

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM INDÚSTRIAS DE CALÇADOS.

Eder Ricardo Voltani

Campinas/SP
2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

Eder Ricardo Voltani

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM INDÚSTRIAS DE CALÇADOS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações.

Orientador: Prof. Dr. Lucila Chebel Labaki

Campinas
2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

V889a	Voltani, Eder Ricardo Avaliação do conforto térmico em indústrias de calçados / Eder Ricardo Voltani. --Campinas, SP: [s.n.], 2009. Orientador: Lucila Chebel Labaki. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. 1. Conforto térmico. 2. Ambiente de trabalho. I. Labaki, Lucila Chebel. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.
-------	---

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO

AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO EM INDÚSTRIAS DE
CALÇADOS

Eder Ricardo Voltani

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dra. Lucila Chebel Labaki
Presidente e Orientadora
FEC - UNICAMP



Prof. Dr. Alvaro Cesar Ruas
Fundacentro



Prof. Dra. Rosana Maria Caram
FEC – UNICAMP/EESC - USP

Campinas, 27 de janeiro 2009

Dedico este trabalho aos meus pais, Hailton e Tereza, pelo apoio irrestrito em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que me permitiu mais esse aprimoramento;

À minha família que sempre apoiou meus objetivos.

À professora Lucila Chebel Labaki, por ter proporcionado esse aprimoramento, pela orientação e ajuda nos momentos necessários;

Às empresas que autorizaram a aplicação da pesquisa;

À FAPESP, pela bolsa de mestrado.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
	O Município de Jaú	5
	Método Fanger	5
	A norma ISO 7730	13
	Trabalhos Referenciados na Última versão da Norma	19
	As modificações na Última Versão da ISO 7730	32
	Desconforto Térmico Local	33
	Diferença da Temperatura na Vertical	34
	Piso Quente ou Frio	35
	Assimetria Radiante	36
	Ambiente Térmico não Estacionário (Variável)	38
	Ciclos de Temperatura	38
	Alteração da Temperatura (<i>ramps/drifts</i>)	38
	Transição	39
	Aceitabilidade do Ambiente para o Conforto Térmico	39
	Avaliação de Conforto Térmico em Longo Prazo para Condições Gerais do Ambiente	43
	Isolamento Térmico das Vestimentas e cadeiras	43
	Adaptação	45
	Umidade	46

Velocidade do ar	46
4 METODOLOGIA	49
Delimitação do Campo de Pesquisa	49
Normas Utilizadas para Obter o Valor de PMV/PPD	53
Equipamentos Utilizados para Mensurar as Variáveis Ambientais	54
Coleta das Variáveis Pessoais	57
Taxa de Metabolismo	57
Isolamento Térmico da Vestimenta	61
Software Conforto 2.03	62
Coleta dos Dados em Campo	63
Método de Análise dos Dados	66
5 RESULTADOS	71
Caracterização das Variáveis Ambientais e Pessoais	71
Dados Antropométricos e Individuais da População Avaliada	73
Análise de Regressão Simples	74
Correlação entre os PMV e os Votos de Sensação Térmica	74
Prováveis fontes de desvios nos resultados da correlação	78
Obtenção de Intervalo de Temperatura de Conforto para a População Avaliada	82
Temperatura de Neutralidade e Correspondente Porcentagem de Insatisfeitos	84
6 CONCLUSÕES	89
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
ANEXOS	96
A – Primeiro Questionário	96
B – Croquis das Indústrias	97
C – Tabelas dos Dados Coletados nas Empresas	114
D – Segundo Questionário	118

RESUMO

VOLTANI, Eder Ricardo. **Avaliação do Conforto Térmico em Indústrias de Calçados**. Campinas, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.

Os métodos *Predicted Mean Vote* – PMV e *Predicted Percentage Dissatisfied* – PPD foram desenvolvidos por Ole Fanger e significaram um expressivo avanço nos estudos sobre avaliação de conforto térmico. No ano de 1984 estes métodos foram adotados pela *International Organization for Standardization* – ISO como base da norma 7730. No entanto, diversas pesquisas foram realizadas com o objetivo de encontrar a sensação térmica para pessoas expostas a diferentes combinações das variáveis ambientais e pessoais, pois existiam alguns questionamentos a respeito da aplicabilidade desta norma em campo e para diferentes regiões climáticas. Dessa forma, esta pesquisa tem por objetivo obter informações para a análise da aplicabilidade do modelo PMV/PPD da norma ISO 7730 (2005) como meio de avaliação do conforto térmico em ambientes de trabalhos industriais, onde a atividade seja leve ou moderada. Esta pesquisa foi desenvolvida nas indústrias de calçado feminino da região de Jaú, SP. Quanto à metodologia, foram obtidos os dados da temperatura do ar, umidade relativa, velocidade relativa do ar e temperatura radiante média, conforme recomendações da norma ISO 7726 (1998). O isolamento térmico das vestimentas e as taxas de metabolismo foram estimados por meio de valores referenciais de tabelas das normas ISO 9920 (1995) e ISO 8996 (1990), respectivamente. Para calcular os valores de PMV e PPD foi utilizado o *Software Conforto 2.03*. Os votos de Sensação e Preferência Térmica foram obtidos através de um questionário aplicado junto à população pesquisada. Com o desenvolvimento de análises de Regressão Simples e Probit, foi possível encontrar a zona de conforto térmico da população pesquisada, comparar a correlação, temperatura de neutralidade e a porcentagem de pessoas insatisfeitas entre os votos obtidos dos trabalhadores com os resultados dos cálculos do PMV/ PPD. Através de simulações foi possível identificar que a interpretação das atividades desenvolvidas, o tipo de questionário aplicado e o controle das respostas da população provocam desvios de 8%, 12% e 7,6%, respectivamente, nos resultados da correlação entre os votos das sensações térmicas e os resultados do cálculo de PMV. Por meio da análise Probit dos votos de sensação e preferência térmica da população com 1,4 met foi possível obter a temperatura de neutralidade de 23,35 °C, com 84,5% da população em conforto térmico e 15,5% em desconforto térmico. Conforme cálculo de PMV, para as mesmas condições, a temperatura de neutralidade é 22,4 °C.

Palavras-chave: Conforto Térmico, ISO 7730, Ambientes Industriais.

ABSTRACT

The methods Predicted Mean Vote – PMV and Predicted Percentage Dissatisfied – PPD were developed by Ole Fanger and represent a meaningful advance in studies about assessment of thermal comfort. In 1984 these methods were adopted by the International Organization for Standardization - ISO as the basis for standard 7730. However, several researches were made with the purpose of finding the thermal sensation of people exposed to different combinations of environmental and personal variables because of some questionings regarding its applicability in field and in different climatic regions. Therefore, the aim of this work has been to collect information for the analysis of the applicability of the PMV/PPD methods in the standard ISO 7730 (2005), as a means to evaluate thermal comfort in industrial work environment with light sedentary or moderate activity. The research was carried out in female shoe-making industries in the region of Jaú, State of São Paulo. The adopted methodology was defined as follows: data collecting of air temperature, relative humidity, the relative air velocity, and mean radiant temperature, according to the recommendations of ISO 7726 (1998). The clothing insulation and the metabolic rates were estimated by means of the referential value tables in ISO 9920 (1995) and ISO 8996 (1990), respectively. The Comfort Software 2.03 was used to calculate the PMV and the PPD values. Questionnaires were applied among the workers with questions involving the personnel vote for the Thermal Sensation and Preferences. By running the analyses of Simple Regression and Probit, it was possible to compare the correlation between the temperature of neutrality and the percentage of dissatisfied people amongst the personnel votes to the outcomes of the PMV/PPD figures. Through simulations it was possible to identify that the interpretation of activities, the type of questionnaire applied and the control of the responses of the population caused deviations of 8%, 12% and 7.6%, respectively, in the results of the correlation between the votes for thermal sensations and the results of the calculation of PMV. The analyses Probit with the votes of sensation and thermal preference of people with activity 1.4 met the temperature of neutrality was 23.35 °C, with 84.5% of population in comfort and 15.5% in thermal discomfort. As for the calculation of PMV, in the same conditions, the temperature of neutrality is 22.4 °C.

Key-words: Thermal Comfort, ISO 7730, Industrial Environments.

1. INTRODUÇÃO

Os primeiros esforços realizados com intuito de prescrever critérios de conforto térmico foram realizados no período de 1913 a 1923, quando foram estabelecidas as linhas de igual conforto para determinação do índice de conforto humano. Posteriormente, as linhas de igual conforto passaram a ser intituladas temperatura efetiva, as quais determinavam a zona de conforto.

As pesquisas sobre o conforto térmico apresentaram um avanço significativo, no período compreendido entre 1966 e 1967, com os estudos de Ole Fanger, que estabeleceu o método do *Predicted Mean Vote* – PMV (Voto Médio Estimado – VME) e *Predicted Percentage of Dissatisfied* – PPD (Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI), o qual relacionou o calor perdido pela pele em função da área superficial do corpo, calor interno produzido e temperatura média da pele.

Em 1984 o modelo de Fanger (1970), foi adotado como base para a Norma Internacional, ISO 7730 (1984) que trata de “Ambientes térmicos moderados: Determinação dos índices do PMV/PPD e especificações das condições de conforto térmico”.

A partir de 1984, várias pesquisas foram realizadas para testar o modelo adotado pela ISO 7730 (1984), uma vez que existiam questionamentos quanto à aplicabilidade dos seus resultados para utilização em campo e para diferentes regiões climáticas.

No Brasil, destacam-se alguns trabalhos que utilizaram o critério PMV/PPD nas avaliações de conforto térmico. Em particular, os trabalhos de Araújo (1996), Xavier e Lamberts (1997), Gonçalves (2000), Xavier (2000), Vergara (2001), Carvalho et al.(2003), Lassarotto e

Santos (2007), Santa Fé et al. (2007), Pasquotto, Salcedo e Fontes (2007), foram desenvolvidos em ambientes de escritório, hospital e escolas.

Na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, algumas pesquisas têm sido realizadas, com aplicação do método PMV/PPD, em ambientes industriais com atividade de leve a moderada. Destacam-se as pesquisas de Barbosa (2004), realizada em indústrias de móveis do Município de Itatiba – SP, e a de Gouvêa (2004), na indústria de confecção do Município de Amparo – SP.

Estas pesquisas apresentam informações sobre a aplicabilidade da norma ISO 7730 (1994), como meio de avaliação do conforto térmico nos ambientes industriais nas condições citadas. Com o mesmo intuito, este trabalho foi desenvolvido em sete indústrias do gênero de fabricação de calçados femininos localizadas na região do município de Jaú – SP. Os equipamentos e as atividades encontradas nas empresas são semelhantes, dessa forma as análises relacionadas ao conforto térmico são realizadas sobre uma população consideravelmente homogênea.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como principal objetivo obter informações para a análise da aplicabilidade do modelo PMV/PPD da norma ISO 7730 (2005) como meio de avaliação do conforto térmico em ambientes de trabalhos industriais onde a atividade seja leve ou moderada. Foram avaliados os dados e as informações obtidas em indústrias de calçados da região de Jaú – SP.

A pesquisa tem o propósito de responder as seguintes questões:

1) Quais as diferenças entre os resultados obtidos por meio da aplicação do método da ISO 7730 (2005) e os votos da população pesquisada, obtidos por meio da aplicação dos questionários?

2) Quais as principais dificuldades encontradas na aplicação deste método?

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O Município de Jaú

Conforme os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Jaú tem por volta de 125.469 habitantes, está localizada na região central do Estado de São Paulo, a 310 km da cidade de São Paulo – SP. Suas coordenadas geográficas são 22° 18” Latitude Sul e 48° 62” Longitude Oeste e 495 metros de Altitude. A área total do município é de 688,34 km², possuindo uma área urbana de 20 km². A temperatura média anual é de 23,5°C no verão e 17,3°C no inverno. Devido à importância da produção industrial, a cidade de Jaú é considerada a Capital do Calçado Feminino.

3.2 O Método de Fanger

O professor dinamarquês Ole Fanger realizou experimentos que relacionaram os fatores como atividade física (metabolismo), temperatura média da pele e quantidade de calor perdido pela evaporação do suor com a condição de conforto térmico. Para isso, foi utilizado o procedimento experimental de McNall et al. (1967) em conjunto com os resultados das experiências do Rohles et al. (1966).

