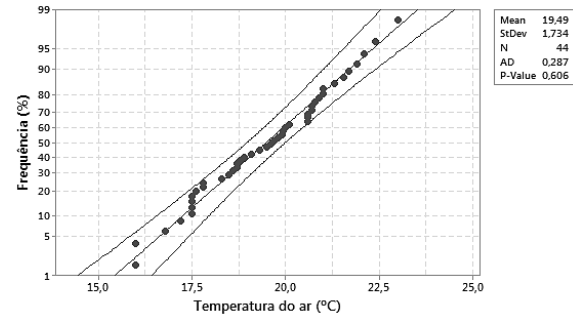
Dia	T _{ar} (°C)	φ(%)	T _G (°C)	T _r (°C)	T _o (°C)
04/07/2013	20,7	61	20,1	19,8	20,2
18/07/2013	23,5	66	20,3	20,8	21,9
25/07/2013	21,7	71	21,5	21,5	21,6
31/07/2013	21,7	68	21,8	21,9	21,8
09/08/2013	21,5	52	20,9	20,6	21,0
15/08/2013	21,3	73	21,3	21,3	21,3
28/08/2013	19,2	58	19,2	19,2	19,2
05/09/2013	19,9	70	20,0	20,0	20,0
06/09/2013	21,0	62	21,1	21,1	21,1
03/10/2013	18,7	72	19,0	19,1	19,0
17/10/2013	17,2	74	20,6	21,2	19,6
17/10/2013	17,5	72	17,8	18,1	17,8
24/10/2013	16,8	73	19,4	19,9	19,1
25/10/2013	17,5	71	24,3	24,9	22,0
01/11/2013	17,2	69	17,9	18,2	17,9
01/11/2013	17,6	72	19,9	20,4	19,3
07/11/2013	16,0	67	20,1	20,7	18,8
07/11/2013	16,0	67	18,0	18,5	17,8
11/11/2013	20,6	72	20,7	20,7	20,7
14/11/2013	22,2	71	22,2	22,2	22,2
21/11/2013	18,8	58	18,8	18,8	18,8
21/11/2013	19,4	63	19,4	19,4	19,4
28/11/2013	23,3	67	23,3	23,3	23,3
28/11/2013	23,5	68	23,5	23,5	23,5
05/12/2013	25,5	73	25,4	25,4	25,4
07/01/2014	24,8	72	24,8	24,8	24,8
07/01/2014	25,8	74	25,8	25,8	25,8
16/01/2014	23,7	65	23,7	23,7	23,7
16/01/2014	24,8	68	24,8	24,8	24,8
21/01/2014	23,5	63	23,2	23,0	23,2
24/01/2014	24,3	65	24,3	24,3	24,3
30/01/2014	25,8	55	25,8	25,8	25,8
31/01/2014	25,2	45	25,2	25,2	25,2
06/02/2014	25,0	57	25,0	25,0	25,0
07/02/2014	26,5	53	26,5	26,5	26,5
10/02/2014	20,1	62	20,1	20,1	20,1
14/02/2014	26,5	57	26,5	26,5	26,5
21/03/2014	23,7	57	23,7	23,7	23,7
21/03/2014	23,7	39	26,7	27,2	26,2
28/03/2014	22,1	56	22,1	22,1	22,1
31/03/2014	22,3	72	22,3	22,3	22,3
04/04/2014	20,8	66	20,8	20,8	20,8
10/04/2014	23,3	67	22,8	22,6	22,9
10/04/2014	23,3	66	23,3	23,3	23,3
Média Global	21,7	65	22,1	22,2	22,0

Tabela 4.3 - Parâmetros estatísticos descritivos das variáveis ambientais

Variável Estatística	T _{ar} (°C)	φ (%)	T _G (°C)	T _r (°C)	T _o (°C)
Média	21,67	64,83	22,14	22,23	22,03
Erro Padrão	0,46	1,20	0,39	0,38	0,39
Mediana	21,90	66,80	21,96	21,98	21,93
Modo	23,50	74,30	20,10	23,30	24,80
Desvio Padrão	3,02	7,96	2,56	2,51	2,59
Variância da amostra	9,15	63,39	6,56	6,30	6,69
Curtose	-0,97	1,54	-1,08	-1,03	-1,10
Assimetria	-0,28	-1,21	0,14	0,22	0,11
Intervalo	10,50	35,30	8,88	9,06	8,72
Mínimo	16,00	39,00	17,82	18,13	17,78
Máximo	26,50	74,30	26,70	27,19	26,50
Soma	953,54	2852,60	974,02	978,00	969,45
Contagem	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00
Maior(1)	26,50	74,30	26,70	27,19	26,50
Menor(1)	16,00	39,00	17,82	18,13	17,78
Nível de confiança(95%)	0,92	2,42	0,78	0,76	0,79

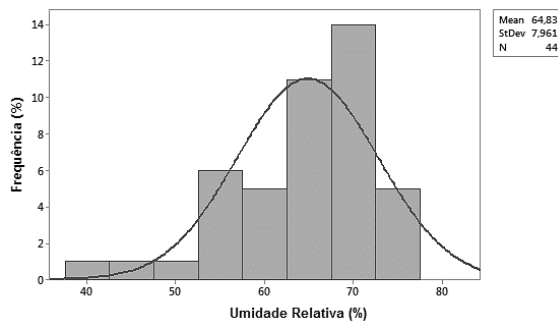


(a)

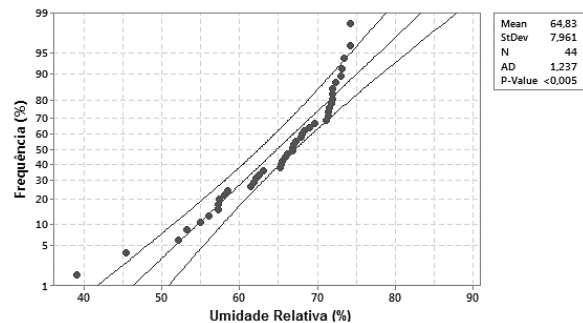


(b)

Figura 4.1 - Histograma de frequência com curva normal (a) e gráfico de probabilidade (b) da Temperatura do ar



(a)



(b)

Figura 4.2 - Histograma de frequência com curva normal (a) e gráfico da probabilidade (b) da Umidade relativa

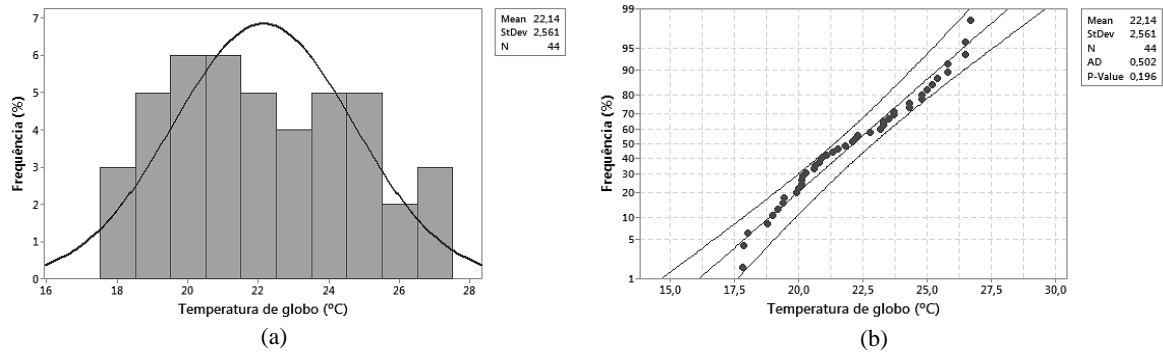


Figura 4.3 - Histograma de frequência com curva normal (a) e gráfico da probabilidade (b) da Temperatura de Globo

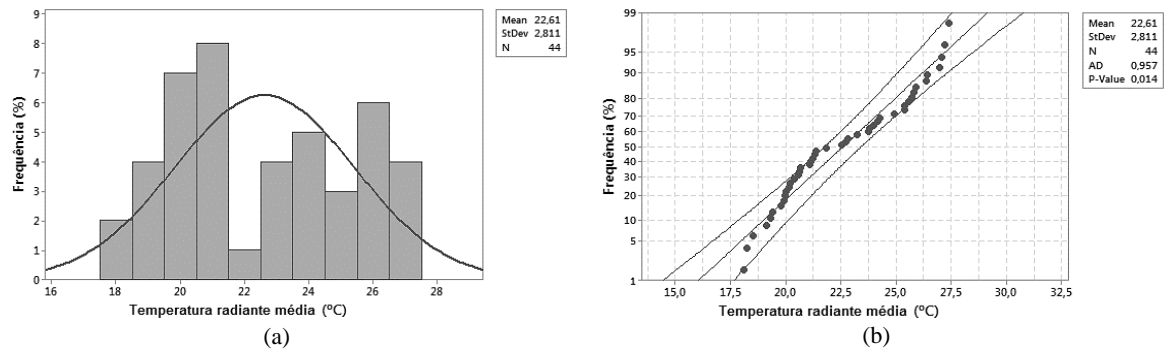


Figura 4.4 - Histograma de frequência com curva normal (a) e gráfico da probabilidade (b) da Temperatura Radiante Média

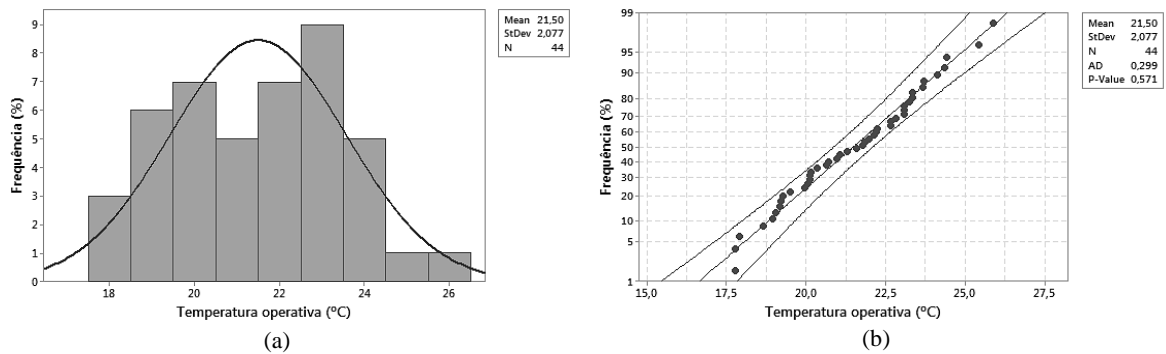


Figura 4.5 - Histograma de frequência com curva normal (a) e gráfico da probabilidade (b) da Temperatura Operativa

4.3 Correlações entre as variáveis psico-fisiológicas

Após a análise dos dados ambientais, a amostra foi dividida em subgrupos, para verificar a influência de fatores fisiológicos e de adaptação nas variáveis psico-fisiológicas. Foram feitas correlações entre os dados obtidos pelo questionário que foi preenchido pelos usuários dos ambientes. Além dos dados relativos ao conforto térmico e sua influência no comportamento

dos usuários, também foi analisado brevemente o movimento do ar, o ruído, a iluminação e incidência solar.

Para a análise das correlações dos dados obtidos por meio do questionário aplicado, foi dividida a sensação térmica em uma escala de 7 pontos (ASHRAE, 2013), que representam muito frio (-3), frio (-2), ligeiramente frio (-1), neutralidade (0), ligeiramente quente (+1), quente (+2) e muito quente (+3). Na Figura 4.6 são apresentados os julgamentos dos usuários das salas de aula avaliadas em relação a esta escala de preferência subjetiva de conforto.

Nota-se que os ambientes analisados são considerados confortáveis por 45,2% dos ocupantes do ambiente, 20,6% opinaram que o ambiente estava de ligeiramente frio a frio e 31% consideraram que o ambiente estava de ligeiramente quente a quente.

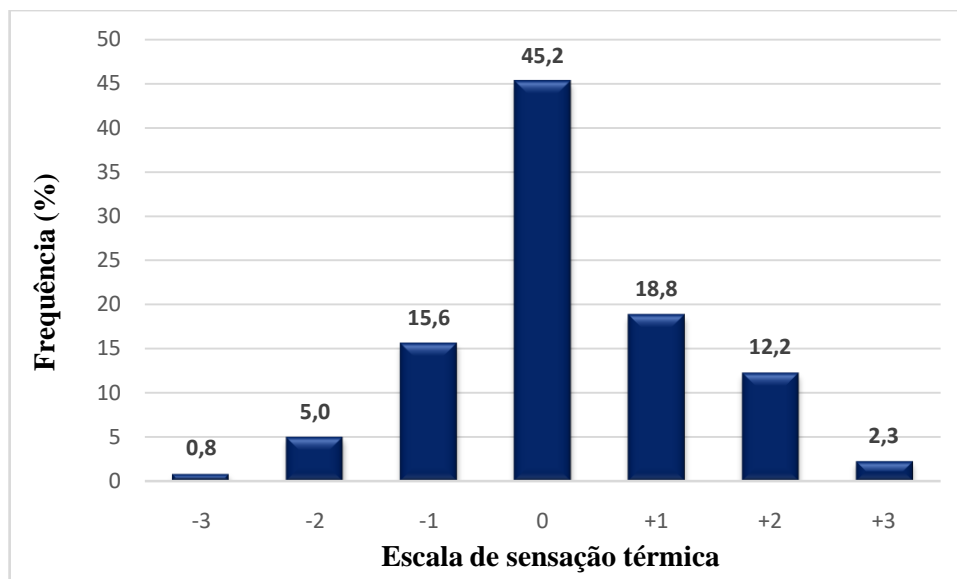


Figura 4.6 - Julgamentos subjetivos gerais sobre conforto térmico

Prosseguindo com os julgamentos subjetivos sobre conforto térmico, é apresentada na Figura 4.7, ainda em relação à escala de 7 pontos, a aceitabilidade dos usuários quanto aos ambientes que frequentam.

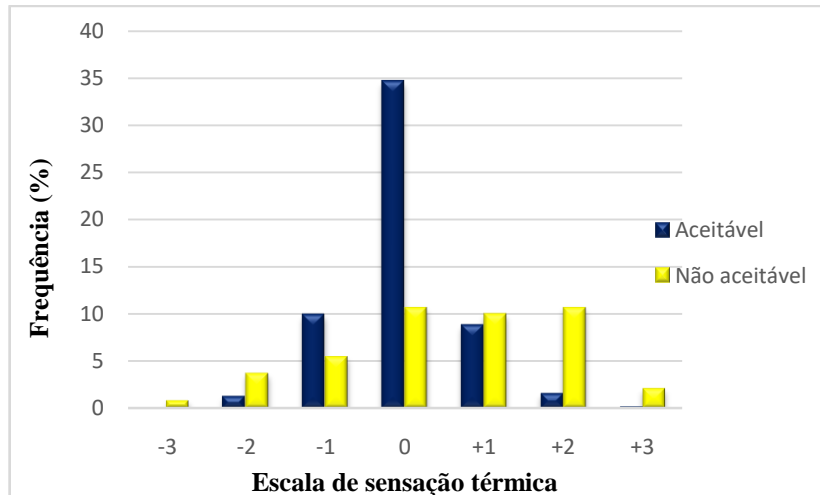


Figura 4.7 - Julgamentos subjetivos sobre conforto térmico em termos de aceitabilidade das salas

Também foi questionado aos usuários como se sentiam após sua permanência dentro das salas de aula. Na Figura 4.8 mostra-se que 12,6% tiveram dificuldade de concentração, 14,4% sofreram com impaciência, 26,0% apresentaram sonolência e 47,0% estavam com sede. Considerando que a dificuldade de concentração e impaciência podem estar diretamente ligadas às condições térmica do ambiente, pode-se dizer que 27,0% foram, de alguma maneira, afetados pelas condições do ambiente.

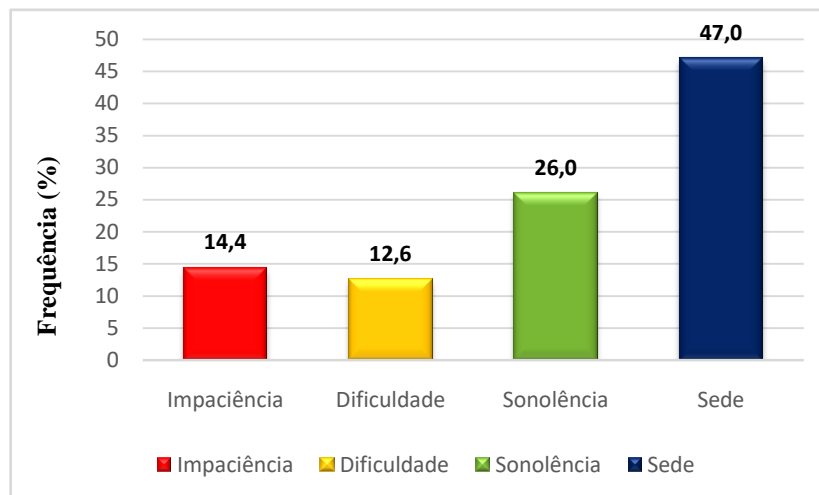


Figura 4.8 - Sensações na última hora

Analisou-se estes mesmos dados segundo a escala de 7 pontos para compreender como estas sensações se modificavam de acordo com a mudança na escala de sensação térmica. Como mostrado na Figura 4.9, os usuários que responderam sentir muito frio e muito calor declararam percentagens maiores de impaciência e dificuldade de concentração. Por outro lado, os entrevistados que se encontravam confortáveis possuíam, principalmente, sede.

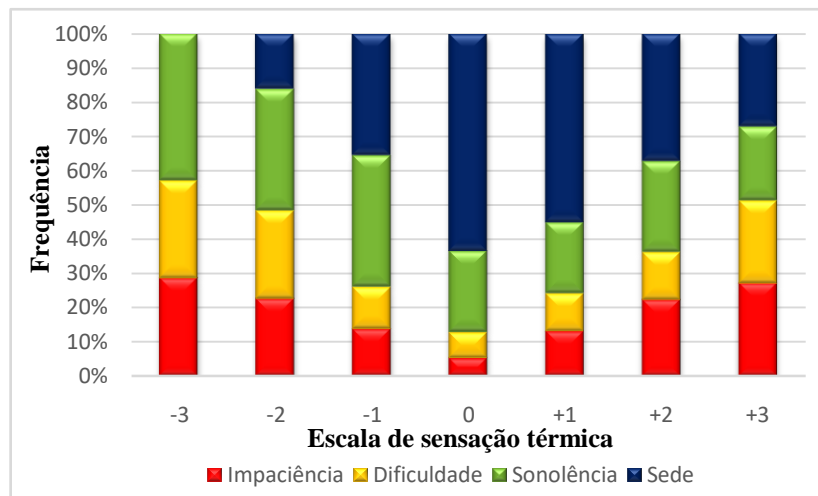


Figura 4.9 - Sensações na última hora segundo a escala de 7 pontos

Ainda segundo a escala de 7 pontos, na Figura 4.10 mostra-se a resposta dos entrevistados a respeito do prejuízo na atividade de estudo. É notável o crescimento do prejuízo na qualidade do estudo à medida que a sensação térmica se afasta da neutralidade.

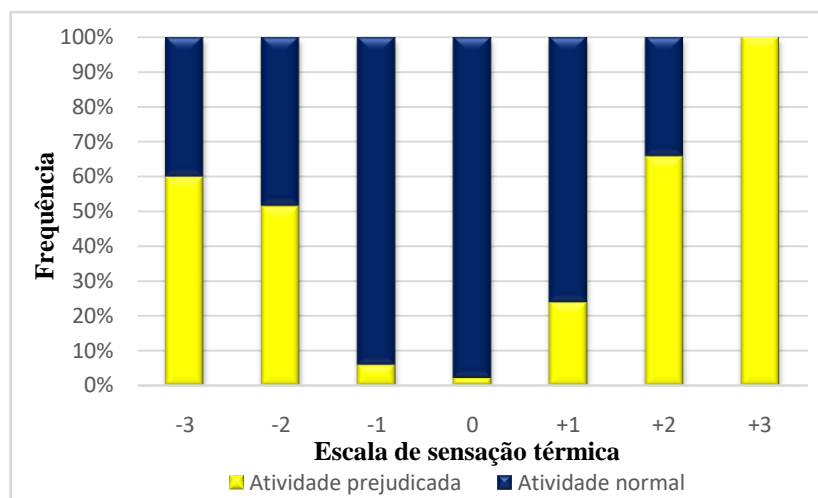


Figura 4.10 - Prejuízo à atividade

Como a pesquisa é direcionada ao conforto do ambiente, foi perguntado o tipo de roupa utilizada no momento da aplicação do questionário e se havia realizado alguma mudança (adaptação) no momento da entrevista (vestido ou tirado roupas), como se apresenta nas Figuras 4.11 e 4.12.

Observa-se na Figura 4.11 que 53% dos entrevistados estavam usando roupas leves e, de acordo com os dados mostrados na Figura 4.12, que apenas 20% dos entrevistados realizaram

alguma adaptação na vestimenta (tiraram ou vestiram alguma peça para que se sentirem mais confortáveis) com frequência.

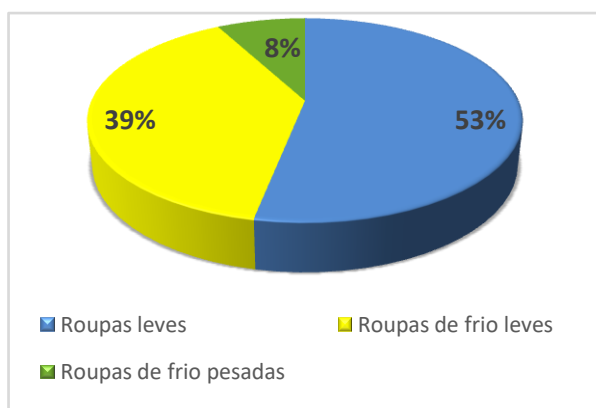


Figura 4.11 - Tipo de vestimenta

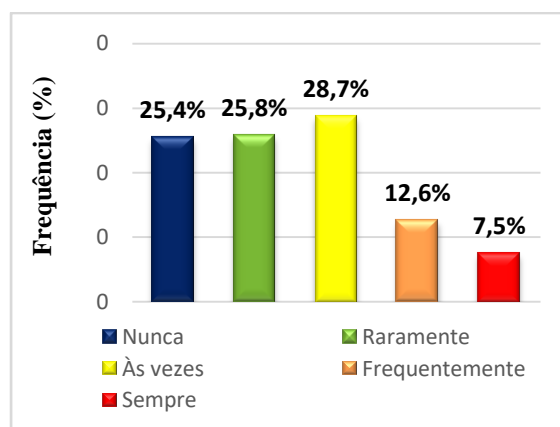


Figura 4.12 - Necessidade de adaptação

Nas salas de aula, conforme os resultados mostrados na Figura 4.13, a maioria dos entrevistados (80%) consideram a iluminação de boa a ótima. Considerou-se neste caso a iluminação artificial junto a natural uma vez que, novamente segundo as respostas obtidas por meio dos questionários, em 85% do tempo de uso das salas a iluminação artificial está acionada. Quanto à ventilação, 59% consideram a movimentação do ar no interior dos ambientes de bom a muito bom, conforme mostrado na Figura 4.14.

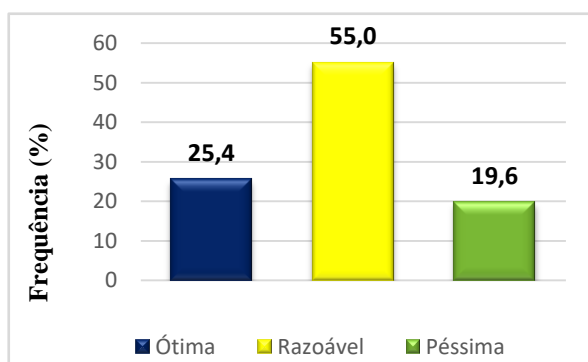


Figura 4.13 - Iluminação

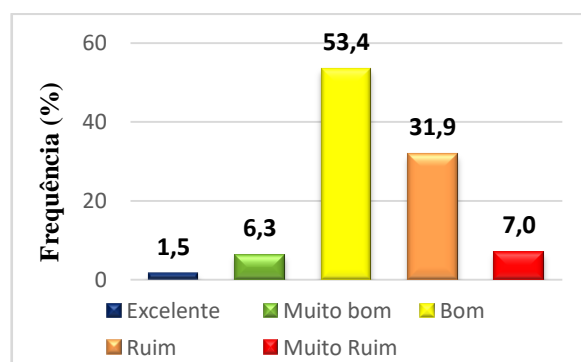


Figura 4.14 - Movimentação de ar

Nota-se que, no geral, os entrevistados consideram o ambiente interno agradável, como se observa na Figura 4.15 que 71,2% dos entrevistados estão satisfeitos com as condições gerais e que 56,6% acham o ambiente confortável, conforme apresentado na Figura 4.16.

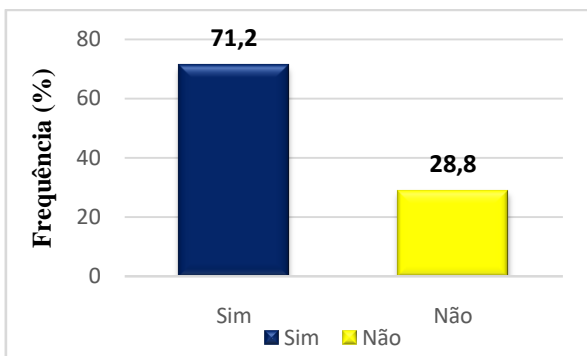


Figura 4.15- Satisfação com o ambiente interno

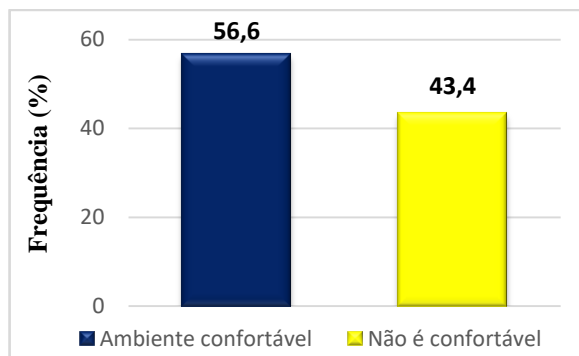


Figura 4.16 - Conforto do ambiente interno

Observando-se os dados mostrados, tem-se que os usuários das salas de aula consideram os ambientes confortáveis termicamente e aceitáveis para se estar todos os dias naquele período.

Com relação ao ruído, na Figura 4.17 comprova-se que, segundo os entrevistados, o ruído externo e o ruído interno interferem. Enquanto que, conforme apresentado na Figura 4.18, a incidência solar não é um fator incômodo à maior parte dos usuários (67,7%).

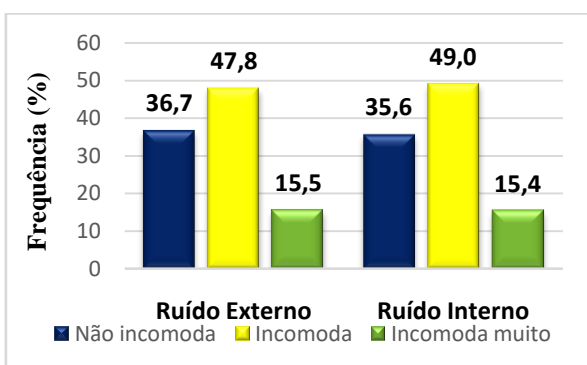


Figura 4.17 - Ruído

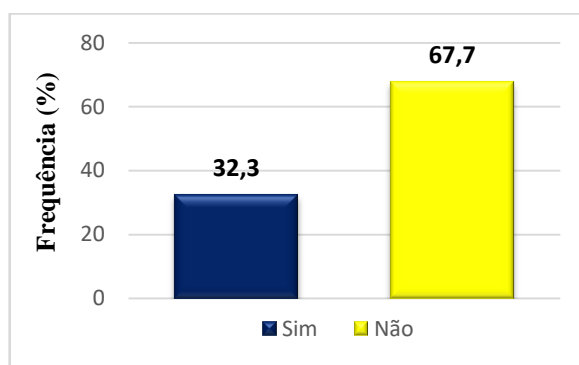


Figura 4.18 - Incidência solar

Assim, de acordo com todos os resultados apresentados, o ambiente mostra-se confortável, com aceitabilidade do ambiente pela maioria dos alunos, mas este requer modificações em alguns aspectos, como controle do ruído e iluminação, para que satisfaça de forma mais eficiente à atividade de estudo.

4.4 Análise do cruzamento das variáveis ambientais e as psico-fisiológicas

Após a tabulação e descrição estatística das variáveis ambientais e psico-fisiológicas, procedeu-se a análise de correlação entre elas. A análise foi feita baseando-se na Tabela 4.2 e na Tabela 4.4, que apresenta as frequências relativas às sensações de conforto térmico obtidas por meio dos questionários aplicados aos alunos nas salas de aula. Para a análise, foi produzida uma matriz de correlação direta entre as variáveis, apresentada na Tabela 4.5.

Tabela 4.4- Frequências relativas às sensações subjetivas de conforto térmico

Dia	Sensação térmica (%)							Aceitação (%)		Satisfação (%)		Atividade de estudo (%)	
	-3	-2	-1	0	1	2	3	Sim	Não	Sim	Não	Prej.	Normal
04/07/2013	9,1	31,8	27,3	22,7	4,5	4,5	0,0	36,4	63,6	54,5	45,5	28,6	71,4
18/07/2013	0,0	3,4	51,7	44,8	0,0	0,0	0,0	79,3	20,7	93,1	6,9	0,0	100,0
25/07/2013	0,0	5,4	25,0	57,1	12,5	0,0	0,0	65,5	34,5	80,4	19,6	5,4	94,6
31/07/2013	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
09/08/2013	0,0	0,0	0,0	68,8	31,3	0,0	0,0	68,8	31,2	81,3	18,7	11,8	88,2
15/08/2013	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0
28/08/2013	0,0	16,7	41,7	16,7	16,7	8,3	0,0	50,0	50,0	58,3	41,7	33,3	66,7
05/09/2013	0,0	12,5	0,0	87,5	0,0	0,0	0,0	50,0	50,0	87,5	12,5	25,0	75,0
06/09/2013	0,0	9,7	29,0	38,7	16,1	6,5	0,0	51,6	48,4	74,2	25,8	16,1	83,9
03/10/2013	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
17/10/2013	0,0	4,2	12,5	79,2	4,2	0,0	0,0	87,5	12,5	100,0	0,0	0,0	100,0
17/10/2013	0,0	0,0	31,6	57,9	5,3	5,3	0,0	78,9	21,1	89,5	10,5	10,5	89,5
24/10/2013	0,0	0,0	37,5	50,0	0,0	12,5	0,0	75,0	25,0	87,5	12,5	0,0	100,0
25/10/2013	0,0	0,0	11,1	66,7	22,2	0,0	0,0	77,8	22,2	100,0	0,0	0,0	100,0
01/11/2013	0,0	0,0	13,3	73,3	6,7	6,7	0,0	86,7	13,3	86,7	13,3	35,7	64,3
01/11/2013	4,8	19,0	42,9	33,3	0,0	0,0	0,0	33,3	66,7	66,7	33,3	19,0	81,0
07/11/2013	0,0	0,0	28,6	57,1	14,3	0,0	0,0	71,4	28,6	85,7	14,3	0,0	100,0
07/11/2013	14,3	50,0	28,6	7,1	0,0	0,0	0,0	35,7	64,3	28,6	71,4	35,7	64,3
11/11/2013	0,0	0,0	5,0	20,0	45,0	25,0	5,0	50,0	50,0	60,0	40,0	20,0	80,0
14/11/2013	0,0	0,0	25,0	50,0	0,0	25,0	0,0	75,0	25,0	100,0	0,0	0,0	100,0
21/11/2013	0,0	0,0	16,7	77,8	0,0	5,6	0,0	72,2	27,8	94,4	5,6	5,6	94,4
21/11/2013	0,0	0,0	8,3	41,7	50,0	0,0	0,0	83,3	16,7	83,3	16,7	8,3	91,7
28/11/2013	0,0	0,0	17,9	60,7	17,9	3,6	0,0	72,4	27,6	82,8	17,2	6,9	93,1
28/11/2013	0,0	0,0	4,2	87,5	4,2	4,2	0,0	70,8	29,2	95,8	4,2	0,0	100,0
05/12/2013	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	50,0	16,7	16,7	83,3	16,7	83,3	72,7	27,3
07/01/2014	0,0	0,0	0,0	51,6	35,5	12,9	0,0	54,8	45,2	77,4	22,6	16,1	83,9
07/01/2014	0,0	0,0	0,0	22,2	22,2	33,3	22,2	27,8	72,2	38,9	61,1	61,1	38,9
16/01/2014	0,0	0,0	0,0	30,8	34,6	30,8	3,8	50,0	50,0	53,8	46,2	24,0	76,0
16/01/2014	0,0	0,0	0,0	33,3	33,3	33,3	0,0	44,4	55,6	55,6	44,4	33,3	66,7
21/01/2014	0,0	0,0	0,0	55,6	22,2	22,2	0,0	66,7	33,3	88,9	11,1	0,0	100,0
24/01/2014	0,0	0,0	0,0	0,0	75,0	25,0	0,0	50,0	50,0	25,0	75,0	25,0	75,0
30/01/2014	0,0	0,0	0,0	33,3	44,4	11,1	11,1	33,3	66,7	55,6	44,4	55,6	44,4
31/01/2014	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	60,0	6,7	13,3	86,7	20,0	80,0	66,7	33,3
06/02/2014	0,0	0,0	0,0	50,0	25,0	18,8	6,3	56,3	43,7	75,0	25,0	31,3	68,7
07/02/2014	0,0	0,0	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	50,0	50,0	50,0	50,0	100,0	0,0
10/02/2014	0,0	0,0	0,0	18,8	62,5	18,8	0,0	25,0	75,0	43,8	56,2	56,3	43,7
14/02/2014	0,0	0,0	0,0	71,4	14,3	14,3	0,0	85,7	14,3	85,7	14,3	28,6	71,4
21/03/2014	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	66,7	33,3	100,0	0,0	0,0	100,0
21/03/2014	0,0	0,0	0,0	12,5	25,0	37,5	25,0	25,0	75,0	37,5	62,5	50,0	50,0
28/03/2014	0,0	50,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	50,0	50,0	50,0	50,0
31/03/2014	0,0	0,0	11,8	29,4	29,4	29,4	0,0	64,7	35,3	64,7	35,3	23,5	76,5
04/04/2014	0,0	0,0	33,3	33,3	0,0	33,3	0,0	16,7	83,3	50,0	50,0	50,0	50,0
10/04/2014	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	50,0	50,0	0,0	100,0
10/04/2014	0,0	0,0	0,0	28,6	28,6	28,6	14,3	14,3	85,7	57,1	42,9	57,1	42,9

Observa-se que o percentual de votos nas categorias MF, F, LF e C da escala de sensação térmica apresentaram uma correlação negativa de fraca a moderada com todas as variáveis ambientais, exceto com a umidade relativa, que foi fraca positiva. Os graus MQ, Q e LQ mostraram uma correlação positiva de fraca a moderada com as variáveis T_{ar} (temperatura do ar), T_G (temperatura de globo), T_r (temperatura radiante média) e T_o (temperatura operativa).

Tabela 4.5 - Matriz de correlação direta entre as variáveis ambientais e as variáveis psico-fisiológicas

	$T_{ar}(^{\circ}C)$	$\phi(\%)$	$T_G(^{\circ}C)$	$T_r(^{\circ}C)$	$T_o(^{\circ}C)$	MF	F	LF	C	LQ	Q	MQ
$T_{ar}(^{\circ}C)$	1,0000	-0,3584	0,8592	0,8232	0,9381	-0,3014	-0,3394	-0,2881	-0,1129	0,2724	0,4315	0,4170
$\phi(\%)$	-0,3584	1,0000	-0,3536	-0,3424	-0,3749	0,0267	0,0379	0,1964	0,2264	-0,0136	-0,0833	-0,0938
$T_G(^{\circ}C)$	0,8592	-0,3536	1,0000	0,9958	0,9807	-0,2972	-0,3714	-0,4221	-0,1640	0,2284	0,4122	0,4848
$T_r(^{\circ}C)$	0,8232	-0,3424	0,9958	1,0000	0,9680	-0,2944	-0,3702	-0,4034	-0,1625	0,2049	0,3995	0,4904
$T_o(^{\circ}C)$	0,9381	-0,3749	0,9807	0,9680	1,0000	-0,3041	-0,3685	-0,3717	-0,1537	0,2404	0,4334	0,4861
MF	-0,3014	0,0267	-0,2972	-0,2944	-0,3041	1,0000	0,9005	0,2618	-0,1006	-0,1965	-0,1552	-0,1084
F	-0,3394	0,0379	-0,3714	-0,3702	-0,3685	0,9005	1,0000	0,5294	0,1124	-0,1468	-0,2287	-0,1727
LF	-0,2881	0,1964	-0,4221	-0,4034	-0,3717	0,2618	0,5294	1,0000	0,5564	-0,0704	-0,2831	-0,2499
C	-0,1129	0,2264	-0,1640	-0,1625	-0,1537	-0,1006	0,1124	0,5564	1,0000	0,2553	-0,1632	-0,2074
LQ	0,2724	-0,0136	0,2284	0,2049	0,2404	-0,1965	-0,1468	-0,0704	0,2553	1,0000	0,5864	0,2376
Q	0,4315	-0,0833	0,4122	0,3995	0,4334	-0,1552	-0,2287	-0,2831	-0,1632	0,5864	1,0000	0,6158
MQ	0,4170	-0,0938	0,4848	0,4904	0,4861	-0,1084	-0,1727	-0,2499	-0,2074	0,2376	0,6158	1,0000

T_{ar} : temperatura do ar ($^{\circ}C$); ϕ : umidade relativa (%); T_G : temperatura de globo ($^{\circ}C$); T_r : temperatura radiante média ($^{\circ}C$); T_o : temperatura operativa ($^{\circ}C$); MF: muito frio; F: frio; LF: ligeiramente frio; C: neutro; LQ: ligeiramente quente; Q: quente; MQ: muito quente.