No trabalho de Fanger (1970) foi apresentada a equação de conforto, embasada na condição de equilíbrio térmico.

O autor levou em consideração que, para o conforto térmico ocorrer, o corpo deve estar em equilíbrio térmico, com apropriada temperatura da pele e perdendo certa quantidade de calor por evaporação do suor, conforme Equação 3.2.1.

$$H - E_d - E_{sw} - E_{re} - L = K = R + C \quad \text{Equação 3.2.1}$$

onde:

H	calor produzido internamente no corpo humano;
E_d	calor perdido por difusão do vapor d'água através da pele;
E_{sw}	calor perdido por evaporação do suor;
E_{re}	calor latente perdido na respiração;
L	calor sensível perdido na respiração;
K	calor transferido da pele para a superfície externa da vestimenta (condução através da vestimenta);
R	calor perdido por radiação;
C	calor perdido por convecção;

A expressão de equilíbrio térmico considera que o corpo humano é um compartimento homogêneo, ou seja, em regime permanente. Por meio do detalhamento de cada termo da equação do equilíbrio térmico e inclusão das expressões que relacionam os princípios considerados por Fanger (1970) obtem-se a equação de conforto (Equação 3.2.2).

$$\begin{aligned}
& \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 0,35 \left[43 - 0,061 \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - p_a \right] - 0,42 \left[\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 50 \right] - \\
& 0,0023 \frac{M}{A_{Du}}(44 - p_a) - 0,0014 \frac{M}{A_{Du}}(34 - t_a) = \frac{35,7 - 0,032 \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - t_{cl}}{0,18 I_{cl}} = \\
& 3,4 \times 10^{-8} f_{cl} \left[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4 \right] + f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \quad \text{Equação 3.2.2}
\end{aligned}$$

onde:

- M energia do metabolismo, (Kcal/h);
- A_{Du} área superficial do corpo, (m²);
- η rendimento do trabalho mecânico externo;
- p_a pressão de vapor d'água no ar, (mmHg);
- t_{cl} temperatura média da superfície da vestimenta (°C);
- f_{cl} fator de área da vestimenta;
- I_{cl} resistência térmica da vestimenta, (clo);
- h_c coeficiente de transferência de calor por convecção, (Kcal/h.m².°C);
- t_{rm} temperatura radiante média, (°C);
- t_a temperatura do ambiente, (°C).

Dessa maneira é possível obter para um ambiente, as combinações das variáveis pessoais (vestimenta e atividade) e das variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa, temperatura radiante média, velocidade do ar) que produzem a neutralidade térmica para a maioria da população exposta a este ambiente.

Devido à complexidade da equação, Fanger (1970) criou uma série de diagramas chamados de diagramas de Conforto, conforme a Figura 3.2.1.

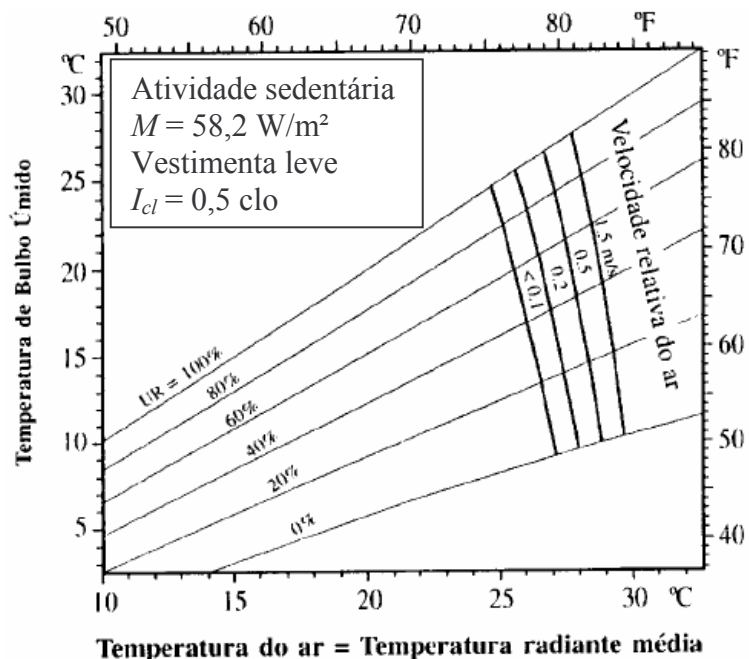


Figura 3.2.1 – Diagramas de Conforto. FONTE: FANGER (1970), modificado.

Os diagramas foram elaborados para as taxas de metabolismo de 1 met, 2 met e 3 met, com isolamento térmico de 0 clo, 0,5 clo, 1 clo e 1,5 clo, temperatura radiante média igual à temperatura do ar e a umidade relativa fixada em 50%. Contudo para outros valores de umidade foram elaborados diagramas para eventuais correções que permitem a obtenção de coeficientes de correção dos dados em função da vestimenta, da velocidade relativa do ar e da atividade. Dessa maneira, é possível obter de forma gráfica as correlações das variáveis ambientais e pessoais que resultam em conforto térmico.

Conforme o autor é impossível conseguir combinações das variáveis que agradem termicamente todas as pessoas. Em face disso, foi necessário descobrir qual a porcentagem de pessoas insatisfeitas termicamente. Para isso, foi elaborado um critério, chamado de *Predicted Mean Vote* (PMV), que relacionou as variáveis que influenciam no conforto térmico com uma escala de sensação térmica com os seguintes níveis:

- 3 – muito frio
- 2 – frio
- 1 – levemente frio
- 0 – neutralidade térmica
- +1 – levemente calor
- +2 – calor
- +3 – muito calor.

Esta escala é simétrica em torno do ponto 0; os valores positivos correspondem à sensação de calor, os valores negativos correspondem à sensação de frio e o zero corresponde à sensação de neutralidade. A sensação térmica expressa por meio dessa escala foi relacionada com as variáveis que influenciam no conforto térmico.

O corpo humano utiliza-se de mecanismos como o sistema termorregulador para manter o equilíbrio térmico com o ambiente e, quando as condições do ambiente dificultam a obtenção do equilíbrio térmico este sistema precisa trabalhar mais causando assim a sensação de desconforto. Portanto, o autor associou a sensação de desconforto com o nível de atuação do sistema termorregulador por meio do Índice de Carga Térmica (ICT) que leva em consideração o grau de afastamento das condições de neutralidade e definiu este índice como a diferença entre o calor produzido internamente para certa atividade e o calor que seria trocado em condições de neutralidade térmica, para a mesma atividade e mesmo ambiente.

Para alcançar a expressão para o ICT foi preciso partir da equação de conforto, conforme Equação 3.2.3:

$$\begin{aligned}
 ICT = & \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 0.35 \left[43 - 0.061 \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - p_a \right] - 0.42 \left[\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 50 \right] - \\
 & 0.0023 \frac{M}{A_{Du}}(44 - p_a) - 0.0014 \frac{M}{A_{Du}}(34 - t_a) - 3.4 \times 10^{-8} f_{cl} \left[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mrt} + 273)^4 \right] - \\
 & f_{cl} \times h_c (t_{cl} - t_a)
 \end{aligned}
 \tag{Equação 3.2.3}$$

Devido ao ICT ser uma medida de atuação do sistema termorregulador a sensação térmica e o PMV é função deste índice (Equação 3.2.4).

$$PMV = f(ICT, M) \quad \text{Equação 3.2.4}$$

Segundo Fanger (1970) foi possível obter a relação entre o PMV, ICT e M, por meio dos resultados das pesquisas realizadas na Universidade de Kansas (EUA), que utilizou um total de 1396 pessoas (Equação 3.2.5).

$$PMV = \left[0.352e^{-0.042\left(\frac{M}{A_{Du}}\right)} + 0.032 \right] ICT \quad \text{Equação 3.2.5}$$

Substituindo a Equação 3.2.3 na 3.2.4, Fanger obteve a equação final do PMV:

$$\begin{aligned} PMV = & \left[0.352e^{-0.042\frac{M}{A_{Du}}} + 0.032 \right] \left\{ \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - 0.35 \left[43 - 0.061 \frac{M}{A_{Du}}(1-\eta) - p_a \right] - \right. \\ & 0.42 \left[\frac{M}{A_{Du}}(\eta-1) - 50 \right] - 0.0023 \frac{M}{A_{Du}}(44 - p_a) - 0.0014 \frac{M}{A_{Du}}(34 - t_a) - \\ & \left. 3.4 \times 10^{-8} f_{cl} \left[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mrt} + 273)^4 \right] - f_{cl} \times h_c (t_{cl} - t_a) \right\} \quad \text{Equação 3.2.6} \end{aligned}$$

Devido à complexidade e difícil manipulação da equação, o autor desenvolveu diversas tabelas com aproximadamente 3500 valores de PMV, conforme exemplo apresentado na Tabela 3.2.1.

Tabela 3.2.1 – Valores de PMV, para atividade física 120 W/m². Fonte: Fanger (1970).

Atividade Física = 120 W/m ²										
Vestimenta clo	Temp. ambiente	Velocidade relativa do ar (m/s)								
		<0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0	26	-1,62	-1,62	-1,96	-2,34					
	27	-1,00	-1,00	-1,36	-1,69					
	28	-0,39	-0,42	-0,76	-1,05					
	29	0,21	0,13	-0,15	-0,39					
	30	0,80	0,68	0,45	0,26					
	31	1,39	1,25	1,08	0,94					
	32	1,96	1,83	1,71	1,61					
0,25	26	-1,52	-1,52	-1,80	-2,06	-2,47				
	27	-1,05	-1,05	-1,33	-1,57	-1,94	-2,24	-2,48		
	28	-0,58	-0,61	-0,87	-1,08	-1,41	-1,67	-1,89	-2,66	
	29	-0,12	-0,17	-0,40	-0,58	-0,87	-1,10	-1,29	-1,97	-2,41
	30	0,34	0,27	0,07	-0,09	-0,34	-0,53	-0,70	-1,28	-1,66
	31	0,80	0,71	0,54	0,41	0,20	0,04	-0,10	-0,58	-0,90
	32	1,25	1,15	1,02	0,91	0,74	0,61	0,50	0,11	-0,14
0,50	23	-1,10	-1,10	-1,33	-1,51	-1,78	-1,99	-2,16		
	24	-0,72	-0,74	-0,95	-1,11	-1,36	-1,55	-1,70	-2,22	
	25	-0,34	-0,38	-0,56	-0,71	-0,94	-1,11	-1,25	-1,71	-1,99
	26	0,04	-0,01	-0,18	-0,31	-0,51	-0,66	-0,79	-1,19	-1,44
	27	0,42	0,35	0,20	0,09	-0,08	-0,22	-0,33	-0,68	-0,90
	28	0,80	0,72	0,59	0,49	0,34	0,23	0,14	-0,17	-0,36
	29	1,17	1,08	0,98	0,90	0,77	0,68	0,60	0,34	0,19
0,75	20	-1,11	-1,11	-1,30	-1,44	-1,66	-1,82	-1,95	-2,36	-2,60
	21	-0,79	-0,81	-0,98	-1,11	-1,31	-1,46	-1,58	-1,95	-2,17
	22	-0,47	-0,50	-0,66	-0,78	-0,96	-1,09	-1,20	-1,55	-1,75
	23	-0,15	-0,19	-0,33	-0,44	-0,61	-0,73	-0,83	-1,14	-1,33
	24	0,17	0,12	-0,01	-0,11	-0,26	-0,37	-0,46	-0,74	-0,90
	25	0,49	0,43	0,31	0,23	0,09	0,00	-0,08	-0,33	-0,48
	26	0,81	0,74	0,64	0,56	0,45	0,36	0,29	0,08	-0,05
1,00	20	-0,85	-0,87	-1,02	-1,13	-1,29	-1,41	-1,51	-1,81	-1,98
	21	-0,57	-0,60	-0,74	-0,84	-0,99	-1,11	-1,19	-1,47	-1,63
	22	-0,30	-0,33	-0,46	-0,55	-0,69	-0,80	-0,88	-1,13	-1,28
	23	-0,02	-0,07	-0,18	-0,27	-0,39	-0,49	-0,56	-0,79	-0,93
	24	0,26	0,20	0,10	0,02	-0,09	-0,18	-0,25	-0,46	-0,58
	25	0,53	0,48	0,38	0,31	0,21	0,13	0,07	-0,12	-0,23
	26	0,81	0,75	0,66	0,60	0,51	0,44	0,39	0,22	0,13
1,25	16	-1,37	-1,37	-1,51	-1,62	-1,78	-1,89	-1,98	-2,26	-2,41
	18	-0,89	-0,91	-1,04	-1,14	-1,28	-1,38	-1,46	-1,70	-1,84
	20	-0,42	-0,46	-0,57	-0,65	-0,77	-0,86	-0,93	-1,14	-1,26
	22	0,07	0,02	-0,07	-0,14	-0,25	-0,32	-0,38	-0,56	-0,66
	24	0,56	0,50	0,43	0,37	0,28	0,22	0,17	0,02	-0,06
	26	1,04	0,99	0,93	0,88	0,81	0,76	0,72	0,61	0,54
	28	1,53	1,48	1,43	1,40	1,34	1,31	1,28	1,19	1,14
	30	2,01	1,97	1,93	1,91	1,88	1,85	1,83	1,77	1,74

Por meio de análises estatísticas dos dados experimentais foi possível elaborar uma relação entre o PMV com a porcentagem de pessoas insatisfeitas, criando assim o *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD). Esta relação é apresentada na Figura 3.2.2.