Analisando-se as correlações entre as variáveis ambientais, nota-se uma correlação positiva muito forte entre a temperatura do ar (T_{ar}), temperatura de globo (T_G), temperatura radiante média (T_r) e temperatura operativa (T_o). Tal correlação se explica pelo fato de que a obtenção dessas variáveis depende do valor de T_{ar} . Na correlação com a umidade relativa (ϕ), a temperatura do ar, temperatura de globo, temperatura radiante média e temperatura operativa mostram-se como fraca negativa.

Dando continuidade à tabulação dos dados, foi efetuado o cruzamento entre as variáveis medidas e as variáveis psico-fisiológicas. Estas variáveis foram medidas em escalas subjetivas, por Nascimento (2016), e foram analisadas considerando-se a sensação térmica, satisfação e adaptação ao ambiente.

4.4.1 Sensação térmica

Nas Figuras 4.19 a 4.22 apresentam-se os cruzamentos da variável sensação térmica com as variáveis ambientais medidas.

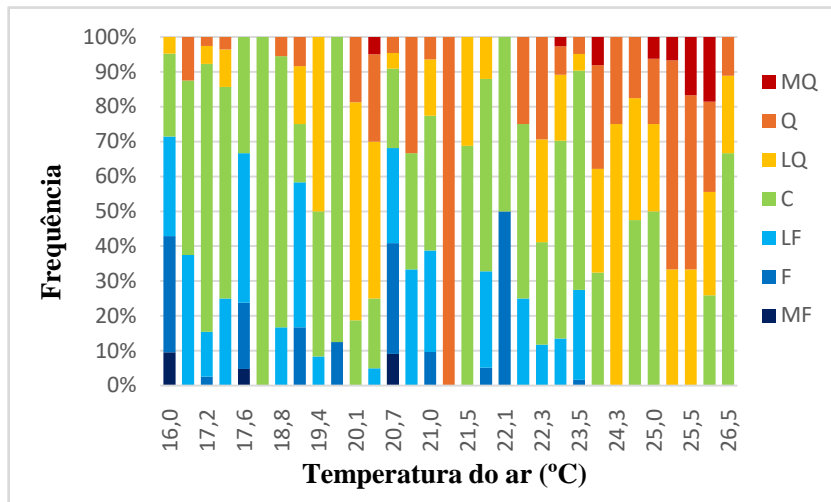


Figura 4.19 - Cruzamento da temperatura de bulbo seco do ar com a escala térmica

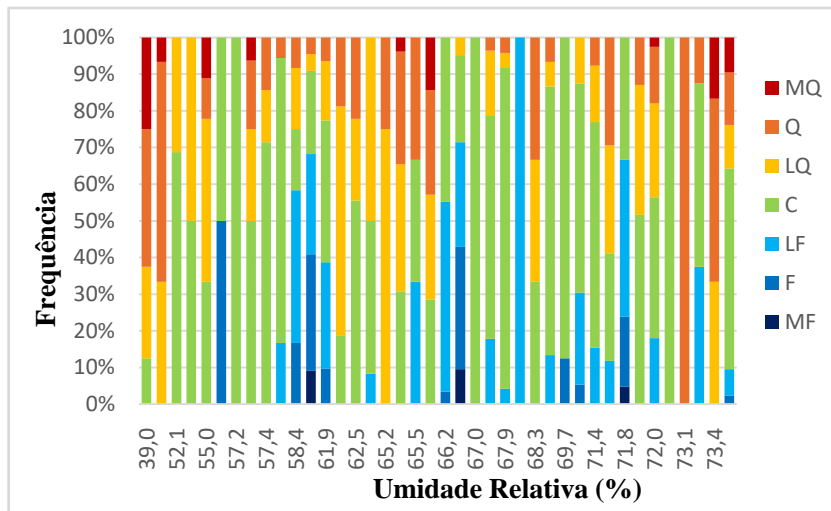


Figura 4.20 - Cruzamento da umidade relativa do ar ambiente com a escala térmica

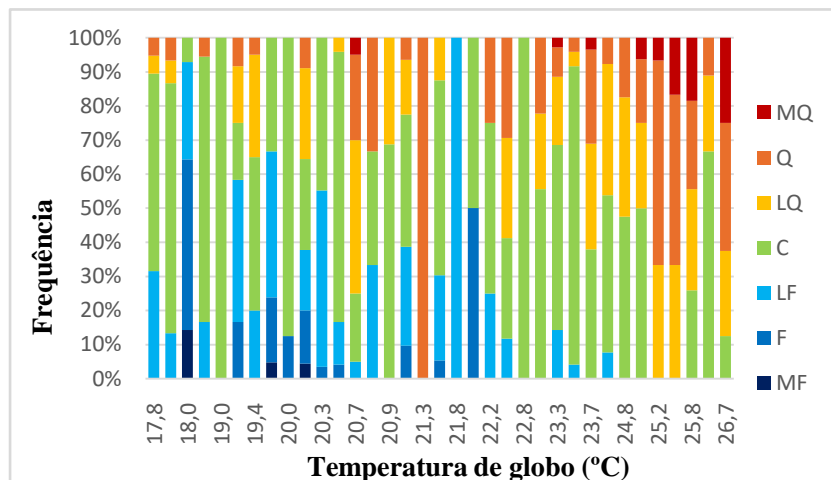


Figura 4.21 - Cruzamento da temperatura de globo com a escala térmica

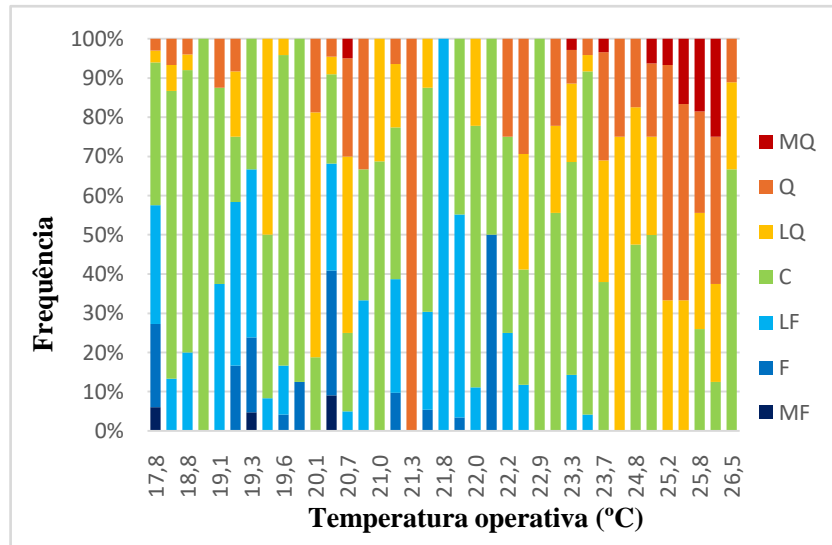


Figura 4.22 - Cruzamento da temperatura operativa com a escala térmica

A análise gráfica dos resultados do cruzamento das variáveis ambientais com a sensação térmica demonstrou que, à medida que a temperatura de bulbo seco do ar e a temperatura de globo vão aumentando, há uma tendência dos percentuais dos graus de sensação térmica levemente quente (LQ), quente (Q) e muito quente (MQ) aumentarem e os percentuais dos graus levemente frio (LF), frio (F) e muito frio (MF) diminuirão. As mesmas tendências foram observadas em relação à temperatura operativa.

Com relação à umidade relativa, em geral, estava com valores mais baixos quando o ambiente estava sendo considerado quente e, em seus valores mais altos, o ambiente foi considerado confortável em sua maioria. Isso é explicado pelo fato de que durante as avaliações a umidade não foi medida durante os meses de maio e junho, período em que é comum ocorrer umidades maiores combinadas a temperaturas mais amenas.

4.4.2 Satisfação com o ambiente

Nas Figuras 4.23 a 4.25 apresenta-se o cruzamento das respostas à respeito da satisfação com o ambiente *versus* as variáveis climáticas: temperatura de bulbo seco do ar, umidade relativa e temperatura operativa.

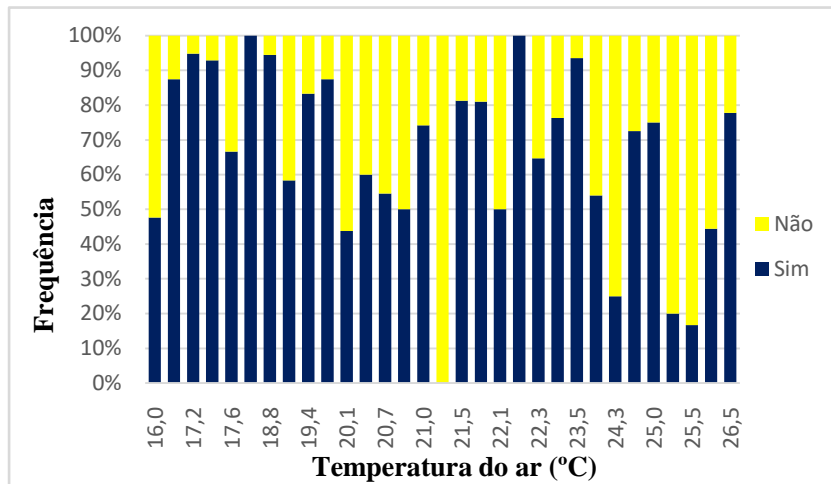


Figura 4.23 - Cruzamento da temperatura de bulbo seco do ar com a variável de satisfação com o ambiente

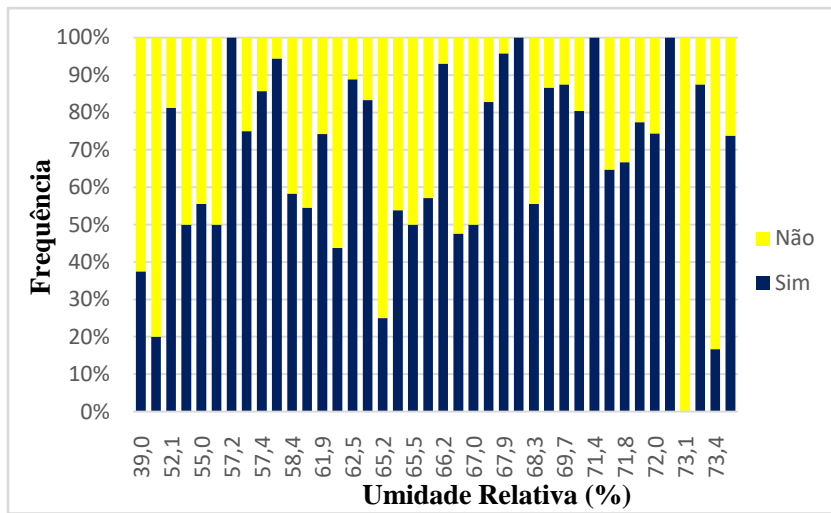


Figura 4.24 - Cruzamento da umidade relativa do ar ambiente com a variável de satisfação com o ambiente

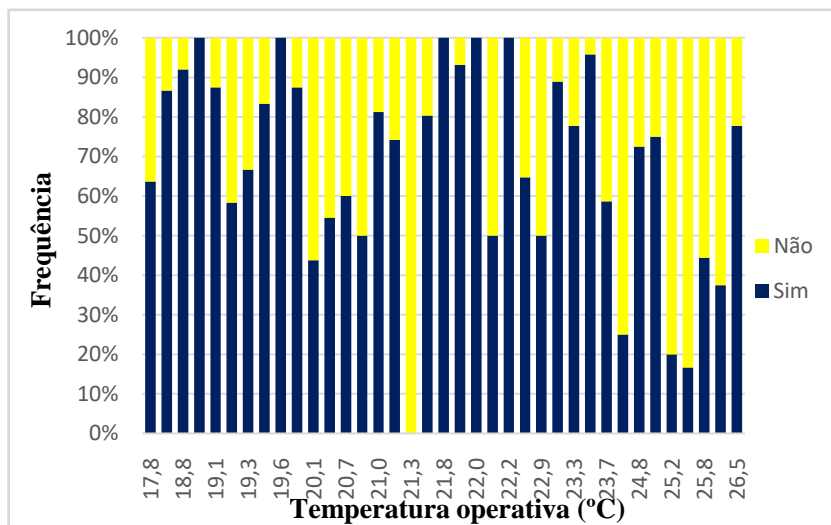


Figura 4.25 - Cruzamento da temperatura operativa com a variável de satisfação com o ambiente

Pode-se observar que, de forma geral, o nível de satisfação permanece bom, com pequenas oscilações, durante quase toda a faixa de temperatura observada, caindo consideravelmente a partir de 24,3°C, tanto para T_{ar} quanto para T_o .

Há uma maior oscilação no grau de satisfação em relação à umidade relativa do ar. Nos pontos extremos da faixa observada nota-se que, tanto a umidade relativa baixa quanto a umidade relativa alta, causam insatisfação.

Esses resultados mostram o que foi discutido sobre os índices biofísicos de conforto: o nível de satisfação não é em função exclusiva das condições ambientais. As oscilações podem ter ocorrido em função do uso de mecanismos adaptativos (neste caso, por exemplo, o tipo de vestimenta, abertura e/ou fechamento de janelas e portas, etc.) por parte dos usuários, resultando em níveis de satisfação diferenciados.

4.4.3 Adaptação ao ambiente

A adaptação ao ambiente foi pesquisada por meio de duas escalas subjetivas: aceitação do ambiente e capacidade de estudar neste. Nas Figuras 4.26, 4.27 e 4.28 apresentam-se os cruzamentos da aceitação do ambiente com a temperatura de bulbo seco do ar, umidade relativa do ar e temperatura operativa, respectivamente.

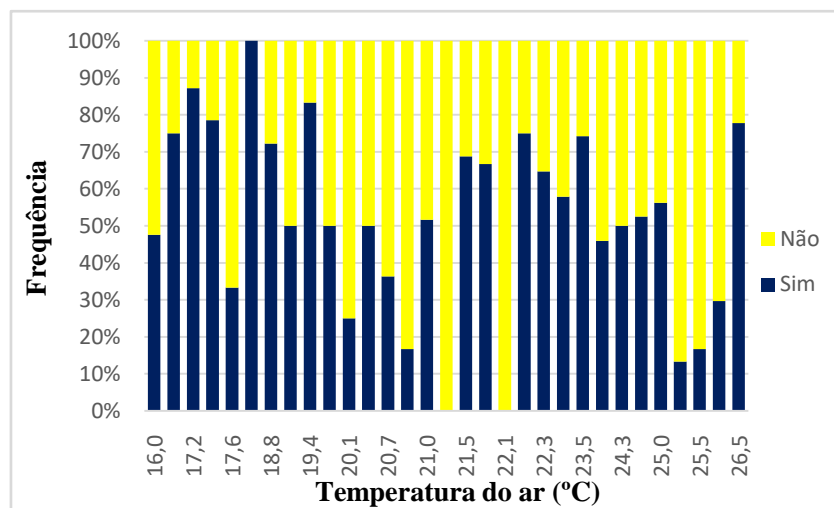


Figura 4.26 - Cruzamento da temperatura de bulbo seco do ar com a aceitação do ambiente

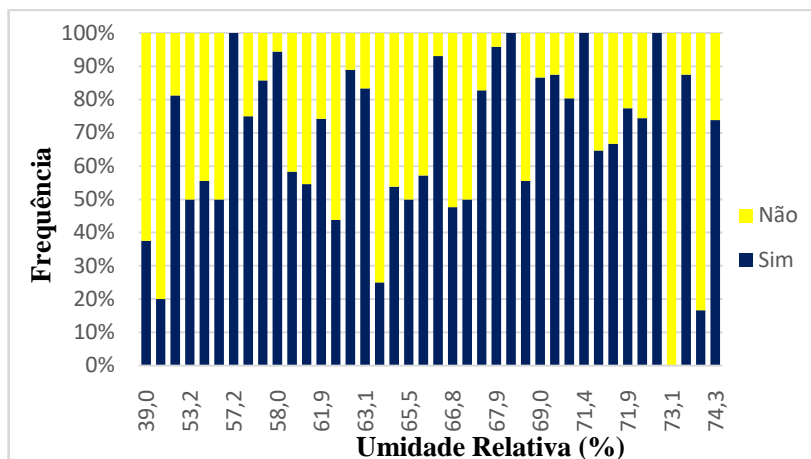


Figura 4.27 – Cruzamento da umidade relativa do ar com a aceitação do ambiente

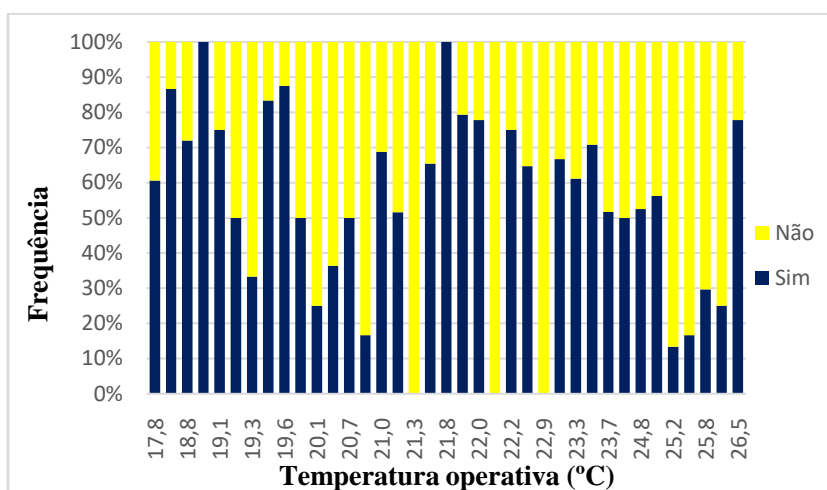


Figura 4.28 - Cruzamento da temperatura operativa com a aceitação do ambiente

Observa-se que o nível de aceitação do ambiente sofre muitas oscilações e cai consideravelmente a partir de temperaturas mais altas, enquanto que para a umidade relativa do ar o nível de aceitação do ambiente cai em seus dois extremos. Entre estes extremos, durante as oscilações, o ambiente continua sendo aceitável para a maioria dos usuários.

Nas Figuras 4.29 a 4.31 apresentam-se os cruzamentos dos julgamentos da capacidade de estudar no ambiente (considerada pelos alunos em normal ou prejudicada) com a temperatura de bulbo seco do ar, umidade relativa e temperatura operativa.

A partir destas análises, considera-se que, de forma geral, o conforto do ambiente não prejudica a capacidade de estudar dos usuários. Nota-se que a atividade de estudo fica mais prejudicada quando a temperatura aumenta e quando a umidade relativa do ar ambiente está nos extremos medidos.

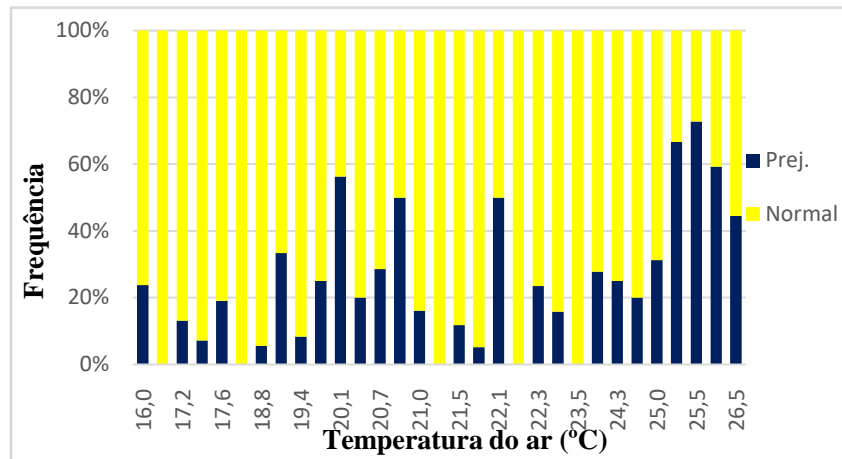


Figura 4.29 - Cruzamento da temperatura de bulbo seco do ar com a capacidade de estudar no ambiente

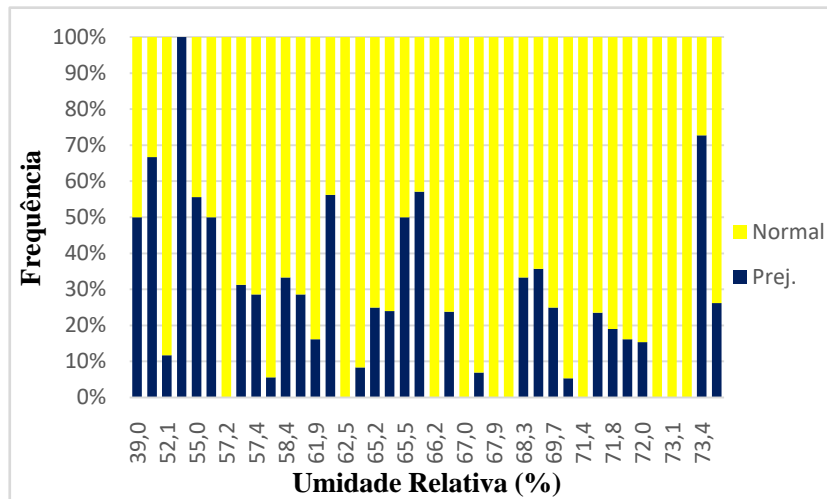


Figura 4.30 - Cruzamento da umidade relativa com a capacidade de estudar no ambiente

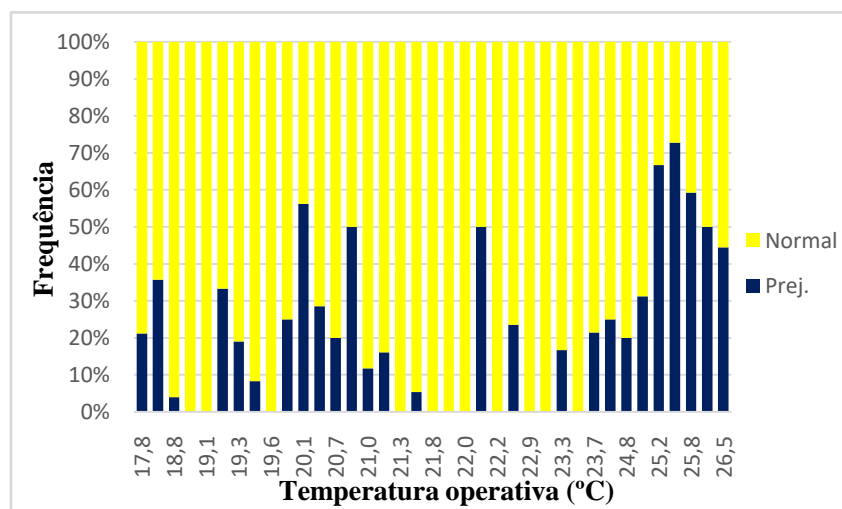


Figura 4.31 - Cruzamento da temperatura operativa com a capacidade de estudar no ambiente

4.5 Definição dos limites de conforto térmico

Após a formatação dos dados levantados em campo, procedeu-se a determinação dos limites de conforto térmico para a população em estudo, a partir das proporções de votos levantados para cada grau de sensação térmica, segundo o Método de Regressão Probit e o Método de Médias Associadas. Ambos os métodos têm como início a tabela A.1 contida no Apêndice A, citada anteriormente.

4.5.1 Método de Regressão Probit

Inicialmente, tratou-se todos os valores da temperatura de bulbo seco do ar (T_{ar}) em ordem crescente, mostrando-se a frequência absoluta dos dados obtidos dos votos das sensações subjetivas de conforto térmico muito frio (-3 ou MF), frio (-2 ou F), ligeiramente frio (-1 ou LF), neutro (0 ou C), ligeiramente quente (+1 ou LQ), quente (+2 ou Q) e muito quente (+3 ou MQ) a partir do questionário aplicado aos usuários (Tabela 4.6).

Observa-se que quando um estímulo térmico é aplicado a vários seres humanos, com o mesmo nível de intensidade, a resposta varia de um indivíduo para o outro. Então, os estímulos diferentes podem ser comparados em termos da magnitude das respostas que produzem em vários indivíduos (ARAÚJO, 2001; GONÇALVES, 2000).

Na Tabela 4.7 apresentam-se as frequências relativas e absolutas das correlações entre as sensações de conforto térmico nas categorias presença de desconforto por calor, ausência de desconforto por frio, ausência de desconforto por calor e presença de desconforto por frio, em relação à temperatura de bulbo seco do ar (T_{ar}).

Aplicando a Análise Probit obtém-se as probabilidades ou percentuais estimados para as categorias ausência de frio ($MQ+Q+LQ+C+0,5LF$) e desconfortável devido ao calor ($MQ+Q+0,5LQ$), em função das variáveis ambientais medidas. Na Tabela 4.8 mostra-se a frequência dessas ocorrências do grau de satisfação em função da temperatura de bulbo seco do ar. Nas colunas A e B são apresentadas as frequências absolutas e relativas respectivamente. As percentagens da coluna B são convertidas em Próbits e mostradas na coluna C. Para a obtenção dos Próbits, utiliza-se como referência a Tabela de Próbits indicada por Fisher e Yates (1971, Tabela IX, p.72-74). As linhas de regressão são traçadas

entre estes Próbites e os valores da temperatura de bulbo seco do ar correspondentes (Figuras 4.32 e 4.33).

Os Próbites calculados a partir das retas de regressão encontram-se na coluna D. Estes Próbites são convertidos novamente em percentagens utilizando-se as Tabelas de Próbite indicadas por Fisher e Yates (1971, Tabela IX, p.72-74) e mostrados na coluna E. As diferenças entre as percentagens reais e as obtidas das curvas senóides suavizadas em função da regressão Probit podem ser vistas nas colunas B e E, para cada temperatura de bulbo seco do ar medida.

Tabela 4.6 - Frequência absoluta para o grau de satisfação segundo a variação da temperatura do ar (T_{ar})

$T_{ar}(^{\circ}C)$	Sensação térmica							TOTAL
	-3	-2	-1	0	1	2	3	
16,0	0	0	2	4	1	0	0	7
16,0	2	7	4	1	0	0	0	14
16,8	0	0	3	4	0	1	0	8
17,2	0	1	3	19	1	0	0	24
17,2	0	0	2	11	1	1	0	15
17,5	0	0	6	11	1	1	0	19
17,5	0	0	1	6	2	0	0	9
17,6	1	4	9	7	0	0	0	21
18,7	0	0	0	1	0	0	0	1
18,8	0	0	3	14	0	1	0	18
19,2	0	2	5	2	2	1	0	12
19,4	0	0	1	5	6	0	0	12
19,9	0	1	0	7	0	0	0	8
20,1	0	0	0	3	10	3	0	16
20,6	0	0	1	4	9	5	1	20
20,7	2	7	6	5	1	1	0	22
20,8	0	0	2	2	0	2	0	6
21,0	0	3	9	12	5	2	0	31
21,3	0	0	0	0	0	1	0	1
21,5	0	0	0	11	5	0	0	16
21,7	0	3	14	32	7	0	0	56
21,7	0	0	2	0	0	0	0	2
22,1	0	1	0	1	0	0	0	2
22,2	0	0	1	2	0	1	0	4
22,3	0	0	2	5	5	5	0	17
23,3	0	0	5	17	5	1	0	28
23,3	0	0	0	2	0	0	0	2
23,3	0	0	0	2	2	2	1	7
23,5	0	1	15	13	0	0	0	29
23,5	0	0	1	21	1	1	0	24
23,5	0	0	0	5	2	2	0	9
23,7	0	0	0	8	9	8	1	26
23,7	0	0	0	3	0	0	0	3
23,7	0	0	0	1	2	3	2	8
24,3	0	0	0	0	3	1	0	4
24,8	0	0	0	16	11	4	0	31
24,8	0	0	0	3	3	3	0	9
25,0	0	0	0	8	4	3	1	16
25,2	0	0	0	0	5	9	1	15
25,5	0	0	0	0	4	6	2	12
25,8	0	0	0	4	4	6	4	18
25,8	0	0	0	3	4	1	1	9
26,5	0	0	0	1	1	0	0	2
26,5	0	0	0	5	1	1	0	7
SOMA	5	30	97	281	117	76	14	620

Tabela 4.7 - Frequências relativas e absolutas das correlações em relação à temperatura de bulbo seco do ar (T_{ar})

T_{ar} (°C)	Frequências absolutas (nº de votos)				Frequência relativa (%)			
	Com calor	Ausência de frio	Ausência de calor	Com frio	Com calor	Ausência de frio	Ausência de calor	Com frio
	MQ+Q+0,5LQ	MQ+Q+LQ+C+0,5LF	MF+F+LF+C+0,5LQ	MF+F+0,5LF	MQ+Q+0,5LQ	MQ+Q+LQ+C+0,5LF	MF+F+LF+C+0,5LQ	MF+F+0,5LF
16,0	0,5	6	6,5	1	7,14%	85,71%	92,86%	14,29%
16,0	0	3	14	11	0,00%	21,43%	100,00%	78,57%
16,8	1	6,5	7	1,5	12,50%	81,25%	87,50%	18,75%
17,2	0,5	21,5	23,5	2,5	2,08%	89,58%	97,92%	10,42%
17,2	1,5	14	13,5	1	10,00%	93,33%	90,00%	6,67%
17,5	1,5	16	17,5	3	7,89%	84,21%	92,11%	15,79%
17,5	1	8,5	8	0,5	11,11%	94,44%	88,89%	5,56%
17,6	0	11,5	21	9,5	0,00%	54,76%	100,00%	45,24%
18,7	0	1	1	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
18,8	1	16,5	17	1,5	5,56%	91,67%	94,44%	8,33%
19,2	2	7,5	10	4,5	16,67%	62,50%	83,33%	37,50%
19,4	3	11,5	9	0,5	25,00%	95,83%	75,00%	4,17%
19,9	0	7	8	1	0,00%	87,50%	100,00%	12,50%
20,1	8	16	8	0	50,00%	100,00%	50,00%	0,00%
20,6	10,5	19,5	9,5	0,5	52,50%	97,50%	47,50%	2,50%
20,7	1,5	10	20,5	12	6,82%	45,45%	93,18%	54,55%
20,8	2	5	4	1	33,33%	83,33%	66,67%	16,67%
21,0	4,5	23,5	26,5	7,5	14,52%	75,81%	85,48%	24,19%
21,3	1	1	0	0	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%
21,5	2,5	16	13,5	0	15,63%	100,00%	84,38%	0,00%
21,7	3,5	46	52,5	10	6,25%	82,14%	93,75%	17,86%
21,7	0	1	2	1	0,00%	50,00%	100,00%	50,00%
22,1	0	1	2	1	0,00%	50,00%	100,00%	50,00%
22,2	1	3,5	3	0,5	25,00%	87,50%	75,00%	12,50%
22,3	7,5	16	9,5	1	44,12%	94,12%	55,88%	5,88%
23,3	3,5	25,5	24,5	2,5	12,50%	91,07%	87,50%	8,93%
23,3	0	2	2	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
23,3	4	7	3	0	57,14%	100,00%	42,86%	0,00%
23,5	0	20,5	29	8,5	0,00%	70,69%	100,00%	29,31%
23,5	1,5	23,5	22,5	0,5	6,25%	97,92%	93,75%	2,08%
23,5	3	9	6	0	33,33%	100,00%	66,67%	0,00%
23,7	13,5	26	12,5	0	51,92%	100,00%	48,08%	0,00%
23,7	0	3	3	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
23,7	6	8	2	0	75,00%	100,00%	25,00%	0,00%
24,3	2,5	4	1,5	0	62,50%	100,00%	37,50%	0,00%
24,8	9,5	31	21,5	0	30,65%	100,00%	69,35%	0,00%
24,8	4,5	9	4,5	0	50,00%	100,00%	50,00%	0,00%
25,0	6	16	10	0	37,50%	100,00%	62,50%	0,00%
25,2	12,5	15	2,5	0	83,33%	100,00%	16,67%	0,00%
25,5	10	12	2	0	83,33%	100,00%	16,67%	0,00%
25,8	12	18	6	0	66,67%	100,00%	33,33%	0,00%
25,8	4	9	5	0	44,44%	100,00%	55,56%	0,00%
26,5	0,5	2	1,5	0	25,00%	100,00%	75,00%	0,00%
26,5	1,5	7	5,5	0	21,43%	100,00%	78,57%	0,00%
SOMA	148,5	536,5	471,5	83,5	23,95%	86,53%	76,05%	13,47%

Tabela 4.8 - Distribuição das frequências observadas e estimadas dos Próbites por categoria de grau de satisfação

Tar(°C)	MQ+Q+LQ+C+0,5LF					MQ+Q+0,5LQ				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
16,0	6	85,7	6,0669	5,3647	64,2	0,5	7,1	3,5316	2,3481	0,4
16,0	3	21,4	4,2074	5,3647	64,2	0	0,0	0,0000	2,3481	0,4
16,8	6,5	81,3	5,8890	5,6232	73,3	1	12,5	3,8497	2,5255	0,7
17,2	21,5	89,6	6,2591	5,7524	77,4	0,5	2,1	2,9665	2,6141	0,9
17,2	14	93,3	6,4985	5,7524	77,4	1,5	10,0	3,7184	2,6141	0,9
17,5	16	84,2	6,0027	5,8494	80,2	1,5	7,9	3,5882	2,6807	1
17,5	8,5	94,4	6,5893	5,8494	80,2	1	11,1	3,7788	2,6807	1
17,6	11,5	54,8	5,1206	5,8817	81,1	0	0,0	0,0000	2,7028	1,1
18,7	1	100,0	8,7190	6,2371	89,2	0	0,0	0,0000	2,9467	2
18,8	16,5	91,7	6,3852	6,2694	89,8	1	5,6	3,4107	2,9689	2,1
19,2	7,5	62,5	5,3186	6,3986	91,9	2	16,7	4,0339	3,0575	2,6
19,4	11,5	95,8	6,7279	6,4632	92,8	3	25,0	4,3255	3,1019	2,9
19,9	7	87,5	6,1503	6,6377	94,9	0	0,0	0,0000	3,2216	3,8
20,1	16	100,0	8,7190	6,6894	95,4	8	50,0	5,0000	3,2571	4,1
20,6	19,5	97,5	6,9600	6,8510	96,8	10,5	52,5	5,0627	3,3679	5,1
20,7	10	45,5	4,8870	6,8833	97,1	1,5	6,8	3,5091	3,3901	5,4
20,8	5	83,3	5,9661	6,9156	97,2	2	33,3	4,5684	3,4123	5,6
21,0	23,5	75,8	5,6999	6,9802	97,6	4,5	14,5	3,9419	3,4566	6,1
21,3	1	100,0	8,7190	7,0771	98,11	1	100,0	8,7190	3,5231	7
21,5	16	100,0	8,7190	7,1418	98,39	2,5	15,6	3,9890	3,5675	7,6
21,7	46	82,1	5,9192	7,2064	98,63	3,5	6,3	3,4699	3,6118	8,3
21,7	1	50,0	5,0000	7,2064	98,63	0	0,0	0,0000	3,6118	8,3
22,1	1	50,0	5,0000	7,3356	99,02	0	0,0	0,0000	3,7005	9,7
22,2	3,5	87,5	6,1503	7,3679	99,11	1	25,0	4,3255	3,7226	10,1
22,3	16	94,1	6,5632	7,4002	99,18	7,5	44,1	4,8516	3,7448	10,5
23,3	25,5	91,1	6,3469	7,7233	99,68	3,5	12,5	3,8497	3,9665	15,1
23,3	2	100,0	8,7190	7,7233	99,68	0	0,0	0,0000	3,9665	15,1
23,3	7	100,0	8,7190	7,7233	99,68	4	57,1	5,1789	3,9665	15,1
23,5	20,5	70,7	5,5446	7,7880	99,73	0	0,0	0,0000	4,0109	16,1
23,5	23,5	97,9	7,0335	7,7880	99,73	1,5	6,3	3,4699	4,0109	16,1
23,5	9	100,0	8,7190	7,7880	99,73	3	33,3	4,5684	4,0109	16,1
23,7	26	100,0	8,7190	7,8526	99,78	13,5	51,9	5,0476	4,0552	17,2
23,7	3	100,0	8,7190	7,8526	99,78	0	0,0	0,0000	4,0552	17,2
23,7	8	100,0	8,7190	7,8526	99,78	6	75,0	5,6745	4,0552	17,2
24,3	4	100,0	8,7190	8,0464	99,88	2,5	62,5	5,3186	4,1882	20,8
24,8	31	100,0	8,7190	8,2080	99,93	9,5	30,6	4,4928	4,2991	24,2
24,8	9	100,0	8,7190	8,2080	99,93	4,5	50,0	5,0000	4,2991	24,2
25,0	16	100,0	8,7190	8,2726	99,95	6	37,5	4,6814	4,3434	25,6
25,2	15	100,0	8,7190	8,3372	99,96	12,5	83,3	5,9661	4,3877	27
25,5	12	100,0	8,7190	8,4342	99,97	10	83,3	5,9661	4,4543	29,3
25,8	18	100,0	8,7190	8,5311	99,98	12	66,7	5,4316	4,5208	31,6
25,8	9	100,0	8,7190	8,5311	99,98	4	44,4	4,8592	4,5208	31,6
26,5	2	100,0	8,7190	8,7573	99,99	0,5	25,0	4,3255	4,6760	37,3
26,5	7	100,0	8,7190	8,7573	99,99	1,5	21,4	4,2074	4,6760	37,3

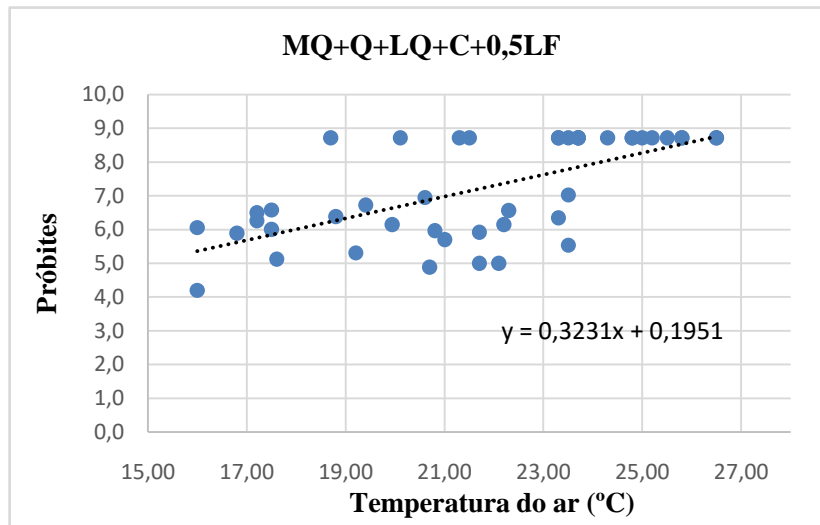


Figura 4.32 - Comportamento dos Próbites observados e estimados relativos aos graus de satisfação MQ+Q+LQ+C+0,5LF *versus* temperatura de bulbo seco do ar

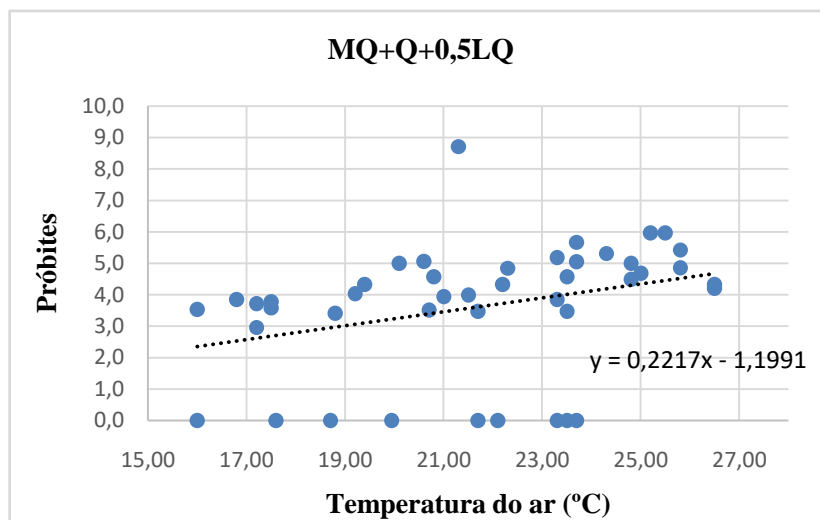


Figura 4.33 - Comportamento dos Próbites observados e estimados relativos aos graus de satisfação MQ+Q+0,5LQ *versus* temperatura de bulbo seco do ar

Em seguida, as curvas senóides são traçadas (Figura 4.34) entre as percentagens estimadas (coluna E – Tabela 4.8) e os valores correspondentes de temperatura de bulbo seco do ar, relativas às referidas combinações de graus de satisfação.