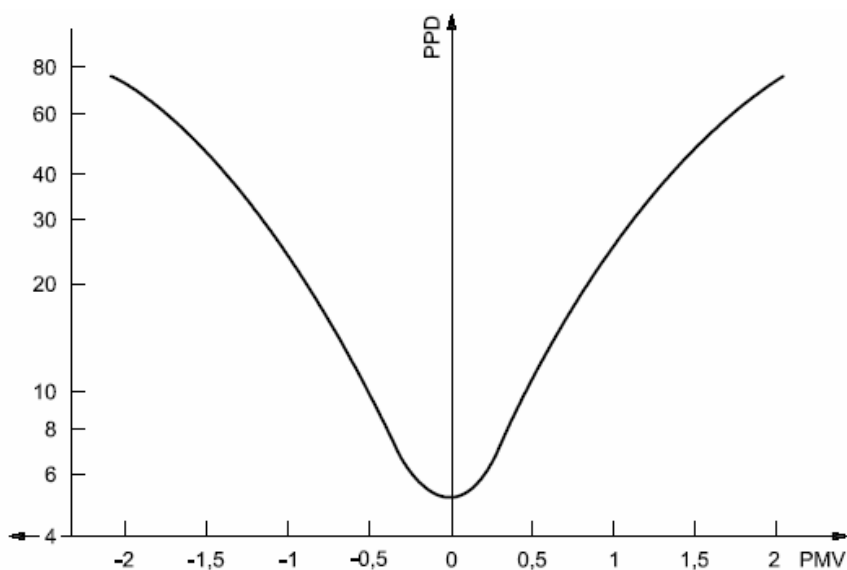


Figura 3.2.2 - *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) em função do PMV. Fonte: ISO 7730 (2005).

Através da Figura 3.2.2 observa-se que não é possível haver conforto para 100% das pessoas, pois mesmo para a neutralidade térmica pode-se esperar 5% de pessoas insatisfeitas termicamente. Observa-se também a simetria da curva, indicando que a porcentagem estimada de insatisfeitos pelo frio é a mesma para os insatisfeitos pelo calor.

3.3 A norma ISO 7730

A norma ISO 7730 foi criada em 1984, com o título de Ambientes Termicamente Moderados – Determinação dos índices PMV/PPD e especificações das condições térmicas. O método de Fanger (1970) foi adotado como base para sua elaboração.

O principal objetivo desta norma é apresentar um método para prever a sensação e o grau de desconforto térmico das pessoas expostas a temperaturas moderadas, assim como especificar as condições térmicas aceitáveis para o bem estar térmico.

Conforme a ISO 7730 (1994) o método pode ser utilizado para desenvolver novos projetos, avaliar os ambientes existentes ou verificar as respostas térmicas do ambiente aos critérios de bem estar especificado na norma. Contudo, o método é aplicado somente em ambientes fechados cuja recomendação é que a utilização dos índices seja para os valores entre ± 2 PMV e quando os parâmetros estiverem dentro dos seguintes limites: taxa de metabolismo entre 0,8 à 4 met; Isolamento térmico da vestimenta entre 0 à 2 clo; temperatura do ambiente entre 10 à 30 °C; temperatura radiante média entre 10 à 40 °C e velocidade relativa do ar entre 0 à 1 m/s.

Este método não é aplicado para ambientes quentes, isto é, em situações de possível stress por calor. Nesse caso, são utilizadas a ISO 7243 (1989) *Hot environments – Estimation of heat stress on working man, base on the WBGT – index (wet bulb globe temperature)* e a ISO 7933 (1989) *Hot environments – Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate*.

Para determinar o valor de PMV é necessário identificar os valores da taxa de metabolismo e isolamento térmico das vestimentas. A norma apresenta uma tabela com

valores de taxa de metabolismo para diferentes tipos de atividades (Tabela 3.3.1) e uma tabela com valores de isolamento térmico de diversas peças de roupas (Tabela 3.3.2).

Tabela 3.3.1 – Taxa metabólica por atividade proposta pela ISO 7730 (1994)

Atividade	Metabolismo (met)	
Reclinado	46	0,8
Sentado, relaxado	58	1,0
Atividade sedentária (escritório, residência, escola, laboratório)	70	1,2
Em pé, atividade leve (compra, laboratório, indústria leve)	93	1,6
Em pé, atividade média (trabalhando com maquina, doméstico)	116	2,0
Andando em superfície nivelada		
2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

Tabela 3.3.2 – Isolamento térmico para peças de roupas de acordo com a ISO 7730 (1994).

Peças de roupa	Isolamento térmico clo
Roupa de baixo	
Calcinha	0,03
Ceroula longa	0,10
Camiseta sem manga	0,04
Camiseta com manga curta	0,09
Camiseta com manga longa	0,12
Calcinha e sutiã	0,03
Camisa – blusa	
Mangas curtas	0,15
Leve, mangas longas	0,20
Normal, mangas longas	0,25
Camisa de flanela, mangas longas	0,30
Blusa leve, mangas longas	0,15
Calças	
Shorts	0,06
Leve	0,20
Normal	0,25
Flanela	0,28
Vestido – saia	
Saia leve (verão)	0,15
Saia pesada (inverno)	0,25
Vestido leve, mangas curtas	0,20
Vestido de inverno, mangas longas	0,40
Suéter	
Colete sem manga	0,12
Suéter leve	0,20
Suéter	0,28
Suéter pesado	0,35
Paletó	
Leve, paletó de verão	0,25
Paletó	0,35
Guarda-pó	0,40

A ISO 7730 recomenda a utilização de normas auxiliares para estimar esses valores, tais como: ISO 8996 (1990), Ergonomia – Determinação da taxa de metabolismo que apresentam maiores informações para estimar as taxas de metabolismo e ISO 9920 (1995) – Ergonomia – Estimativas de isolamento térmico e resistência a evaporação das vestimentas, os quais apresentam maiores informações para estimar os valores do isolamento térmico da vestimenta.

A ISO 7730 (1994) apresenta uma tabela, semelhante à Tabela 3.3.1, com valores de PMV para diferentes combinações de atividade, vestimenta, velocidade relativa do ar e temperatura operativa - t_o ¹.

É possível utilizar a seguinte equação para determinar a temperatura operativa:

$$t_o = A.t_a + (1 - A).t_r \quad \text{Equação 3.3.1}$$

onde:

A= 0,5 para $V_{ar} < 0,2$ m/s;

A= 0,6 para $0,2 < V_{ar} < 0,6$ m/s;

A= 0,7 para $0,7 < V_{ar} < 1,0$ m/s;

t_a temperatura do ambiente (°C);

t_r temperatura radiante média (°C),

Para prever a quantidade de pessoas termicamente insatisfeitas (PPD), a norma recomenda a utilização da seguinte equação:

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0,03353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2)} \quad \text{Equação 3.3.2}$$

A Tabela 3.3.3 apresenta a distribuição dos votos da sensação térmica.

¹ t_o = temperatura operativa é a temperatura uniforme de um ambiente negro no qual uma pessoa trocaria a mesma quantidade de calor por radiação e convecção que no ambiente real não uniforme.

Tabela 3.3.3 – Distribuição dos votos da sensação térmica. Fonte: ISO 7730 (1994), modificado.

PMV	PPD	Porcentagem prevista de votos		
		0	-1 ou +1	-2, -1, +1 ou +2
+2	75	5	25	70
+1	25	27	75	95
0	5	55	95	100
-1	25	27	75	95
-2	75	5	25	70

Conforme a ISO 7730 (1994) o *draught* é o fluxo de ar que causa a sensação de frio em parte do corpo. Para identificar a porcentagem de pessoas insatisfeitas pelo *draught* utiliza-se a seguinte equação:

$$DR = (34 - t_a)(v - 0,05)^{0,62} (0,37.v.Tu + 3,14) \quad \text{Equação 3.3.3}$$

onde:

DR porcentagem de insatisfeitos devido ao *Draught*.

t_a temperatura do ar (°C);

v velocidade média do ar, (m/s);

Tu valor da intensidade da turbulência (%);

$$Tu = \frac{S_v \cdot 100}{v} \quad \text{Equação 3.3.4}$$

onde:

S_v desvio padrão das velocidades do ar em diferentes pontos.

Existem outros fatores que podem causar o desconforto localizado, tais como a heterogeneidade vertical da temperatura do ar, isto é, assimetria de temperatura radiante, devido ao contato com pisos de superfícies quentes ou frias. As pessoas são sensíveis aos diferentes tipos de desconforto local. Portanto, pessoas que são sensíveis ao fluxo de ar que provoca o desconforto devido ao *draught* também são sensíveis à radiação assimétrica ou ao piso frio. Dessa maneira, o PPD, a DR, e as porcentagens de insatisfeitos causados por outros tipos de desconforto local não devem ser somados (ISO 7730, 1994).

Essa norma apresenta combinações das variáveis ambientais para inverno e verão, que representam o conforto térmico para atividade com taxa de metabolismo de 1,2 met.

Combinações de variáveis para o período de Inverno:

- a) temperatura operativa: deve estar entre 20°C e 24°C ($22^{\circ}\text{C} \pm 2$);
- b) temperatura vertical: entre 0,1 e 1,1m do piso, a diferença deve ser menor que 3 °C;
- c) temperatura do piso: deve estar entre 19°C e 26°C, e pisos com sistemas de aquecimento podem estar por volta de 29°C;
- d) velocidade média do ar: respeitar o especificado na Figura 3.3.1.

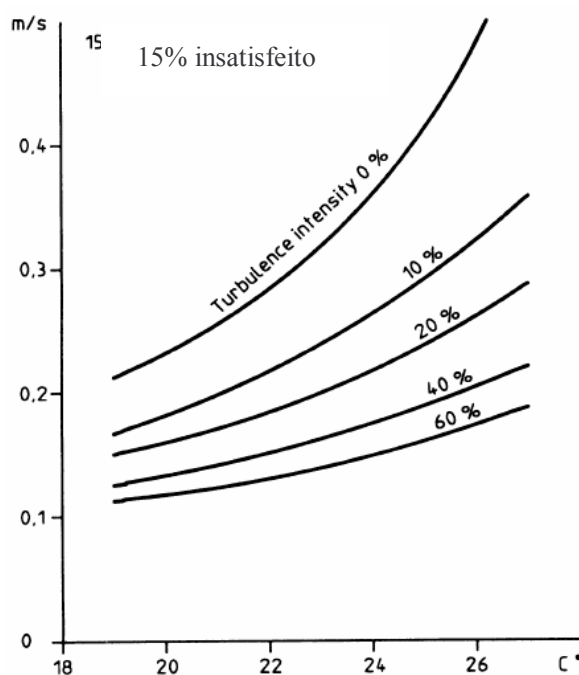


Figura 3.3.1 – Média de velocidade do ar permissível em função da temperatura do ar e intensidade da turbulência. FONTE: ISO 7730 (1994), modificado.

- e) temperatura radiante assimétrica, devido a parede fria: deve ser menor que 10°C;
- f) temperatura radiante assimétrica, devido ao teto quente: deve ser menor que 5°C;
- g) umidade relativa: entre 30% e 70%.

Combinações de variáveis para o período de verão:

- a) temperatura operativa: entre 23°C e 26°C (24,5 °C $\pm$ 1,5°C).
- b) temperatura vertical: entre 0,1 e 1,1m do piso, diferença menor que 3°C.
- c) média da velocidade do ar: respeitar o especificado na Figura 3.3.1.
- d) umidade relativa: entre 30% e 70%.

É apresentada também a Figura 3.3.2, onde se encontram valores de temperatura operativa ótima em função das atividades e vestimentas.

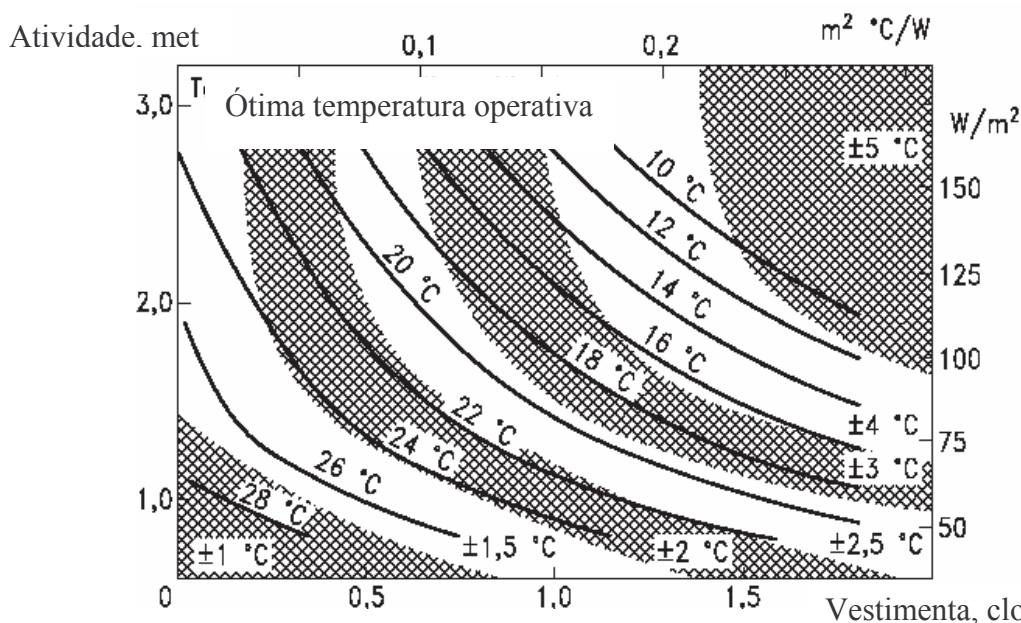


Figura 3.3.2 – Temperatura operativa ótima (PMV = 0) em função da atividade e vestimenta. FONTE: ISO 7730 (1994), modificado

Conforme a ISO 7730 (1994), se os fatores ambientais e pessoais estiverem dentro dos limites estipulados, mais de 80% das pessoas se encontrarão em conforto térmico e para o ambiente ser considerado confortável termicamente é necessário que 90% das pessoas tenham a sensação de satisfação térmica ou, 85% das pessoas não encontrar-se incomodadas pelo *draught* e o PPD deve ser menor que 10% correspondendo ao seguinte critério - $-0,5 < \text{PMV} < +0,5$.

3.4 Trabalhos Referenciados na Última Versão da Norma.

A cada dez anos, a norma ISO 7730 é atualizada, incorporando alguns avanços das técnicas ou entendimento sobre o conforto térmico e a maioria dos trabalhos referenciados na última versão dessa norma foram realizadas em câmaras controladas com o objetivo de encontrar a sensação térmica para pessoas expostas a diferentes combinações das variáveis ambientais e pessoais.

Os procedimentos comumente utilizados nestes trabalhos foram:

- a) recepção das pessoas, verificação da saúde e orientação sobre as escalas de preferência e sensação térmica;
- b) as pessoas entram nas câmaras e permanece certo tempo expostas às condições de neutralidade térmica;
- c) aplicação dos questionários;
- d) o experimento é finalizado ou são alteradas as condições ambientais para novos períodos de exposição.

Como estratégia, em alguns trabalhos os pesquisadores escolheram algumas variáveis pessoais e ambientais, enquanto as pessoas podiam indicar a alteração de uma variável ambiental, tais como: temperatura ou velocidade do ar para encontrar o conforto térmico. Em outros trabalhos os pesquisadores escolheram todos os parâmetros das variáveis.

A descrição sinteticamente de alguns trabalhos referenciados na norma ISO 7730 (2005) tem como intenção realçar que, mesmo com boa aproximação dos resultados, existem situações onde os limites e as considerações foram questionadas.

O trabalho de Berglund e Gonzalez (1978) teve como objetivo encontrar a aceitabilidade das pessoas expostas a períodos de oito horas em ambientes com rampas de temperaturas de verão com baixa e alta umidade. Segundo os autores alguns trabalhos mostraram que a lenta e pouca alteração da temperatura em torno das condições de conforto não é percebido, principalmente onde a temperatura é praticamente constante.

Para isso, quatro grupos de seis pessoas, três homens e três mulheres, com isolamento térmico de 0,51 clo e desenvolvendo atividade leve, ficaram expostos a três diferentes condições do ambiente. A temperatura variou 0,6 °C por hora, desde 23 °C até 27,8 °C. Para baixa umidade foi considerado o limite inferior da norma ASHRAE - 55 (1974) e para o limite superior foi considerado a umidade que poderia ser esperado num edifício no período de verão. Os autores concluíram que para as alterações de 0,6 °C por hora entre 23 °C e 27 °C a aceitação térmica foi acima dos 80%.

Seguindo as questões sobre as rampas de temperatura, Rohles et al. (1980) relatou que as pessoas costumam passar a maioria de seu tempo em ambientes em condições inconstantes, ou seja, com variações, e os estudos sobre estas condições ambientais ainda são modestos. Portanto, este trabalho teve por objetivo determinar os efeitos do ciclo de temperatura flutuante no conforto térmico.

Conforme Rohles et al. (1980), em geral existem 3 tipos de condições não-estacionárias que podem ser identificados:

O primeiro envolve condições discretas, tais como experiências de sair de casa e andar de carro e ir ao mercado. Estudos sobre estas condições mostraram que quando as pessoas passam de um ambiente confortável para outro desconfortável elas sofrem um choque.

O segundo tipo de flutuação de temperatura é conhecido como *ramps* ou *drifts*, caracterizado por lenta diminuição da temperatura, como apresentado no trabalho de Berglund e Gonzalez (1978).

O terceiro é a condição de flutuação da temperatura onde os fatores são atribuídos a tolerância termostática, a efetivação do sistema de aquecimento, refrigeração e a eficiência térmica da estrutura (isolamento, infiltração).

Neste trabalho foram utilizados 840 estudantes com idades entre 18 e 23 anos e isolamento térmico de 0,6 clo. Por meio da metodologia do trabalho de Cochran e Cox (1968 apud ROHLES et al, 1980), 31 testes foram gerados. Cada teste foi repetido quatro vezes (duas vezes quando a flutuação aumentava e duas vezes quando a flutuação decrescia).

Foram realizados mais dois testes sem flutuação os quais foram conduzidos com as seguintes temperaturas efetivas: 17,7 °CET, 19,4 °CET, 26,1 °CET, 29,4 °CET, as flutuações tiveram amplitudes distintas: 1,1 °C, 2,2 °C, 3,3 °C, 4,4 °C, com taxas de 1,1 °C, 2,2 °C, 3,3 °C, 4,4 °C por hora e a umidade relativa foi de 50%. Cada teste foi composto por seis pessoas, três homens e três mulheres.

Para concluir foram especificados os limites de variação de temperatura para os ciclos de flutuação, sendo que o ambiente pode ser considerado aceitável se a taxa de alteração da temperatura não ultrapassar 3,3 °C por hora e a amplitude do ponto-a-ponto for igual ou menor do que 3,3 °C ou $\pm 1,6$ °C.

Além das dúvidas sobre o comportamento da sensação térmica durante longos períodos de exposição outro assunto abordado na nova versão da norma foi a aceitabilidade térmica. Conforme Berglund (1979) diversas pesquisas foram desenvolvidas para definir os parâmetros ambientais que proporcionam o conforto térmico, equações foram elaboradas para relacionar a sensação térmica com as atividades e as condições térmicas, no entanto, o mais importante é a questão de quanto uma alteração no ambiente poderá afetar a aceitabilidade ou a porcentagem de pessoas insatisfeitas termicamente. Isso porque as pessoas podem estar se sentindo com pouco frio ou pouco calor e não estar desconfortáveis e considerar o ambiente aceitável termicamente.

O objetivo do trabalho de Berglund foi comparar os métodos para quantificar a aceitabilidade dos ambientes. Para isso, foram apresentados os métodos de Fanger (1972 apud BERGLUND, 1979), Rohles (1974 apud BERGLUND, 1979) e Gagge e Nevins (1976 apud BERGLUND, 1979).

Por meio da comparação Berglund relatou que os métodos de Fanger e Rohles são semelhantes, mas possuem pequenas diferenças próximas à temperatura de neutralidade. Já a porcentagem de conforto do método Gagge indicou semelhança com o PPD, mas é diferente na região de pouco frio.

Outro trabalho de Berglund e Fobelets (1987) também referenciado na ISO 7730 (2005) foi sobre as respostas subjetivas das pessoas expostas a ambientes com suaves correntes de ar e radiação assimétrica, pois as normas atuais apresentam informações separadas sobre *draught* e radiação assimétrica. Portanto, o objetivo desse trabalho foi quantificar separadamente os efeitos causados pelo draught e assimetria da radiação, aplicados em pessoas com atividades sedentárias em clima neutro e pouco frio.

Para isso Berglund (1987) realizou testes em câmaras onde a umidade relativa, temperatura do ar e a radiante média foram totalmente controladas. A pesquisa foi realizada com 25 homens e 25 mulheres com isolamento térmico de 0,86 clo. Cada pessoa ficou exposta a 32 condições diferentes de ambiente térmico. Sendo dois níveis de temperatura operativa, uma próxima a temperatura de neutralidade e outra por volta de 3 °C a menos.

Para cada temperatura estipulada, a velocidade do ar foi alterada em quatro valores, $V_1 = 0,05$ m/s, $V_2 = 0,15$ m/s, $V_3 = 0,25$ m/s e $V_4 = 0,5$ m/s. O mesmo procedimento foi estipulado para as condições da radiação assimétrica variando de 0 °C Trm à 17,6 °C Trm. O procedimento adotado foi manter a temperatura operativa constante. Para isso, foi preciso

aumentar a temperatura do ar para compensar as altas velocidades do ar e baixas temperaturas radiantes. Os questionários sobre os *draught*, local do corpo onde está mais quente ou mais frio, sensação, aceitabilidade e preferência térmica foram aplicados a cada 30 minutos.

Como conclusão Berglund relatou que a baixa temperatura radiante da parede fria foi compensada pelo aumento da temperatura do ar. A preferência da temperatura operativa aumentou com a velocidade do ar. O nível de aceitabilidade térmica para temperaturas preferidas não foi influenciado por 0,25 m/s de velocidade do ar ou pela radiação assimétrica de 10 °K ou menor. Quando as condições eram de 0,25 m/s a temperatura operativa pareceu superestimar a radiação e subestimar a convecção.

Em 1998 Berglund relatou que não se tem tanta certeza sobre os limites da umidade, principalmente nos casos extremos. Assim como a fisiologia e o balanço térmico devem limitar os valores de umidade para aceitabilidade térmica, contudo, experiências realizadas nos laboratórios, campos e experiências pessoais sugerem usar os limites da aceitabilidade térmica.

A conclusão do trabalho de Berglund (1998) foi que a umidade interfere diretamente e indiretamente no conforto. Para certas temperaturas, diminuição da umidade resulta em pessoas sentindo mais frio e seco. Para pessoas em atividade sedentária a alteração de 30% da umidade relativa afeta o balanço térmico e a sensação térmica como se fosse uma diferença de 1°C da temperatura operativa. O desconforto devido a umidade é maior em temperaturas mais elevadas e está interligado com a umidade da pele, pois as pessoas raramente realizam ajustes no conforto quando a pele está molhada por volta de 25%.