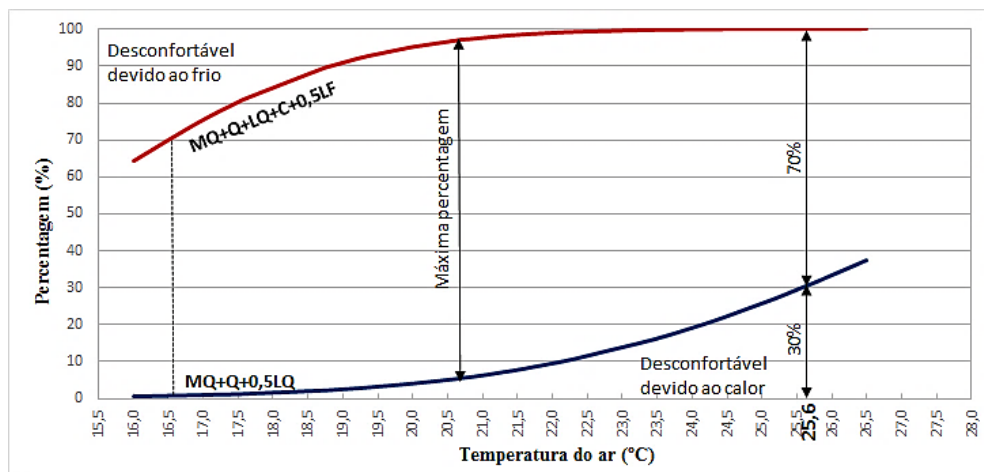


Figura 4.34 - Comportamento das curvas de porcentagens estimadas relativas às combinações dos graus de conforto térmico *versus* temperatura de bulbo seco do ar

Por meio das curvas mostradas na Figura 4.34 pode-se fazer algumas considerações em relação ao grau de satisfação do usuário. Uma linha traçada em algum valor de temperatura, como 25,6°C, por exemplo, intercepta estas curvas formando dois segmentos de reta. O comprimento total da linha representa 100% dos votos do grau de satisfação, mas cada segmento tem um significado diferente: o segmento mais baixo representa a porcentagem de escolha relativa ao desconfortável devido ao calor (30%, neste caso, para $T_{ar} = 25,6^{\circ}C$). O segmento mais acima representa a porcentagem confortável (70%, neste caso, para $T_{ar} = 25,6^{\circ}C$). Poderia haver um segmento mais acima deste último que representaria a porcentagem relativa ao desconforto devido ao frio, o que não acontece nesta medida de temperatura de bulbo seco do ar.

Estas considerações permitem concluir que a área entre as curvas representa a porcentagem dos votos relativos ao grau de satisfação confortável, ocorrendo em aproximadamente 90% sua porcentagem máxima de votos para a temperatura do ar de 20,7°C.

Se as porcentagens da coluna E da combinação $MQ+Q+LQ+C+0,5LF$ na Tabela 4.8 forem subtraídas das porcentagens da combinação $MQ+Q+0,5LQ$, o resultado representa a porcentagem relativa ao grau de satisfação confortável para cada valor de temperatura de bulbo seco do ar (T_{ar}). Assim, a porcentagem relativa ao grau de satisfação desconfortável devido ao calor e desconfortável devido ao frio também pode ser obtida.

As percentagens das frequências estimadas relativas aos graus de satisfação desconfortável devido ao calor, confortável e desconfortável devido ao frio são apresentadas na Tabela 4.9 e são representadas pelas suas respectivas curvas na Figura 4.35.

Tabela 4.9 - Distribuição das frequências estimadas segundo a variação da temperatura de bulbo seco do ar

T _{ar} (°C)	Desconfortável devido ao calor	Confortável	Desconfortável devido ao frio
16,0	0,4	63,8	35,8
16,0	0,4	63,8	35,8
16,8	0,7	72,6	26,7
17,2	0,9	76,5	22,6
17,2	0,9	76,5	22,6
17,5	1,0	79,2	19,8
17,5	1,0	79,2	19,8
17,6	1,1	80,0	18,9
18,7	2,0	87,2	10,8
18,8	2,1	87,7	10,2
19,2	2,6	89,3	8,1
19,4	2,9	89,9	7,2
19,9	3,8	91,1	5,1
20,1	4,1	91,3	4,6
20,6	5,1	91,7	3,2
20,7	5,4	91,7	2,9
20,8	5,6	91,6	2,8
21,0	6,1	91,5	2,4
21,3	7,0	91,1	1,9
21,5	7,6	90,8	1,6
21,7	8,3	90,3	1,4
21,7	8,3	90,3	1,4
22,1	9,7	89,3	1,0
22,2	10,1	89,0	0,9
22,3	10,5	88,7	0,8
23,3	15,1	84,6	0,3
23,3	15,1	84,6	0,3
23,3	15,1	84,6	0,3
23,3	15,1	84,6	0,3
23,5	16,1	83,6	0,3
23,5	16,1	83,6	0,3
23,5	16,1	83,6	0,3
23,5	16,1	83,6	0,3
23,7	17,2	82,6	0,2
23,7	17,2	82,6	0,2
23,7	17,2	82,6	0,2
24,3	20,8	79,1	0,1
24,8	24,2	75,7	0,1
24,8	24,2	75,7	0,1
25,0	25,6	74,4	0,1
25,2	27,0	73,0	0,0
25,5	29,3	70,7	0,0
25,8	31,6	68,4	0,0
25,8	31,6	68,4	0,0
26,5	37,3	62,7	0,0
26,5	37,3	62,7	0,0

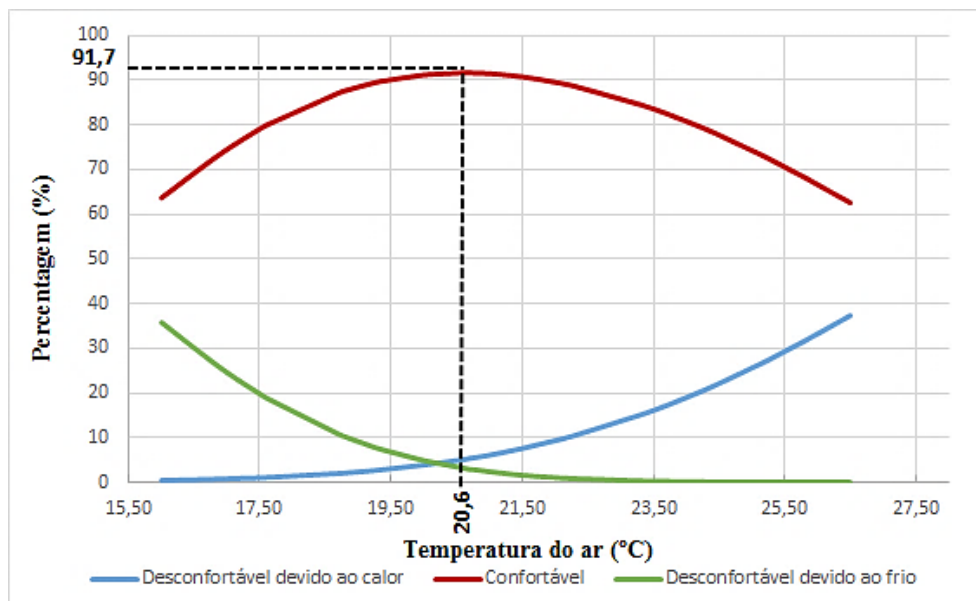


Figura 4.35 - Frequências estimadas por regressão Probit *versus* temperatura de bulbo seco do ar

Verifica-se que o máximo da categoria confortável corresponde a uma temperatura de bulbo seco do ar de 20,6°C que prevê um estimado de 91,7% pessoas confortáveis (satisfeitas) contra uma percentagem de insatisfeitos de 8,3%. Subtraindo-se ainda de 100 os percentuais da coluna confortável na Tabela 4.9, tem-se a curva de percentagem estimada de pessoas insatisfeitas (Figura 4.36).

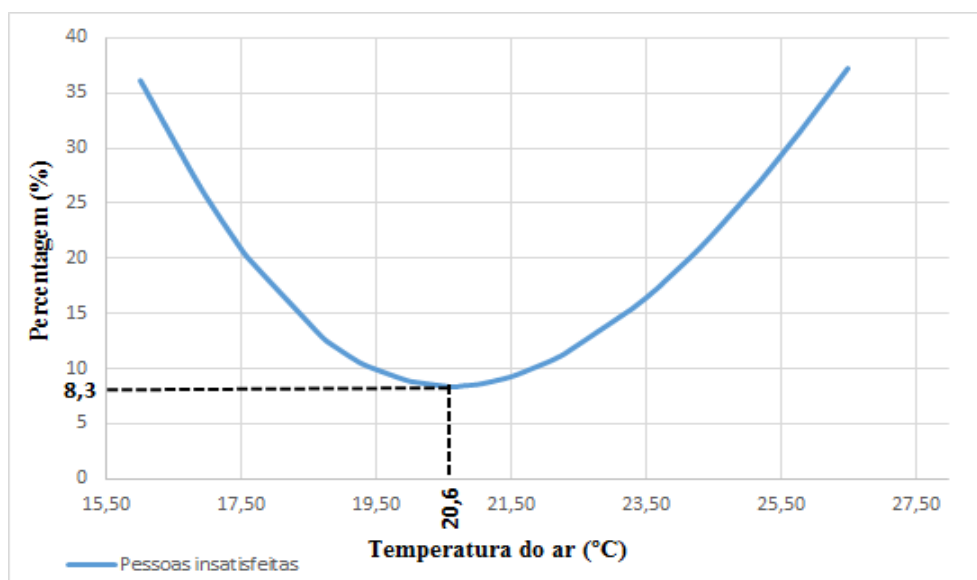


Figura 4.36 - Percentagem de pessoas insatisfeitas estimada por regressão Probit *versus* temperatura de bulbo seco do ar

A partir desta análise de percentagens de pessoas satisfeitas e insatisfeitas, traça-se uma linha horizontal com nível de frequência de 70% e 30%, aproximadamente, conforme se mostra nas curvas traçadas na Figura 4.34. Nas interseções das linhas horizontais traçadas em 70% e 30% com as curvas de $MQ+Q+LQ+C+0,5LF$ e $MQ+Q+0,5LQ$ encontram-se os valores de T_{ar} em que ocorrem as mudanças do grau de satisfação (entre desconfortável e confortável). O valor desta mudança de desconfortável devido ao frio para confortável (70%) é de aproximadamente $16,6^{\circ}C$, e o valor da mudança de confortável para desconfortável devido ao calor (30%) é aproximadamente $25,6^{\circ}C$. Estes dois valores representam os parâmetros de conforto térmico para a variável temperatura de bulbo seco do ar.

Em seguida, o mesmo tipo de análise foi feito na definição dos parâmetros de conforto para a variável temperatura operativa, com o objetivo de definir a variável climática que deverá ser utilizada na obtenção da zona de conforto deste ambiente. Na Figura 4.37 mostra-se o comportamento da variável temperatura operativa.

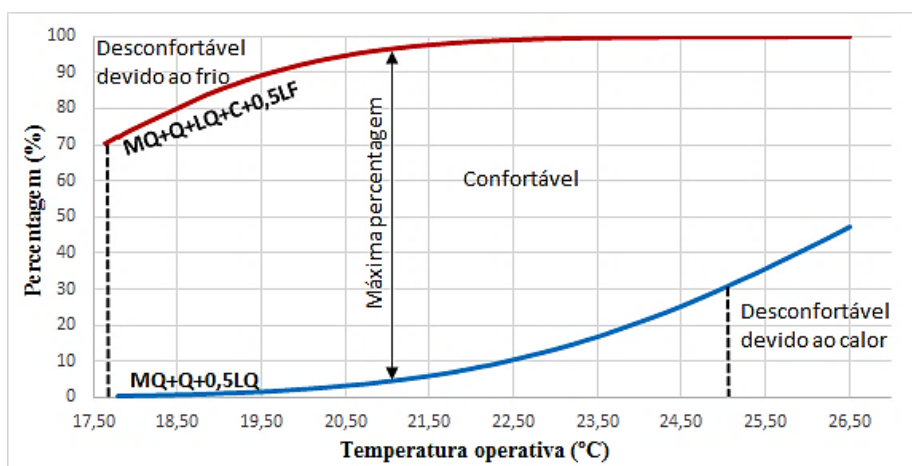


Figura 4.37 - Comportamento das curvas de percentagens estimadas relativas às combinações dos graus de conforto térmico *versus* temperatura operativa

Ao se analisar a curva de comportamento *versus* a temperatura operativa, na Figura 4.37, percebe-se que o intervalo de conforto térmico para a temperatura operativa (aproximadamente $17,7$ a $24,9^{\circ}C$) é próximo àquele encontrado para a temperatura de bulbo seco do ar, entretanto não é idêntico. Isto denota que no ambiente estudado há fontes de calor radiante que incidem sobre o indivíduo alterando a sensação térmica dos mesmos, esta alteração não depende apenas da temperatura de bulbo seco do ar o que gera a diferença nos resultados. Portanto, neste ambiente é aconselhável utilizar a temperatura operativa para determinar a sensação experimentada pelo usuário, cuja máxima percentagem de satisfeitos

ocorre em, aproximadamente, 21°C. Escolhe-se, portanto, utilizar, para o Método de Regressão Probit, a temperatura operativa como sendo a temperatura de bulbo seco do ar.

Na Figura 4.38 apresentam-se as curvas limites de conforto e desconforto determinadas para a umidade relativa do ar. Observa-se que as variações da umidade relativa do ar verificadas não foram responsáveis por percentagem de insatisfeitos superiores a 30% nem para o calor e nem para o frio. Isto pode ter acontecido devido às poucas medições realizadas nos meses de dezembro e janeiro (período letivo com muitos dias de recesso) e à falta de medições nos meses de maio e junho (ensaios de campo haviam sido finalizados).

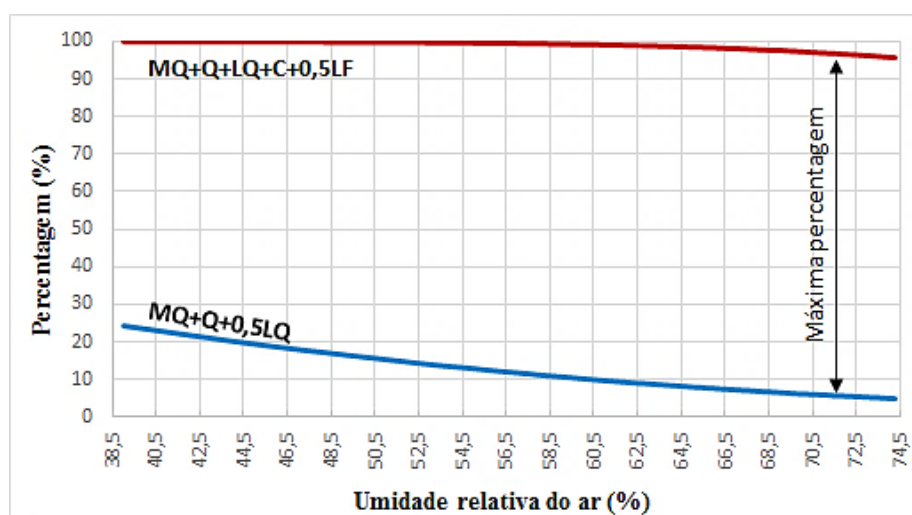


Figura 4.38 - Comportamento das curvas das percentagens estimadas relativas às combinações dos graus de conforto térmico versus umidade relativa do ar

Devido a estes estimadores não válidos, foram analisados outros parâmetros psicrométricos na tentativa de estabelecer uma zona de conforto (XAVIER, 1999). Torna-se necessário conhecer os limites satisfatórios de ao menos uma das demais variáveis climáticas do ambiente, uma vez que apenas o limite da temperatura operativa não é suficiente. Sendo assim, foi preciso estabelecer os valores das variáveis umidade absoluta (ω) e temperatura de bulbo úmido (T_{bu}), a partir da utilização da calculadora online Vaisala Humidity Calculator Versão 5.0 (VAISALA, 2006) e da carta psicrométrica de Ouro Preto, conforme especificado no Apêndice A. Na Figura 4.39 encontra-se o resultado desta análise para a umidade absoluta do ar.

Ao se analisar a curva de comportamento em função da umidade absoluta do ar (Figura 4.39), observa-se que as variações da umidade absoluta do ar verificadas não foram responsáveis por

percentagem de insatisfeitos superiores a 30% para o frio. Entretanto foi possível identificar um limite de insatisfeitos superiores a 30% para o calor em 16,2g/kg, com a máxima percentagem de satisfeitos (91,9%) em 10,8g/kg. Na Figura 4.40 apresenta-se o resultado desta análise para a temperatura de bulbo úmido, em °C.

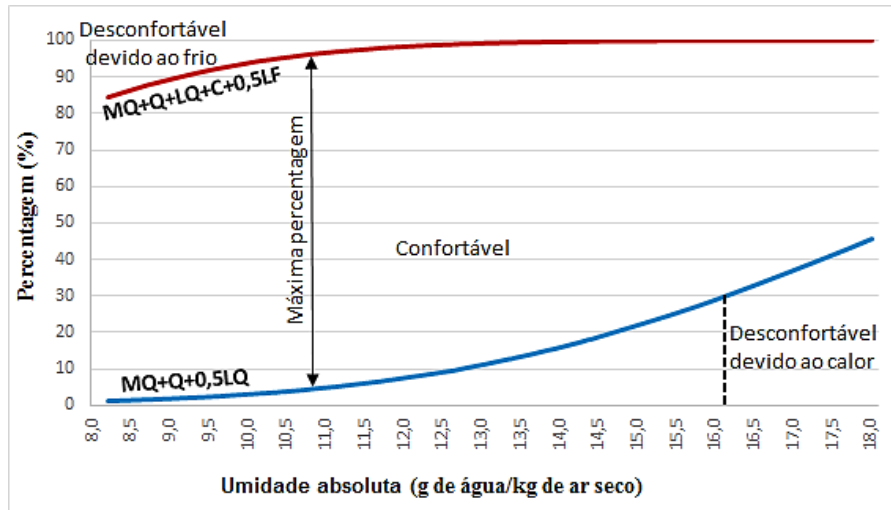


Figura 4.39 - Comportamento das curvas das percentagens estimadas relativas às combinações dos graus de conforto térmico *versus* umidade absoluta do ar

Por meio da análise dos resultados obtidos para a temperatura de bulbo úmido (Figura 4.40), pode-se notar uma faixa de conforto para a temperatura de bulbo úmido entre 12,1 e 20,6°C, sendo que a temperatura com a maior percentagem de pessoas confortáveis foi 16,1°C, com 91,7% de satisfeitos.

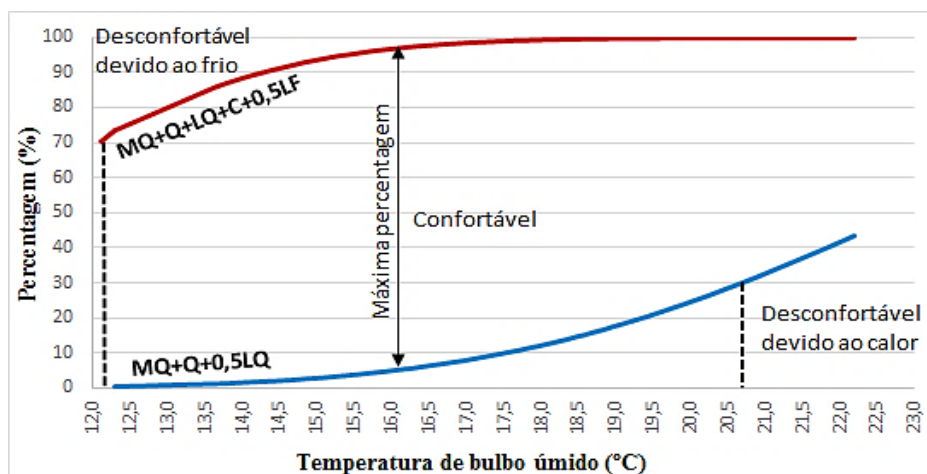


Figura 4.40 - Comportamento das curvas das percentagens estimadas relativas às combinações dos graus de conforto térmico *versus* temperatura de bulbo úmido

Continuando a linha de análise dos dados, apresenta-se o resultado das correlações MF+F+0,5LF e MF+F+LF+C+0,5LQ para as variáveis ambientais que são consideradas para a obtenção da zona de conforto térmico em questão: temperatura operativa (Figura 4.41), umidade absoluta do ar (Figura 4.42) e temperatura de bulbo úmido (Figura 4.43).

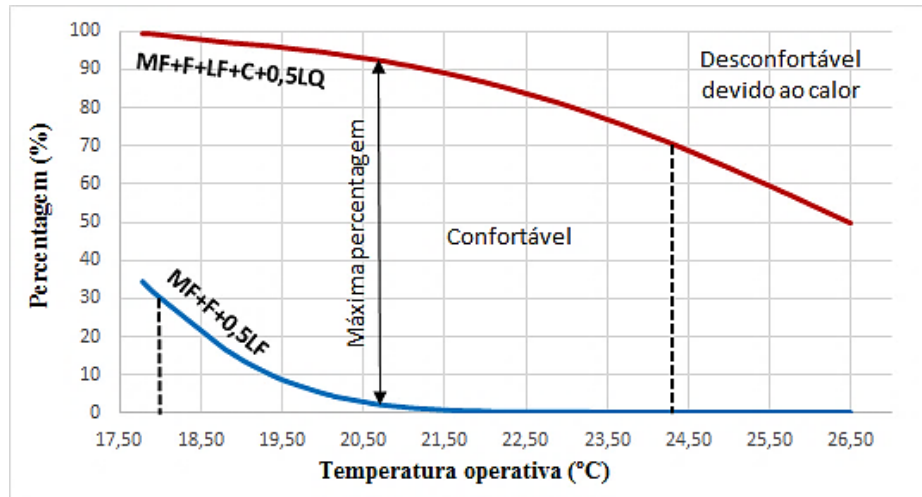


Figura 4.41 - Comportamento das curvas das percentagens estimadas relativas às combinações MF+F+0,5LF e MF+F+LF+C+0,5LQ dos graus de conforto térmico *versus* temperatura operativa

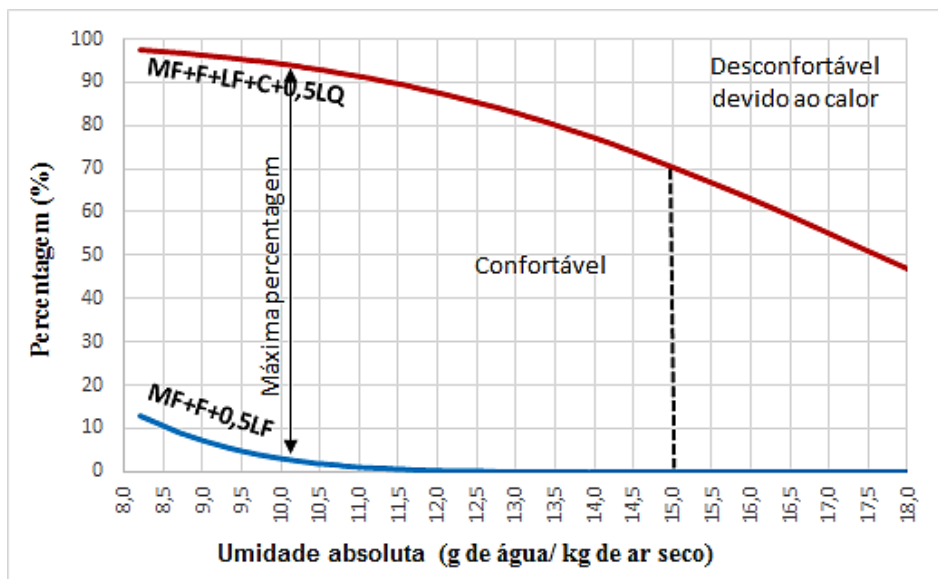


Figura 4.42 - Comportamento das curvas das percentagens estimadas relativas às combinações MF+F+0,5LF e MF+F+LF+C+0,5LQ dos graus de conforto térmico *versus* umidade absoluta do ar

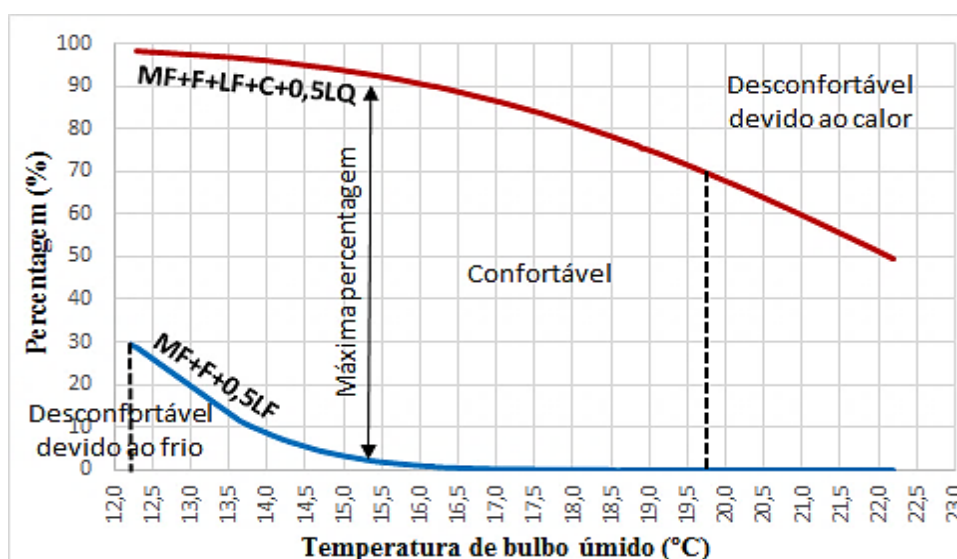


Figura 4.43 - Comportamento das porcentagens estimadas relativas às combinações MF+F+0,5LF e MF+F+LF+C+0,5LQ dos graus de conforto térmico *versus* temperatura de bulbo úmido

Os valores percebidos das análises das correlações MF+F+0,5LF e MF+F+LF+C+0,5LQ (Figuras 4.41 a 4.43) aproximam-se daqueles obtidos quando considerando as combinações MQ+Q+0,5LQ e MQ+Q+LQ+C+0,5LF (Figuras 4.37, 4.39 e 4.40) e são apresentados na Tabela 4.10. Os parâmetros de conforto representam os valores das variáveis ambientais na mudança de desconfortável devido ao frio para confortável e de desconfortável devido ao calor para confortável, representando o percentual de pessoas insatisfeitas e satisfeitas. O máximo percentual equivale ao valor da variável quando ocorre o maior número de usuários confortáveis com as condições do ambiente. Os resultados completos, com tabelas e gráficos referentes às variáveis climáticas temperatura operativa, umidade relativa do ar, umidade absoluta do ar e temperatura de bulbo úmido são apresentados no Apêndice B desta pesquisa.

Tabela 4.10 – Intervalos (quente e frio) de conforto térmico para as variáveis ambientais estudadas

Variáveis ambientais	MQ+Q+0,5LQ e MQ+Q+LQ+C+0,5LF		MF+F+0,5LF e MF+F+LF+C+0,5LQ	
	Intervalo	Máx. %C	Intervalo	Máx. %C
Temperatura operativa (T _o)	17,7 a 24,9 °C	21°C	17,8 a 24,4 °C	20,7°C
Umidade absoluta (W)	* a 16,2 (g/kg)	10,8 g/kg	* a 15,0 (g/kg)	10,2 (g/kg)
Temperatura de bulbo úmido (t _{bu})	12,1 a 20,6 °C	16,1°C	12,2 a 19,8 °C	15,4°C

Finalmente, para melhor visualização e utilização prática dos parâmetros de conforto térmico, optou-se apresentá-los na carta psicrométrica apresentada na Figura 4.44. Para tal, considerou-se a carta psicrométrica de Ouro Preto e os limites de conforto da temperatura

operativa, razão de mistura e temperatura de bulbo úmido são as médias das combinações quente e frio (Tabela 4.11).

Tabela 4.11 - Limites de conforto térmico - Método de Regressão Probit

Variáveis ambientais	Limites de conforto
Temperatura operativa (T_o)	17,8 a 24,7°C
Razão de mistura (W)	* a 15,6g/kg
Temperatura de bulbo úmido (t_{bu})	12,2 a 20,2°C

Como se mostra na Figura 4.44, o limite obtido para a umidade absoluta do ar não interfere na obtenção da zona de conforto térmico. Entretanto, como foi possível obter uma zona de conforto utilizando apenas os limites de temperatura operativa e de temperatura de bulbo úmido, pode-se desconsiderar o limite da umidade absoluta do ar. Na análise dos dados verifica-se que as demais variáveis são válidas, em princípio, para as condições experimentais sob as quais foram determinadas.

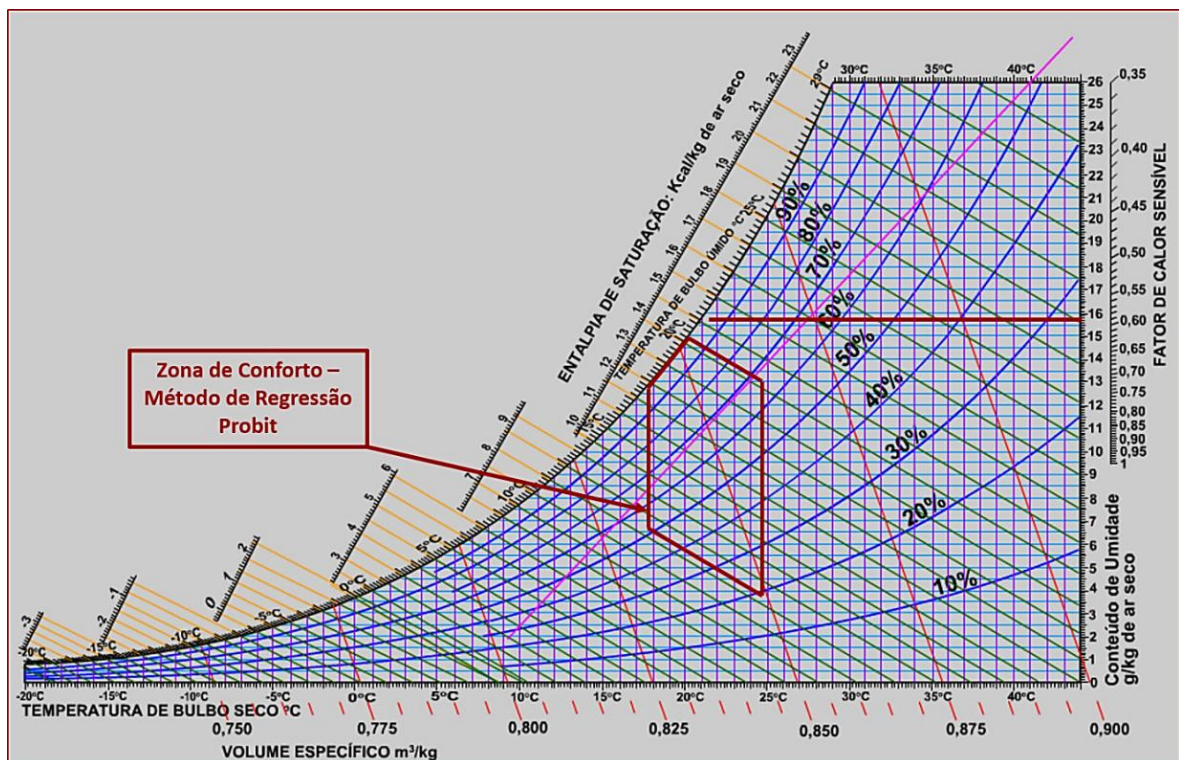


Figura 4.44 - Carta psicrométrica com os parâmetros de conforto térmico determinados segundo o Método de Regressão Probit

4.5.2 Método de Médias Associadas

Inicialmente, tratou-se todos os valores da temperatura de bulbo seco do ar (T_{ar}) em ordem crescente, mostrando-se a frequência absoluta dos dados obtidos dos votos das sensações subjetivas de conforto térmico muito frio (-3 ou MF), frio (-2 ou F), ligeiramente frio (-1 ou LF), neutro (0 ou C), ligeiramente quente (+1 ou LQ), quente (+2 ou Q) e muito quente (+3 ou MQ) a partir do questionário aplicado aos usuários, da mesma forma como mostrou-se anteriormente na Tabela 4.6. Realizou-se então uma contagem para obter-se a média das temperaturas do ar para cada grupo de sensação térmica, resultado este apresentado na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 - Médias da temperatura de bulbo seco do ar para cada grupo de sensação térmica

Voto de sensação térmica	Temperatura do ar média (°C)
-3	18,2
-2	19,2
-1	20,3
0	21,3
1	22,6
2	23,3
3	24,7

Com estes resultados calculou-se o desvio padrão, $\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$, para cada grupo de sensação térmica em função da temperatura de bulbo seco do ar (Tabela 4.13).

Tabela 4.13 - Desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) para cada grupo de sensação térmica

Voto de sensação térmica	Temperatura do ar média (°C)	-1 δ	+1 δ	-2 δ	+2 δ
-3	18,2	16,1	20,4	13,9	22,5
-2	19,2	17,1	21,4	14,9	23,5
-1	20,3	18,2	22,5	16,0	24,6
0	21,3	19,2	23,5	17,0	25,6
1	22,6	20,5	24,8	18,3	26,9
2	23,3	21,2	25,5	19,0	27,6
3	24,7	22,6	26,9	20,4	29,0

O Método de Médias Associadas permite escolher o limite de conforto utilizado para as variáveis climáticas analisadas. Neste trabalho utiliza-se o limite contido entre $\pm 2\delta$, com uma

alteração: considera-se apenas a totalidade do limite de neutralidade (0) e metade dos limites de ligeiramente frio (-1) e ligeiramente quente (+1) da escala psicofísica. Esta modificação faz com que a percentagem de respostas incluídas neste limite caia de 95% para 62,6% uma vez que a escala extensa (que incluiu 95% das respostas) incluiu os limites de todas as respostas de sensação térmica. Esta modificação foi realizada a fim de comparar de maneira igualitária as respostas encontradas por meio do Método de Regressão Probit e o Método de Médias Associadas, lembrando que este último é uma análise estatística de dados quaisquer enquanto o primeiro é uma análise desenvolvida para estímulos biológicos.

Os resultados para os limites de conforto da temperatura de bulbo seco do ar a partir do Método de Médias Associadas, conforme é mostrado na Figura 4.45, mostram que, entre 17,2 e 25,6°C, 62,6% dos usuários da edificação escolar em estudo encontram-se em satisfação térmica com o ambiente. Além disso, a máxima percentagem de conforto é alcançada à temperatura de bulbo seco do ar de 21,4°C.