De Dear e Brager (1998) fizeram uma revisão da literatura sobre a adaptação em ambientes construídos, elaborando diferentes mecanismos de adaptação, ligando o modelo estatístico com o adaptativo. A premissa do modelo adaptativo é que as pessoas são

consideradas como um papel ativo em criar suas próprias preferências térmicas, não como receptores passivos. A interpretação genérica do termo adaptação é a diminuição gradual da resposta do organismo ao estímulo ambiental repetido. Dentro desta definição, distingue-se três categorias:

- **Ajuste de comportamento:** são todas as modificações conscientes ou inconscientes que uma pessoa pode realizar para melhorar as condições térmicas, tais como:
 - 1) respostas pessoais: retirar ou colocar uma peça de roupa;
 - 2) tecnológicas: redirecionar o ar condicionado ou ventilador;
 - 3) culturais: descansar no momento de maior desconforto térmico.
- **Fisiológica;** são as respostas fisiológicas resultantes dos fatores ambientais que proporciona uma diminuição da tensão induzida pela exposição.
- **Psicológica;** a definição inclui a alteração da percepção, da reação e das informações sensoriais devido a experiências térmicas passadas e expectativas.

Para De Dear e Brager (1998) o método adaptativo complementa a parte que contradiz o modelo estatístico do balanço térmico. Para tentar comprovar este complemento eles analisaram os resultados da ASHRAE RP-884 com os seguintes objetivos:

- 1) elaborar e definir um processo para o modelo adaptativo no contexto de percepção climática.
- 2) examinar a semântica da sensação térmica, aceitabilidade e escalas de preferências dentro do contexto de um modelo adaptável de conforto térmico.
- 3) desenvolver o modelo estatístico do conforto térmico baseado nos vários processos da adaptação, incluindo os ajustes de aclimatização e habitação.
- 4) comparar estes modelos adaptáveis com as previsões do modelo de estatístico através da base de dados.
- 5) Propor um padrão variável da temperatura que, com o tempo, possa eventualmente suplementar e/ou modificar o padrão da ASHRAE 55.

Como metodologia, primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica, por meio da qual foi possível perceber que as comprovações sobre a adaptação térmica são oriundas das pesquisas desenvolvidas em campo. Em seguida a RP-884 iniciou um processo de montagem de banco de dados por meio de um questionário de três páginas sobre a

metodologia de investigação de campo. Dessa maneira foi possível analisar os métodos de medição, físico e subjetivo. Foram estruturados para permitir que cada resposta do questionário fosse ligada com a temperatura do ambiente interno e externo. Foram coletados os dados de quatro continentes (Europeu, América do Norte, Oceania e Ásia) com aproximadamente 21 mil respostas de sensação de conforto térmico.

Depois de realizado o controle de qualidade dos dados e padronização conforme RP-884, foram separados por estação do ano, tipo do edifício (Naturalmente Ventilados – NV ou com sistemas centrais de ar condicionado - HVAC).

Como conclusão deste trabalho De Dear e Brager relatam que o modelo estatístico do equilíbrio térmico é parcialmente adaptativo, contabilizando os efeitos dos ajustes de comportamentos que afetam diretamente os dados de entrada, principalmente das vestimentas e da velocidade do ar. O modelo adaptativo complementa a aproximação para contabilizar os fatores contextuais e experiências térmicas que alteram as expectativas e preferências das pessoas do edifício. Para finalizar, foi relatado que as pessoas em ambientes com sistemas de HVAC têm maior dificuldade para se adaptar as variações da temperatura do que as pessoas expostas a ambientes naturalmente ventilados.

Além dessa revisão, Brager e De Dear (2000) também realizaram um trabalho sobre a ventilação natural. Neste trabalho eles comentam que as normas ASHRAE 55 e ISO 7730 estabeleceram limites para os ambientes, mas não especificaram as diferenças entre eles (HVAC e NV). Comentam também que tais normas foram criadas para fornecer um guia para as indústrias de ar condicionado o que dificultou o desenvolvimento de estratégias para os edifícios naturalmente ventilados.

A metodologia utilizada foi a mesma do trabalho De Dear e Brager (1998); analisaram a adaptação comportamental, examinaram quantas vezes a vestimenta, taxa metabólica e a velocidade do ar foram alteradas.

A conclusão foi que os estudos sobre conforto térmico foram desenvolvidos para criar ambientes artificiais, assim não é de surpreender que o modelo PMV prediga com exatidão os limites das preferências das pessoas em ambientes com ar condicionado. Contudo, este modelo não prediz com precisão as preferências térmicas das pessoas em ambientes naturalmente ventilados, indicando não ser um guia para decidir quando é necessário um sistema mecânico de condicionamento de ar. A abordagem do modelo adaptativo é essencial para contabilizar os fatores contextuais e experiências que modificam as expectativas das pessoas em ambientes naturalmente ventilados.

Fanger et al. (1974) realizaram um trabalho sobre ventilação uniforme oriunda de diferentes direções cujo objetivo foi investigar se o homem pode se sentir confortável quando exposta a essas diferentes situações. Para isso, quatro pessoas, dois homens e duas mulheres, com isolamento térmico da vestimenta de 0,6 clo, ficaram expostos ao fluxo de ar com velocidade média de 0,8 m/s durante duas horas e meia. Foram pesquisadas cinco direções: na horizontal – pela frente, – dos lados e, – atrás. Na vertical: – de baixo para cima e – de cima para baixo. A temperatura do ar foi mantida igual à temperatura radiante média e a umidade ficou em 50%.

Os autores concluíram que não é difícil encontrar o conforto térmico para velocidade do ar uniforme oriundas de diversas direções, afinal o conforto é alcançado com o aumento da temperatura. Os resultados encontrados concordam com a equação de conforto de Fanger (1970).

Diversas questões sobre o comportamento térmico surgiram no decorrer dos anos, principalmente quando as condições de neutralidade térmica não são suficientes para alcançar o conforto térmico. No trabalho de Fanger et al.(1980) foi criada tal situação de desconforto pela radiação proveniente do teto nas condições de neutralidade térmica. O objetivo deste trabalho foi determinar os limites de radiação para que as pessoas em neutralidade térmica pudessem ficar sem sentir desconforto.

Foram realizados experimentos com 16 pessoas, oito homens e oito mulheres, com isolamento térmico da vestimenta de 0,6 clo durante três horas e meia de testes. A atividade desenvolvida pelas pessoas foi a leitura e não era permitido beber ou comer.

A temperatura do teto foi alterada cinco vezes durante o teste, mas a temperatura operativa ficou sempre com uma diferença constante entre o teto e o ar. Para conseguir manter a mesma temperatura operativa, a temperatura do teto aumentava e a da parede diminuía.

Como conclusão foi estabelecida uma curva que demonstra a porcentagem de pessoas que sentirão desconfortáveis devido à radiação.

Outro trabalho sobre desconforto localizado referenciado pela ISO 7730 (2005) foi desenvolvido por Fanger e Christensen (1986). Este trabalho tratou da percepção do efeito do *draught* nos espaços ventilados. O objetivo foi estabelecer base científica para prever a resposta humana para o efeito *draught* devido às correntes de ar e também estabelecer porcentagem de pessoas que estão desconfortáveis devido ao *draught*, estabelecendo limites para velocidade do ar.

Para isso 100 pessoas, 50 homens e 50 mulheres, desenvolvendo atividades sedentárias ficaram expostas a três temperaturas do ar, 20 °C, 23 °C e 26°C e, seis níveis de

velocidade média do ar, 0,05 – 0,10 – 0,15 – 0,20 – 0,30 e 0,40 m/s. Paralelamente a aplicação do questionário sobre em qual parte do corpo foi sentido o vento.

Por meio deste trabalho foi possível identificar o percentual de insatisfeitos devido ao *draught* e que as pessoas são mais sensíveis a ele do que ao fluxo laminar. Uma explicação para isso pode ser que a flutuação da velocidade do ar provoca alteração na temperatura da pele.

Fountain et al. (1994) realizaram um trabalho com objetivo de caracterizar o conforto térmico por meio de respostas das pessoas com controle do fluxo de ar, através do uso do ventilador de mesa, expostas à diversas temperaturas do ar. O foco deste trabalho foi a velocidade do ar para as temperaturas entre 25,5 °C a 28,5 °C.

Para isso, foi realizado o procedimento que a maioria das pesquisas emprega. As pessoas ajustam um fator ambiental para alcançar o conforto térmico, que no caso deste trabalho foi a velocidade do ar. Elas responderam o questionário sobre sensação térmica, preferência da velocidade do ar e temperatura a cada 15 minutos. Foram utilizadas 54 pessoas que desenvolveram atividades sedentárias, usavam vestimenta com 0,5 clo de isolamento térmico e cada pessoa ficou exposta a uma temperatura e diversas velocidades do ar oriundas dos ventiladores e difusores do piso e da mesa. A intensidade da turbulência foi entre 30 a 60%.

Como conclusão, Fountain propôs o modelo de porcentagem de pessoas satisfeitas, para ambientes com temperaturas acima de 26 °C, e relatou que o modelo utilizado não é adequado.

Jones, Hsieh e Hashinaga (1986) realizaram um trabalho sobre o efeito da velocidade do ar no conforto térmico para atividades moderadas. O objetivo foi determinar se o conforto térmico, para atividades moderadas de (com taxa de metabolismo de 2,3 met), foi melhorado

ou não com a movimentação do ar e comparar os resultados do modelo de conforto térmico de Fanger (1970) e o modelo de resposta térmica de Azer e Hsu (1977 apud JONES, HSIEH e HASHINAGA, 1986).

Como procedimento, foram usados dois tipos de isolamento térmico de vestimenta, 0,6 clo e 1,09 clo, dois valores de velocidade do ar para cada valor de vestimenta. Dois homens e duas mulheres subiam e desciam uma escada de dois degraus uma vez a cada 15 segundos, com período de descanso de cinco minutos a cada 30 minutos. A média da velocidade relativa do ar foram 0,21 m/s e 1,32 m/s para vestimenta de frio e 0,21 m/s e 1,09 m/s para vestimenta de calor.

O estudo indicou que o nível de conforto, para pessoas com taxa de metabolismo de 2,3 met, pode ser considerado melhor se a ventilação for maior do que com pouca ventilação.

McIntyre (1978) realizou o trabalho sobre a preferência da velocidade do ar em condições de altas temperaturas. O objetivo foi encontrar as combinações de conforto para altas temperaturas e velocidade do ar.

Para isso, foi estabelecida a temperatura da câmara entre 22 °C e 30 °C. Neste trabalho 11 pessoas foram autorizadas a alterar velocidade do ar por meio do ventilador de teto. Através dos resultados, McIntyre concluiu que a velocidade do ar sobre as pessoas pode causar dois efeitos:

1) aumenta a sensação de frescor que é percebida diretamente pela pressão causada pela velocidade do ar. Este efeito geralmente é indesejado pelas pessoas com atividades sedentárias. Portanto, a escolha da velocidade do ar pode ser menor do que a recomendada para produzir a neutralidade térmica, de modo que ela não pode ser prevista usando somente a equação de conforto elaborado por Fanger.

2) a percepção do movimento do ar aumenta o dobro do que a velocidade do ar. Portanto, a velocidade do ar recomendada, para temperaturas acima de 28°C, pode causar desconforto.

Conforme Rohles, Konz e Jones (1983), com a popularização do uso dos ventiladores de teto algumas questões foram levantadas, tais como:

- O ventilador de teto pode estender o limite de conforto para o verão?
- É válida a divulgação, dos fabricantes de ventilador, que ele pode proporcionar a mesma sensação de 24 °C nos 28 °C ?
- O ventilador pode ser considerado como uma solução mais econômica?

Para responder estas questões Rohles, Konz e Jones (1983) usaram 256 pessoas, 128 homens e 128 mulheres, com idades entre 18 a 22 anos, expostas a quatro condições de temperatura; 24 °CET, 26 °CET, 28 °CET e 29 °CET, com umidade relativa do ar por volta dos 50%. Foram realizados testes com grupos de 8 pessoas, sendo 4 homens e 4 mulheres. Cada casal foi exposto a cinco condições de velocidade do ar. Durante a primeira hora as pessoas não recebiam ventilação, proporcionando uma condição de calmaria aproximadamente $V_0 = 0,06$ m/s. As outras quatro velocidades da ventilação foram $V_1 = 0,15$ m/s, $V_2 = 0,25$ m/s, $V_3 = 0,46$ m/s e $V_4 = 1,02$ m/s. O valor da resistência térmica da vestimenta utilizada foi de 0,5 clo.

A conclusão foi que os dados obtidos neste trabalho validam a informação da norma ASHRAE 55 (1981), que apresentou como limite de conforto térmico para o verão as condições de 26 °CET com velocidade do ar por volta de 0,25 m/s e pode ser estendido para 28 °CET quando a velocidade do ar está por volta dos 0,8 m/s. Contudo, este trabalho também demonstrou que o limite superior pode ser estendido para 29 °C quando a velocidade do ar está por volta de 1 m/s. Este resultado concordou com o resultado obtido por McIntyre

(1980 apud ROHLES, KONZ E JONES, 1983) onde o conforto foi alcançado nas condições de 30 °C com 2 m/s de velocidade do ar e 28 °C com 1 m/s de velocidade do ar.

Com o uso do ventilador é possível economizar 18% do consumo de energia. Contudo, o ventilador produz a quantidade de vento numa área pequena. Dessa maneira, é preciso analisar a quantidade de ventiladores necessária para conseguir a mesma sensação em determinada área.

Rohles deixou em aberto a questão sobre se é válido comparar o uso do ventilador com o ar condicionado, pois o ar condicionado diminui a temperatura e umidade, enquanto o ventilador não diminui a temperatura e umidade.

Scheatzle, Wu e Yellott (1989) desenvolveram um trabalho com objetivo de determinar os limites inferiores e superiores (temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido) que produzem a sensação de conforto nas pessoas com o uso de ventiladores de teto e determinar quanto tempo o uso do ventilador pode diminuir o uso do sistema de refrigeração por evaporação. Para isso, utilizou a mesma metodologia do trabalho de Rohles, Konz e Jones (1983).

O estudo mostrou que com o uso do ventilador pode-se reduzir 34% do tempo de uso do sistema de refrigeração para alcançar o conforto térmico. O autor sugeriu que a zona de conforto obtida pelo Rohles, Konz e Jones (1983) fosse estendida para outras condições de umidade.

McNall e Biddison (1970) desenvolveram um trabalho sobre radiação assimétrica. O estudo foi realizado em câmaras onde as variáveis ambientais foram totalmente controladas.

Para isso, foram desenvolvidos testes separados para estudar o efeito da radiação assimétrica. A primeira situação foi com as paredes frias, onde cinco pessoas ficaram expostas a condições extremas de radiação. A segunda situação foi com paredes quentes e a

terceira foi com tetos quentes e frios. O valor da resistência térmica da vestimenta foi de 0,59 clo e os testes duraram três horas. O questionário sobre sensação térmica foi aplicado no início dos testes e foi repetido a cada 30 minutos.

Como conclusão, a sensação térmica das pessoas expostas a ambientes com radiação 2 °C mais fria do que as condições de neutralidade térmica produziram um mesmo plano de regressão, formado assim, uma zona termicamente neutra e de fácil aplicação.

Tanabe e Kimura (1994) desenvolveram um trabalho com o objetivo de rever e resumir os efeitos da temperatura, umidade e velocidade do ar no conforto térmico de ambientes quentes e úmidos, contudo, sempre com um ponto de vista para conservação de energia.

Neste trabalho foram desenvolvidas diversas pesquisas, tais como:

- Experimento subjetivo da temperatura do ar e umidade para condições de verão e também para condições de inverno;
- experimentos com ventilação, sendo com altas velocidades do ar, com flutuação da velocidade do ar, investigou o efeito da velocidade do ar no conforto térmico em ambientes com ar condicionados, identificou a preferência da velocidade do ar e também investigou o efeito da flutuação da velocidade do ar com pouca velocidade do ar.

Para concluir Tanabe realçou que foi possível perceber diferenças na sensação térmica para alta taxa de umidade em comparação com o índice PMV. Conforme Tanabe isso é um indicio de que o índice PMV não é o mais adequado para avaliar o conforto térmico.

3.5 As modificações na última daVersão da ISO 7730

Essa seção tem como intenção apresentar as modificações ocorridas em função de alguns trabalhos citados no capítulo anterior e outros referenciados na bibliografia da norma em questão.

Na terceira edição da norma, ocorrida em 2005, foi alterado o título e foram adicionados novos métodos, assim como maiores informações sobre o desconforto térmico local, condições do estado não-estacionário, indicação de categorias de conforto térmico, isolamento térmico da vestimenta, adaptação, umidade e velocidade do ar.

O novo título é Ergonomia do ambiente térmico – Determinação analítica e interpretação do conforto térmico usando cálculo dos índices PMV/PPD e critérios de conforto térmico local.

A seguir apresentam-se as informações adicionadas:

3.5.1 Desconforto Térmico Local

Como relatado, nas versões anteriores da norma, o PMV e o PPD expressam o desconforto por calor ou frio para o corpo todo. Mas o desconforto térmico pode também ser causado pela refrigeração ou aquecimento não desejado por uma determinada parte do corpo. Isto é conhecido como desconforto local e a causa mais comum é o *draught*. Mas o desconforto local pode também ser causado por uma diferença anormalmente elevada da temperatura entre a cabeça e os tornozelos, ou por uma elevada assimetria da temperatura radiante.

A informação adicionada é que as pessoas são mais sensíveis ao desconforto local quando estão desenvolvendo atividade sedentária do que para atividades mais pesadas, quando conseqüentemente o risco do desconforto local é mais baixo, (Berglund, 1998).

3.5.1.1 Diferença da Temperatura na Vertical

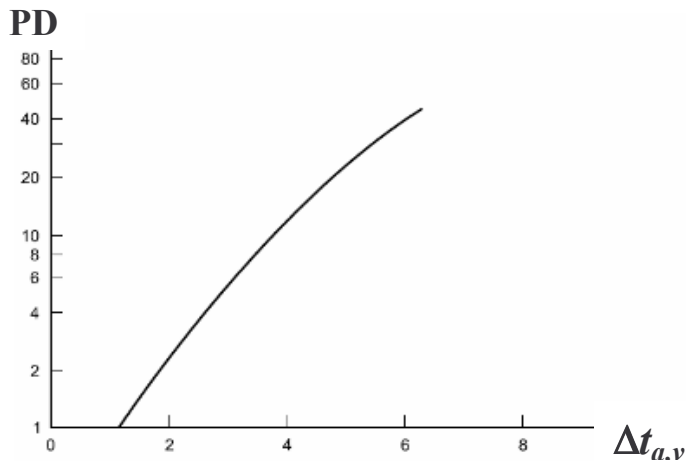
A ISO 7730 (2005) apresenta gráficos e equações para demonstrar os comportamentos da porcentagem de insatisfeitos – PD em função da diferença da temperatura, piso quente ou frio e assimetria radiante.

A Equação 3.5.1.1.1, a seguir, apresenta o comportamento do PD em função da diferença de temperatura Δt_a .

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot \Delta t_{a,v})} \quad \text{Equação 3.5.1.1.1}$$

Para $\Delta t_{a,v} < 8^\circ\text{C}$.

A Figura 3.5.1.1.1 apresenta o comportamento da porcentagem de insatisfeito em função da variação da temperatura entre a cabeça e os pés.

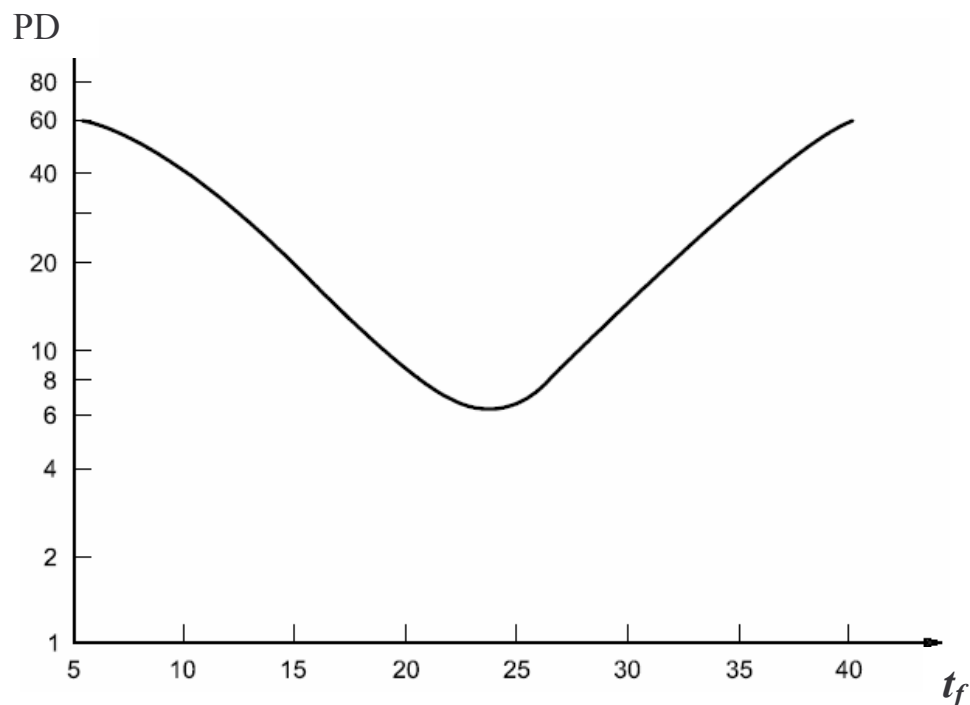


PD porcentagem de insatisfeitos;
 $\Delta t_{a,v}$ variação da temperatura entre a cabeça e os pés $^\circ\text{C}$.

Figura 3.5.1.1.1 – Comportamento da porcentagem de insatisfeito em função da variação da temperatura entre a cabeça e o pé. FONTE: ISO 7730 (2005)

3.5.1.2 Piso Quente ou Frio

A ISO 7730 (2005) apresenta o gráfico do comportamento do PD em função da temperatura do piso (Figura 3.5.1.2.1).



PD porcentagem de insatisfeitos;
 t_f temperatura do piso °C.

Figura 3.5.1.2.1 - Desconforto local causado pelo piso quente ou frio. FONTE: ISO 7730 (2005) modificado.

A Equação 3.5.1.2.1 apresenta o PD em função da temperatura do piso.

$$PD = 100 - 94 \cdot \exp(-1,387 + 0,118 \cdot t_f - 0,025 \cdot t_f^2) \quad \text{Equação 3.5.1.2.1}$$

3.5.1.3 Assimetria Radiante

Na versão de 1994 a norma comenta sobre o desconforto devido à assimetria radiante, contudo, devido a trabalhos, tais como de Fanger (1980) e Berglund e Fobelets (1987) a nova versão afirma que as pessoas são mais sensíveis ao desconforto devido à assimetria radiante (Δt_{pr}) oriundas de forro quentes e paredes frias.

É possível determinar o PD usando as seguintes Equações 3.5.1.3.1 – 3. 5.1.3.2 – 3. 5.1.3.3 e 3. 5.1.3.4;

a) Teto quente:

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(2,84 - 0,174 \cdot \Delta t_{pr})} - 5,5 \quad \text{Equação 3.5.1.3.1}$$

para $\Delta t_{pr} < 23^{\circ}C$

b) Parede fria:

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 \cdot \Delta t_{pr})} \quad \text{Equação 3. 5.1.3.2}$$

para $\Delta t_{pr} < 15^{\circ}C$

c) Teto frio:

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 \cdot \Delta t_{pr})} \quad \text{Equação 3. 5.1.3.3}$$

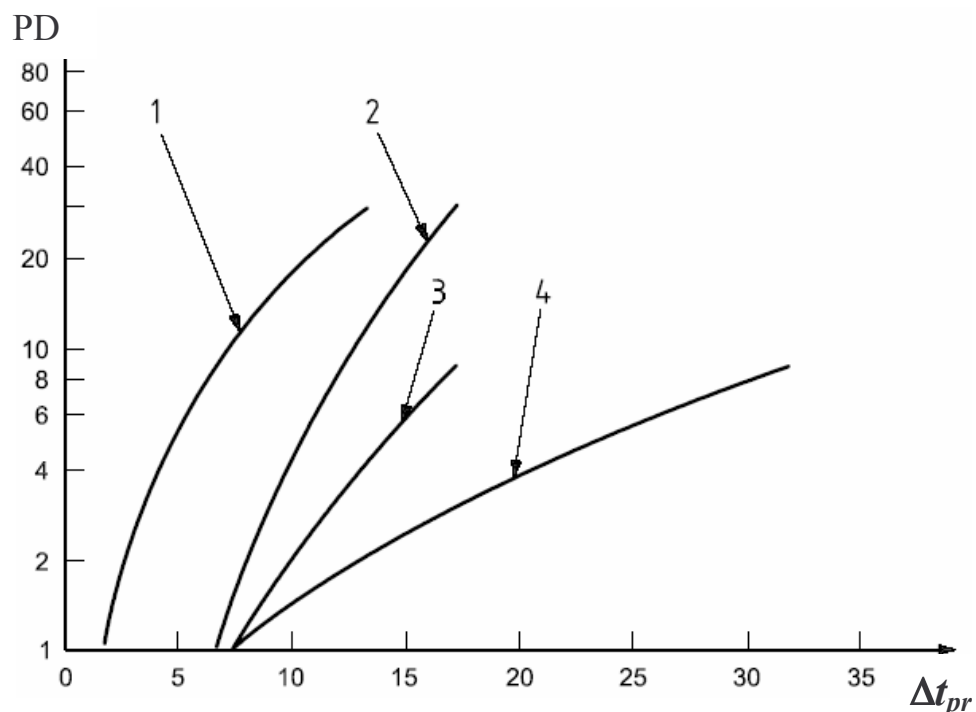
para $\Delta t_{pr} < 15^{\circ}C$

d) Parede quente;

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(3,72 - 0,052 \cdot \Delta t_{pr})} - 3,5 \quad \text{Equação 3. 5.1.3.4}$$

para $\Delta t_{pr} < 35^{\circ}C$

A Figura 3.5.1.3.1 mostra a porcentagem de insatisfeito em função da assimetria da radiação causada por teto quente, parede fria, teto frio e parede quente. Essas curvas fornecem uma estimativa do desconforto.