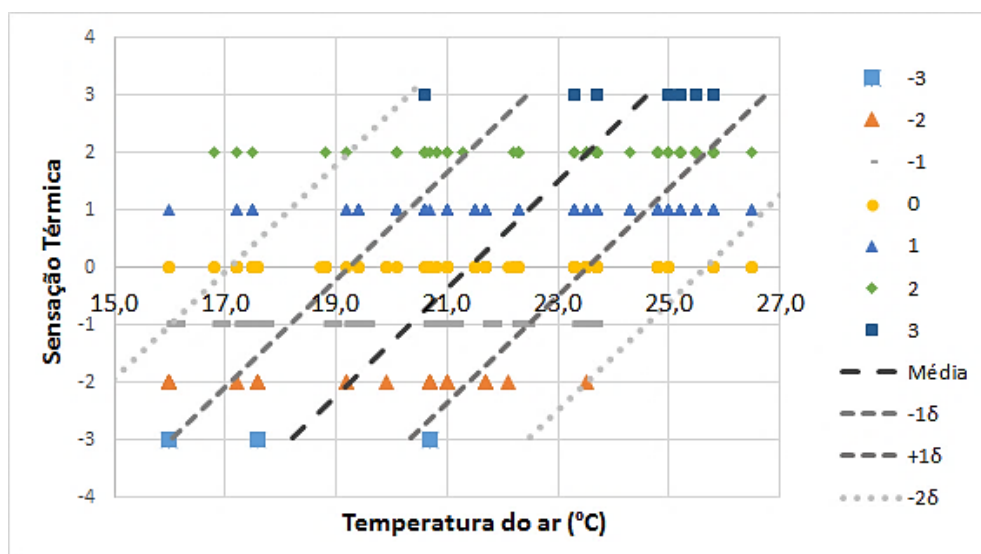


Figura 4.45 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\sigma$ e $\pm 2\sigma$) versus temperatura de bulbo seco do ar

Para o Método de Médias Associadas novamente é necessário comparar os limites resultantes da temperatura de bulbo seco do ar e da temperatura operativa a fim de avaliar qual o mais adequado de se utilizar. Na figura 4.46 retrata-se o limite estabelecido para a temperatura operativa, obtido utilizando o mesmo processo anteriormente mostrado para a temperatura de bulbo seco do ar.

Os resultados mostram que para a temperatura operativa o limite de conforto é de 17,6 a 25,6°C, com a máxima percentagem de conforto ocorrendo em 21,6°C. Ao contrário do ocorrido no Método de Regressão Probit, na análise do Método de Médias Associadas a diferença entre os limites de conforto da temperatura de bulbo seco do ar e temperatura operativa foi menor, com o limite superior coincidindo. Para a obtenção da zona de conforto, optou-se por utilizar o limite de conforto obtido para a temperatura de bulbo seco do ar, uma vez que a temperatura de bulbo seco do ar é uma variável medida diretamente no ambiente e a temperatura operativa é obtida por meio de cálculos.

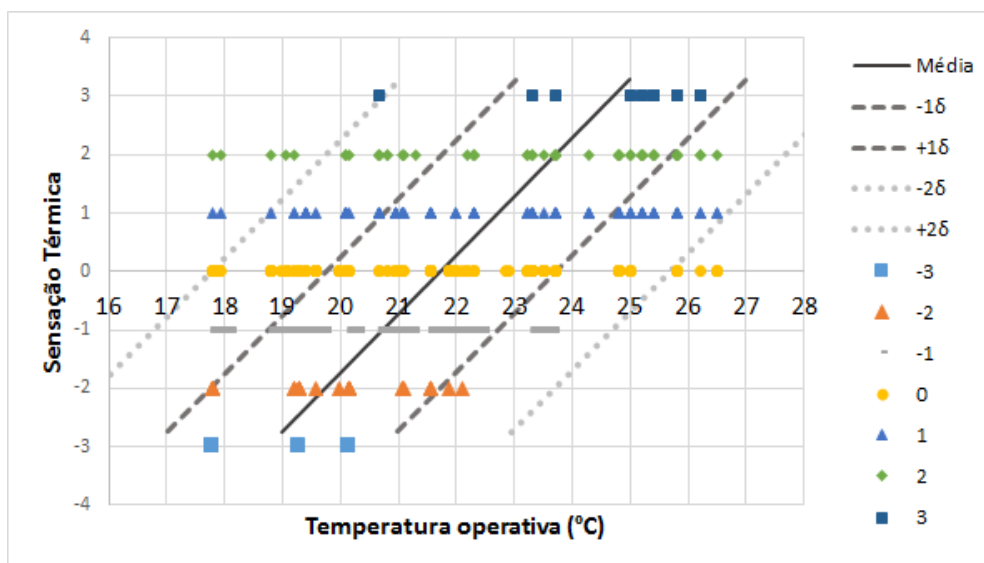


Figura 4.46 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) versus temperatura operativa

A umidade relativa do ar foi analisada segundo o Método de Médias Associadas e, nesta tentativa, obteve-se um limite admissível para o conforto térmico, compreendido entre 63 a 68%, como disposto na Figura 4.47, não sendo necessário calcular os limites para a umidade absoluta do ar.

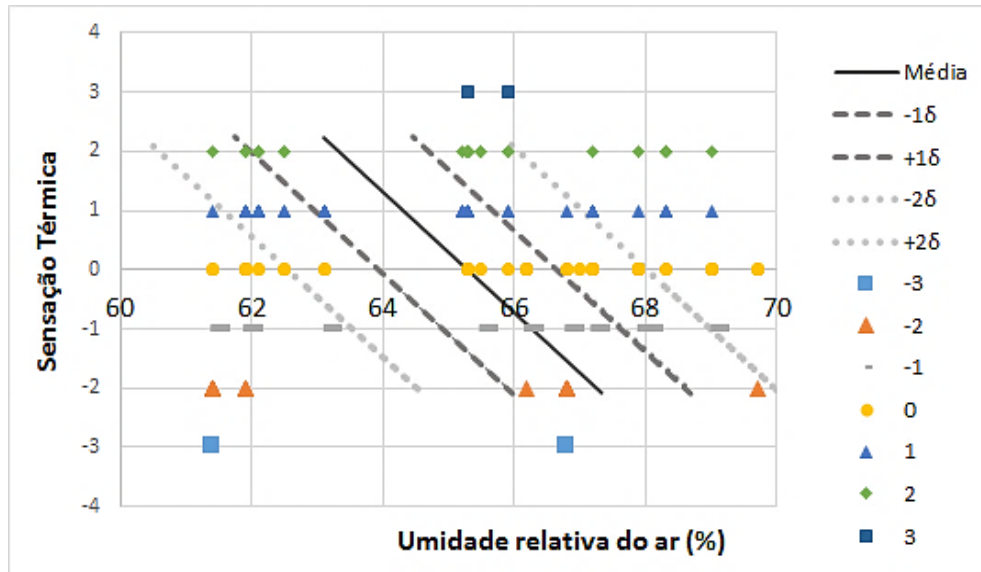


Figura 4.47 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) versus umidade relativa do ar

Apesar de ser possível determinar a zona de conforto térmico diretamente a partir da temperatura de bulbo seco do ar e da umidade relativa do ar para o Método de Médias Associadas, optou-se por realizar a análise da temperatura de bulbo úmido, conforme o gráfico mostrado na Figura 4.48.

Utilizou-se o limite encontrado para a temperatura de bulbo úmido (13,4 a 20,3°C) na zona de conforto estabelecida por meio deste método. Esta decisão tem o intuito de facilitar a comparação dos resultados entre os dois modelos de conforto adaptativos utilizados neste trabalho.

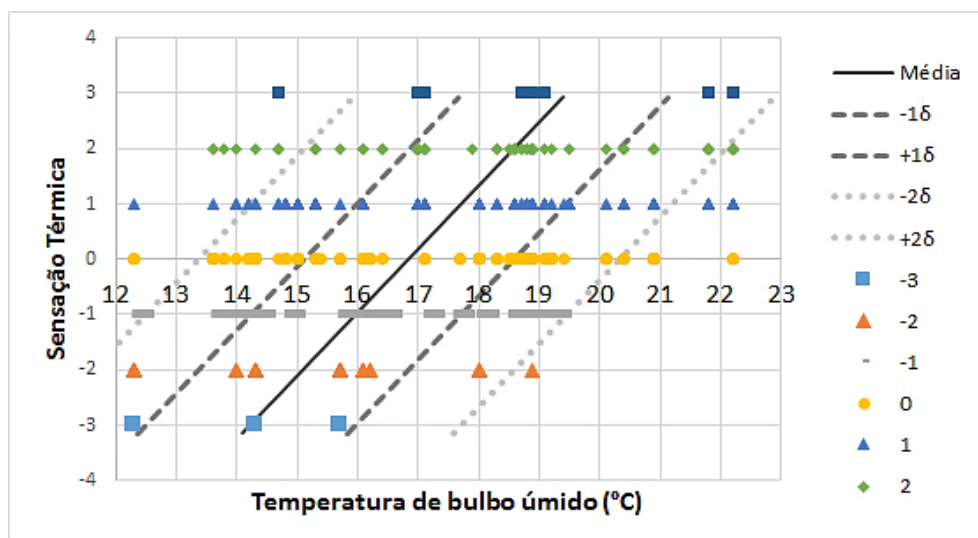


Figura 4.48 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) versus temperatura de bulbo úmido

Portanto, os limites e conforto térmico encontrados para as variáveis climáticas: temperatura de bulbo seco do ar, umidade relativa do ar e temperatura de bulbo úmido encontram-se na Tabela 4.14.

Tabela 4.14 - Limites de conforto térmico - Método de Médias Associadas

Variáveis ambientais	Limites de conforto
Temperatura do ar (T_{ar})	17,2 a 25,6°C
Umidade relativa do ar (Φ)	63 a 68%
Temperatura de bulbo úmido (t_{bu})	13,4 a 20,3°C

Novamente, para melhor visualização e utilização prática dos parâmetros de conforto térmico, apresentou-se na carta psicrométrica, demonstrada na Figura 4.49, a zona de conforto obtida ao utilizar os limites de conforto encontrados por meio do Método de Médias Associadas em função da temperatura de bulbo seco do ar e da temperatura de bulbo úmido, confirmando a validade dos índices, em princípio, para as condições experimentais sob as quais foram determinadas.

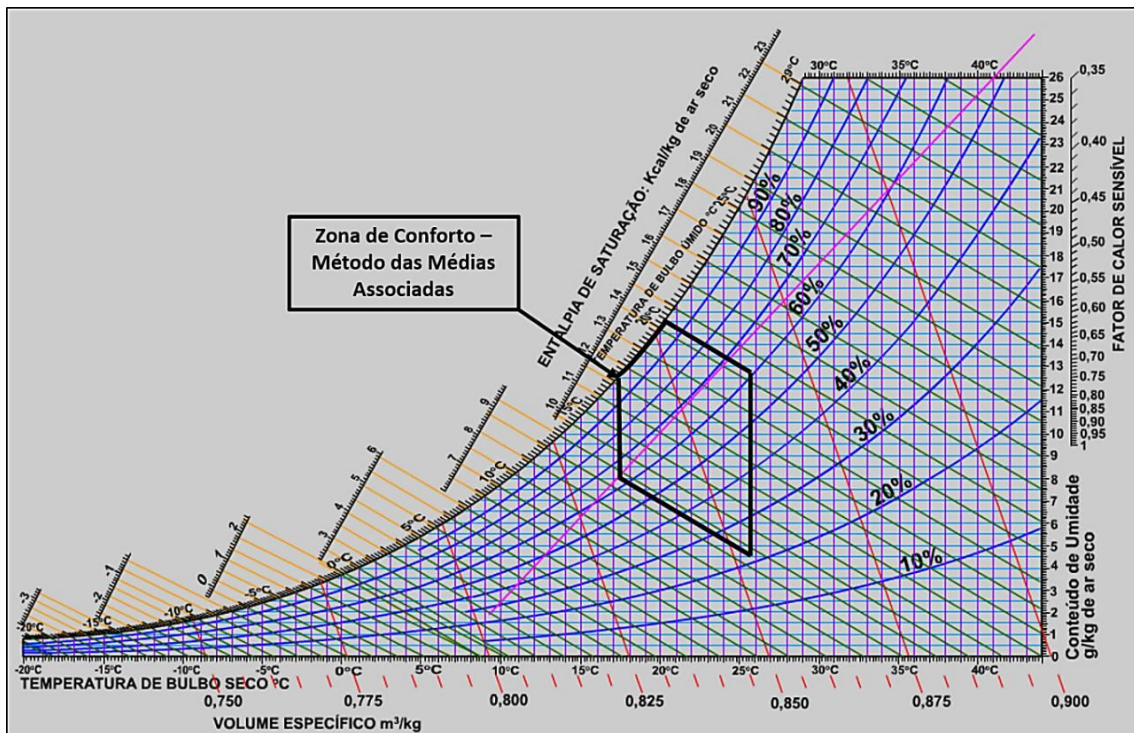
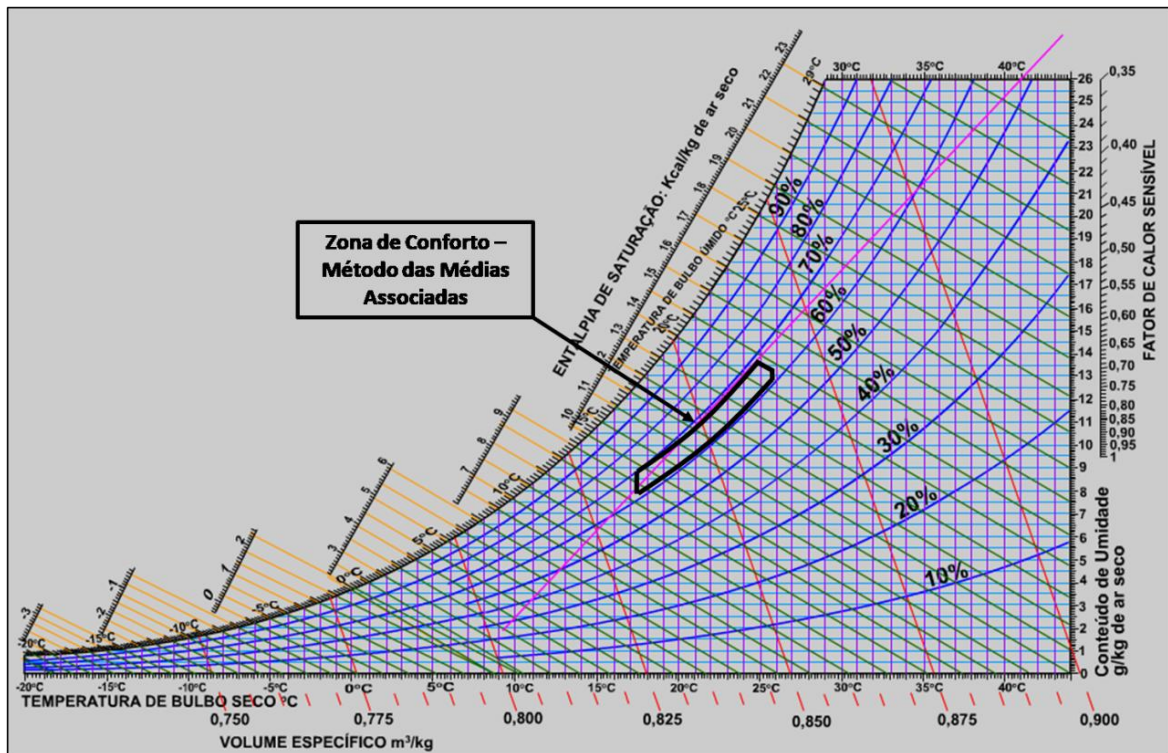


Figura 4.49 - Carta psicrométrica com os parâmetros de conforto térmico determinados segundo o Método de Médias Associadas

Ainda, apresenta-se na carta psicrométrica, Figura 4.50, a zona de conforto obtida ao utilizar os limites de conforto encontrados por meio do Método de Médias Associadas em função da temperatura de bulbo seco do ar, temperatura de bulbo úmido e da umidade relativa do ar, uma vez que esta é a zona de conforto efetivamente obtida para as condições climática de Ouro Preto ao se utilizar o Método de Médias Associadas.



4.50 – Carta psicrométrica com a zona de conforto obtida utilizando o Método de Médias Associadas em função da temperatura do ar e da umidade relativa do ar

4.6 Comparação dos resultados

4.6.1 Método de Regressão Probit e Método de Médias Associadas

Por meio dos resultados obtidos ao longo das análises dispostas anteriormente, estabeleceu-se as zonas de conforto térmico segundo carta psicrométrica para a cidade de Ouro Preto (MG) de acordo com os Métodos de Regressão Probit e de Médias Associadas, respectivamente contidas no gráfico apresentado na Figura 4.51.

Nesta comparação foram utilizadas as zonas de conforto de ambos os métodos em função da temperatura do ar e da temperatura de bulbo úmido. A escolha em desconsiderar os limites de confortos da umidade relativa do ar obtidos por meio do Método de Médias Associadas tem como intuito realizar uma comparação direta entre os métodos, deixando em segundo plano a

comparação dos limites de conforto em si. Um dos objetivos específicos da pesquisa é validar o Método de Médias Associadas e para isso optou-se por compará-lo com o Método de Regressão Probit, este último já com reconhecimento consolidado perante os pesquisadores nacionais e internacionais. Portanto, apenas uma comparação direta entre os dois métodos possibilita a confirmação ou não da viabilidade do Método de Médias Associadas.

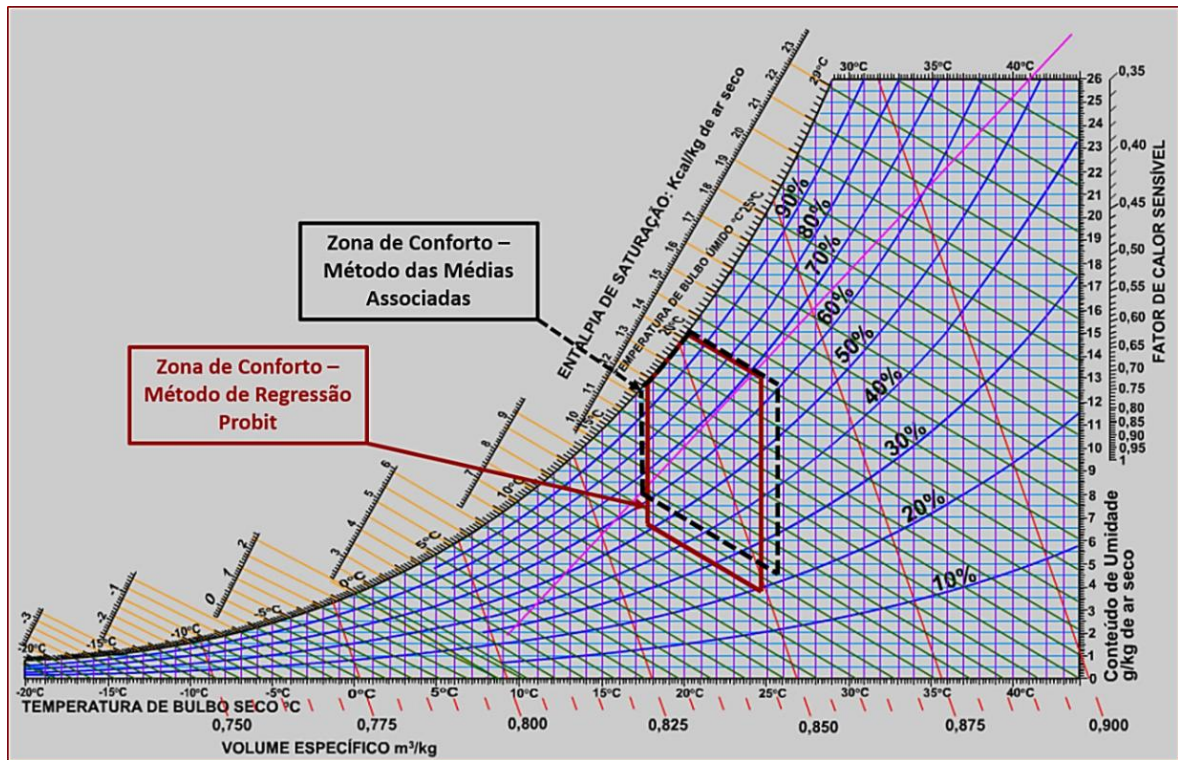


Figura 4.51 - Carta psicrométrica com os parâmetros de conforto térmico determinados segundo Método de Regressão Probit e Método de Médias Associadas

É possível observar que as diferenças entre os resultados dos dois modelos são pequenas (1,5°C entre o intervalo de temperatura de bulbo seco do ar e 1,3°C entre o intervalo de temperatura de bulbo úmido), o que confirma o sucesso dos métodos que, apesar de diferentes, apresentaram resultados próximos e satisfatórios. Estudos realizados por Palma e Stevenson (2015) comprovaram que mudanças climáticas internas abaixo de 2,0°C não são percebidas por usuários de edificações. O Método de Regressão Probit já foi utilizado com sucesso por diversas pesquisas brasileira em diferentes regiões do país – podemos citar; Xavier (1999); Gonçalves (2000); Araújo (2001); Fontanella (2009); etc. – por este motivo, a proximidade entre os resultados obtidos por meio destes dois métodos admite a validade da utilização do Método de Médias Associadas para o clima brasileiro, principalmente para regiões com condições climáticas semelhantes à da cidade de Ouro Preto, MG.

As percentagens máximas de pessoas satisfeitas para a variável temperatura de bulbo seco do ar foi de 92,1% em 20,9°C por meio do Método de Regressão Probit e de 95% em 21,4°C pelo Método de Médias Associadas. Ao utilizar apenas as respostas obtidas por meio dos questionários aplicados aos usuários das edificações em análise, às temperaturas de 21,0°C e 21,4°C, 84,4% dos usuários expressaram sensação de conforto segundo a escala psicofísica de 7 pontos (50% dos votos de ligeiramente quente e ligeiramente frio e a totalidade dos votos de neutralidade). A diferença entre essas percentagens é explicada por esta última (84,4%) ser uma percentagem simples, que considera as respostas obtidas apenas para o valor específico da variável climática no momento da medição e aplicação dos questionários. Por outro lado, as percentagens encontradas por meio dos métodos de análise, realizam uma ponderação da variável climática a fim de encontrar o valor que satisfaz a maior parte dos usuários. Este valor de variável climática e, conseqüentemente, a percentagem máxima, considera todos os valores da variável climática que foram medidos durante o período de coleta de dados e as respectivas sensações térmicas expressadas pelos entrevistados, com o objetivo de analisar o comportamento da população às variações climáticas e, então, determinar o momento em que a maior parte dos usuários realiza menos esforço para manter suas temperaturas internas adequadas para o bom funcionamento do organismo.

4.6.2 Índices de conforto térmico estudados

Os limites de conforto térmico obtidos nesta pesquisa foram comparados com os índices e zonas de conforto estudados no Capítulo 2.4. Destes, foram descartados o Índice de Temperatura de Globo de Bulbo Úmido e o Diagrama Bioclimático de Szokolay, uma vez que o primeiro não se aplica na avaliação de períodos curtos de exposição e na avaliação do *stress* térmico próximo da zona de conforto e que o segundo estabelece uma zona de conforto com base nos intervalos de desvio padrão dos meses, mais quente e mais frio, da região, o que não foi aplicado na análise deste trabalho.

Nesta comparação são utilizadas as zonas de conforto obtidas utilizando: o Método de Regressão Probit em função da temperatura do ar e da temperatura de bulbo úmido e o Método de Médias Associadas em função da temperatura do ar, da umidade relativa do ar e da temperatura de bulbo úmido, uma vez que a viabilidade do Método de Médias Associadas foi comprovada e, a partir deste momento, as análises têm como foco os limites de conforto térmico obtidos ao se utilizar o Método de Regressão Probit e o Método de Médias

Associadas comparando-os com os limites de conforto térmico propostos por demais modelos analíticos.

4.6.2.1 Diagrama bioclimático de Olgyay

A carta bioclimática de Olgyay (1963) determina a zona de conforto em termos de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar. Além disso, indica as medidas corretivas necessárias, como movimento do ar, esfriamento evaporativo, entre outros, quando as condições exteriores de temperatura e umidade relativa encontram-se fora da zona proposta.

Os resultados obtidos a partir do Método de Análise Probit não estabeleceram limites apropriados para a umidade relativa do ar. Devido a este motivo não será possível comparar o resultado obtido segundo este método com a zona de conforto proposta por Olgyay (1963). Por outro lado, o Método de Médias Associadas estabeleceu limites de conforto para a temperatura de bulbo seco do ar e a umidade relativa do ar, variáveis utilizadas por Olgyay (1963), e será o único método comparado neste item.

Na Figura 4.52 mostra-se a comparação dos limites de conforto para a população em estudo (estudantes universitários), obtidos neste trabalho utilizando o Método de Médias Associadas, com os limites propostos por Olgyay (1963).

Pode-se observar tendo como base os limites de conforto das variáveis: temperatura de bulbo seco do ar (compreendida entre 17,2 e 25,6°C) e umidade relativa (entre 63 e 68%), definidos pela pesquisa, que a mais da metade da zona de conforto delimitada conforme mostrado na Figura 4.52, encontra-se dentro dos limites propostos pelo estudo anteriormente mencionado, não sendo necessárias medidas corretivas. Entretanto, o inverso não é verdadeiro, uma vez que a zona de conforto térmico proposta no Diagrama Bioclimático de Olgyay é cerca de quatro vezes maior do que a obtida para as condições climáticas de Ouro Preto utilizando o Método de Médias Associadas.

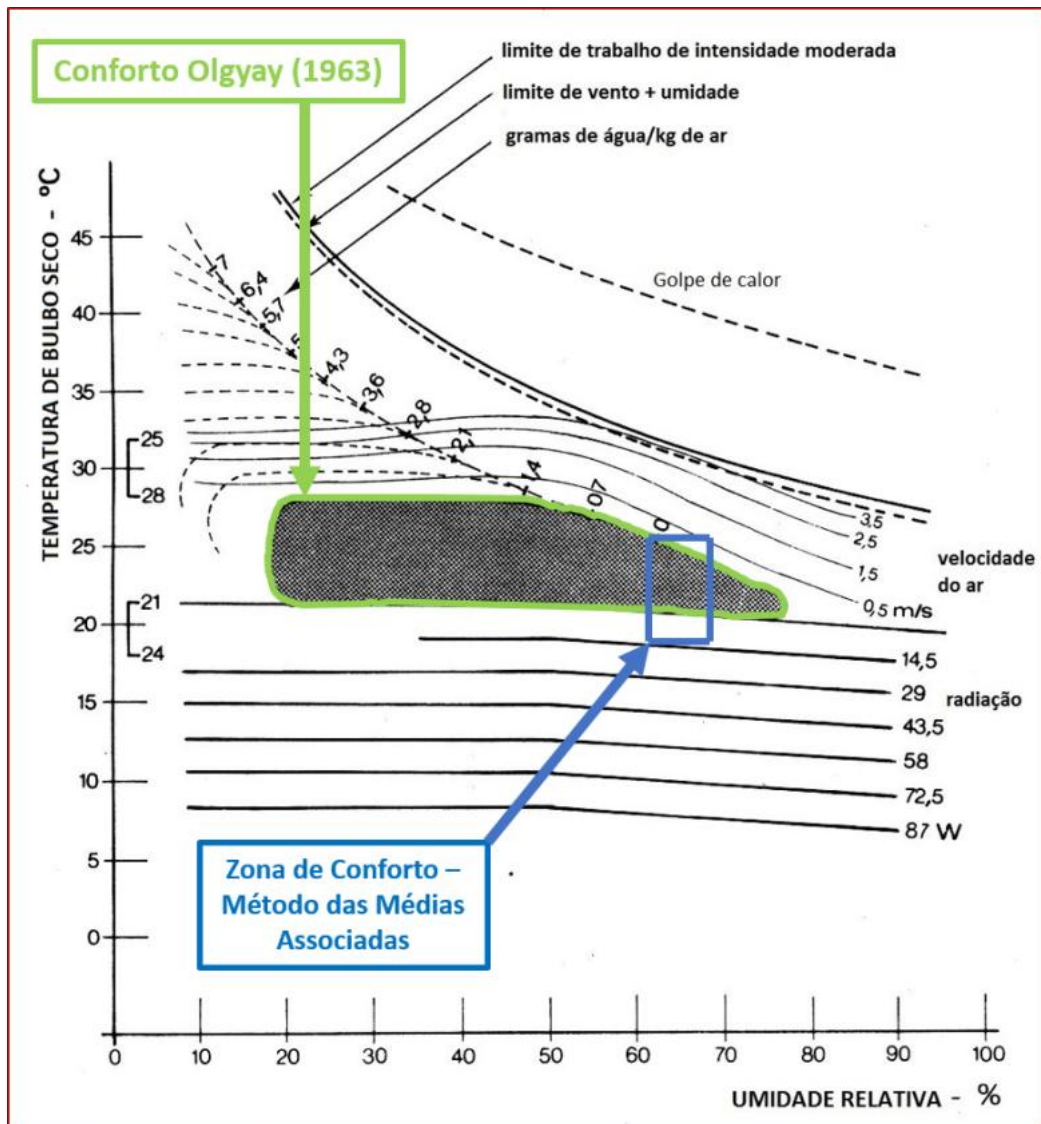


Figura 4.52 – Comparação do diagrama de Olgay com os limites de conforto obtidos

Sendo assim, é possível concluir que ao se utilizar o Diagrama Bioclimático de Olgay para condições climáticas semelhantes às da cidade de Ouro Preto é necessário verificar se o ponto determinado se encontra na zona de conforto prevista pelo Método de Médias Associadas que coincide com a zona proposta no Diagrama Bioclimático de Olgay.

4.6.2.2 Diagrama bioclimático de Givoni

A carta bioclimática de Givoni (1992) com limites da Zona de Conforto ampliados para países de clima quente tem como parâmetros alguns estudos fisiológicos, além de algumas estratégias de controle. Trata-se de um instrumento que permite, a partir das condições exteriores, definir os princípios básicos para o projeto com condições internas dentro da zona de conforto.

Na Figura 4.53 apresenta-se a comparação dos limites de conforto obtidos segundo os Métodos de Regressão Probit e de Médias Associadas para a população em estudos de acordo com os princípios propostos por Givoni (1992).

Com base nos limites de conforto obtidos por meio do Método de Regressão Probit (temperatura operativa - 17,8 a 24,7°C – e temperatura de bulbo úmido – 12,2 a 20,2°C) e do Método de Médias Associadas (temperatura de bulbo seco do ar - 17,2 a 25,6°C –, temperatura de bulbo úmido – 13,4 a 20,3°C – e umidade relativa do ar – 63 a 68%), as áreas delimitadas, mostradas na Figura 4.53, representam a zona de conforto encontrada para a região em estudo.

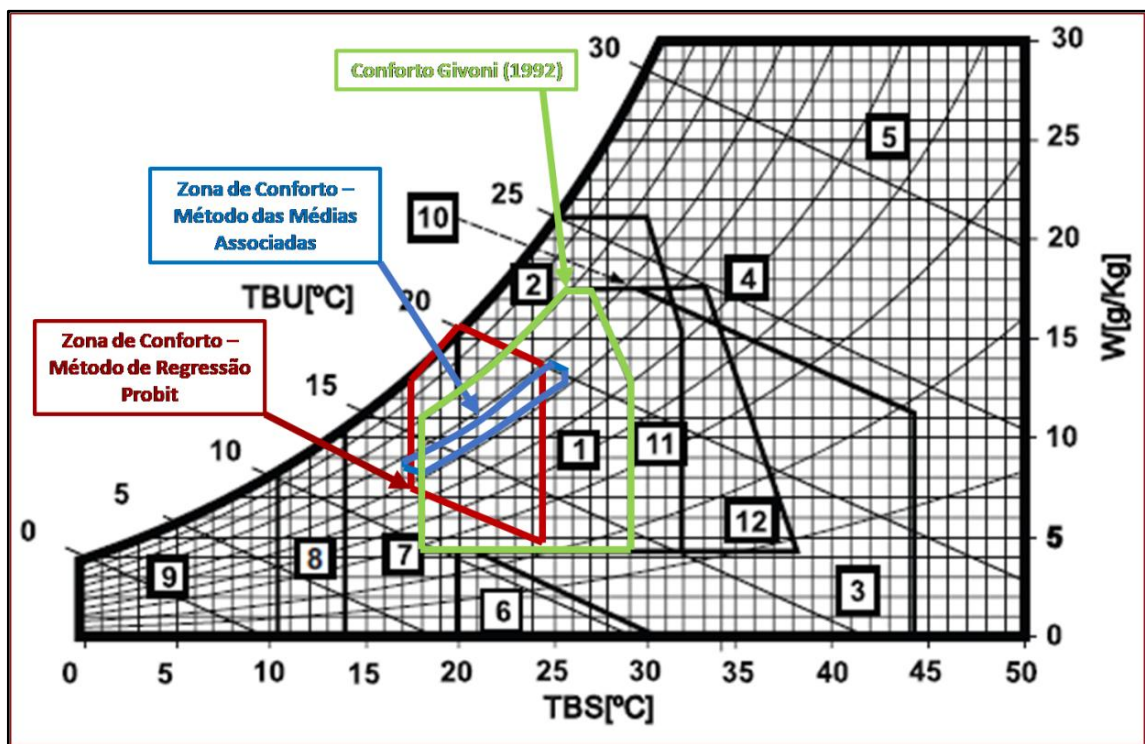


Figura 4.53 - Comparação do diagrama de Givoni com os limites de conforto obtidos

A zona de conforto obtida utilizando o Método de Médias Associadas encontra-se praticamente inteira dentro da zona de conforto térmico proposta no Diagrama Bioclimático de Givoni. Já a zona de conforto obtida utilizando o Método de Regressão Probit encontra-se, em sua maioria, dentro da zona de conforto proposta pelo autor (Zona de Conforto Higrotérmico) com uma pequena parte na zona de massa térmica de aquecimento e outra na zona de ventilação.

Portanto, pode-se afirmar que, em princípio, este instrumento de avaliação é aplicável para a população em estudo (estudantes universitários) para as condições climáticas da cidade de Ouro Preto. Entretanto, é possível destacar que o Método de Médias Associadas apresentou um resultado mais satisfatório e que a falta de limites de conforto para a umidade relativa do ar ao se utilizar o Método de Regressão Probit resultou em necessidades de se adotar estratégias para acondicionamento térmico.

4.6.2.3 Índice de temperatura efetiva

Baseados nos dados de vários estudos, principalmente os desenvolvidos na Austrália e em Cingapura, Koenigsberger et al. (1977; apud GOULART, S. et al., 1994) consideram válidos os limites de 22 a 27°C para a temperatura efetiva (TE). A comparação dos dados da pesquisa com a carta da temperatura efetiva é apresentada na Figura 4.54.

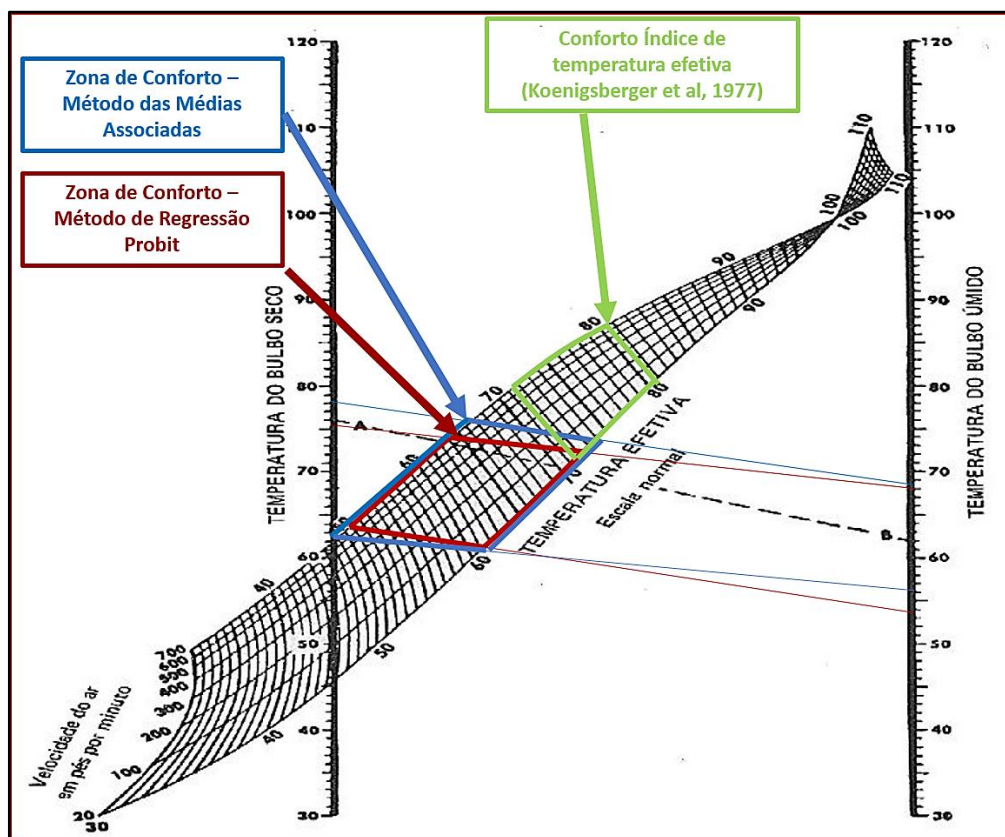


Figura 4.54 - Comparação dos limites de conforto obtidos e a zona de conforto proposta por Koenigsberger et al. (1977; apud GOULART et al., 1994)

Verifica-se que a maior parte das áreas delimitadas pelos limites obtidos segundo os modelos adaptativos utilizados ao longo desta a pesquisa, conforme mostrado na Figura 4.54, situam-se fora da zona de conforto original, coincidindo menos de 10%, o que faz com que a aplicabilidade para a situação em estudo desta proposta seja bem reduzida e, portanto, não é indicada a utilização deste índice para estudos nesta região de estudo.

4.6.2.4 Método de Fanger de PMV e PPD

Dando continuidade ao estudo comparativo, analisa-se o método proposto por Fanger (1970), com grande aceitação e recomendação no país.

De acordo com a curva mostrada na Figura 4.37, verifica-se que a percentagem de pessoas insatisfeitas estimadas pelo Método de Regressão Probit para o caso em estudo em função da temperatura operativa é de 7,9%, conseqüentemente a percentagem de satisfeitos é de 92,1%. Para o Método de Médias Associadas, a percentagem de pessoas insatisfeitas para o caso em estudo em função da temperatura de bulbo seco do ar é de 20,6%, resultando em 79,4% de pessoas satisfeitas.