- PD porcentagem de insatisfeito
 Δt_{pr} temperatura radiante assimétrica, °C;
- 1 teto quente
 - 2 parede fria;
 - 3 teto frio;
 - 4 parede quente.

Figura 3.5.1.3.1 – Desconforto local causado pela temperatura radiante assimétrica. FONTE: ISO 7730 (2005)

3.5.2 Ambiente Térmico Não-Estacionário (Variável).

Os resultados do método PMV/PPD foram obtidos por meio de experiências realizadas onde as condições do ambiente térmico eram constantes, contudo, em campo as condições ambientais são variáveis. Diante disso, Rohles et al. (1980) relataram que podem ocorrer três tipos de ambiente térmico variável, sendo:

- a) ciclos de temperaturas;
- b) alterações (*ramp/drifts*) na temperatura e;
- c) transição.

3.5.2.1 Ciclos de Temperatura.

A nova informação sobre o ciclo de temperatura é que não haverá desconforto se a variação da temperatura de ponto a ponto for menor que 1°C.

3.5.2.2 Alteração da Temperatura (*ramps/ drifts*).

Conforme o trabalho de Berglund e Gonzalez (1978), para alterações de 0,6 °C por hora entre 23 °C e 27 °C, a aceitação térmica foi acima dos 80% e conforme Rohles et al. (1980) o ambiente pode ser considerado aceitável se a taxa de alteração da temperatura não ultrapassar 3,3 °C por hora. Contudo a norma adicionou a informação de que se alteração da temperatura (*ramps* ou *drifts*) for menor que 2 °C por hora considera-se o ambiente como estacionário.

3.5.2.3 Transição

O ambiente é considerado de transição:

- quando há uma brusca alteração na temperatura operativa e isso é percebido instantaneamente;
- após o aumento da temperatura operativa e a nova sensação térmica é experimentada imediatamente.
- quando a temperatura operativa diminui e a sensação térmica diminui uma unidade de PMV.

3.5.3 Aceitabilidade do Ambiente para o Conforto Térmico

Sobre a aceitabilidade do ambiente térmico a ISO 7730 (2005) adicionou:

- Tabelas com categorias de conforto térmico;

Tabela 3.5.3.1 – Categorias de conforto térmico.

Categoria	Estado térmico do corpo		Desconforto local			
	PPD %	PMV	DR% (draught)	PD %		
				Diferença de temperatura na vertical	Piso quente ou frio	Radiação assimétrica
A	<6	-0,2<PMV<+0,2	<10	<3	<10	<5
B	<10	-0,5<PMV<+0,5	<20	<5	<10	<5
C	<15	-0,7<PMV<+0,7	<30	<10	<15	<10

- Gráficos que relacionam, para todas as categorias, as temperaturas operativas em função dos parâmetros da resistência térmica da vestimenta com a taxa de metabolismo, conforme Figuras 3.5.3.1, 3.5.3.2 e 3.5.3.3:

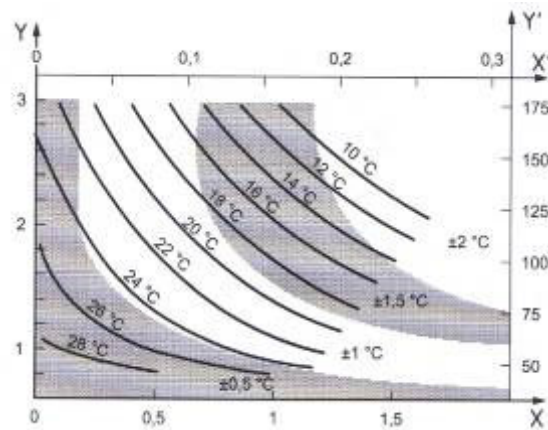


Figura 3.5.3.1 - Categoria A: PPD <6%.

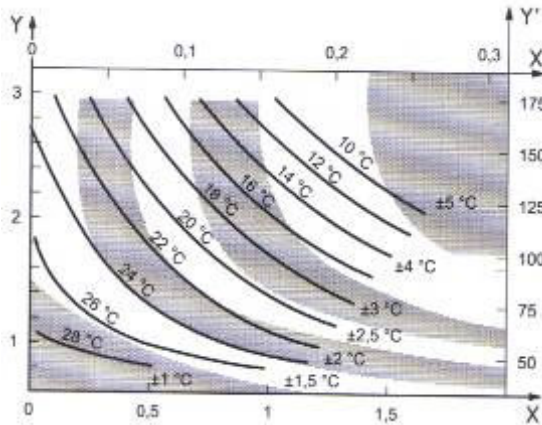


Figura 3.5.3.2 - Categoria B: PPD <10%.

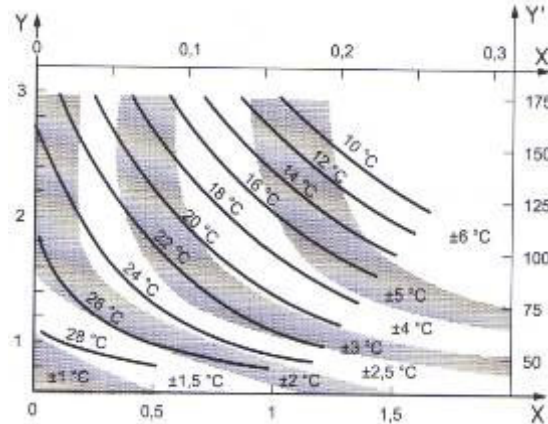


Figura 3.5.3.3 - Categoria C: PPD <15%.

X = resistência da vestimenta, por unidade (clo);

X' = resistência da vestimenta, por unidade $m^2.C/W$;

Y = taxa metabólica, por unidade (met);

Y' = taxa metabólica, por unidade W/m^2 .

Figuras 3.5.3.1, 3.5.3.2 e 3.5.3.3 – Temperaturas operativas ótimas em função da vestimenta e atividade, para as três categorias de conforto térmico. FONTE: ISO 7730 (2005)

- Gráficos, para as categorias A, B e C, que relacionam a intensidade de turbulência em função da temperatura local com a velocidade do ar, conforme Figuras 3.5.3.4, 3.5.3.5 e 3.5.3.6:

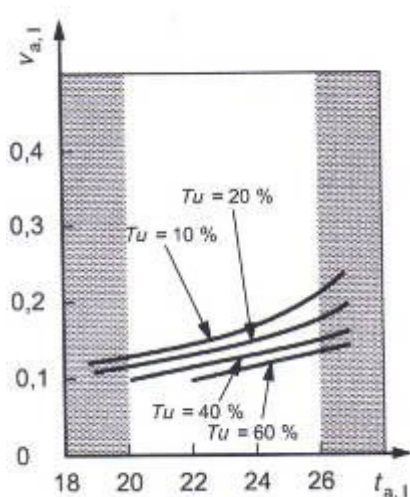


Figura 3.5.3.4 - Categoria A: DR=10%

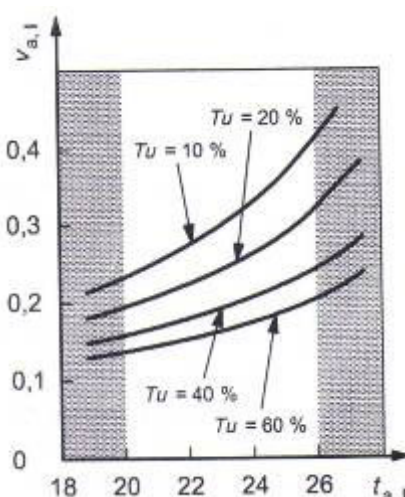


Figura 3.5.3.5 - Categoria B: DR=20%

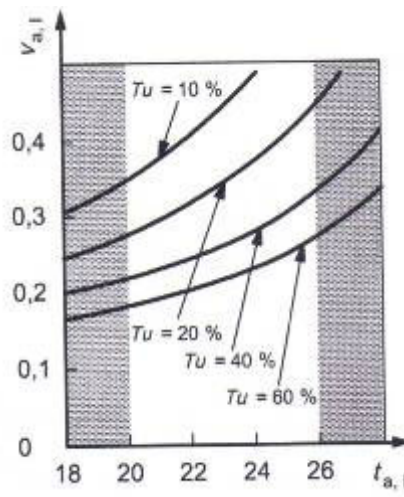


Figura 3.5.3.6 - Categoria CDR=30%.

$t_{a,l}$ temperatura local, °C;
 $v_{a,l}$ média da velocidade do ar local, m/s;
 Tu intensidade de turbulência, %.

Figuras 3.5.3.4, 3.5.3.5 e 3.5.3.6 – Máxima velocidade média em função da temperatura local e intensidade da turbulência, para as três categorias de conforto térmico. FONTE: ISO 7730 (2005)

Tabelas de valores permitidos quanto ISO 7730 (2005).

- à diferença da temperatura na vertical (Tabela 3.5.3.2), temperatura do piso (Tabela 3.5.3.3); temperatura radiante assimétrica (Tabela 3.5.3.4);

Tabela 3.5.3.2 – Diferença de temperatura na vertical entre 0,1m e 1,1m.

Categoria	Diferença da temperatura na vertical °C
A	<2
B	<3
C	<4

Tabela 3.5.3.3 – Escala de temperatura do Piso.

Categoria	Escala de temperatura da face do piso
A	19 até 29
B	19 até 29
C	17 até 31

Tabela 3.5.3.4 – Temperatura radiante assimétrica.

Categoria	Temperatura radiante assimétrica °C			
	Teto quente	Parede fria	Teto frio	Parede quente
A	<5	<10	<14	<23
B	<5	<10	<14	<23
C	<7	<13	<18	<35

- Critérios para diferentes tipos de espaço;

Os critérios especificados na Tabela 3.5.3.5 são derivados de certas hipóteses sobre os níveis de atividade e vestimenta de verão e inverno e intensidade de turbulência de 40%. Os critérios são dados conforme as condições do espaço, mas também podem ser aplicados para outros espaços similares.

Tabela 3.5.3.5 – Critérios para diferentes tipos de espaços.

Tipo de construção/ espaço	Atividade W/m²	Categoria	Temperatura Operativa °C		Máxima velocidade média¹ m/s	
			Verão	inverno	Verão	inverno
Escritório particular Escritório de paisagismo Sala de conferência Auditório Restaurante Salas de aula	70	A	24,5 ±1,0	22,0 ±1,0	0,12	0,10
		B	24,5 ±1,5	22,0 ±2,0	0,19	0,16
		C	24,5 ±2,5	22,0 ± 3,0	0,24	0,21 ²
Jardim da infância	81	A	23,5 ±1,0	20,0 ±1,0	0,11	0,10 ²
		B	23,5 ±2,0	22,0 ±2,5	0,18	0,15 ²
		C	23,5 ± 2,5	22,0 ± 3,5	0,23	0,19 ²
Lojas	93	A	23,0 ± 1,0	19,0 ± 1,5	0,16	0,13 ²
		B	23,0 ± 2,0	19,0 ± 3,0	0,20	0,15 ²
		C	23,0 ± 3,0	19,0 ± 4,0	0,23	0,18 ²

¹ Máxima velocidade média é baseada na intensidade de turbulência de 40% e a temperatura operativa de acordo com a Figura A.2, umidade relativa de 60% e 40% para verão e inverno, respectivamente. Para ambos o verão ou inverno a baixa temperatura na escala é usada para determinar a máxima velocidade média.