Substituindo-se o valor de 95% proposto por Fanger para o cálculo do percentual de pessoas insatisfeitas na Equação (2.3) pelos valores encontrados neste trabalho obtêm-se as expressões (4.1) e (4.2) para o Método de Regressão Probit e Método de Médias Associadas, respectivamente.

$$PPD = 100 - 92,1 \times e^{-(0,03353PMV^4 + 0,2179PMV^2)} \quad (4.1)$$

$$PPD = 100 - 79,4 \times e^{-(0,03353PMV^4 + 0,2179PMV^2)} \quad (4.2)$$

Na Figura 4.55 apresenta-se a curva resultante da Equação (2.3) proposta por Fanger (1970) plotada juntamente com as curvas resultantes da Equação (4.1), obtida nesta pesquisa por meio dos dados estimados pelo Método de Regressão Probit, e da Equação (4.2), determinada pelo Método de Médias Associadas também neste trabalho.

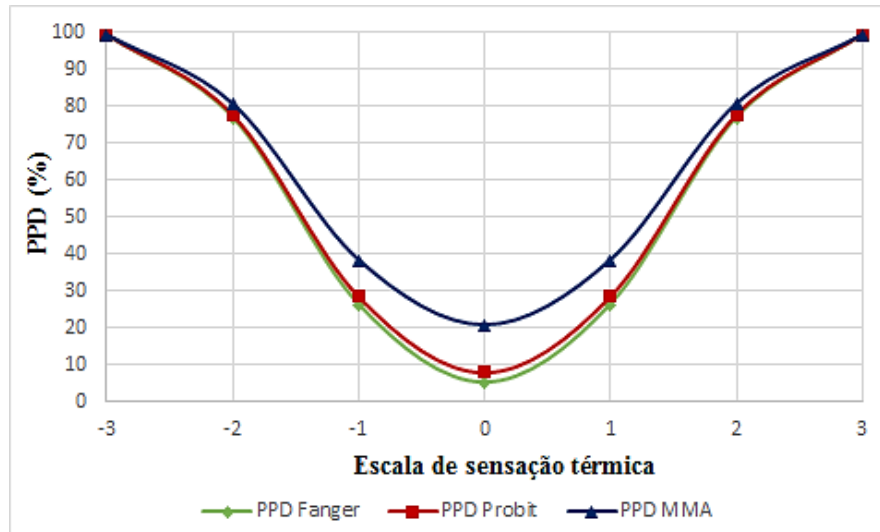


Figura 4.55 - Comparação entre o modelo de Fanger e os dados experimentais levantados para a região em estudo

Com base nesta comparação, podemos analisar alguns aspectos:

- A percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) no voto médio estimado (PMV) igual a zero tem valor de 7,9% para os resultados obtidos no Método de Regressão Probit. Este valor é muito próximo aos 5% de pessoas insatisfeitas nas condições confortáveis propostas por Fanger (1970);
- Ainda analisando a curva obtida por meio dos resultados do Método de Regressão Probit, os resultados coincidem quase que 100% com os resultados de Fanger (1970), sendo mais divergente apenas próximo ao voto de sensação térmica de neutralidade;
- A percentagem de pessoas insatisfeitas no voto médio estimado igual a zero obtida por meio dos dados resultantes do Método de Médias Associadas tem valor de 20,6%, valor superior aos 5% proposto por Fanger (1970). Esta diferença pode ser explicada, pois, diferentemente dos dados experimentais de Fanger (1970), que foram definidos considerando diferentes parâmetros como resistência térmica da roupa, taxa metabólica, razão entre a área superficial do corpo vestido pela área do corpo nu, entre outras, o Método de Médias Associadas utiliza apenas médias e desvios padrão da variável climática em questão e dos votos de sensação térmica obtidos por meio dos questionários aplicados.

Na comparação dos limites obtidos para a população em estudo com os índices convencionais, conclui-se que os índices analisados (com exceção do Índice de Temperatura

Efetiva) podem ser usados, mediante adaptações específicas à natureza de cada um. Destaca-se o uso do diagrama bioclimático de Givoni e o Método de Fanger de PMV e PPD, cujas zonas de conforto obtidas por meio do Método de Regressão Probit e do Método de Médias Associadas englobaram quase toda a área de conforto estudada.

4.7 Classificação por estações do ano

Uma vez determinada as zonas de conforto térmico para a cidade de Ouro Preto – MG utilizando todas as respostas obtidas nos questionários aplicados por meio dos Métodos de Regressão Probit e de Médias Associadas, optou-se por determinar zonas de conforto térmico de acordo com as estações do ano, para verificar as diferenças sazonais apresentadas pelos usuários das edificações analisadas e obter faixas mais variadas e amplas.

Nesta análise escolheu-se utilizar apenas o Método de Médias Associadas por já ter sido verificado a semelhança de seus resultados com os obtidos por meio do Método de Regressão Probit. Além disso, o Método de Médias Associadas possibilitou a determinação dos limites de conforto térmico para a variável climática umidade relativa do ar, tanto para a análise que considera todos os dados em conjunto como para a análise de acordo com cada estação do ano, o que não foi possível ao se aplicar o Método de Regressão Probit devido a necessidade de amplitude nos dados climáticos para que os resultados fossem satisfatórios.

O primeiro passo a ser realizado é separar as amostras a partir das datas de aplicação dos questionários, conforme mostrado na Tabela 4.15.

Tabela 4.15 - Dados de acordo com a estação do ano

Estação	Inverno									
Data	04/jul	18/jul	25/jul	31/jul	09/ago	15/ago	28/ago	05/set	06/set	TOTAL
Questionários respondidos	22	29	56	2	16	1	12	8	31	177

Estação	Primavera											
Data	03/out	17/out	24/out	25/out	01/nov	07/nov	11/nov	14/nov	21/nov	28/nov	05/dez	TOTAL
Questionários respondidos	1	43	8	9	36	21	20	4	30	53	12	237

Estação	Verão										
Data	07/jan	16/jan	21/jan	24/jan	30/jan	31/jan	06/fev	07/fev	10/fev	14/fev	TOTAL
Questionários respondidos	49	35	9	4	9	15	16	2	16	7	162

Estação	Outono					
Data	21/mar	28/mar	31/mar	04/abr	10/abr	TOTAL
Questionários respondidos	11	2	17	6	9	45

Portanto, os 621 questionários válidos foram coletados em 9 dias distintos no inverno, 11 dias distintos na primavera, 10 dias distintos no verão e 6 dias distintos no outono, totalizando 177 dados para o inverno, 237 dados para a primavera, 162 dados para o verão e 45 dados para o outono que serão utilizados para determinar a zona de conforto de acordo com cada estação do ano, em função da temperatura de bulbo seco do ar (°C) e da umidade relativa do ar (%).

4.7.1 Inverno

Pode-se observar na Figura 4.56, que o limite de conforto térmico para a temperatura de bulbo seco do ar ocorre entre 18,8 e 24,4°C durante o inverno. Isto significa que neste intervalo 62,6% dos usuários das edificações estarão satisfeitos com o ambiente. Além disso, abaixo da temperatura de bulbo seco do ar de 18,8°C foi detectado aumento acentuado do desconforto térmico conforme a temperatura de bulbo seco do ar decaí.

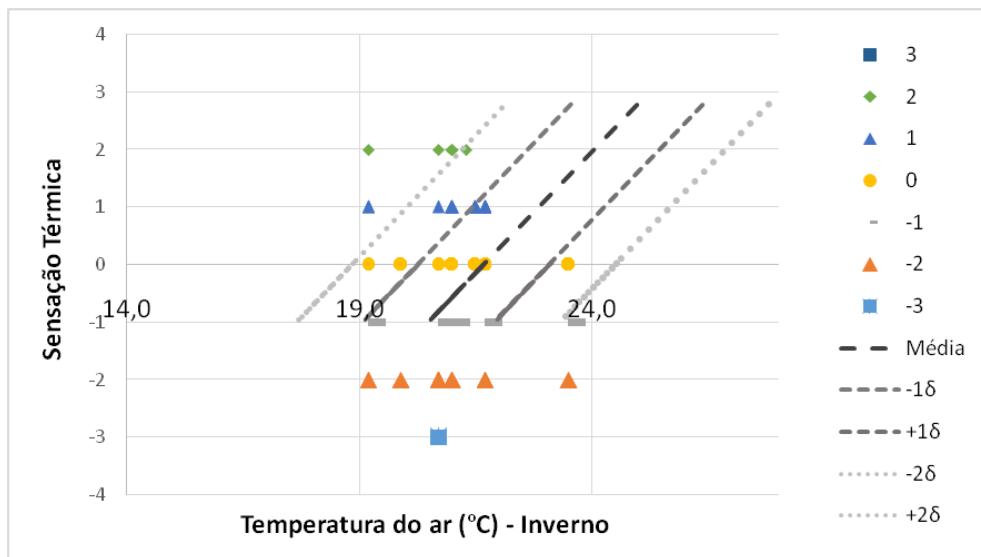


Figura 4.56 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) versus temperatura de bulbo seco do ar: INVERNO

Observa-se na Figura 4.57 que entre o intervalo de 53% e 70% de umidade relativa do ar apresentam-se situações de conforto no interior dos ambientes.

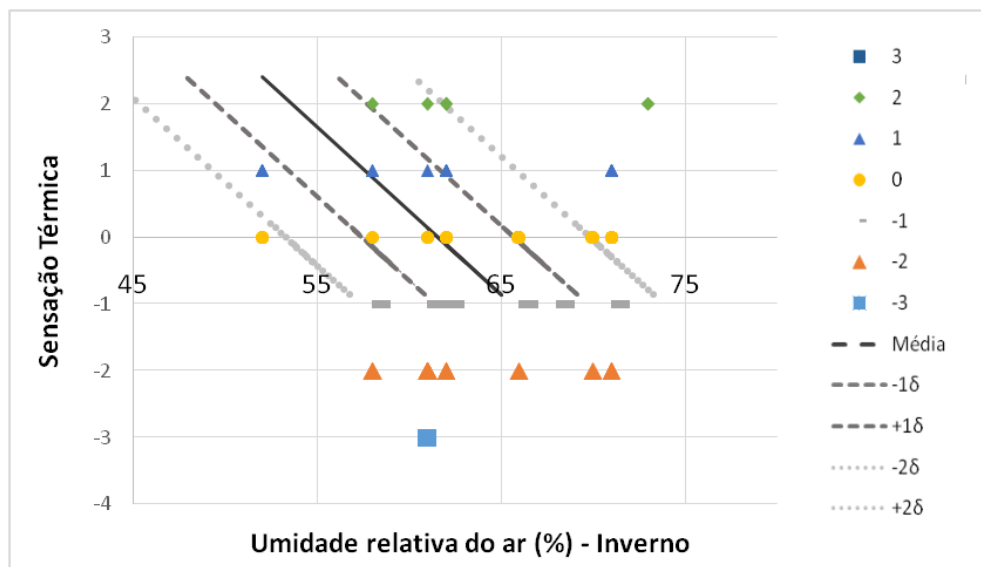


Figura 4.57 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) versus umidade relativa do ar: INVERNO

4.7.2 Primavera

A estação da primavera caracteriza-se por possuir irregularidade climática, pois é um período de transição entre o inverno (seco) e o verão (chuvoso), acarretando mudanças do regime de chuvas e temperaturas. Isto refletiu em um limite de conforto térmico extenso para a temperatura de bulbo seco do ar, entre 14,4 e 24,6°C, conforme apresentado na Figura 4.58.

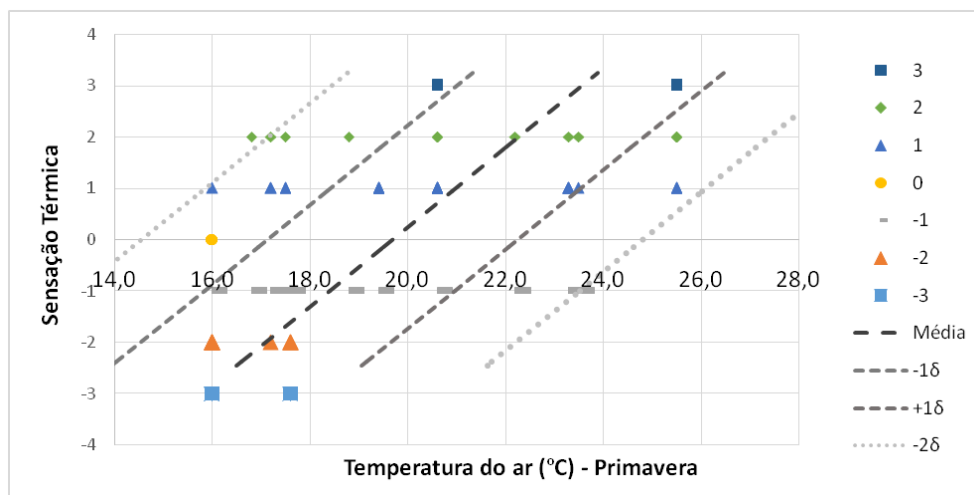


Figura 4.58 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) versus temperatura de bulbo seco do ar: PRIMAVERA

Ao contrário do observado para temperatura de bulbo seco do ar, na Figura 4.59 o limite da umidade relativa do ar mostrou-se estreito, de 67 à 73%, o que é explicado pelas temperaturas irregulares não permitirem grande variação da umidade relativa do ar sem que isto interfira no conforto térmico experimentado pelos indivíduos.

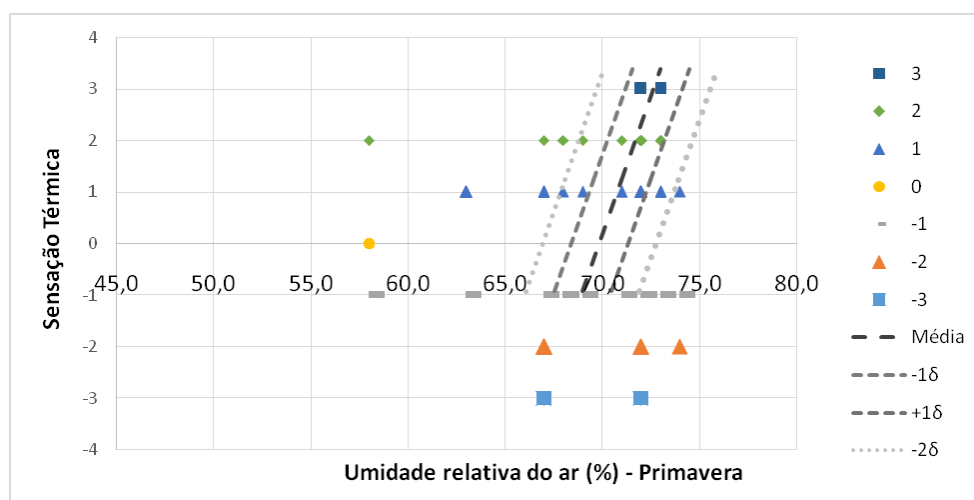


Figura 4.59 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) versus umidade relativa do ar: PRIMAVERA

4.7.3 Verão

Conforme apresentado na Figura 4.60, a estação de temperaturas mais quentes apresentou, como esperado, maior incidência das classes de temperaturas mais quentes durante os ensaios de campo realizados. O limite de conforto térmico para a temperatura de bulbo seco do ar foi estreito, entre 21,3 e 24,7°C, tendo sido dectado extremo desconforto térmico para temperatura maiores do que este limite superior.

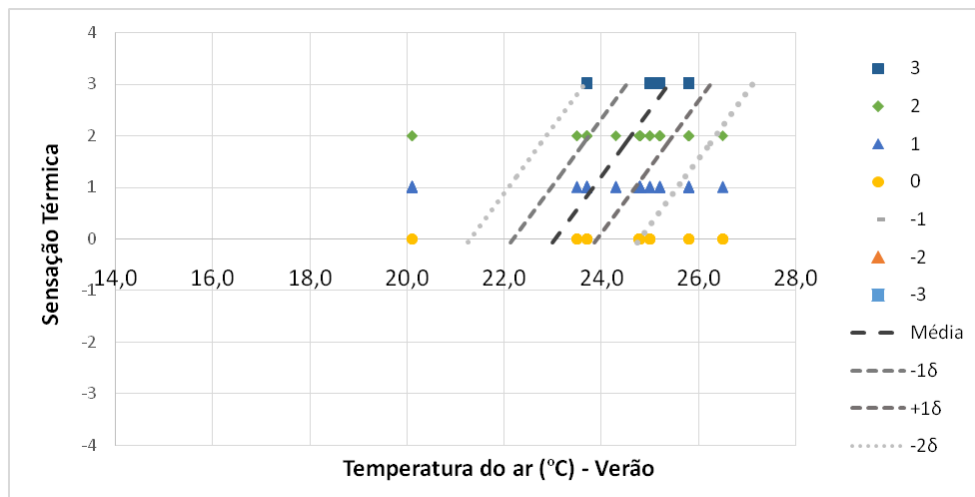


Figura 4.60 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) versus temperatura de bulbo seco do ar: VERÃO

Quanto à umidade relativa, nota-se que entre 55 e 63% a maior parte dos usuários encontra-se em conforto termico, conforme mostrado na Figura 4.61.

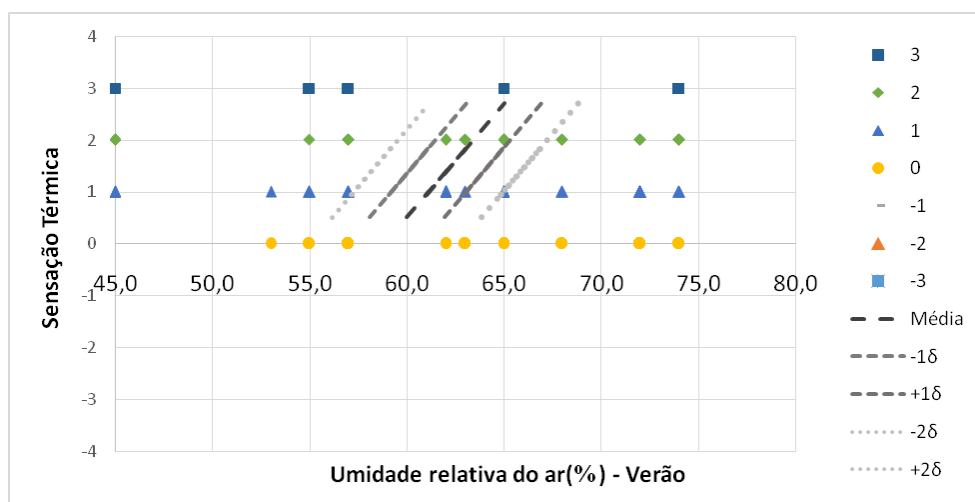


Figura 4.61 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) versus umidade relativa do ar: VERÃO

4.7.4 Outono

O outono é a estação de transição entre o verão e inverno, iniciando o período de redução das chuvas, da temperatura e da umidade relativa do ar. O fato de as medições terem sido realizadas apenas no início da estação, isto é, próximo ao verão, fez com que predominassem as classes de sensação mais quente. Apresenta-se na Figura 4.62 a área de conforto para a temperatura de bulbo seco do ar entre 21,2 e 23,5°C.

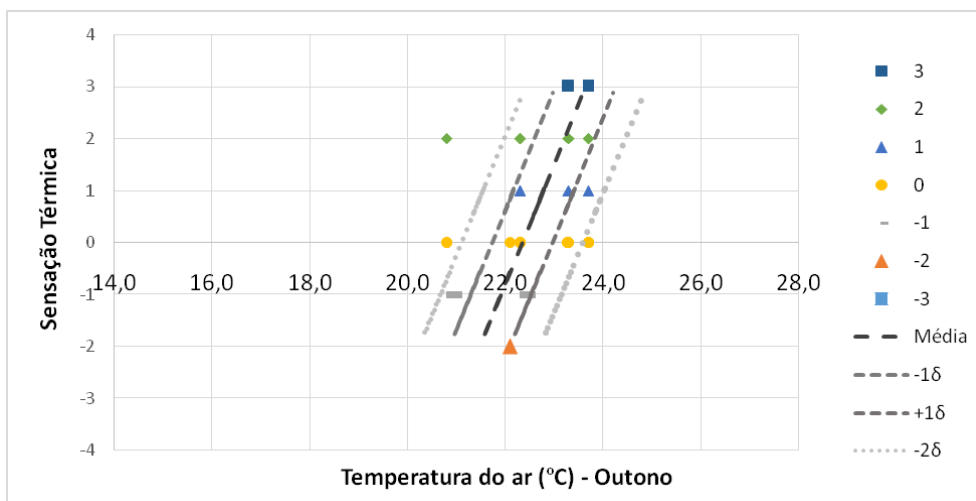


Figura 4.62 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) versus temperatura de bulbo seco do ar: OUTONO

Nota-se na Figura 4.63 que a umidade relativa do ar restringe-se entre 51 e 78%.

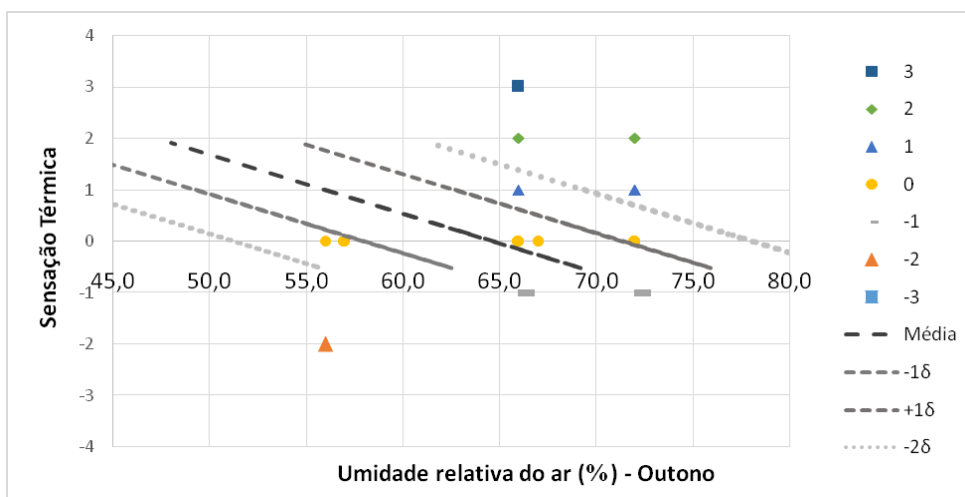


Figura 4.63 - Votos de sensação térmica e desvio padrão ($\pm 1\delta$ e $\pm 2\delta$) versus umidade relativa do ar: OUTONO

4.7.5 Comparação entre as zonas de conforto das diferentes estações do ano

A comparação entre as zonas é apresentada na Figura 4.64 por meio da carta psicrométrica simplificada da cidade de Ouro Preto. Esta comparação permite avaliar as diferenças sazonais de conforto térmico em um mesmo grupo.

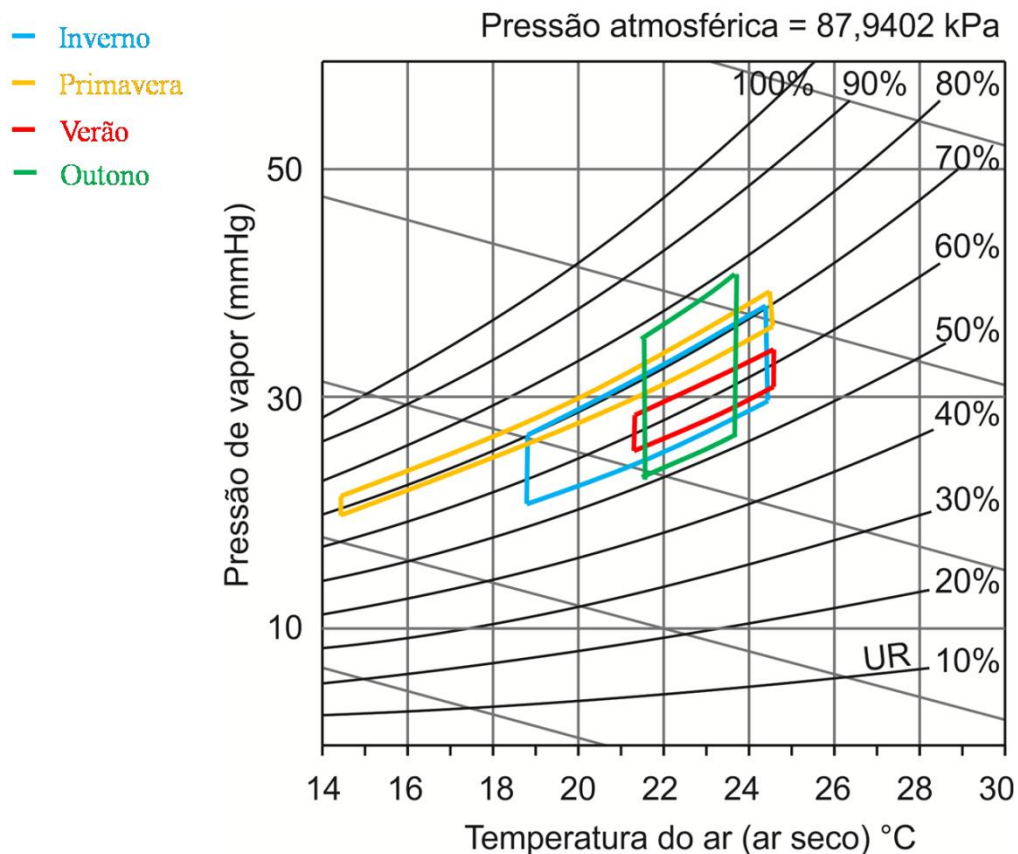


Figura 4.64 - Comparação zonas de conforto das estações do ano

É possível observar que a menor zona de conforto é a da estação do Verão e que a estação do Inverno não mostrou limites rígidos para satisfação dos usuários das edificações. A estação da Primavera possui o limite de conforto mais extenso de temperatura de bulbo seco do ar e também o limite mais estreito da umidade relativa do ar. O contrário aconteceu com a estação do Outono, que possui o menor limite de temperatura de bulbo seco do ar e o maior limite de conforto da umidade relativa.

De acordo com os dados obtidos em função das estações, se considerarmos uma média das mínimas e uma média das máximas (tanto da temperatura de bulbo seco do ar quanto da umidade relativa), a faixa de conforto da temperatura de bulbo seco do ar será entre 18,9°C e 24,3°C e a faixa de conforto da umidade relativa entre 57% e 71%.

Para uma análise ampla deste resultado, é possível compará-lo com o encontrado durante a análise utilizando o Método de Médias Associadas para os dados climáticos e de questionários ao longo de todo o experimento. As faixas de conforto para o ano sem a separação por estações são de 17,2°C a 25,6°C para a temperatura de bulbo seco do ar e de

63% a 68% para a umidade relativa. Na Figura 4.65 pode-se observar a comparação entre estas faixas de conforto térmico.

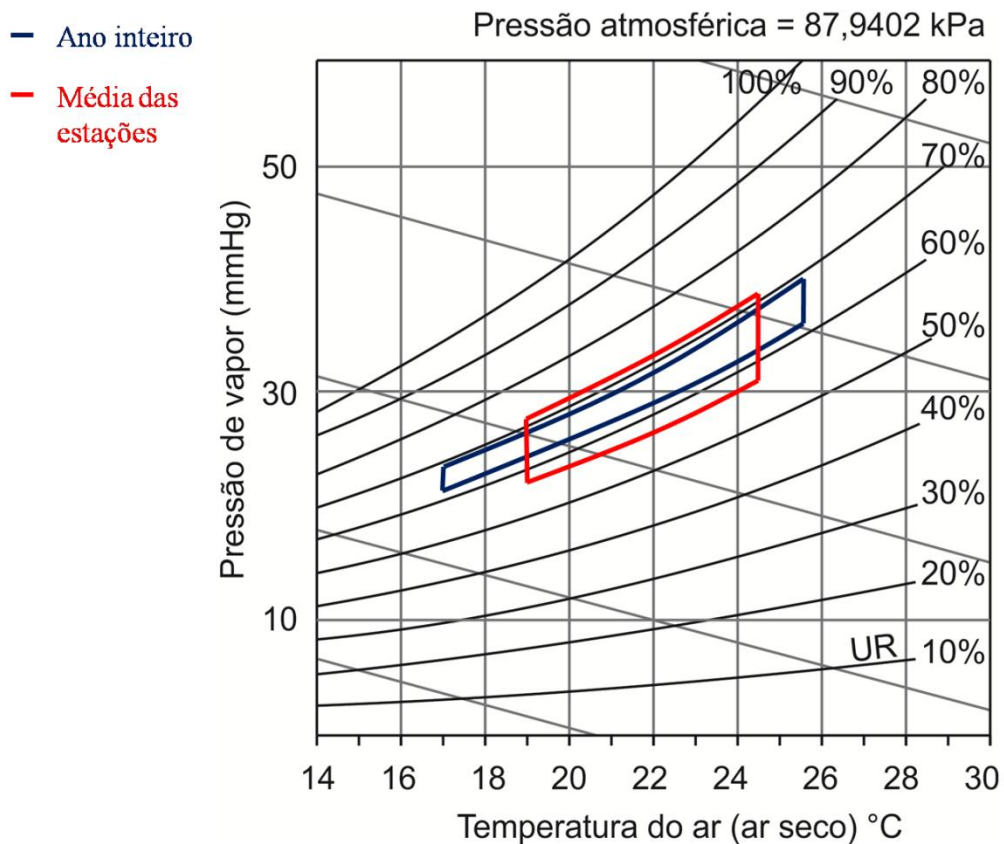


Figura 4.65 - Comparação entre a zona de conforto média das estações do ano e a zona de conforto do ano inteiro

Nota-se que a zona de conforto da média das estações possui uma faixa maior da umidade relativa, enquanto que a zona de conforto do ano inteiro possui um limite mais extenso da temperatura de bulbo seco do ar. Estas alterações na zona de conforto devem-se a possibilidade de adaptação dos usuários diante das condições climáticas a que estão expostos. Ao considerar a média de conforto de cada estação, levam-se em conta as adaptações sazonais dos indivíduos, o que não ocorre ao se analisar todos os dados em conjunto.

Uma forma de se exemplificar a diferença em se considerar todos os dados ao longo de um ano ou considerá-los separados por estação climática é que, por exemplo, uma temperatura do ar de 21°C pode ter sido medida tanto em um dia de inverno como num dia de verão. Entretanto, em cada uma dessas medições, a sensação térmica experimentada pelos indivíduos perante este valor de temperatura é diferente: no inverno 21°C é considerável confortável ou até mesmo calor, enquanto que no verão (onde os indivíduos estão acostumados com

temperaturas mais altas) 21°C pode gerar sensação térmica de frio nos mesmos indivíduos. Esta diferença de sensação térmica é devido à aclimação sazonal que os indivíduos adquirem ao longo das estações climáticas, perante as condições climáticas usuais da época do ano em questão.

Portanto, ao se considerar todos os dados ao longo de um ano sem separação por estação climática, desconsidera-se a adaptação climática desenvolvida pelos indivíduos já que as sensações térmicas experimentadas em valores de variáveis climáticas iguais são somadas e, ainda, não são considerados os comportamentos das mesmas variáveis nos dias anteriores às medições em questão. Estes comportamentos, apesar de não influenciarem nas sensações térmicas dos usuários no momento, influenciam nas percepções psicológicas destes, no caso: tolerância, expectativa e experiência.

Sendo assim é possível afirmar que preferencialmente os dados climáticos, em conjunto com os respectivos votos de conforto térmico dos indivíduos, devem ser analisados separados por estações do ano a fim de se considerar a adaptação climática sazonal que ocorre nos usuários. Conforme os resultados mostrados na Figura 4.65 observa-se que a adaptação climática sazonal não é considerada ao se analisar os dados sem separação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho comprova-se a importância de se aprofundar no estudo e desenvolvimento de métodos adaptativos para prever o conforto térmico, uma vez que estes modelos utilizam dados subjetivos que expressam a real experiência dos usuários no interior das edificações em análise.

Interpretar e racionalizar os desejos dos usuários são os objetivos de diversos estudos atualmente, conforme demonstrado na revisão bibliográfica desta pesquisa, por possibilitar progresso no ramo das edificações (visando tanto a construção quanto a posterior correção), dando origem a espaços e ambientes que maximizam o bem-estar dos indivíduos, fator de extrema importância para a saúde, conforto e desempenho dos seres humanos, principalmente em ambientes escolares em que a atenção e memória são particularmente requeridos.

Pôde-se observar também a carência brasileira por um método adaptativo de conforto térmico que englobe as características climáticas, individuais e psicológicas vivenciadas e apresentadas pela população em questão de forma coerente, direta e satisfatória.

Com o objetivo de comparar resultados e verificar a viabilidade de diferentes métodos adaptativos para ambientes escolares brasileiros, em especial para regiões com clima tropical de altitude que possui grande amplitude de variáveis climáticas ao longo do ano, buscou-se realizar uma análise do ambiente de salas de aula e estabelecer as zonas de conforto térmico para a cidade de Ouro Preto (MG) utilizando o Método de Regressão Probit e o Método de Médias Associadas.

Com relação à análise da percepção térmica do ambiente, os dados coletados por meio de questionários aplicados aos usuários das edificações mostraram que estes consideram os ambientes aceitáveis para se estar todos os dias durante o período da pesquisa. Considerando as respostas obtidas para a sensação experimentada pelos usuários após sua permanência dentro das salas de aula, pode-se dizer que 26,2% dos usuários foram de alguma maneira afetados pelas condições do ambiente uma vez que a dificuldade de concentração e impaciência podem estar diretamente ligadas às condições térmicas. Com relação ao prejuízo à atividade de estudo praticada dentro das edificações, a pesquisa comprovou que, à medida

que a sensação térmica experimentada pelos usuários se afasta da neutralidade, o desempenho passa a ser defasado e a eficiência dos usuários começa a decair.

A partir da definição das zonas de conforto térmico é possível afirmar que as diferenças entre os resultados obtidos por meio do Método de Regressão Probit e Método das Médias Associadas não foram expressivas, sendo de 1,5°C entre o intervalo de temperatura de bulbo seco do ar e 1,3°C entre o intervalo de temperatura de bulbo úmido.

A percentagem máxima de pessoas satisfeitas para a variável temperatura de bulbo seco do ar foi de 92,1% em 21,0°C ao utilizar o Método de Regressão Probit e de 95% em 21,4°C ao utilizar o Método de Médias Associadas, o que reafirma a semelhança entre os resultados dos métodos.

O Método de Regressão Probit não possibilitou, nesta situação, definir o limite de conforto para a variável umidade relativa do ar, o que não ocorreu na aplicação do Método de Médias Associadas. Esta variação é explicada pela metodologia de cálculo particular de cada modelo e a amplitude dos dados climáticos utilizados na avaliação do mesmo, uma vez que não foram realizadas pesquisas de campo durante os meses de maio e junho, comprovadamente úmidos e com temperaturas mais frias na região.

Ao comparar as zonas de conforto obtidas utilizando os métodos de Regressão Probit e de Médias Associadas com os índices convencionais, comprovou-se a viabilidade dos modelos adaptativos destacados neste trabalho (exceto o índice de Temperatura Efetiva) com relação à aceitabilidade mundial a respeito do conforto térmico para a região de Ouro Preto. Possibilitou-se ainda evidenciar a semelhança dos resultados de ambos com a zona de conforto proposta no Método Fanger de PMV e PPD (Fanger, 1970), atualmente o considerado de maior abrangência no estudo do balanço térmico humano.

A metodologia realizada no Método de Regressão Probit é mais complexa e envolve etapas demoradas e carentes de literatura detalhada, enquanto que o Método de Médias Associadas utiliza estatísticas descritivas básicas para alcançar os resultados. Por outro lado, o Método de Regressão Probit já é utilizado em estudos brasileiros e também mundiais com comprovação de sua eficiência em prever o conforto térmico humano. Portanto, devido à proximidade dos resultados obtidos por meio de ambos os métodos, conclui-se que o Método de Médias

Associadas possui utilização viável e adequabilidade ao clima brasileiro, especialmente em regiões com condições climáticas semelhantes às da cidade de Ouro Preto, MG.

Ao analisar os dados separados por estação climática foi possível confirmar a ocorrência de diferenças sazonais no conforto térmico. A estação da Primavera possui condições climáticas irregulares, o que foi comprovado com a zona de conforto obtida para a mesma, que apresentou grande amplitude de conforto para a temperatura de bulbo seco do ar. O mesmo fato era esperado para a estação do Outono, entretanto a falta de medições que englobassem todo o período da estação resultou em um limite de conforto com temperaturas elevadas e umidades relativas similares às encontradas para a estação do Verão. A estação do Verão, como esperado, possui a menor zona de conforto térmico dentre as quatro estabelecidas, uma vez que a região em estudo possui baixas temperaturas durante a maior parte do ano o que faz com que temperaturas elevadas gerem maior desconforto. Por fim, devido à aclimação da população, a zona de conforto do Inverno mostrou-se extensa, confirmando a adaptação, tolerância, experiência e expectativa dos usuários em condições climáticas de baixas temperaturas e elevada umidade relativa do ar.

Os resultados obtidos para as zonas de conforto por meio do Método de Médias Associadas das diferentes estações do ano, apesar de demonstrarem a lógica esperada, expuseram algumas incertezas. A subjetividade das diferenças sazonais foi destacada na comparação da zona de conforto considerando todos os dados ao longo do ano e a zona de conforto das médias dos limites de cada estação climática, ambas obtidas segundo o mesmo modelo de conforto adaptativo.

A impossibilidade de se encontrar os limites de conforto para a umidade relativa do ar segundo o Método de Regressão Probit e os resultados inesperados na análise dos dados de algumas estações climáticas reafirmaram que a quantidade e qualidade de dados analisados também é essencial para um bom resultado final, tendo em vista que quanto maior for a quantidade, maior será a percepção de preferências individuais e de pequenos grupos. Além disso, o Método de Médias Associadas mostrou-se mais abrangente, com metodologia simples e passível de gerar resultados com amostragens menores, motivos estes que fazem com que o mesmo seja mais indicado para utilização.

Como as percentagens de pessoas satisfeitas resultaram em torno de 70% (70% ao utilizar Método de Regressão Probit e 62,6% ao utilizar o Método de Médias Associadas) mostra-se necessário realizar mudanças nas edificações para adequá-las aos períodos de condições climáticas extremas, como nos meses de dezembro e janeiro em que os usuários declararam sentir muito calor, o que dificultava a permanência e a produtividade no interior do ambiente, fatores essenciais para o bom aprendizado do aluno. Sugere-se considerar alternativas construtivas que permitam possibilidades de fechamento e adequações térmicas que possam ser acionadas de formas diferentes ao longo do ano, considerando as diferenças sazonais.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

No que se refere às pesquisas científicas e técnicas, nota-se que não se esgotaram por si mesmas. Desse modo, dando continuidade a esta investigação, sugere-se:

- Realizar um estudo que relacione a tipologia construtiva da edificação com o conforto térmico dos usuários da mesma, a fim de analisar a interferência do desempenho térmico no bem-estar dos indivíduos.
- Desenvolver a mesma metodologia com outros dados obtidos em campo, dados estes colhidos por períodos superiores e medições mais próximas, com o intuito de investigar as diferenças sazonais e respectivas aclimações desenvolvidas pelos usuários.
- Aplicar os mesmos modelos adaptativos utilizados nesta pesquisa em ambientes localizados em regiões com condições climáticas diversas, a fim de se verificar a viabilidade dos mesmos para todo o território brasileiro.
- Avaliar as perdas e ganhos de potencialidades nas atividades desempenhadas no ambiente térmico de edificações escolares.
- Analisar matematicamente maneiras de se refinar os resultados obtidos por meio do Método de Médias Associadas, a fim de englobar mais significativamente as variáveis psicológicas de conforto térmico.
- Aplicar a termografia infravermelha a fim de validar os resultados e respostas dos aspectos subjetivos dos indivíduos.

REFERÊNCIAS

AHLBORN. **Manual for all ALMEMO measuring instruments**. 2011. Publisher: Mess- und Regelungstechnik GmbH, 83607 Holzkirchen, Germany Chief Editor: Dipl.-Ing. Peter Koschke, Dipl.-Ing. Christian Rinn and Dipl.-Ing. Wolfgang Hüttl. 9th revised edition, Holzkirchen 2011. Disponível em: <http://www.ahlborn.com/en_UK/service/downloads>. Acesso em: 05 mai. 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING. **Handbook of Fundamentals**. ASHRAE. New York, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING. **ANSI/ASHRAE 55**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING. **ANSI/ASHRAE 55**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2004.

ANDRADE, S. F. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis**. 1996. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção: Ergonomia) - Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 1996.

ANDREASI, W. A. **Método para avaliação de conforto térmico em região de clima quente e úmido do Brasil**. 2009. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2009.

ARAÚJO, V. M. D. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares**. Natal: EDUFRN, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-1**: Desempenho Térmico de Edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro. 2005a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-2**: Desempenho Térmico de Edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade

térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes da edificação. Rio de Janeiro. 2005b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-3**: Desempenho Térmico de Edificações Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Rio de Janeiro. 2005c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Edifícios habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro. 2013.

AULICIEMS, A. **Thermal Comfort**. Kenmore: 1981. University of Queensland - Department of ArchitectureapudSZOKOLAY, S. V. **Introduction to architectural science**.London: Elsevier, 2004.

AULICIEMS, A. Towards a psychophysiological model of thermal perception. In: **J. Biometeorology**, v. 25, p. 109-122, 1981.

BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. 205 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003.

BATIZ, E. C.; GOEDERT, J.; MORSCH, J. J.; JUNIOR, P. K.; VENSKE, R.Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Produção**, v. 19, n. 3, p. 477-488, set./dez. 2009.

BECHTEL, R; CHURCHMAN, A. **Handbook of environmental Psychology**. Danvers: John Wiley & Sons, Inc, 2001.

BEDFORD, T. **Environmental warmth and its measurement**.Londres: H. M. Office, 1936.

BOGO, A. J. Limitações quanto aos Parâmetros de Desempenho Térmico e Estratégias Bioclimáticas Recomendadas pela Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Habitações de Interesse Social. **Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo**, 2008.

BOJÓRQUEZ, G.; GÓMEZ-AZPEITIA, G.; GARCÍA-CUETO, O. R.; RUIZ-TORRES, R. P.; LUNA, A.Temperatura neutral y rangos de confort térmico para exteriores, período cálido em clima cálido seco. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 133-146, abr./jun. 2010.

BOJÓRQUEZ, G.; GÓMEZ-AZPEITIA, G.; GARCÍA-CUETO, R.; RUIZ, P.; LUNA, A. Temperatura de confort térmico para exteriores, período cálido em clima cálido seco. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 6, 2009, **Anais.....**, Natal, set. 2009.

CARTANA, R. P. **Oportunidades e limitações para bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico**. 2006. 163 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2006.

COUTINHO, A. S. **Conforto e Insalubridade Térmica em Ambientes de Trabalho**. João Pessoa: Edições PPGEP, 1998.

CURADO, A. J. C. **Conforto térmico e eficiência energética nos edifícios de habitação social reabilitados**. 2014. 298 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.

DALVITE, B.; OLIVEIRA, D.; NUNES, G.; PERIUS, M.; SCHERER, M. J. Análise do conforto acústico, térmico e lumínico em escolas da rede pública de Santa Maria (RS). **Disc. Scientia**. Série: Artes, Letras e Comunicação, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2007.

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

DE DEAR, R. J.; BRAGER, G. S.; COOPER, D. J. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference – Final Report, In: **ASRAE RP 884**, Atlanta, 1997.

DIAS, A. **Avaliação das condições de conforto térmico e acústico de salas de aula em escola de tempo integral** - estudo de caso da Escola Padre Josimo em Palmas (TO). 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, 2009.

DJAMILA, H.A Study of Response Scales for Comfort Temperature Prediction. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**, Malaysia, v. 4, n. 11, p. 728-735, nov. 2015.

DUARTE, V. C. P.; NARANJO, A.; MARINOSKI, D. L.; BATISTA, J. O.; CARLO, J. C.; ABREU, A. L. P.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Desempenho térmico de Edificações**. Apostila -

Laboratório de Eficiência Energética e Edificações, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2016.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering**, New York, McGraw-Hill Book Company, 1972.

FANGER, P. O. **Thermal comfort**, Danish Technical Press, Copenhagen, 1970.

FARIA, M. A. **Avaliação das condições de conforto térmico nas salas de aula do Campus Morro do Cruzeiro da UFOP**. 2013. 158 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2013.

FERIADI, H.; WONG, N. H. Thermal comfort for naturally ventilated houses in Indonesia. **Energy and Buildings**, v. 36, p. 614-626, 2004.

FERREIRA, C. C. **Análise de sensibilidade por meio de experimento fatorial de parâmetros de desempenho térmico de envoltórias de edificações residenciais**: contribuição à revisão das normas brasileiras. 2016. 437 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2016.

FERREIRA, J. S.W. **Produzir casas ou construir cidades?** Desafios para um novo Brasil urbano. 1ª ed. São Paulo: Editora FUPAM. 2012.

FISHER, R. A; YATES, F. **Tabelas estatísticas: para pesquisa em biologia, medicina e agricultura**. Tradução de Salvador LiccoHaim. São Paulo: Ed. Da Universidade de São Paulo e Ed. Polígono, 1971.

FONTANELLA, M. S. **Percepção do ambiente térmico**: preferências subjetivas e conforto térmico. 2009. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2009.

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

GAGGE, A. P. et al. Standart effective temperature - A single temperature index of temperature sensation and thermal discomfort. In: THERMAL COMFORT AND MODERATE HEAT STRESS, **Building Research Station**, p. 229-250, 1972.

GHAHRAMANI, A.; CASTRO, G.; BECERIK-GERBER, B.; YU, XINRAN. Infrared thermography of human face for monitoring thermoregulation performance and estimating personal thermal comfort. **Building and Environment**, v. 109, p. 1-11, 2016.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and Building design guidelines, **Energy and Building**, v. 1, p. 11-23, 1992.

GIVONI, B. **Man, climate and architecture**. Londres: Elsevier, 1976.

GOMES, A. D.; RORIZ, M. Relações em preferências térmicas humanas no interior de edificações e as temperaturas externas: um estudo sobre o método adotado na Norma ASHRAE 55-2004. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 22, **Anais...**, Fortaleza, Ceará, out. 2008.

GOMES, V.J. **Aplicação de parâmetros ITGU e CTR para avaliação de conforto térmico em edifício escolar**. 2010, 106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

GÓMEZ-AZPEITIA, G. et al. **Monitoreo de Condiciones de Confort Térmico**: reporte técnico. Colima: CONAFOVI, 2007.

GONÇALVEZ, W. B. **Estudo de índices de conforto térmico, avaliados com base em população universitária na região metropolitana de Belo Horizonte**. 2000. 241 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

GUJARATI, D. N. **Basic Econometrics**. New York, McGraw-Hill Book Company, 1988. Cap. 15: Regression on Dummy Dependent Variable: The LPM, LOGIT and PROBIT Models.

HAVERINEN-SHAUGHNESSY, U.; SHAUGHNESSY, R. J.; COLE, E. C.; TOYINBO, O.; MOSCHANDREAS, D. J. An assessment of indoor environmental quality in schools and its association with health and performance. **Building and Environment**, v. 93, 2015; p. 35-40.

HOUGHTON, F. C.; YAGLOU, C. P. Determining equal comfort lines, **J Am Soc Heat Engrs**, v. 29, p. 165-176, 1923.

HUANG, J.; LU, X. X.; SELLERS, J. M. A Global Comparative Analysis of Urban Form: Applying Spatial Metrics and Remote Sensing. **Landscapand Urban Planning**, v. 82,p.184-197, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.**ISO 7243**:Hot Environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT - index (wet-bulb globe temperature). Genebra, 1989.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.**ISO 7726**:Thermal environments instruments and methods for measuring physical quantities. Genebra, 1996.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.**ISO 7730**:Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.Germany, 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.**ISO 8996**: Ergonomics - Determination of Metabolic Heat Production. Genebra, 1990.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.**ISO 9920**:Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. Genebra, 1995.

IZARD, J. L.; GUYOT, A. **Arquitectura Bioclimática**. Gustavo Gili, Barcelona, 1980.

KOENIGSBERGER, O. H. et al.**Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Paraninfo, Madrid, 1977.

KOWALTOWSKI, D. **Manual de Conforto Ambiental**. São Paulo: FAPESP, 2005.

KOWALTOWSKI, D.; FILHO, F. B.; LABAKI, L. C.; RUSCHEL, R. C.; BERTOLI, S. R.; PINA, M. G. Melhoría do conforto ambiental em edificações escolares na região de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5, **Anais...**, Fortaleza, 1999.

LAMBERTS, R. ANDREASI, W. A. **Tópico avançados em conforto térmico**. Apostila - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2003.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. GOULART, S. VECCHI, R. **Conforto e Stress Térmico**. Apostila - Laboratório de Eficiência Energética e Edificações, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2016.

LANGEVIN, J.; WEN, J.; GURIAN, P. L. Modeling thermal comfort holistically: Bayesian estimation of thermal sensation, acceptability, and preference distributions for office building occupants. **Building and Environment**, v. 69, p. 206-226, 2013.

MARÇAL, V. G. **Análise de índices de conforto térmico não convencionais: uma avaliação em ambiente escolar**. 2016. 225 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2016.

MEDVEDOVSKI, N. S. A Avaliação Pós-Ocupação e o desenvolvimento de indicadores para a qualidade do ambiente construído. In **XII Encontro Nacional do Ambiente Construído**. 9/2008. Fortaleza. Anais eletrônicos... Fortaleza, 2008. 1 CD.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 15**: Atividades e operações insalubres. Brasília, 2008.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 17**: Ergonomia, Brasília, 2007.

MONTEIRO, L. M. **Modelos preditivos de conforto térmico**: Quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos. 2008. 382 f. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MORS, S.; HENSEN, J. L. M.; LOOMANS, M. G. L. C.; BOERSTRA, A. C. Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts. **Building and Environment**, v. 46, p. 2454-2461, 2011.

NASCIMENTO, D. **Zona de conforto para edificações escolares** - Cidade de Ouro Preto. 2016. 144 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2016.

NEGREIRO, B. A. **Análise de métodos de predição de conforto térmico de habitação em clima quente-úmido com condicionamento passivo**. 2010. 115f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, 2010.

NETO, A. S. **Regulamentação de desempenho térmico energético de edificações**. 2003. 213 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

NICOL, F.; HUMPHREYS, M.; ROAF, S. **Adaptive Thermal Comfort: principles and practice**. [S.I.]: Routledge, 2012.

NICOL, J. F. **Thermal Comfort: A handbook for field studies towards an adaptive model**, London: University of East London, 1993.

NICOL, J.F.; HUMPHREYS, M.A. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. **Energy and Buildings**, v. 34, 563- 572, 2002.

NOGUEIRA, M. C. J. A.; DURANTE, L. C.; NOGUEIRA, J. S. Conforto térmico na escola pública em Cuiabá - MT: estudo de caso. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, v. 14, p. 37-49, jan.-jun. 2005.

OCHOA, J. H.; ARAÚJO, D. L.; SATTTLER, M. A. Análise do conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 91-114, jan./mar. 2012.

OLGYAY, V. **Design with climate**. New Jersey: Princeton University, 1963.

OLIVEIRA, M. C. A. **Os primeiros estudos sobre conforto térmico no Brasil: a contribuição de Paulo Sá**. 2003. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003.

OLIVEIRA, R. F. A.; PESSOA, V. M. N. Índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG), vestimenta condutiva e perda de peso de eletricitistas do grupo de manutenção de linhas energizadas da companhia energética de Alagoas (CEAL): uma correlação arriscada não amparada pelo Anexo N° 3 da NR-15. In: ENEGEP, 26, **Anais...**, Fortaleza, Ceará, out. 2006.

PALMA, G. A. V.; STEVENSON, F. Thermal history and sequences in transitional spaces: Does order matter? In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF SUDBE2015, **7, Proceedings....** READING, UK; p. 27-29 July, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE OURO PRETO. **Pesquisa climática da cidade de Ouro Preto**. 2017. Disponível em: <<http://www.ouropreto.mg.gov.br>>. Acessado em: 20 jul.2017.

RIBEIRO, L. P. **Conforto térmico e a prática do projeto de edificações**: recomendações para Ribeirão Preto. 2008. 213 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2008.

RODRIGUES, E. **Fisiologia da homeotermia**. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj/institutos/it/dau/profs/edmundado>>Acessado em: 10 set. 2016.

RUAS, A. C. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. 1ª ed. São Paulo: Fundacentro, 1999.

RUSSI, M.; ROCHA, K. M. Arquitetura do espaço escolar, adequação da edificação aos parâmetros ambientais: estudo de caso CTISM - Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. **Regae: Rev. Gest. Aval. Educ.**, Santa Maria, v. 3, n. 6, p. 43-62, jul./dez. 2014.

SEELIG, M. F.; ZEPKA, G. S.; FOSTER, P. R. P. Aplicações de um índice térmico universal: temperatura fisiológica equivalente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, **Anais...**, Foz de Iguaçu, Paraná, 2002.

SILVA, F. L.; MUZARDO, F. T. Estudo exploratório sobre o espaço escolar: a percepção de professores de escolas públicas. **Revista THEMA**, Paraná, v. 13, n. 1, p. 65-78, 2016.

SILVA, H. C.; KINSEL, L. S. **Região Climática de Porto Alegre - revisão para um desenho inteligente e uma arquitetura adequada**: documento de trabalho. Porto Alegre, UFRGS: 2006. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/propar/publicacoes/ARQtextos/Heitor.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2016.

SU, X.; ZHANG, X.; GAO, J. Evaluation Method of Natural Ventilation System Based on Thermal Comfort in China. **Energy and Buildings**, v. 41, n. 1, p. 67-70, 2009.

SZOKOLAY, S. V. **Introduction to architectural science**. London: Elsevier, 2004.

SZOKOLAY, S. V. **Thermal Design of Buildings**. Australia: Raia Education Division, 1987.

THOMÉ, C. P. S. **A importância do conforto térmico, acústico e visual para o aprendizado em uma sala de aula**. 2011. 92 f. Projeto de Dissertação (Mestrado em Docência do Ensino Superior) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina, 2011.

TORRES, K. M.; GOMEZ-AZPEITIA, G.; BOJORQUEZ-MORALES, G. Adaptive Thermal Comfort for Air-Conditioned Offices in a Warm Sub-Humid Climate. In: PLEA 2012 - CONFERENCE, OPPORTUNITIES, LIMITS & NEEDS TOWARDS AN ENVIRONMENTALLY RESPONSIBLE ARCHITECTURE,28, **Proceedings...**, Lima, Perú, nov. 2012.

TORRES; P. R.; GÓMEZ-AZPEITIA, G.; BOJÓRQUEZ, G. Zona de confort com el uso de um índice térmico y humedad relativa em clima cálido subhúmedo. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO,10, 6, **Anais...**, Natal, set. 2009.

VAISALA. **VaisalaHumidityCalculatorVersão 5.0.** Disponível em: <<http://go.vaisala.com/humiditycalculator/5.0/>>. Acessoem: 15 mai. 2017.

VERNON, H. M.; WARNER, C. G.The influence of the humidity of the air on capacity for work at high temperatures, **J Hyg**, v. 32, p. 431-462, 1932.

WU, S.; SUN, J. Two-stage regression model of thermal comfort in office buildings.**BuildingandEnvironment**, v. 57, p. 88-96, 2012.

XAVIER, A. A. P. **Condições de conforto térmico para estudantes do 2º grau na região de Florianópolis** - Teoria física aliada a estudos de campo. 1999. 210 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2000.

XAVIER, A. A. P. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias** - Teoria física aliada a estudos de campo. 2000. 267 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2000.

YAGLOU, C. P., DRINKER, P. The summer comfort zone, **ASHVE Transactions**, v. 35, 1929.

YAGLOU, C. P., HOUGHTON, F. C. Determining equal comfort lines. **Journal Am Soc Heat Vent Eng.**, v. 29, p. 165–176, 1923.

YAGLOU, C. P.; MILLER, W. E. Effective temperature with clothing,**ASHVE Transactions**, v. 31, p. 88-99, 1925.

Apêndice A – Cálculo da Temperatura de bulbo úmido e Umidade absoluta

Este Apêndice apresenta uma explanação sobre a umidade absoluta do ar (ω) e a temperatura de bulbo úmido (T_{bu}), ambas utilizadas neste trabalho para a obtenção das zonas de conforto, assim como a obtenção das mesmas.

A.1 - Temperatura de bulbo úmido (T_{bu})

A temperatura de bulbo úmido é a temperatura indicada por um termômetro cujo bulbo foi previamente envolto por algodão úmido, tão logo seja atingido o equilíbrio térmico. Nesse tipo de termômetro, a mistura ar seco – vapor d'água sofre um processo de resfriamento adiabático, pela evaporação da água do algodão no ar, mantendo-se a pressão constante (MARTINELLI, 2010).

A temperatura de bulbo úmido cai, devido ao calor retirado para evaporar a água. O seu resfriamento é diretamente proporcional à secura do ar. Quanto mais seco o ar, maior o resfriamento. Portanto, quanto maior a diferença entre as temperaturas de bulbo úmido e de bulbo seco, menor a umidade relativa; quanto menor a diferença, maior a umidade relativa. Se o ar está saturado, nenhuma evaporação ocorrerá e as duas temperaturas serão idênticas.

A.2 – Umidade absoluta do ar (ω)

A lei de Dalton afirma que a pressão total de uma mistura de gases é igual à soma das pressões exercidas por cada gás constituinte. Quando o vapor d'água entra na atmosfera as moléculas de água se dispersam rapidamente, misturando com os outros gases e contribuindo para a pressão total exercida pela atmosfera. A pressão de vapor é simplesmente a parte da pressão atmosférica total devida ao seu conteúdo de vapor d'água e é diretamente proporcional à concentração de vapor no ar. A umidade absoluta é definida como a massa de vapor de água por unidade de volume, ou seja, a densidade de vapor d'água. (Apostila Geografia USP, Clima I).

Como variações na pressão e temperatura podem alterar o volume, tais variações podem alterar a umidade absoluta sem que vapor d'água seja adicionado ou removido. Conseqüentemente é difícil descrever o conteúdo de vapor d'água de uma massa de ar móvel ao se usar o índice de umidade absoluta. Portanto, um índice mais usado é a razão de mistura.

A razão de mistura é a massa de vapor d'água (m_v : usualmente em gramas) por unidade de massa de ar seco (m_d : usualmente em Kg).

$$W = \frac{m_v}{m_d}$$

Nem a umidade absoluta, nem a razão de mistura, contudo, podem ser medidas diretamente. Felizmente, elas podem ser calculadas por meio da umidade relativa do ar.

A.3 - Obtenção da temperatura de bulbo úmido e da umidade absoluta

Como a pressão de vapor e a umidade absoluta não foram registradas, elementos de dados existentes (por exemplo umidade relativa do ar e temperatura de bulbo seco do ar) foram usados e, quando necessário, assumiu uma pressão ambiente de 87,9402 kPa (pressão atmosférica da cidade de Ouro Preto – MG) para calcular a temperatura de bulbo úmido (T_{bu}) e a umidade absoluta do ar (W) com a calculadora online Vaisala Humidity Calculator Versão 5.0 (VAISALA, 2006). Posteriormente os valores obtidos através da calculadora foram comparados com os estimados ao se utilizar a carta psicrométrica de Ouro Preto e ambos se mostraram satisfatoriamente próximos.

A calculadora online Vaisala Humidity Calculator Versão 5.0 (VAISALA, 2006) possibilita calcular vários parâmetros de umidade a partir de um valor conhecido, realiza conversões de unidade e prevê os efeitos das mudanças de condições do ambiente, como temperatura e pressão. Esta ferramenta inclui calibração e conversão para: umidade relativa, ponto de orvalho/ponto de congelamento, umidade absoluta, teor de água, razão de mistura, pressão de vapor, partes por milhão, temperatura de bulbo úmido, entalpia, volume específico e densidade. A nova interface do usuário funciona com qualquer dispositivo e está disponível em oito idiomas: inglês, chinês, alemão, finlandês, francês, japonês e português, com acesso por meio do site <http://go.vaisala.com/humiditycalculator/5.0/>.

Na Figura A.1 mostra-se a interface da Calculadora Online Vaisala. A título de exemplo são utilizados os parâmetros ambientais da cidade de Ouro Preto (MG) e os valores obtidos na medição realizada no dia 04/07/2013: temperatura de bulbo seco do ar de 20,7°C, umidade relativa do ar de 61,4%, pressão do ar de 87,9402kPa.

The screenshot shows the Vaisala Humidity Calculator 5.0 interface. The language is set to Portuguese. Under 'Condições Ambientais', the temperature is 20.7 °C and the pressure is 87.9402 kPa. In the 'Preencha o parâmetro conhecido' section, the relative humidity (UR) is 61.4 %UR. A 'Calcular' button is visible at the bottom right.

Figura A.1 - Interface Vaisala Humidity Calculator 5.0: obtenção temperatura de bulbo úmido e razão de mistura do ar

Após inserir os dados que serão analisados, é necessário clicar em “Calcular” para que a calculadora gere os resultados desejados, como se pode ver na Figura B.

The screenshot shows the results page of the Vaisala Humidity Calculator 5.0. The interface is organized into two main sections: 'Condições Ambientais' and 'Preencha o parâmetro conhecido para calcular outros valores'. The results are displayed in a table format with columns for 'Valor' and 'Unidade/Conversão'. The 'Taxa de mistura (x)' and 'Bulbo úmido' rows are highlighted with red boxes.

Condições Ambientais		
	Valor	Unidade/Conversão
Temperatura	20,7	°C
Pressão	87,94	Pa
Tipo do gás	Ar	
Psicrômetro	Padrão	
Preencha o parâmetro conhecido para calcular outros valores		
	Valor	Unidade/Conversão
Umidade relativa (UR)	61,4	%UR
Ponto de orvalho	13,015	°C
Partes por milhão (ppm)	17394	PPMvol
Umidade absoluta (a)	11,086	g/m³
Taxa de mistura (x)	10,818	g/kg
Índice de água (w)	811,66	lb/MMscf
Pressão do vapor (pw)	1503,5	Pa
Bulbo úmido	15,733	°C
Entalpia	48,293	kJ/kg
Ponto de geada	13,015	°C
Pressão do vapor da saturação (pws)	2448,7	Pa
Volume Específico	0,96544	m³/kg
Densidade	1,0358	kg/m³

Figura A.2 - Resultados obtidos por meio da Vaisala Humidity Calculator 5.0

Portanto, segundo a calculadora online Vaisala Humidity Calculator, para os parâmetros ambientais dispostos anteriormente, a umidade absoluta (ω) é de 10,818g/kg de ar seco e a temperatura de bulbo úmido (T_{bu}) é 15,733°C, como destacado na Figura A.2. Para verificar estes valores, optou-se por consultar a carta psicrométrica de Ouro Preto (MG), utilizando

para isso os mesmos parâmetros ambientais usados no cálculo online. Na Figura A.3 apresenta-se os resultados obtidos por meio da carta psicrométrica de Ouro Preto.

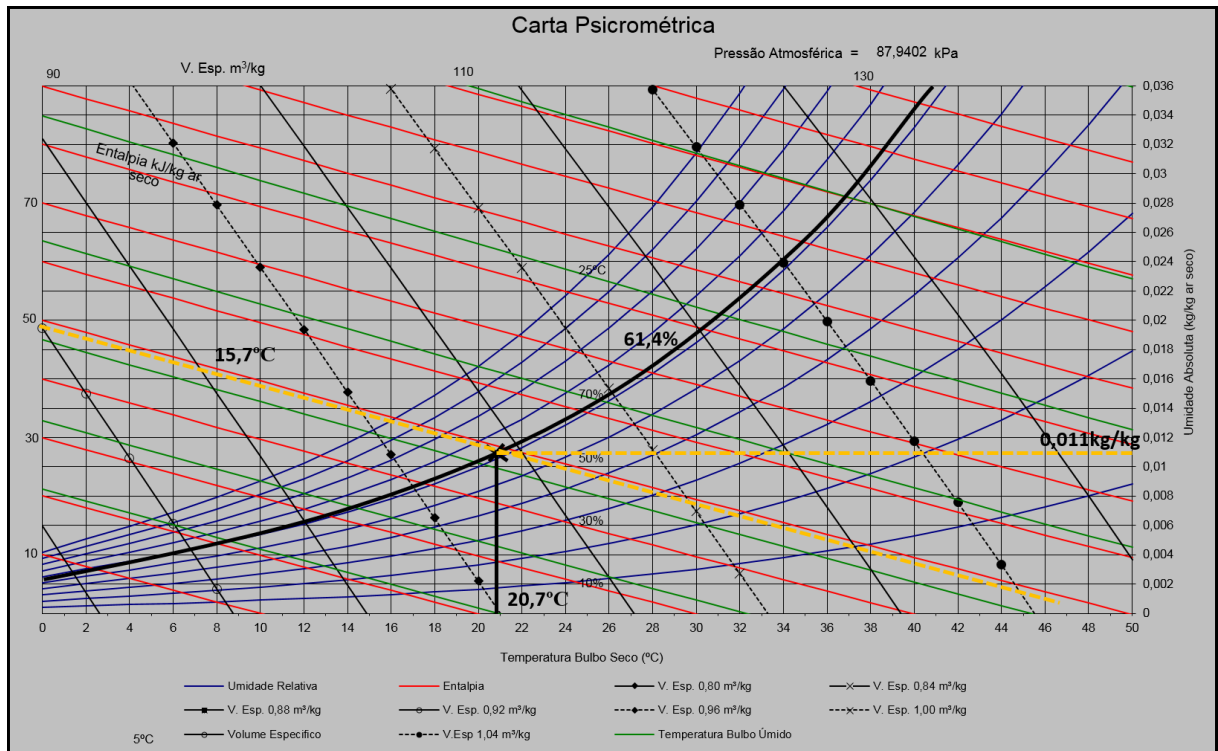


Figura A.3 - Carta psicrométrica de Ouro Preto (MG): obtenção temperatura de bulbo úmido e umidade absoluta do ar

Por meio da carta psicrométrica de Ouro Preto (MG), obteve-se temperatura de bulbo úmido de aproximadamente 15,7°C e umidade absoluta do ar de 11g/kg de ar seco. Com estes resultados é possível afirmar que os métodos coincidem em seus resultados, sendo que ao se utilizar a calculadora online Vaisala Humidity Calculator 5.0 não se comete erros de aproximação derivados da leitura do gráfico da carta psicrométrica.

Por este motivo, opta-se por utilizar a calculadora online Vaisala Humidity Calculator 5.0 para o cálculo das temperaturas de bulbo úmido (T_{bu}) e umidade absoluta (ω) de todas as medições realizadas por Nascimento (2016). Os resultados obtidos para temperatura de bulbo úmido (T_{bu}) e umidade absoluta (ω) são mostrados na Tabela A.1.

Tabela A.1 – Temperatura de bulbo úmido (Tbu) e umidade absoluta (ω) para cada medição realizada por Nascimento (2016)

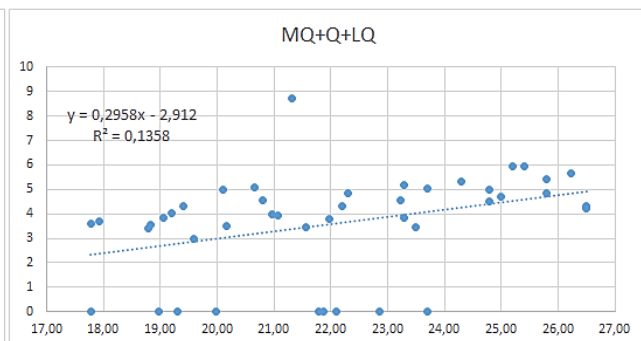
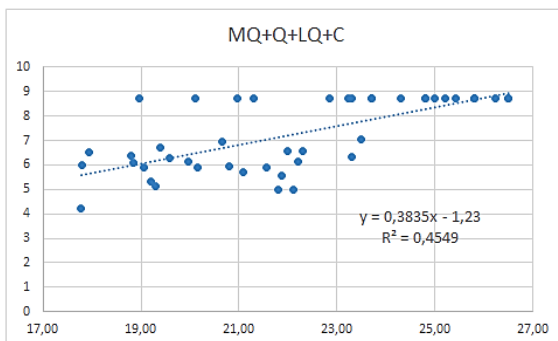
Dia	Tar(°C)	ϕ (%)	W (g/kg)	Tbu
04/07/2013	20,70	61,40	10,82	15,73
18/07/2013	23,50	66,20	13,90	18,90
25/07/2013	21,70	71,10	13,37	17,98
31/07/2013	21,70	68,00	12,78	17,55
09/08/2013	21,50	52,10	9,62	15,05
15/08/2013	21,30	73,10	13,42	17,89
28/08/2013	19,20	58,40	9,36	14,02
05/09/2013	19,94	69,70	11,74	16,20
06/09/2013	21,00	61,90	11,12	16,07
03/10/2013	18,70	72,40	11,28	15,42
17/10/2013	17,20	74,30	10,52	14,28
17/10/2013	17,50	72,00	10,38	14,27
24/10/2013	16,80	73,20	10,10	13,78
25/10/2013	17,50	71,40	10,30	14,20
01/11/2013	17,20	69,00	9,75	13,63
01/11/2013	17,60	71,80	10,42	14,34
07/11/2013	16,00	66,80	8,74	12,29
07/11/2013	16,00	66,80	8,74	12,29
11/11/2013	20,60	72,00	12,65	17,10
14/11/2013	22,20	71,40	13,86	18,48
21/11/2013	18,80	58,00	9,06	13,62
21/11/2013	19,40	63,10	10,25	14,83
28/11/2013	23,30	67,20	13,94	18,87
28/11/2013	23,50	67,90	14,27	19,15
05/12/2013	25,50	73,40	17,47	21,79
07/01/2014	24,80	71,90	16,39	20,93
07/01/2014	25,80	74,30	18,02	22,21
16/01/2014	23,70	65,30	13,88	18,95
16/01/2014	24,80	68,30	15,55	20,38
21/01/2014	23,50	62,50	13,11	18,35
24/01/2014	24,30	65,20	14,38	19,46
30/01/2014	25,80	55,00	13,24	19,13
31/01/2014	25,20	45,40	10,50	16,97
06/02/2014	25,00	57,30	13,15	18,83
07/02/2014	26,50	53,20	13,35	19,41
10/02/2014	20,10	62,10	10,54	15,31
14/02/2014	26,50	57,40	14,43	20,13
21/03/2014	23,70	57,20	12,12	17,70
21/03/2014	23,70	39,00	8,21	14,66
28/03/2014	22,10	56,00	10,75	16,17
31/03/2014	22,30	71,50	13,96	18,59
04/04/2014	20,80	65,50	11,63	16,40
10/04/2014	23,30	67,00	13,90	18,84
10/04/2014	23,30	65,90	13,67	18,68

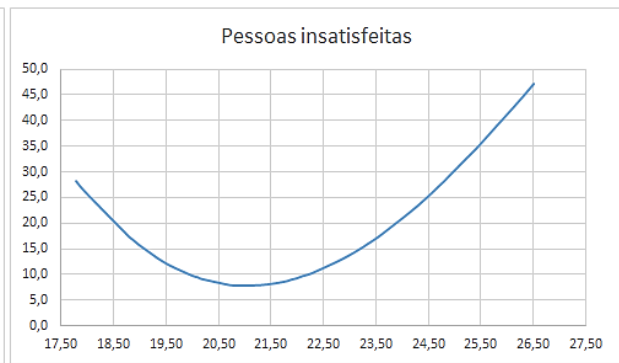
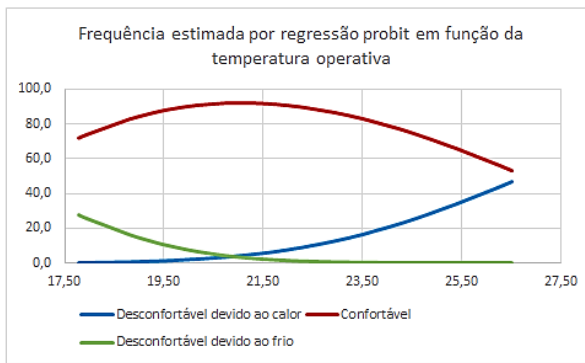
APÊNDICE B – Resultados obtidos por meio do Método de Análise Probit

B.1 - Temperatura operativa

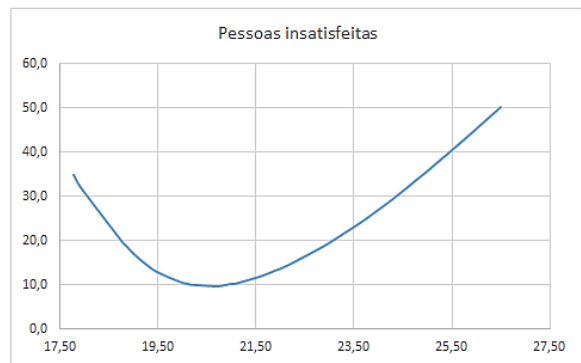
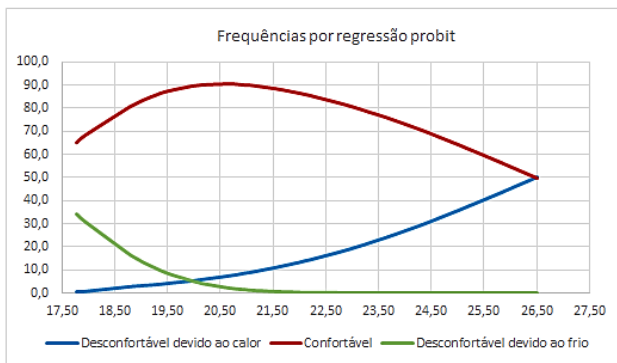
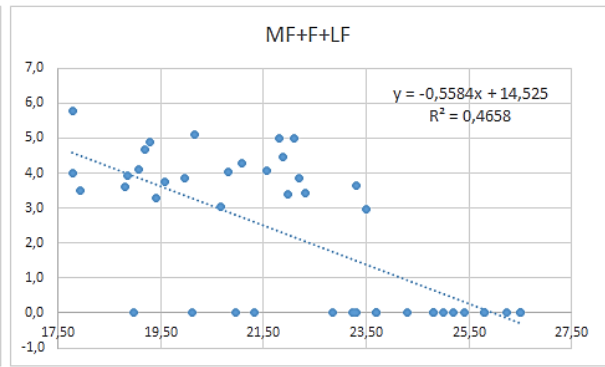
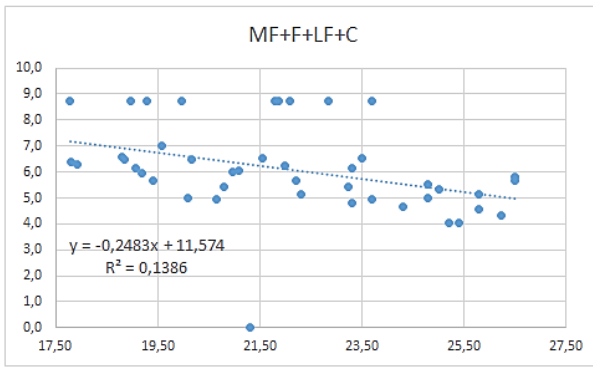
To(°C)	Frequências absolutas (nº de votos)				Frequência relativa (%)			
	Com calor MQ+Q+LQ	Ausência de frio MQ+Q+LQ+C	Ausência de calor MF+F+LF+C	Com frio MF+F+LF	Com calor MQ+Q+LQ	Ausência de frio MQ+Q+LQ+C	Ausência de calor MF+F+LF+C	Com frio MF+F+LF
17,8	0	3	14	11	0,00%	21,43%	100,00%	78,57%
17,8	2	16	18	3	7,89%	84,21%	92,11%	15,79%
17,9	2	14	14	1	10,00%	93,33%	90,00%	6,67%
18,8	1	17	17	2	5,56%	91,67%	94,44%	8,33%
18,8	1	6	7	1	7,14%	85,71%	92,86%	14,29%
19,0	0	1	1	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
19,1	1	7	7	2	12,50%	81,25%	87,50%	18,75%
19,2	2	8	10	5	16,67%	62,50%	83,33%	37,50%
19,3	0	12	21	10	0,00%	54,76%	100,00%	45,24%
19,4	3	12	9	1	25,00%	95,83%	75,00%	4,17%
19,6	1	22	24	3	2,08%	89,58%	97,92%	10,42%
20,0	0	7	8	1	0,00%	87,50%	100,00%	12,50%
20,1	8	16	8	0	50,00%	100,00%	50,00%	0,00%
20,2	2	10	21	12	6,82%	45,45%	93,18%	54,55%
20,7	11	20	10	1	52,50%	97,50%	47,50%	2,50%
20,8	2	5	4	1	33,33%	83,33%	66,67%	16,67%
21,0	3	16	14	0	15,63%	100,00%	84,38%	0,00%
21,1	5	24	27	8	14,52%	75,81%	85,48%	24,19%
21,3	1	1	0	0	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%
21,6	4	46	53	10	6,25%	82,14%	93,75%	17,86%
21,8	0	1	2	1	0,00%	50,00%	100,00%	50,00%
21,9	0	21	29	9	0,00%	70,69%	100,00%	29,31%
22,0	1	9	8	1	11,11%	94,44%	88,89%	5,56%
22,1	0	1	2	1	0,00%	50,00%	100,00%	50,00%
22,2	1	4	3	1	25,00%	87,50%	75,00%	12,50%
22,3	8	16	10	1	44,12%	94,12%	55,88%	5,88%
22,9	0	2	2	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
23,2	3	9	6	0	33,33%	100,00%	66,67%	0,00%
23,3	4	26	25	3	12,50%	91,07%	87,50%	8,93%
23,3	4	7	3	0	57,14%	100,00%	42,86%	0,00%
23,5	2	24	23	1	6,25%	97,92%	93,75%	2,08%
23,7	0	3	3	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
23,7	14	26	13	0	51,92%	100,00%	48,08%	0,00%
24,3	3	4	2	0	62,50%	100,00%	37,50%	0,00%
24,8	10	31	22	0	30,65%	100,00%	69,35%	0,00%
24,8	5	9	5	0	50,00%	100,00%	50,00%	0,00%
25,0	6	16	10	0	37,50%	100,00%	62,50%	0,00%
25,2	13	15	3	0	83,33%	100,00%	16,67%	0,00%
25,4	10	12	2	0	83,33%	100,00%	16,67%	0,00%
25,8	12	18	6	0	66,67%	100,00%	33,33%	0,00%
25,8	4	9	5	0	44,44%	100,00%	55,56%	0,00%
26,2	6	8	2	0	75,00%	100,00%	25,00%	0,00%
26,5	1	2	2	0	25,00%	100,00%	75,00%	0,00%
26,5	2	7	6	0	21,43%	100,00%	78,57%	0,00%
SOMA	149	537	472	84	23,95%	86,53%	76,05%	13,47%

T ₀ (°C)	MQ+Q+LQ+C					MQ+Q+LQ				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
17,8	3	21,4	4,2074	5,5899	72,2	0	0,0	0,0000	2,3483	0,4
17,8	16	84,2	6,0027	5,5933	72,3	1,5	7,9	3,5882	2,3510	0,4
17,9	14	93,3	6,4985	5,6457	74,1	1,5	10,0	3,7184	2,3913	0,5
18,8	17	91,7	6,3852	5,9798	83,6	1	5,6	3,4107	2,6490	0,9
18,8	6	85,7	6,0669	5,9953	84	0,5	7,1	3,5316	2,6610	1
19,0	1	100,0	8,7190	6,0447	85,2	0	0,0	0,0000	2,6991	1,1
19,1	7	81,3	5,8890	6,0808	86	1	12,5	3,8497	2,7269	1,2
19,2	8	62,5	5,3186	6,1332	87,1	2	16,7	4,0339	2,7674	1,3
19,3	12	54,8	5,1206	6,1697	87,9	0	0,0	0,0000	2,7955	1,4
19,4	12	95,8	6,7279	6,2099	88,7	3	25,0	4,3255	2,8265	1,5
19,6	22	89,6	6,2591	6,2821	90	0,5	2,1	2,9665	2,8822	1,7
20,0	7	87,5	6,1503	6,4307	92,4	0	0,0	0,0000	2,9968	2,3
20,1	16	100,0	8,7190	6,4783	93	8	50,0	5,0000	3,0336	2,5
20,2	10	45,5	5,8870	6,5025	93,4	1,5	6,8	3,5091	3,0522	2,6
20,7	20	97,5	6,9600	6,6909	95,5	10,5	52,5	5,0627	3,1975	3,6
20,8	5	83,3	5,9661	6,7468	96	2	33,3	4,5684	3,2406	3,9
21,0	16	100,0	8,7190	6,8099	96,5	2,5	15,6	3,9890	3,2893	4,4
21,1	24	75,8	5,6999	6,8543	96,8	4,5	14,5	3,9419	3,3235	4,7
21,3	1	100,0	8,7190	6,9420	97,4	1	100,0	8,7190	3,3912	5,4
21,6	46	82,1	5,9192	7,0373	97,9	3,5	6,3	3,4699	3,4647	6,2
21,8	1	50,0	5,0000	7,1295	98,34	0	0,0	0,0000	3,5359	7,1
21,9	21	70,7	5,5446	7,1599	98,46	0	0,0	0,0000	3,5593	7,5
22,0	9	94,4	6,5893	7,1999	98,61	1	11,1	3,7788	3,5901	7,9
22,1	1	50,0	5,0000	7,2454	98,76	0	0,0	0,0000	3,6252	8,5
22,2	4	87,5	6,1503	7,2837	98,88	1	25,0	4,3255	3,6548	8,9
22,3	16	94,1	6,5632	7,3221	98,99	7,5	44,1	4,8516	3,6843	9,4
22,9	2	100,0	8,7190	7,5354	99,44	0	0,0	0,0000	3,8489	12,5
23,2	9	100,0	8,7190	7,6800	99,63	3	33,3	4,5684	3,9605	14,9
23,3	26	91,1	6,3469	7,7055	99,66	3,5	12,5	3,8497	3,9801	15,4
23,3	7	100,0	8,7190	7,7055	99,66	4	57,1	5,1789	3,9801	15,4
23,5	24	97,9	7,0335	7,7823	99,73	1,5	6,3	3,4699	4,0393	16,8
23,7	3	100,0	8,7190	7,8589	99,79	0	0,0	0,0000	4,0985	18,4
23,7	26	100,0	8,7190	7,8589	99,79	13,5	51,9	5,0476	4,0985	18,4
24,3	4	100,0	8,7190	8,0891	99,9	2,5	62,5	5,3186	4,2759	23,4
24,8	31	100,0	8,7190	8,2808	99,95	9,5	30,6	4,4928	4,4238	28,2
24,8	9	100,0	8,7190	8,2808	99,95	4,5	50,0	5,0000	4,4238	28,2
25,0	16	100,0	8,7190	8,3575	99,96	6	37,5	4,6814	4,4830	30,3
25,2	15	100,0	8,7190	8,4342	99,97	12,5	83,3	5,9661	4,5422	32,4
25,4	12	100,0	8,7190	8,5155	99,98	10	83,3	5,9661	4,6049	34,6
25,8	18	100,0	8,7190	8,6643	99,99	12	66,7	5,4316	4,7196	39
25,8	9	100,0	8,7190	8,6643	99,99	4	44,4	4,8592	4,7196	39
26,2	8	100,0	8,7190	8,8269	99,99	6	75,0	5,6745	4,8450	43,8
26,5	2	100,0	8,7190	8,9327	99,99	0,5	25,0	4,3255	4,9267	47,1
26,5	7	100,0	8,7190	8,9327	99,99	1,5	21,4	4,2074	4,9267	47,1





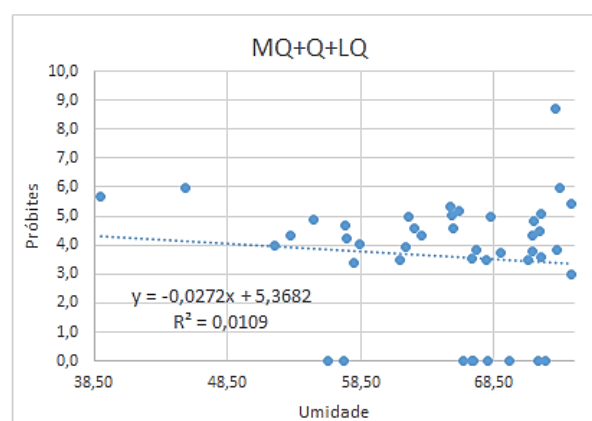
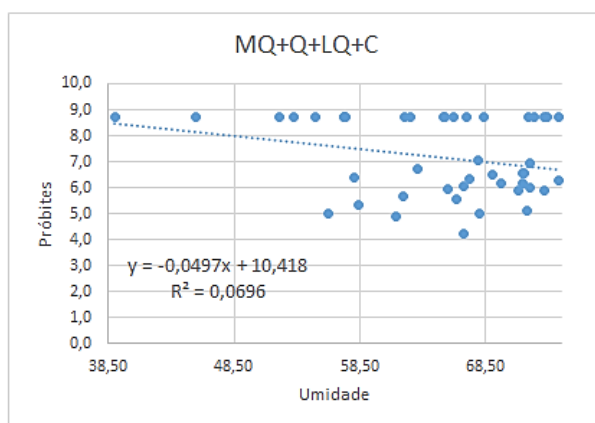
To(°C)	MF+F+LF+C					MF+F+LF				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
17,8	14	100,0	8,7190	7,1584	99,46	11	78,6	5,7926	4,5948	34,3
17,8	18	92,1	6,4118	7,1562	99,45	3	15,8	3,9973	4,5898	34,1
17,9	14	90,0	6,2816	7,1223	99,31	1	6,7	3,5015	4,5136	31,3
18,8	17	94,4	6,5893	6,9060	97,2	2	8,3	3,6148	4,0271	16,5
18,8	7	92,9	6,4684	6,8959	97,1	1	14,3	3,9331	4,0046	16,0
19,0	1	100,0	8,7190	6,8639	96,9	0	0,0	0,0000	3,9326	14,3
19,1	7	87,5	6,1503	6,8406	96,7	2	18,8	4,1147	3,8801	13,1
19,2	10	83,3	5,9661	6,8066	96,5	5	37,5	4,6814	3,8037	11,6
19,3	21	100,0	8,7190	6,7830	96,3	10	45,2	4,8794	3,7505	10,6
19,4	9	75,0	5,6745	6,7570	96,1	1	4,2	3,2721	3,6920	9,5
19,6	24	97,9	7,0335	6,7102	95,6	3	10,4	3,7409	3,5869	7,9
20,0	8	100,0	8,7190	6,6140	94,7	1	12,5	3,8497	3,3705	5,2
20,1	8	50,0	5,0000	6,5832	94,3	0	0,0	0,0000	3,3012	4,5
20,2	21	93,2	6,4909	6,5675	94,1	12	54,5	5,1130	3,2659	4,1
20,7	10	47,5	4,9373	6,4455	92,6	1	2,5	3,0400	2,9916	2,2
20,8	4	66,7	5,4316	6,4094	92,1	1	16,7	4,0339	2,9103	1,8
21,0	14	84,4	6,0110	6,3685	91,4	0	0,0	0,0000	2,8184	1,5
21,1	27	85,5	6,0581	6,3398	91	8	24,2	4,3001	2,7538	1,2
21,3	0	0,0	0,0000	6,2830	90	0	0,0	0,0000	2,6261	0,9
21,6	53	93,8	6,5382	6,2213	88,9	10	17,9	4,0808	2,4873	0,6
21,8	2	100,0	8,7190	6,1616	87,7	1	50,0	5,0000	2,3530	0,4
21,9	29	100,0	8,7190	6,1419	87,3	9	29,3	4,4554	2,3087	0,4
22,0	8	88,9	6,2212	6,1160	86,8	1	5,6	3,4107	2,2506	0,3
22,1	2	100,0	8,7190	6,0866	86,1	1	50,0	5,0000	2,1844	0,2
22,2	3	75,0	5,6745	6,0617	85,6	1	12,5	3,8497	2,1285	0,2
22,3	10	55,9	5,1484	6,0369	85	1	5,9	3,4368	2,0727	0,2
22,9	2	100,0	8,7190	5,8987	81,6	0	0,0	0,0000	1,7620	0,1
23,2	6	66,7	5,4316	5,8051	79	0	0,0	0,0000	1,5514	0,1
23,3	25	87,5	6,1503	5,7886	78,5	3	8,9	3,6531	1,5143	0,1
23,3	3	42,9	4,8211	5,7886	78,5	0	0,0	0,0000	1,5143	0,1
23,5	23	93,8	6,5382	5,7389	77	1	2,1	2,9665	1,4026	0,0
23,7	3	100,0	8,7190	5,6893	75,5	0	0,0	0,0000	1,2909	0,0
23,7	13	48,1	4,9524	5,6893	75,5	0	0,0	0,0000	1,2909	0,0
24,3	2	37,5	4,6814	5,5403	70,6	0	0,0	0,0000	0,9559	0,0
24,8	22	69,4	5,5072	5,4162	66,1	0	0,0	0,0000	0,6767	0,0
24,8	5	50,0	5,0000	5,4162	66,1	0	0,0	0,0000	0,6767	0,0
25,0	10	62,5	5,3186	5,3665	64,3	0	0,0	0,0000	0,5650	0,0
25,2	3	16,7	4,0339	5,3168	62,4	0	0,0	0,0000	0,4533	0,0
25,4	2	16,7	4,0339	5,2642	60,4	0	0,0	0,0000	0,3349	0,0
25,8	6	33,3	4,5684	5,1679	56,7	0	0,0	0,0000	0,1183	0,0
25,8	5	55,6	5,1408	5,1679	56,7	0	0,0	0,0000	0,1183	0,0
26,2	2	25,0	4,3255	5,0626	52,5	0	0,0	0,0000	-0,1184	0,0
26,5	2	75,0	5,6745	4,9941	49,8	0	0,0	0,0000	-0,2726	0,0
26,5	6	78,6	5,7926	4,9941	49,8	0	0,0	0,0000	-0,2726	0,0

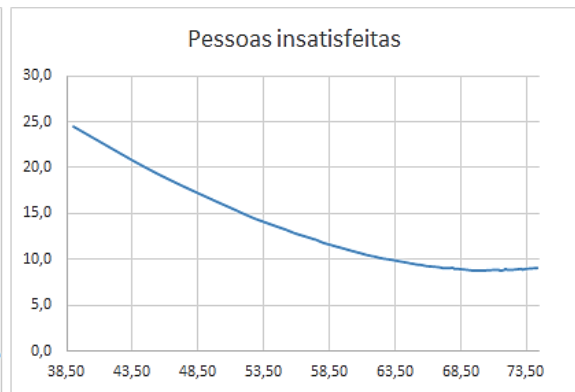
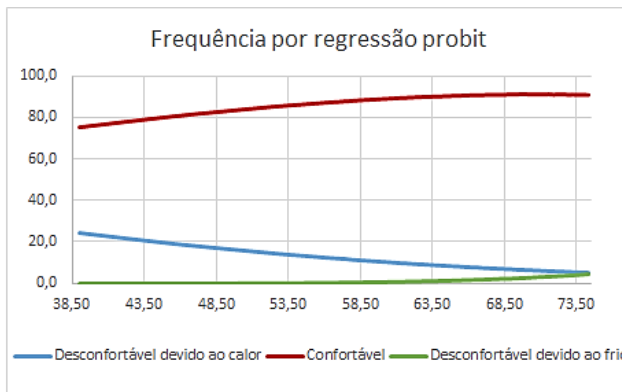


B.2–Umidade relativa do ar

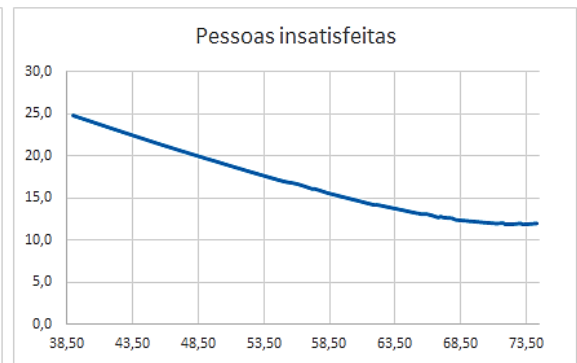
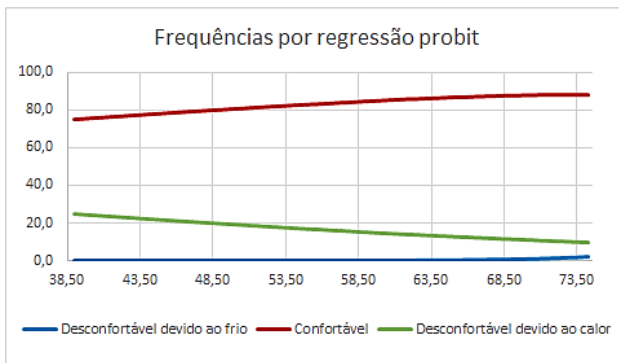
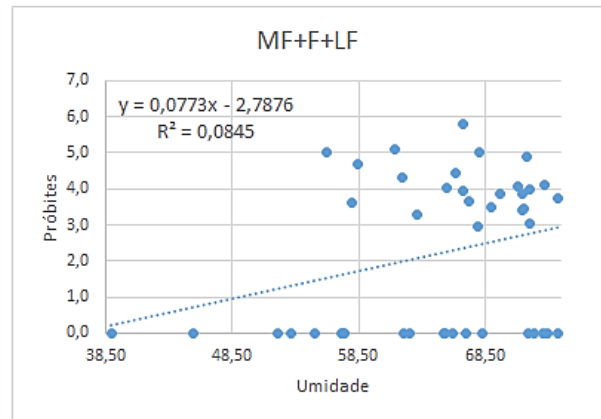
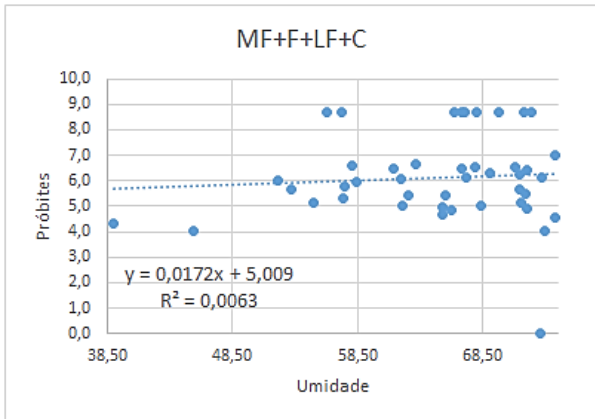
φ (%)	Frequências absolutas (nº de votos)				Frequência relativa (%)			
	Com calor MQ+Q+LQ	Ausência de frio MQ+Q+LQ+C	Ausência de calor MF+F+LF+C	Com frio MF+F+LF	Com calor MQ+Q+LQ	Ausência de frio MQ+Q+LQ+C	Ausência de calor MF+F+LF+C	Com frio MF+F+LF
39	6	8	2	0	75,00%	100,00%	25,00%	0,00%
45	13	15	3	0	83,33%	100,00%	16,67%	0,00%
52	3	16	14	0	15,63%	100,00%	84,38%	0,00%
53	1	2	2	0	25,00%	100,00%	75,00%	0,00%
55	4	9	5	0	44,44%	100,00%	55,56%	0,00%
56	0	1	2	1	0,00%	50,00%	100,00%	50,00%
57	0	3	3	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
57	6	16	10	0	37,50%	100,00%	62,50%	0,00%
57	2	7	6	0	21,43%	100,00%	78,57%	0,00%
58	1	17	17	2	5,56%	91,67%	94,44%	8,33%
58	2	8	10	5	16,67%	62,50%	83,33%	37,50%
61	2	10	21	12	6,82%	45,45%	93,18%	54,55%
62	5	24	27	8	14,52%	75,81%	85,48%	24,19%
62	8	16	8	0	50,00%	100,00%	50,00%	0,00%
63	3	9	6	0	33,33%	100,00%	66,67%	0,00%
63	3	12	9	1	25,00%	95,83%	75,00%	4,17%
65	3	4	2	0	62,50%	100,00%	37,50%	0,00%
65	14	26	13	0	51,92%	100,00%	48,08%	0,00%
66	2	5	4	1	33,33%	83,33%	66,67%	16,67%
66	4	7	3	0	57,14%	100,00%	42,86%	0,00%
66	0	21	29	9	0,00%	70,69%	100,00%	29,31%
67	1	6	7	1	7,14%	85,71%	92,86%	14,29%
67	0	3	14	11	0,00%	21,43%	100,00%	78,57%
67	0	2	2	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
67	4	26	25	3	12,50%	91,07%	87,50%	8,93%
68	2	24	23	1	6,25%	97,92%	93,75%	2,08%
68	0	1	2	1	0,00%	50,00%	100,00%	50,00%
68	5	9	5	0	50,00%	100,00%	50,00%	0,00%
69	2	14	14	1	10,00%	93,33%	90,00%	6,67%
70	0	7	8	1	0,00%	87,50%	100,00%	12,50%
71	4	46	53	10	6,25%	82,14%	93,75%	17,86%
71	1	9	8	1	11,11%	94,44%	88,89%	5,56%
71	1	4	3	1	25,00%	87,50%	75,00%	12,50%
72	8	16	10	1	44,12%	94,12%	55,88%	5,88%
72	0	12	21	10	0,00%	54,76%	100,00%	45,24%
72	10	31	22	0	30,65%	100,00%	69,35%	0,00%
72	2	16	18	3	7,89%	84,21%	92,11%	15,79%
72	11	20	10	1	52,50%	97,50%	47,50%	2,50%
72	0	1	1	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
73	1	1	0	0	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%
73	1	7	7	2	12,50%	81,25%	87,50%	18,75%
73	10	12	2	0	83,33%	100,00%	16,67%	0,00%
74	1	22	24	3	2,08%	89,58%	97,92%	10,42%
74	12	18	6	0	66,67%	100,00%	33,33%	0,00%
SOMA	149	537	472	84	23,95%	86,53%	76,05%	13,47%

Φ (%)	MQ+Q+LQ+C					MQ+Q+LQ				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
39	8	100,0	8,7190	8,4797	99,97	6	75,0	5,6745	4,3074	24,50
45	15	100,0	8,7190	8,1616	99,92	12,5	83,3	5,9661	4,1333	19,30
52	16	100,0	8,7190	7,8286	99,77	2,5	15,6	3,9890	3,9511	14,70
53	2	100,0	8,7190	7,7740	99,72	0,5	25,0	4,3255	3,9212	14,00
55	9	100,0	8,7190	7,6845	99,64	4	44,4	4,8592	3,8722	13,00
56	1	50,0	5,0000	7,6348	99,58	0	0,0	0,0000	3,8450	12,40
57	3	100,0	8,7190	7,5752	99,50	0	0,0	0,0000	3,8124	11,80
57	16	100,0	8,7190	7,5702	99,49	6	37,5	4,6814	3,8096	11,70
57	7	100,0	8,7190	7,5652	99,48	1,5	21,4	4,2074	3,8069	11,70
58	17	91,7	6,3852	7,5354	99,44	1	5,6	3,4107	3,7906	11,30
58	8	62,5	5,3186	7,5155	99,41	2	16,7	4,0339	3,7797	11,10
61	10	45,5	4,8870	7,3664	99,10	1,5	6,8	3,5091	3,6981	9,60
62	24	75,8	5,6999	7,3416	99,04	4,5	14,5	3,9419	3,6845	9,40
62	16	100,0	8,7190	7,3316	99,01	8	50,0	5,0000	3,6791	9,30
63	9	100,0	8,7190	7,3118	98,96	3	33,3	4,5684	3,6682	9,10
63	12	95,8	6,7279	7,2819	98,88	3	25,0	4,3255	3,6519	8,90
65	4	100,0	8,7190	7,1776	98,53	2,5	62,5	5,3186	3,5948	8,00
65	26	100,0	8,7190	7,1726	98,53	13,5	51,9	5,0476	3,5920	8,00
66	5	83,3	5,9661	7,1627	98,47	2	33,3	4,5684	3,5866	7,90
66	7	100,0	8,7190	7,1428	98,39	4	57,1	5,1789	3,5757	7,70
66	21	70,7	5,5446	7,1279	98,33	0	0,0	0,0000	3,5676	7,60
67	6	85,7	6,0669	7,0980	98,20	0,5	7,1	3,5316	3,5512	7,40
67	3	21,4	4,2074	7,0980	98,20	0	0,0	0,0000	3,5512	7,40
67	2	100,0	8,7190	7,0881	98,16	0	0,0	0,0000	3,5458	7,30
67	26	91,1	6,3469	7,0782	98,12	3,5	12,5	3,8497	3,5404	7,20
68	24	97,9	7,0335	7,0434	97,90	1,5	6,3	3,4699	3,5213	7,00
68	1	50,0	5,0000	7,0384	97,90	0	0,0	0,0000	3,5186	6,90
68	9	100,0	8,7190	7,0235	97,80	4,5	50,0	5,0000	3,5104	6,80
69	14	93,3	6,4985	6,9887	97,70	1,5	10,0	3,7184	3,4914	6,60
70	7	87,5	6,1503	6,9539	97,50	0	0,0	0,0000	3,4724	6,30
71	46	82,1	5,9192	6,8843	97,00	3,5	6,3	3,4699	3,4343	5,90
71	9	94,4	6,5893	6,8694	96,90	1	11,1	3,7788	3,4261	5,80
71	4	87,5	6,1503	6,8694	96,90	1	25,0	4,3255	3,4261	5,80
72	16	94,1	6,5632	6,8645	96,90	7,5	44,1	4,8516	3,4234	5,70
72	12	54,8	5,1206	6,8495	96,80	0	0,0	0,0000	3,4152	5,70
72	31	100,0	8,7190	6,8446	96,70	9,5	30,6	4,4928	3,4125	5,70
72	16	84,2	6,0027	6,8396	96,70	1,5	7,9	3,5882	3,4098	5,60
72	20	97,5	6,9600	6,8396	96,70	10,5	52,5	5,0627	3,4098	5,60
72	1	100,0	8,7190	6,8197	96,60	0	0,0	0,0000	3,3989	5,50
73	1	100,0	8,7190	6,7849	96,30	1	100,0	8,7190	3,3799	5,30
73	7	81,3	5,8890	6,7800	96,30	1	12,5	3,8497	3,3772	5,20
73	12	100,0	8,7190	6,7700	96,20	10	83,3	5,9661	3,3717	5,20
74	22	89,6	6,2591	6,7253	95,80	0,5	2,1	2,9665	3,3472	4,90
74	18	100,0	8,7190	6,7253	95,80	12	66,7	5,4316	3,3472	4,90





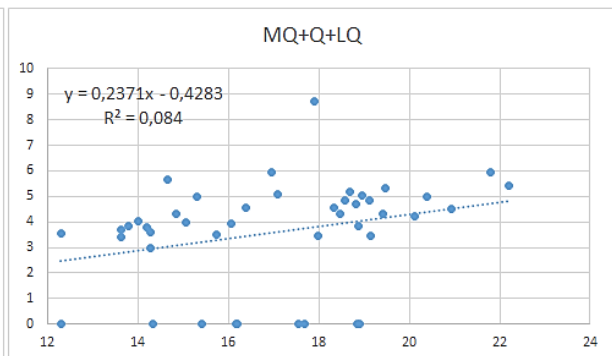
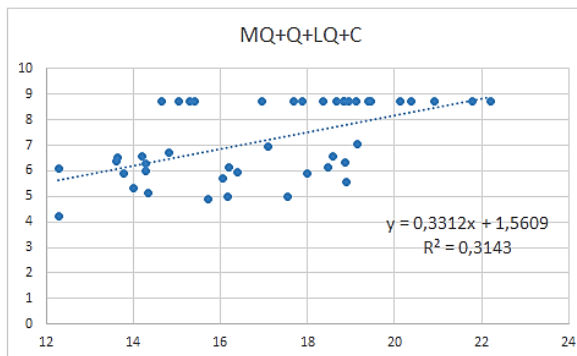
Φ (%)	MF+F+LF+C					MF+F+LF				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
39	2	25,0	4,3255	5,6798	75,2	0	0,0	0,0000	0,2271	0
45	3	16,7	4,0339	5,7899	78,5	0	0,0	0,0000	0,7218	0
52	14	84,4	6,0110	5,9051	81,7	0	0,0	0,0000	1,2397	0
53	2	75,0	5,6745	5,9240	82,2	0	0,0	0,0000	1,3248	0
55	5	55,6	5,1408	5,9550	83	0	0,0	0,0000	1,4639	0
56	2	100,0	8,7190	5,9722	83,4	1	50,0	5,0000	1,5412	0,1
57	3	100,0	8,7190	5,9928	84	0	0,0	0,0000	1,6340	0,1
57	10	62,5	5,3186	5,9946	84	0	0,0	0,0000	1,6417	0,1
57	6	78,6	5,7926	5,9963	84	0	0,0	0,0000	1,6494	0,1
58	17	94,4	6,5893	6,0066	84,3	2	8,3	3,6148	1,6958	0,1
58	10	83,3	5,9661	6,0135	84,5	5	37,5	4,6814	1,7267	0,1
61	21	93,2	6,4909	6,0651	85,7	12	54,5	5,1130	1,9586	0,1
62	27	85,5	6,0581	6,0737	85,9	8	24,2	4,3001	1,9973	0,1
62	8	50,0	5,0000	6,0771	85,9	0	0,0	0,0000	2,0127	0,1
63	6	66,7	5,4316	6,0840	86,1	0	0,0	0,0000	2,0437	0,2
63	9	75,0	6,6745	6,0943	86,3	1	4,2	3,2721	2,0900	0,2
65	2	37,5	4,6814	6,1304	87,1	0	0,0	0,0000	2,2524	0,3
65	13	48,1	4,9524	6,1322	87,1	0	0,0	0,0000	2,2601	0,3
66	4	66,7	5,4316	6,1356	87,2	1	16,7	4,0339	2,2756	0,3
66	3	42,9	4,8211	6,1425	87,3	0	0,0	0,0000	2,3065	0,4
66	29	100,0	8,7190	6,1476	87,4	9	29,3	4,4554	2,3297	0,4
67	7	92,9	6,4684	6,1580	87,7	1	14,3	3,9331	2,3760	0,4
67	14	100,0	8,7190	6,1580	87,7	11	78,6	5,7926	2,3760	0,4
67	2	100,0	8,7190	6,1614	87,7	0	0,0	0,0000	2,3915	0,5
67	25	87,5	6,1503	6,1648	87,8	3	8,9	3,6531	2,4070	0,5
68	23	93,8	6,5382	6,1769	88	1	2,1	2,9665	2,4611	0,6
68	2	100,0	8,7190	6,1786	88,1	1	50,0	5,0000	2,4688	0,6
68	5	50,0	5,0000	6,1838	88,2	0	0,0	0,0000	2,4920	0,6
69	14	90,0	6,2816	6,1958	88,4	1	6,7	3,5015	2,5461	0,7
70	8	100,0	8,7190	6,2078	88,6	1	12,5	3,8497	2,6002	0,8
71	53	93,8	6,5382	6,2319	89,1	10	17,9	4,0808	2,7084	1,1
71	8	88,9	6,2212	6,2371	89,2	1	5,6	3,4107	2,7316	1,2
71	3	75,0	5,6745	6,2371	89,2	1	12,5	3,8497	2,7316	1,2
72	10	55,9	5,1484	6,2388	89,2	1	5,9	3,4368	2,7394	1,2
72	21	100,0	8,7190	6,2440	89,3	10	45,2	4,8794	2,7625	1,3
72	22	69,4	5,5072	6,2457	89,4	0	0,0	0,0000	2,7703	1,3
72	18	92,1	6,4118	6,2474	89,4	3	15,8	3,9973	2,7780	1,3
72	10	47,5	4,9373	6,2474	89,4	1	2,5	3,0400	2,7780	1,3
72	1	100,0	8,7190	6,2543	89,5	0	0,0	0,0000	2,8089	1,4
73	0	0,0	0,0000	6,2663	89,7	0	0,0	0,0000	2,8630	1,7
73	7	87,5	6,1503	6,2680	89,8	2	18,8	4,1147	2,8708	1,7
73	2	16,7	4,0339	6,2715	89,8	0	0,0	0,0000	2,8862	1,7
74	24	97,9	7,0335	6,2870	90,1	3	10,4	3,7409	2,9558	2,1
74	6	33,3	4,5684	6,2870	90,1	0	0,0	0,0000	2,9558	2,1

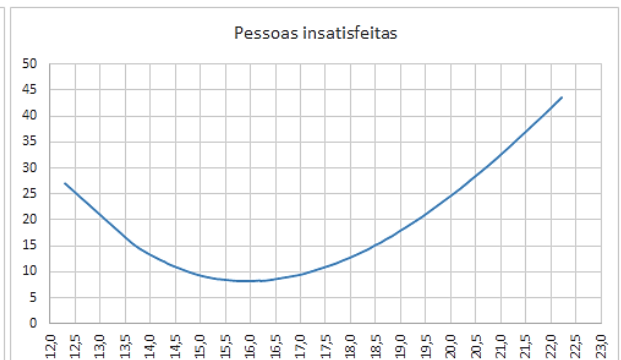
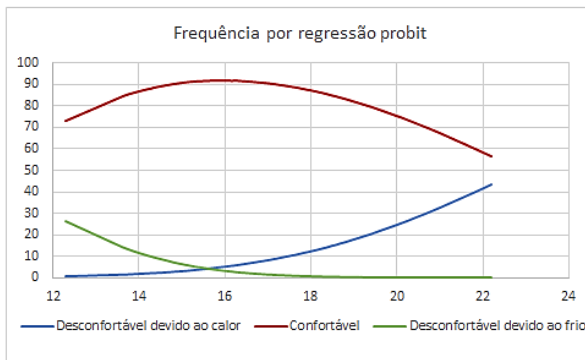


B.3-Temperatura de bulbo úmido

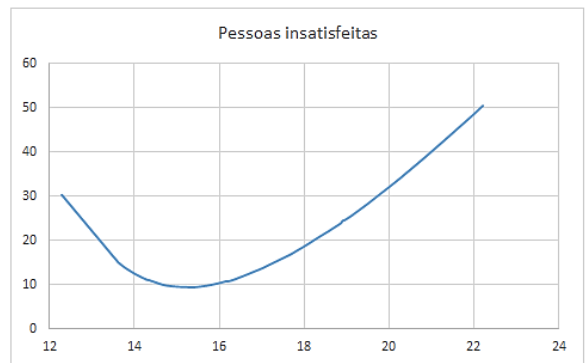
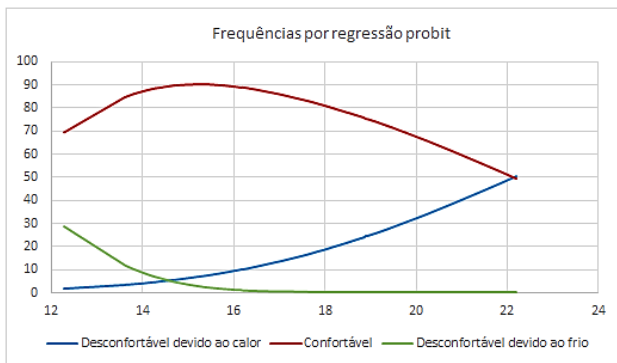
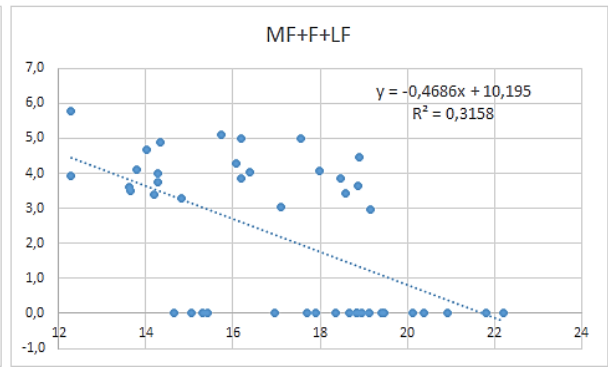
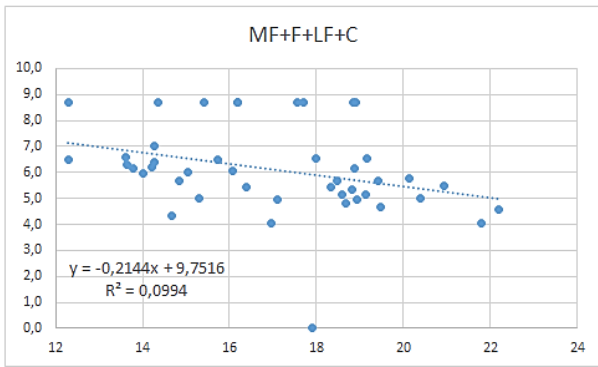
T _{bu} (°C)	Frequências absolutas (nº de votos)				Frequência relativa (%)			
	Com calor MQ+Q+LQ	Ausência de frio MQ+Q+LQ+C	Ausência de calor MF+F+LF+C	Com frio MF+F+LF	Com calor MQ+Q+LQ	Ausência de frio MQ+Q+LQ+C	Ausência de calor MF+F+LF+C	Com frio MF+F+LF
12,3	0	3	14	11	0,00%	21,43%	100,00%	78,57%
12,3	1	6	7	1	7,14%	85,71%	92,86%	14,29%
13,6	1	17	17	2	5,56%	91,67%	94,44%	8,33%
13,6	2	14	14	1	10,00%	93,33%	90,00%	6,67%
13,8	1	7	7	2	12,50%	81,25%	87,50%	18,75%
14,0	2	8	10	5	16,67%	62,50%	83,33%	37,50%
14,2	1	9	8	1	11,11%	94,44%	88,89%	5,56%
14,3	2	16	18	3	7,89%	84,21%	92,11%	15,79%
14,3	1	22	24	3	2,08%	89,58%	97,92%	10,42%
14,3	0	12	21	10	0,00%	54,76%	100,00%	45,24%
14,7	6	8	2	0	75,00%	100,00%	25,00%	0,00%
14,8	3	12	9	1	25,00%	95,83%	75,00%	4,17%
15,0	3	16	14	0	15,63%	100,00%	84,38%	0,00%
15,3	8	16	8	0	50,00%	100,00%	50,00%	0,00%
15,4	0	1	1	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
15,7	2	10	21	12	6,82%	45,45%	93,18%	54,55%
16,1	5	24	27	8	14,52%	75,81%	85,48%	24,19%
16,2	0	1	2	1	0,00%	50,00%	100,00%	50,00%
16,2	0	7	8	1	0,00%	87,50%	100,00%	12,50%
16,4	2	5	4	1	33,33%	83,33%	66,67%	16,67%
17,0	13	15	3	0	83,33%	100,00%	16,67%	0,00%
17,1	11	20	10	1	52,50%	97,50%	47,50%	2,50%
17,6	0	1	2	1	0,00%	50,00%	100,00%	50,00%
17,7	0	3	3	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
17,9	1	1	0	0	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%
18,0	4	46	53	10	6,25%	82,14%	93,75%	17,86%
18,3	3	9	6	0	33,33%	100,00%	66,67%	0,00%
18,5	1	4	3	1	25,00%	87,50%	75,00%	12,50%
18,6	8	16	10	1	44,12%	94,12%	55,88%	5,88%
18,7	4	7	3	0	57,14%	100,00%	42,86%	0,00%
18,8	6	16	10	0	37,50%	100,00%	62,50%	0,00%
18,8	0	2	2	0	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%
18,9	4	26	25	3	12,50%	91,07%	87,50%	8,93%
18,9	0	21	29	9	0,00%	70,69%	100,00%	29,31%
18,9	14	26	13	0	51,92%	100,00%	48,08%	0,00%
19,1	4	9	5	0	44,44%	100,00%	55,56%	0,00%
19,2	2	24	23	1	6,25%	97,92%	93,75%	2,08%
19,4	1	2	2	0	25,00%	100,00%	75,00%	0,00%
19,5	3	4	2	0	62,50%	100,00%	37,50%	0,00%
20,1	2	7	6	0	21,43%	100,00%	78,57%	0,00%
20,4	5	9	5	0	50,00%	100,00%	50,00%	0,00%
20,9	10	31	22	0	30,65%	100,00%	69,35%	0,00%
21,8	10	12	2	0	83,33%	100,00%	16,67%	0,00%
22,2	12	18	6	0	66,67%	100,00%	33,33%	0,00%
SOMA	149	537	472	84	23,95%	86,53%	76,05%	13,47%

Tbu(°C)	MQ+Q+LQ+C					MQ+Q+LQ				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
12,3	3	21,4	4,2074	5,6313	73,6	0	0,0	0,0000	2,4857	0,6
12,3	6	85,7	6,0669	5,6320	73,6	0,5	7,1	3,5316	2,4861	0,6
13,6	17	91,7	6,3852	6,0715	85,8	1	5,6	3,4107	2,8008	1,4
13,6	14	93,3	6,4985	6,0765	85,9	1,5	10,0	3,7184	2,8043	1,4
13,8	7	81,3	5,8890	6,1248	87	1	12,5	3,8497	2,8389	1,5
14,0	8	62,5	5,3186	6,2033	88,6	2	16,7	4,0339	2,8951	1,8
14,2	9	94,4	6,5893	6,2643	89,7	1	11,1	3,7788	2,9388	2
14,3	16	84,2	6,0027	6,2884	90,1	1,5	7,9	3,5882	2,9561	2,1
14,3	22	89,6	6,2591	6,2898	90,1	0,5	2,1	2,9665	2,9570	2,1
14,3	12	54,8	5,1206	6,3106	90,5	0	0,0	0,0000	2,9720	2,1
14,7	8	100,0	8,7190	6,4153	92,1	6	75,0	5,6745	3,0469	2,5
14,8	12	95,8	6,7279	6,4729	93	3	25,0	4,3255	3,0881	2,8
15,0	16	100,0	8,7190	6,5451	93,9	2,5	15,6	3,9890	3,1398	3,1
15,3	16	100,0	8,7190	6,6306	94,9	8	50,0	5,0000	3,2010	3,6
15,4	1	100,0	8,7190	6,6677	95,2	0	0,0	0,0000	3,2275	3,8
15,7	10	45,5	4,8870	6,7717	96,2	1,5	6,8	3,5091	3,3020	4,5
16,1	24	75,8	5,6999	6,8820	97	4,5	14,5	3,9419	3,3809	5,3
16,2	1	50,0	5,0000	6,9177	97,2	0	0,0	0,0000	3,4066	5,6
16,2	7	87,5	6,1503	6,9250	97,3	0	0,0	0,0000	3,4118	5,6
16,4	5	83,3	5,9661	6,9913	97,7	2	33,3	4,5684	3,4592	6,2
17,0	15	100,0	8,7190	7,1800	98,54	12,5	83,3	5,9661	3,5943	8
17,1	20	97,5	6,9600	7,2251	98,7	10,5	52,5	5,0627	3,6266	8,5
17,6	1	50,0	5,0000	7,3735	99,12	0	0,0	0,0000	3,7328	10,3
17,7	3	100,0	8,7190	7,4221	99,23	0	0,0	0,0000	3,7677	10,9
17,9	1	100,0	8,7190	7,4861	99,35	1	100,0	8,7190	3,8134	11,8
18,0	46	82,1	5,9192	7,5165	99,41	3,5	6,3	3,4699	3,8352	12,2
18,3	9	100,0	8,7190	7,6368	99,58	3	33,3	4,5684	3,9213	14
18,5	4	87,5	6,1503	7,6811	99,63	1	25,0	4,3255	3,9531	14,8
18,6	16	94,1	6,5632	7,7163	99,67	7,5	44,1	4,8516	3,9782	15,3
18,7	7	100,0	8,7190	7,7474	99,7	4	57,1	5,1789	4,0005	15,9
18,8	16	100,0	8,7190	7,7964	99,74	6	37,5	4,6814	4,0356	16,7
18,8	2	100,0	8,7190	7,8010	99,75	0	0,0	0,0000	4,0389	16,8
18,9	26	91,1	6,3469	7,8110	99,75	3,5	12,5	3,8497	4,0460	17
18,9	21	70,7	5,5446	7,8212	99,76	0	0,0	0,0000	4,0534	17,2
18,9	26	100,0	8,7190	7,8355	99,77	13,5	51,9	5,0476	4,0636	17,5
19,1	9	100,0	8,7190	7,8954	99,81	4	44,4	4,8592	4,1065	18,6
19,2	24	97,9	7,0335	7,9047	99,82	1,5	6,3	3,4699	4,1131	18,8
19,4	2	100,0	8,7190	7,9885	99,86	0,5	25,0	4,3255	4,1731	20,4
19,5	4	100,0	8,7190	8,0074	99,87	2,5	62,5	5,3186	4,1866	20,8
20,1	7	100,0	8,7190	8,2283	99,94	1,5	21,4	4,2074	4,3448	25,6
20,4	9	100,0	8,7190	8,3121	99,95	4,5	50,0	5,0000	4,4047	27,6
20,9	31	100,0	8,7190	8,4916	99,98	9,5	30,6	4,4928	4,5333	32
21,8	12	100,0	8,7190	8,7787	99,99	10	83,3	5,9661	4,7388	39,7
22,2	18	100,0	8,7190	8,9152	99,99	12	66,7	5,4316	4,8365	43,5





Tbu(°C)	MF+F+LF+C					MF+F+LF				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
12,3	14	100,0	8,7190	7,1166	98,29	11	78,6	5,7926	4,4359	28,6
12,3	7	92,9	6,4684	7,1162	98,29	1	14,3	3,9331	4,4350	28,6
13,6	17	94,4	6,5893	6,8317	96,70	2	8,3	3,6148	3,8131	11,8
13,6	14	90,0	6,2816	6,8285	96,60	1	6,7	3,5015	3,8061	11,6
13,8	7	87,5	6,1503	6,7972	96,40	2	18,8	4,1147	3,7377	10,3
14,0	10	83,3	5,9661	6,7464	96,00	5	37,5	4,6814	3,6266	8,5
14,2	8	88,9	6,2212	6,7069	95,60	1	5,6	3,4107	3,5404	7,2
14,3	18	92,1	6,4118	6,6913	95,50	3	15,8	3,9973	3,5062	6,8
14,3	24	97,9	7,0335	6,6904	95,50	3	10,4	3,7409	3,5043	6,7
14,3	21	100,0	8,7190	6,6769	95,30	10	45,2	4,8794	3,4748	6,4
14,7	2	25,0	4,3255	6,6091	94,60	0	0,0	0,0000	3,3267	4,7
14,8	9	75,0	5,6745	6,5718	94,20	1	4,2	3,2721	3,2452	4,0
15,0	14	84,4	6,0110	6,5251	93,60	0	0,0	0,0000	3,1430	3,2
15,3	8	50,0	5,0000	6,4698	92,90	0	0,0	0,0000	3,0221	2,4
15,4	1	100,0	8,7190	6,4458	92,60	0	0,0	0,0000	2,9697	2,1
15,7	21	93,2	6,4909	6,3784	91,60	12	54,5	5,1130	2,8225	1,5
16,1	27	85,5	6,0581	6,3070	90,40	8	24,2	4,3001	2,6665	1,0
16,2	2	100,0	8,7190	6,2839	90,00	1	50,0	5,0000	2,6159	0,9
16,2	8	100,0	8,7190	6,2792	90,00	1	12,5	3,8497	2,6056	0,8
16,4	4	66,7	5,4316	6,2363	89,20	1	16,7	4,0339	2,5118	0,6
17,0	3	16,7	4,0339	6,1141	86,70	0	0,0	0,0000	2,2447	0,3
17,1	10	47,5	4,9373	6,0849	86,10	1	2,5	3,0400	2,1810	0,3
17,6	2	100,0	8,7190	5,9889	83,90	1	50,0	5,0000	1,9711	0,2
17,7	3	100,0	8,7190	5,9574	83,10	0	0,0	0,0000	1,9022	0,1
17,9	0	0,0	0,0000	5,9160	82,00	0	0,0	0,0000	1,8117	0,1
18,0	53	93,8	6,5382	5,8963	81,50	10	17,9	4,0808	1,7686	0,1
18,3	6	66,7	5,4316	5,8184	79,30	0	0,0	0,0000	1,5985	0,1
18,5	3	75,0	5,6745	5,7897	78,50	1	12,5	3,8497	1,5357	0,1
18,6	10	55,9	5,1484	5,7670	77,80	1	5,9	3,4368	1,4861	0,0
18,7	3	42,9	4,8211	5,7468	77,20	0	0,0	0,0000	1,4420	0,0
18,8	10	62,5	5,3186	5,7151	76,30	0	0,0	0,0000	1,3727	0,0
18,8	2	100,0	8,7190	5,7121	76,20	0	0,0	0,0000	1,3661	0,0
18,9	25	87,5	6,1503	5,7057	76,00	3	8,9	3,6531	1,3520	0,0
18,9	29	100,0	8,7190	5,6990	75,50	9	29,3	4,4554	1,3375	0,0
18,9	13	48,1	4,9524	5,6898	75,40	0	0,0	0,0000	1,3174	0,0
19,1	5	55,6	5,1408	5,6510	74,30	0	0,0	0,0000	1,2326	0,0
19,2	23	93,8	6,5382	5,6450	74,10	1	2,1	2,9665	1,2194	0,0
19,4	2	75,0	5,6745	5,5907	72,30	0	0,0	0,0000	1,1009	0,0
19,5	2	37,5	4,6814	5,5785	71,90	0	0,0	0,0000	1,0742	0,0
20,1	6	78,6	5,7926	5,4355	66,90	0	0,0	0,0000	0,7616	0,0
20,4	5	50,0	5,0000	5,3813	64,90	0	0,0	0,0000	0,6431	0,0
20,9	22	69,4	5,5072	5,2651	60,50	0	0,0	0,0000	0,3891	0,0
21,8	2	16,7	4,0339	5,0792	53,20	0	0,0	0,0000	-0,0172	0,0
22,2	6	33,3	4,5684	4,9908	49,60	0	0,0	0,0000	-0,2103	0,0



ANEXO I – Modelos de Questionário

I.A - Questionário para os entrevistados

QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO

- 1) Prédio: _____ Sala: _____ Pav.: _____ Data: _____ Hora: _____
- 2) Dados do usuário: Sexo: ()Fem. ()Masc. Idade: _____ Peso: _____ Altura: _____
- 3)Tipos de roupa que está usando no momento:
()Roupas leves ()Roupas de frio, porém leves ()Roupas de frio, pesadas
- 4)Qual é a sua sensação térmica em relação ao ambiente da sala neste momento:
()Muito quente ()Quente ()Ligeiramente quente ()Neutro
()Ligeiramente frio ()Frio ()Muito frio
- 5)Neste ambiente térmico como este, você:
()Consegue desenvolver sua atividade de estudo normalmente
()Sua atividade de estudo fica prejudicada
- 6)Qual a sensação em relação ao movimento do ar no lugar em que você está:
()Muito parado ()Um pouco parado ()Boa circulação ()Um pouco rápido
()Muito rápido
- 7)Você vê a necessidade de ventiladores, no momento, para melhorar seu conforto térmico:
()Sim ()Não
- 8)Marque abaixo se alguma das sensações listadas ocorreu na última hora:
()Impaciência devida ao desconforto térmico
()Dificuldade de prestar atenção devida ao desconforto térmico
()Sonolência devida ao desconforto térmico
()Sede
()Secura nas mucosas da boca, nariz ou garganta
()Ruborização da pele
()Calafrios e/ou contrações musculares
- 9)Há incidência solar direta na sala durante o período de aula:
()Sim ()Não
- 10) Ao assistir aulas nesta sala, com que frequência você tenta (ou pede para que alguém o faça) controlar a incidência do sol, através de porta, janelas, cortinas ou persianas:

Nunca Raramente Às vezes Frequentemente Sempre

11) Como você considera a iluminação da sala de aula:

Ótima Razoável Péssima

12) Na maioria das vezes, utiliza-se iluminação:

Natural Artificial

13) Em relação ao ruído proveniente de fora do edifício, durante as aulas:

Não perturba Incomoda Incomoda muito

14) Em relação ao ruído proveniente de dentro do edifício, durante as aulas:

Não perturba Incomoda Incomoda muito

15) Você está satisfeito com o ambiente térmico neste momento: Sim Não

16) Você acha que esse seria um ambiente térmico aceitável para estar todos os dias:

Sim Não

I.B - Questionário para o pesquisador

DATA MEDIÇÃO: ___/___/___

Condições climáticas:

Local: _____

Quant. Usuários: _____

Quant. Questionários: _____

OBS:

ANEXO II – Respostas coletadas por Nascimento (2016) por meio de questionários

II.A- Respostas em função da data de medição

Dia	Tar(°C)	φ(%)	Tg(°C)	Sensação térmica							TOTAL
				-3	-2	-1	0	1	2	3	
04/07/2013	20,7	61	20,1	2	7	6	5	1	1	0	22
18/07/2013	23,5	66	20,3	0	1	15	13	0	0	0	29
25/07/2013	21,7	71	21,5	0	3	14	32	7	0	0	56
31/07/2013	21,7	68	21,8	0	0	2	0	0	0	0	2
09/08/2013	21,5	52	20,9	0	0	0	11	5	0	0	16
15/08/2013	21,3	73	21,3	0	0	0	0	0	1	0	1
28/08/2013	19,2	58	19,2	0	2	5	2	2	1	0	12
05/09/2013	19,9	70	20,0	0	1	0	7	0	0	0	8
06/09/2013	21,0	62	21,1	0	3	9	12	5	2	0	31
03/10/2013	18,7	72	19,0	0	0	0	1	0	0	0	1
17/10/2013	17,2	74	20,6	0	1	3	19	1	0	0	24
17/10/2013	17,5	72	17,8	0	0	6	11	1	1	0	19
24/10/2013	16,8	73	19,4	0	0	3	4	0	1	0	8
25/10/2013	17,5	71	24,3	0	0	1	6	2	0	0	9
01/11/2013	17,2	69	17,9	0	0	2	11	1	1	0	15
01/11/2013	17,6	72	19,9	1	4	9	7	0	0	0	21
07/11/2013	16,0	67	20,1	0	0	2	4	1	0	0	7
07/11/2013	16,0	67	18,0	2	7	4	1	0	0	0	14
11/11/2013	20,6	72	20,7	0	0	1	4	9	5	1	20
14/11/2013	22,2	71	22,2	0	0	1	2	0	1	0	4
21/11/2013	18,8	58	18,8	0	0	3	14	0	1	0	18
21/11/2013	19,4	63	19,4	0	0	1	5	6	0	0	12
28/11/2013	23,3	67	23,3	0	0	5	17	5	1	0	28
28/11/2013	23,5	68	23,5	0	0	1	21	1	1	0	24
05/12/2013	25,5	73	25,4	0	0	0	0	4	6	2	12
07/01/2014	24,8	72	24,8	0	0	0	16	11	4	0	31
07/01/2014	25,8	74	25,8	0	0	0	4	4	6	4	18
16/01/2014	23,7	65	23,7	0	0	0	8	9	8	1	26
16/01/2014	24,8	68	24,8	0	0	0	3	3	3	0	9
21/01/2014	23,5	63	23,2	0	0	0	5	2	2	0	9
24/01/2014	24,3	65	24,3	0	0	0	0	3	1	0	4
30/01/2014	25,8	55	25,8	0	0	0	3	4	1	1	9
31/01/2014	25,2	45	25,2	0	0	0	0	5	9	1	15
06/02/2014	25,0	57	25,0	0	0	0	8	4	3	1	16
07/02/2014	26,5	53	26,5	0	0	0	1	1	0	0	2
10/02/2014	20,1	62	20,1	0	0	0	3	10	3	0	16
14/02/2014	26,5	57	26,5	0	0	0	5	1	1	0	7
21/03/2014	23,7	57	23,7	0	0	0	3	0	0	0	3
21/03/2014	23,7	39	26,7	0	0	0	1	2	3	2	8
28/03/2014	22,1	56	22,1	0	1	0	1	0	0	0	2
31/03/2014	22,3	72	22,3	0	0	2	5	5	5	0	17
04/04/2014	20,8	66	20,8	0	0	2	2	0	2	0	6
10/04/2014	23,3	67	22,8	0	0	0	2	0	0	0	2
10/04/2014	23,3	66	23,3	0	0	0	2	2	2	1	7
Soma Geral dos Votos				5	30	97	281	117	76	14	620

Figura II.I – Respostas obtidas por Nascimento (2016) em função da data de medição (continua)

Dia	O ambiente é aceitável		Está satisfeito		Atividade de estudo		Sensações nas últimas horas			
	Sim	Não	Sim	Não	Prej.	Normal	Impaciência	Dificuldade	Sonolência	Sede
04/07/2013	8	14	12	10	6	15	4	2	8	4
18/07/2013	23	6	27	2	0	29	1	3	2	7
25/07/2013	36	19	45	11	3	53	4	3	11	21
31/07/2013	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0
09/08/2013	11	5	13	3	2	15	2	1	4	5
15/08/2013	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
28/08/2013	6	6	7	5	4	8	2	4	2	2
05/09/2013	4	4	7	1	2	6	0	1	3	4
06/09/2013	16	15	23	8	5	26	5	2	8	13
03/10/2013	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
17/10/2013	21	3	24	0	0	24	1	1	2	5
17/10/2013	15	4	17	2	2	17	1	0	2	6
24/10/2013	6	2	7	1	0	8	0	0	3	1
25/10/2013	7	2	9	0	0	9	1	1	1	4
01/11/2013	13	2	13	2	5	9	1	0	3	5
01/11/2013	7	14	14	7	4	17	2	7	6	2
07/11/2013	5	2	6	1	0	7	0	0	1	4
07/11/2013	5	9	4	10	5	9	4	2	7	0
11/11/2013	10	10	12	8	4	16	2	2	4	11
14/11/2013	3	1	4	0	0	4	0	1	1	2
21/11/2013	13	5	17	1	1	17	1	2	3	8
21/11/2013	10	2	10	2	1	11	0	1	4	10
28/11/2013	21	8	24	5	2	27	3	1	7	17
28/11/2013	17	7	23	1	0	24	2	0	7	9
05/12/2013	2	10	2	10	8	3	7	5	6	10
07/01/2014	17	14	24	7	5	26	4	2	5	21
07/01/2014	5	13	7	11	11	7	5	5	11	11
16/01/2014	13	13	14	12	6	19	7	5	7	19
16/01/2014	4	5	5	4	3	6	1	0	1	5
21/01/2014	6	3	8	1	0	9	1	0	0	6
24/01/2014	2	2	1	3	1	3	0	1	2	2
30/01/2014	3	6	5	4	5	4	2	2	4	6
31/01/2014	2	13	3	12	10	5	6	5	8	14
06/02/2014	9	7	12	4	5	11	3	2	2	12
07/02/2014	1	1	1	1	2	0	1	1	0	0
10/02/2014	4	12	7	9	9	7	3	5	3	6
14/02/2014	6	1	6	1	2	5	0	0	1	5
21/03/2014	2	1	3	0	0	3	0	0	0	2
21/03/2014	2	6	3	5	4	4	3	2	4	4
28/03/2014	0	2	1	1	1	1	0	0	2	0
31/03/2014	11	6	11	6	4	13	2	1	5	10
04/04/2014	1	5	3	3	3	3	1	1	2	5
10/04/2014	0	2	1	1	0	2	2	2	2	1
10/04/2014	1	6	4	3	4	3	3	3	2	4
Soma	351	269	442	179	129	489	87	76	156	283

Figura II.II - Respostas obtidas por Nascimento (2016) em função da data de medição (conclusão)

II.B- Respostas em função da escala de sensação térmica

Escala de sensação térmica	Sexo			Aceitabilidade			Tipo de roupa		
	Feminino	Masculino	Ambos	Aceitável	Não aceitável	Soma	Roupas leves	Roupas de frio leves	Roupas de frio pesadas
-3	3	2	5	0	5	5	0	2	3
-2	23	8	31	8	23	31	3	18	10
-1	50	47	97	62	34	96	26	61	10
0	167	114	281	215	66	281	134	126	21
1	63	54	117	55	62	117	85	28	4
2	37	39	76	10	66	76	69	6	1
3	7	7	14	1	13	14	13	1	0
Soma	350	271	621	351	269	620	330	242	49

Figura II.III - Respostas obtidas por Nascimento (2016) em função escala de sensação térmica (continua)

Escala de sensação térmica	Sensações subjetivas				Movimentação de ar					Atividade prejudicada	
	Impaciência	Dificuldade	Sonolência	Sede	Excelente	Muito bom	Bom	Ruim	Muito Ruim	Sim	Não
-3	2	2	3	0	0	0	3	1	1	3	2
-2	7	8	11	5	1	3	17	7	2	16	15
-1	9	8	25	23	1	9	69	13	5	6	90
0	10	14	44	117	5	19	178	71	6	7	273
1	19	16	30	79	1	5	48	54	9	28	88
2	30	19	36	50	1	3	14	45	13	50	26
3	10	9	8	10	0	0	1	6	7	14	0
Soma	87	76	157	284	9	39	330	197	43	124	494

Figura II.IV - Respostas obtidas por Nascimento (2016) em função escala de sensação térmica (conclusão)

ANEXO III – Tabela IX Próbites (Fisher & Yates, 1971)

	0,00	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0	1,9098	2,1218	2,2522	2,3479	2,4242	2,4879	2,5427	2,5911	2,6344
1	2,6737	2,7096	2,7429	2,7738	2,8027	2,8299	2,8556	2,8799	2,9031	2,9251
2	2,9463	2,9665	2,9859	3,0046	3,0226	3,04	3,0569	3,0732	3,089	3,1043
3	3,1192	3,1337	3,1478	3,1616	3,175	3,1881	3,2009	3,2134	3,2256	3,2376
4	3,2493	3,2608	3,2721	3,2831	3,294	3,3046	3,3151	3,3253	3,3354	3,3454
5	3,3551	3,3648	3,3742	3,3836	3,3928	3,4018	3,4107	3,4195	3,4282	3,4368
6	3,4452	3,4536	3,4618	3,4699	3,478	3,4859	3,4937	3,5015	3,5091	3,5167
7	3,5242	3,5316	3,5389	3,5462	3,5534	3,5605	3,5675	3,5745	3,5813	3,5882
8	3,5949	3,6016	3,6083	3,6148	3,6213	3,6278	3,6342	3,6405	3,6468	3,6531
9	3,6592	3,6654	3,6715	3,6775	3,6835	3,6894	3,6953	3,7012	3,707	3,7127
10	3,7184	3,7241	3,7298	3,7354	3,7409	3,7464	3,7519	3,7574	3,7628	3,7681
11	3,7735	3,7788	3,784	3,7893	3,7945	3,7996	3,8048	3,8099	3,815	3,82
12	3,825	3,83	3,835	3,8399	3,8448	3,8497	3,8545	3,8593	3,8641	3,8689
13	3,8736	3,8783	3,883	3,8877	3,8923	3,8969	3,9015	3,9061	3,9107	3,9152
14	3,9197	3,9242	3,9286	3,9331	3,9375	3,9419	3,9463	3,9506	3,955	3,9593
15	3,9636	3,9678	3,9721	3,9763	3,9806	3,9848	3,989	3,9931	3,9973	4,0014
16	4,0055	4,0096	4,0137	4,0178	4,0218	4,0259	4,0299	4,0339	4,0379	4,0419
17	4,0458	4,0498	4,0537	4,0576	4,0615	4,0654	4,0693	4,0731	4,077	4,0808
18	4,0846	4,0884	4,0922	4,096	4,0998	4,1035	4,1073	4,111	4,1147	4,1184
19	4,1221	4,1258	4,1295	4,1331	4,1367	4,1404	4,144	4,1476	4,1512	4,1548
20	4,1584	4,1619	4,1655	4,169	4,1726	4,1761	4,1796	4,1831	4,1866	4,1901
21	4,1936	4,197	4,2005	4,2039	4,2074	4,2108	4,2142	4,2176	4,221	4,2244
22	4,2278	4,2312	4,2345	4,2379	4,2412	4,2446	4,2479	4,2512	4,2546	4,2579
23	4,2612	4,2644	4,2677	4,271	4,2743	4,2775	4,2808	4,284	4,2872	4,2905
24	4,2937	4,2669	4,3001	4,3033	4,3065	4,3097	4,3129	4,316	4,3192	4,3224
25	4,3255	4,3287	4,3318	4,3349	4,338	4,3412	4,3443	4,3474	4,3505	4,3536
26	4,3567	4,3597	4,3628	4,3659	4,3689	4,372	4,375	4,3781	4,3811	4,3842
27	4,3872	4,3902	4,3932	4,3962	4,3992	4,4022	4,4052	4,4082	4,4112	4,4142
28	4,4172	4,4201	4,4231	4,426	4,429	4,4319	4,4349	4,4378	4,4408	4,4437
29	4,4466	4,4495	4,4524	4,4554	4,4583	4,4612	4,4641	4,467	4,4698	4,4727
30	4,4756	4,4785	4,4813	4,4842	4,4871	4,4899	4,4928	4,4956	4,4985	4,5013
31	4,5041	4,507	4,5098	4,5126	4,5155	4,5183	4,5211	4,5239	4,5267	4,5295
32	4,5323	4,5351	4,5379	4,5407	4,5435	4,5462	4,549	4,5518	4,5546	4,5573
33	4,5601	4,5628	4,5656	4,5684	4,5711	4,5739	4,5766	4,5793	4,5821	4,5848
34	4,5875	4,5903	4,593	4,5957	4,5984	4,6011	4,6039	4,6066	4,6093	4,612
35	4,6147	4,6174	4,6201	4,6228	4,6255	4,6281	4,6308	4,6335	4,6362	4,6389
36	4,6415	4,6442	4,6469	4,6495	4,6522	4,6549	4,6575	4,6602	4,6628	4,6655
37	4,6681	4,6708	4,6734	4,6761	4,6787	4,6814	4,684	4,6866	4,6893	4,6919
38	4,6945	4,6971	4,6998	4,7024	4,705	4,7076	4,7102	4,7129	4,7155	4,7181
39	4,7207	4,7233	4,7259	4,7285	4,7311	4,7337	4,7363	4,7389	4,7415	4,7441
40	4,7467	4,7492	4,7518	4,7544	4,757	4,7596	4,7622	4,7647	4,7673	4,7699
41	4,7725	4,775	4,7776	4,7802	4,7827	4,7853	4,7879	4,7904	4,793	4,7955
42	4,7981	4,8007	4,8032	4,8058	4,8083	4,8109	4,8134	4,816	4,8185	4,8211
43	4,8236	4,8262	4,8287	4,8313	4,8338	4,8363	4,8389	4,8414	4,844	4,8465
44	4,849	4,8516	4,8541	4,8566	4,8592	4,8617	4,8642	4,8668	4,8693	4,8718
45	4,8743	4,8769	4,8794	4,8819	4,8844	4,887	4,8895	4,892	4,8945	4,897
46	4,8996	4,9021	4,9046	4,9071	4,9096	4,9122	4,9147	4,9172	4,9197	4,9222
47	4,9247	4,9272	4,9298	4,9323	4,9348	4,9373	4,9398	4,9423	4,9448	4,9473
48	4,9498	4,9524	4,9549	4,9574	4,9599	4,9624	4,9649	4,9674	4,9699	4,9724
49	4,9749	4,9774	4,9799	4,9825	4,985	4,9875	4,99	4,9925	4,995	4,9975

Figura III.I – Tabela de Próbites (continua)

	0,00	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
50	5	5,0025	5,005	5,0075	5,01	5,0125	5,015	5,0175	5,0201	5,0226
51	5,0251	5,0276	5,0301	5,0326	5,0351	5,0376	5,0401	5,0426	5,0451	5,0476
52	5,0502	5,0527	5,0552	5,0577	5,0602	5,0627	5,0652	5,0677	5,0702	5,0728
53	5,0753	5,0778	5,0803	5,0828	5,0853	5,0878	5,0904	5,0929	5,0954	5,0979
54	5,1004	5,103	5,1055	5,108	5,1105	5,113	5,1156	5,1181	5,1206	5,1231
55	5,1257	5,1282	5,1307	5,1332	5,1358	5,1383	5,1408	5,1434	5,1459	5,1484
56	5,151	5,1535	5,156	5,1586	5,1611	5,1637	5,1662	5,1687	5,1713	5,1738
57	5,1764	5,1789	5,1815	5,184	5,1866	5,1891	5,1917	5,1942	5,1968	5,1993
58	5,2019	5,2045	5,207	5,2096	5,2121	5,2147	5,2173	5,2198	5,2224	5,225
59	5,2275	5,2301	5,2327	5,2353	5,2378	5,2404	5,243	5,2456	5,2482	5,2508
60	5,2533	5,2559	5,2585	5,2611	5,2637	5,2663	5,2689	5,2715	5,2741	5,2767
61	5,2793	5,2819	5,2845	5,2871	5,2898	5,2924	5,295	5,2976	5,3002	5,3029
62	5,3055	5,3081	5,3107	5,3134	5,316	5,3186	5,3213	5,3239	5,3266	5,3292
63	5,3319	5,3345	5,3372	5,3398	5,3425	5,3451	5,3478	5,3505	5,3531	5,3558
64	5,3585	5,3611	5,3638	5,3665	5,3692	5,3719	5,3745	5,3772	5,3799	5,3826
65	5,3853	5,388	5,3907	5,3934	5,3961	5,399	5,4016	5,4043	5,407	5,4097
66	5,4125	5,4152	5,4179	5,4207	5,4234	5,4261	5,4289	5,4316	5,4344	5,4372
67	5,4399	5,4427	5,4454	5,4482	5,451	5,4538	5,4565	5,4593	5,4621	5,4649
68	5,4677	5,4705	5,4733	5,4761	5,4789	5,4817	5,4845	5,4874	5,4902	5,493
69	5,4959	5,4987	5,5015	5,5044	5,5072	5,5101	5,5129	5,5158	5,5187	5,5215
70	5,5244	5,5273	5,5302	5,533	5,5359	5,5388	5,5417	5,5446	5,5476	5,5505
71	5,5534	5,5563	5,5592	5,5622	5,5651	5,5681	5,571	5,574	5,5769	5,5799
72	5,5828	5,5858	5,5888	5,5918	5,5948	5,5978	5,6008	5,6038	5,6068	5,6098
73	5,6128	5,6158	5,6189	5,6219	5,625	5,628	5,6311	5,6341	5,6372	5,6403
74	5,6433	5,6464	5,6495	5,6526	5,6557	5,6588	5,662	5,6651	5,6682	5,6713
75	5,6745	5,6776	5,6808	5,684	5,6871	5,6903	5,6935	5,6967	5,6999	5,7031
76	5,7063	5,7095	5,7128	5,716	5,7192	5,7225	5,7257	5,729	5,7323	5,7356
77	5,7388	5,7421	5,7454	5,7488	5,7521	5,7554	5,7588	5,7621	5,7655	5,7688
78	5,7722	5,7756	5,779	5,7824	5,7858	5,7892	5,7926	5,7961	5,7995	5,803
79	5,8064	5,8099	5,8134	5,8169	5,8204	5,8239	5,8274	5,831	5,8345	5,8381
80	5,8416	5,8452	5,8488	5,8524	5,856	5,8596	5,8633	5,8669	5,8705	5,8742
81	5,8779	5,8816	5,8853	5,889	5,8927	5,8965	5,9002	5,904	5,9078	5,9116
82	5,9154	5,9192	5,923	5,9269	5,9307	5,9346	5,9385	5,9424	5,9463	5,9502
83	5,9542	5,9581	5,9621	5,9661	5,9701	5,9741	5,9782	5,9822	5,9863	5,9904
84	5,9945	5,9986	6,0027	6,0069	6,011	6,0152	6,0194	6,0237	6,0279	6,0322
85	6,0364	6,0407	6,045	6,0494	6,0537	6,0581	6,0625	6,0669	6,0714	6,0758
86	6,0803	6,0848	6,0893	6,0939	6,0985	6,1031	6,1077	6,1123	6,117	6,1217
87	6,1264	6,1311	6,1359	6,1407	6,1455	6,1503	6,1552	6,1601	6,165	6,17
88	6,175	6,18	6,185	6,1901	6,1952	6,2004	6,2055	6,2107	6,216	6,2212
89	6,2265	6,2319	6,2372	6,2426	6,2481	6,2536	6,2591	6,2646	6,2702	6,2759
90	6,2816	6,2873	6,293	6,2988	6,3047	6,3106	6,3165	6,3225	6,3285	6,3346
91	6,3408	6,3469	6,3532	6,3595	6,3658	6,3722	6,3787	6,3852	6,3917	6,3984
92	6,4051	6,4118	6,4187	6,4255	6,4325	6,4395	6,4466	6,4538	6,4611	6,4684
93	6,4758	6,4833	6,4909	6,4985	6,5063	6,5141	6,522	6,5301	6,5382	6,5464
94	6,5548	6,5632	6,5718	6,5805	6,5893	6,5982	6,6072	6,6164	6,6258	6,6352
95	6,6449	6,6546	6,6646	6,6747	6,6849	6,6954	6,706	6,7169	6,7279	6,7392
96	6,7507	6,7624	6,7744	6,7866	6,7991	6,8119	6,825	6,8384	6,8522	6,8663
97	6,8808	6,8957	6,911	6,9268	6,9431	6,96	6,9774	6,9954	7,0141	7,0335

Figura III.II – Tabela de Próbites (continua)

	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
98	7,0537	7,0558	7,0579	7,06	7,0621	7,0642	7,0663	7,0684	7,0706	7,0727
98,1	7,0749	7,077	7,0792	7,0814	7,0836	7,0858	7,088	7,0902	7,0924	7,0947
98,2	7,0969	7,0992	7,1015	7,1038	7,1061	7,1084	7,1107	7,113	7,1154	7,1177
98,3	7,1201	7,1224	7,1248	7,122	7,1297	7,1321	7,1345	7,127	7,1394	7,1419
98,4	7,1444	7,1469	7,1494	7,152	7,1545	7,1571	7,1596	7,1622	7,1648	7,1675
98,5	7,1701	7,1727	7,1754	7,1781	7,1808	7,0835	7,1862	7,189	7,1917	7,1945
98,6	7,1973	7,2001	7,2029	7,2058	7,2086	7,2115	7,2144	7,2173	7,2203	7,2232
98,7	7,2262	7,2292	7,2322	7,2353	7,2383	7,2414	7,2445	7,2476	7,2508	7,2539
98,8	7,2571	7,2603	7,2636	7,2668	7,2701	7,2734	7,2768	7,2801	7,2835	7,2869
98,9	7,2904	7,2938	7,2973	7,3009	7,3044	7,308	7,3116	7,3152	7,3189	7,3226
99	7,3263	7,3301	7,3339	7,3378	7,3416	7,3455	7,3495	7,3535	7,3575	7,3615
99,1	7,3656	7,3698	7,3739	7,3781	7,3824	7,3867	7,3911	7,3954	7,3999	7,4044
99,2	7,4089	7,4135	7,4181	7,4228	7,4276	7,4324	7,4372	7,4422	7,4471	7,4522
99,3	7,4573	7,4624	7,4677	7,473	7,4783	7,4838	7,4893	7,4949	7,5006	7,5063
99,4	7,5121	7,5181	7,5241	7,5302	7,5364	7,5427	7,5491	7,5556	7,5622	7,569
99,5	7,5758	7,5828	7,5899	7,5972	7,6045	7,6121	7,6197	7,6276	7,6356	7,6437
99,6	7,6521	7,6606	7,6693	7,6783	7,6874	7,6961	7,7065	7,7164	7,7266	7,737
99,7	7,7478	7,7589	7,7703	7,7822	7,7944	7,807	7,8202	7,8338	7,848	7,8627
99,8	7,8782	7,8943	7,9112	7,929	7,9478	7,9677	7,9889	8,0115	8,0357	8,0618
99,9	8,0902	8,1214	8,1559	8,1947	8,2389	8,2905	8,3528	8,4316	8,5401	8,719

Figura III.III – Tabela de Próbites (conclusão)