² abaixo de 20°C.

3.5.4 Avaliação de Conforto Térmico em Longo Prazo para Condições Gerais do Ambiente.

Para comparar as alternativas de projetos dos edifícios e dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado, houve a necessidade de quantificar as condições de conforto térmico por meio de um método de avaliação em longo prazo.

O método considera que o tempo em que o valor de PMV ultrapassa os limites de conforto é medido em função do PPD. Iniciando da distribuição da base de dados anual de PMV e PPD é calculado o seguinte:

$$\text{Fator de ponderação } wf = \frac{PPD_{\text{atualPMV}}}{PPD_{\text{PMV limite}}} \quad \text{Equação 3.5.4.1}$$

Para o período de verão: $\sum wf \times \text{tempo}$ em horas, quando $PMV > PMV_{\text{limite}}$

Para o período de inverno: $\sum wf \times \text{tempo}$ em horas, quando $PMV < PMV_{\text{limite}}$

A simulação do produto “Fator de ponderação x Tempo” é chamada de ponderação do tempo em horas. Esses valores podem ser usados para avaliação das condições de conforto para longos períodos.

3.5.5 Isolamento Térmico das Vestimentas e Cadeiras

A ISO 7730 (2005) adicionou o valor necessário, em temperatura operativa, para manutenção da sensação térmica neutra que corresponde a alteração de peças de roupas, assim como os valores referenciais de isolamento térmico de alguns tipos de cadeiras, conforme a Tabela 3.5.5.1.

Tabela 3.5.5.1 – Valores de isolamento térmico de alguns tipos de cadeiras.

Tipo de cadeira	I_{cl}	
	Clo	m².K/W
Cadeira de metal	0,00	0,00
Cadeira de madeira	0,01	0,002
Cadeira de escritório	0,1	0,016
Cadeira executiva	0,15	0,023

Foram acrescentadas informações sobre a determinação das características de isolamento dinâmico das vestimentas, pois a atividade e a ventilação modificam as características de isolamento das mesmas, daí a necessidade de correção. O fator de correção pode ser estimado usando as Equações 3.5.5.1, 3.5.5.2, 3.5.5.3.

Para vestimenta normal:

$(0,6 < I_{cl} < 1,4clo)$ ou $(1,2 < I_T < 2,0clo)$:

$$I_{T,r} = I_T \cdot Corr, I_T = I_T \cdot e \left[-0,281 \cdot (v_{ar} - 0,15) + 0,44 \cdot (v_{ar} - 0,15)^2 - 0,492 \cdot v_w + 0,176 \cdot v_w^2 \right]$$

Equação 3.5.5.1

onde:

$I_{T,r}$ resultante total do isolamento da vestimenta, (m².K/W ou clo);

I_T total do isolamento da vestimenta, (m².K/W ou clo);

$Corr, I_T$ fator de correção do total do isolamento da vestimenta;

v_{ar} velocidade relativa, (m/s);

v_w velocidade da pessoa andando, (m/s).

Para pessoas sem roupas ($I_{cl}=0$ clo):

$$I_{a,r} = I_a \cdot Corr, I_a = I_a \cdot e \left[-0,533 \cdot (v_{ar} - 0,15) + 0,069 \cdot (v_{ar} - 0,15)^2 - 0,462 \cdot v_w + 0,201 \cdot v_w^2 \right]$$

Equação 3.5.5.2

onde:

$I_{a,r}$ resultante do isolamento proveniente da camada de ar sob circunstâncias normais, (m².K/W ou clo);

I_a isolamento proveniente da camada de ar, (m².K/W ou clo);

$Corr, I_T$ fator de correção para I_a .

Para determinar a resultante dinâmica do isolamento da vestimenta;

$$I_{cl,r} = I_{T,r} - \frac{I_{a,r}}{f_{cl}} \quad \text{Equação 3.5.5.3}$$

Quando o f_{cl} é o fator da área de vestimenta e quando limite máximo do v_{ar} de 3,5 m/s e v_w de 1,2 m/s.

Quando a pessoa esta caminhando rapidamente o valor de v_w pode ser calculado da seguinte maneira:

$$v_w = 0,0052(M-58) \text{ sendo } v_w \leq 0,7 \text{ m/s}$$

Para valores entre $0 \text{ clo} \leq I_{cl} \leq 0,6 \text{ clo}$;

$$\frac{I_{T,r}}{I_T} = \frac{[(0,6 - I_{cl}) \cdot I_{T,r,nude} + I_{cl} \cdot I_{T,r,vestido}]}{0,6} \quad \text{Equação 3.5.5.4}$$

onde;

$I_{T,r,vestido}$ I_T é determinado pela equação do fator de correção com vestimenta;

$I_{T,r,semroupa}$ I_a é determinado pela equação do fator de correção sem roupa.

3.5.6 Adaptação

Conforme a ISO 7730 (2005), devido às questões sobre a aplicação e os desvios causados pelas diferenças étnicas, nacionais ou geográficas, são necessárias maiores observações nas pessoas (comportamento), principalmente quando estiverem em ambiente naturalmente ventilado. Esta preocupação se deve aos resultados obtidos pelo trabalho De Dear e Brager (1998).

Sobre a adaptação a norma acrescentou a informação de que ela ocorre com frequência onde os ambientes são quentes ou frios, pois a alteração da vestimenta, da postura

e a diminuição do ritmo da atividade são formas de adaptação difíceis de mensurar, podendo causar um resultado errôneo de aceitabilidade térmica.

Algumas experiências de campo mostraram que as pessoas, em tais condições, poderiam considerar aceitáveis temperaturas mais altas do que as prevista pelo PMV. Quando estes “desvios” são identificados, a norma recomenda o projeto de ambientes que considerem os valores mais elevados de PMV.

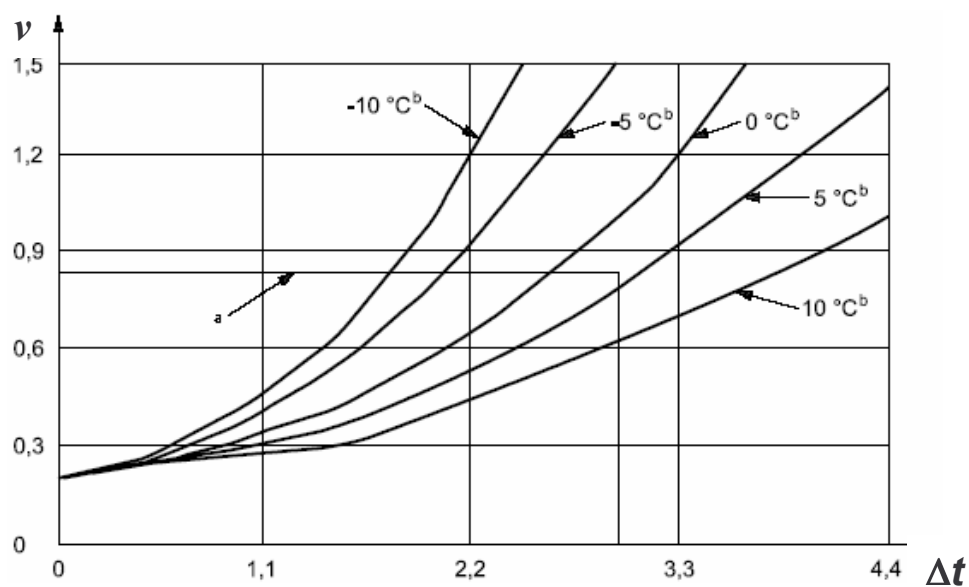
3.5.7 Umidade

Sobre a umidade foi adicionada a informação de que para temperaturas próximas do conforto e taxa de metabolismo moderado (2 met), a influência da umidade é pequena (ISO 7730, 2005) e a sensação de desconforto devido à umidade é maior em temperaturas mais elevadas. Assim, para atividades sedentárias o aumento de 10% da umidade relativa significa uma sensação térmica de 0,3 °C mais alto da temperatura operativa (BERGLUND, 1998).

3.5.8 Velocidade do ar

A ISO 7730 (2005) adicionou a Figura 3.5.8.1, elaborada com base no trabalho de Fountain et al. (1994), mostra a velocidade do ar requerida para a vestimenta e atividade correspondentes para a zona de conforto no verão e as possibilidades de incremento de temperatura. Conforme a ASHRAE 55 (1995) esta ação só pode ocorrer se o usuário puder controlar, tanto a velocidade do ar quanto a direção do fluxo e para não acontecerem situações

de desconforto, os ajustes devem ser gradativos, com variações máximas de até 0,15 m/s em cada passo.



onde:

Δt temperatura a partir dos 26°C;

v média das velocidades, m/s;

a limite de conforto para atividade sedentária;

b $(t_r - t_a)$, °C

Figura 3.5.8.1 – Velocidade do ar requerida para aumento da temperatura. FONTE: ISO 7730 (2005)

4. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos deste trabalho foi utilizada a metodologia apresentada a seguir:

4.1 Delimitação do Campo de Pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida em algumas indústrias de calçado feminino, localizadas na região do Município de Jaú – SP.

O critério para a seleção das empresas foi a verificação do patamar tecnológico da produção do calçado. Dessa maneira, foi possível identificar que os equipamentos utilizados nas empresas selecionadas são similares, assim como as atividades desenvolvidas no processo.

Os objetivos, metodologia e justificativas deste trabalho foram apresentados como estratégia para conseguir as autorizações das respectivas indústrias para desenvolver a pesquisa. Através dos contatos realizados constatou-se que a maioria apresentou a preocupação com o conforto térmico de seus funcionários e outras o interesse em não criar obstáculos para o desenvolvimento de pesquisas.

Dessa forma, foram obtidas autorizações para a realização de coleta de dados em sete indústrias, seis da cidade de Jaú e uma da cidade de Bocaina. Para garantir o sigilo das identidades das indústrias elas serão referidas com as letras A, B, C, D, E, F e G . (Figuras 4.1.1 a 4.1.7).



Figura 4.1.1 – Indústria A



Figura 4.1.2 – Indústria B



Figura 4.1.3 – Indústria C



Figura 4.1.4 – Indústria D



Figura 4.1.5 – Indústria E



Figura 4.1.6 – Indústria F



Figura 4.1.7 – Indústria G

Após a autorização, foram registradas as imagens e as dimensões de forma a caracterizar o local. Por meio da análise das imagens e observação “in loco” foi possível caracterizar o modelo arquitetônico de cada indústria, verificando-se que todos os galpões são de estrutura de concreto armado com fechamento em alvenaria convencional e cobertura metálica, alguns em “*shed*” e outros não. Também foram observados os seguintes sistemas:

- Ventilação natural: movimento controlado e intencional do ar por meio de aberturas, tais como: portas, janelas, lanternim, dutos, ou por dispositivos de ventilação cujo fluxo de ar depende da diferença de pressão e da resistência ao fluxo de ar proporcionado pelas aberturas ou frestas.

- Ventilador de Parede: com diâmetro de grade de 65 centímetros.

- Exaustor Eólico: tipo de exaustor giratório acionado pela força do vento com o propósito de renovar o ar do ambiente. Neste sistema o vento que incide sobre as palhetas do exaustor provoca o giro do aparelho alterando a pressão no seu interior e dessa maneira a massa de ar quente contida no ambiente é escoada para o exterior. Mesmo quando não há vento o equipamento funciona pelo diferencial térmico, causado pela convecção, devido à diferença entre as temperaturas externas e internas.

Resfriamento evaporativo de alta pressão: consiste em mudar o estado psicrométrico do ar para maior umidade e menor temperatura, através do contato do ar com superfície umedecida por água aspergida ou pulverizada, dessa maneira ocorre a vaporização da água pois a pressão de vapor do ar insaturado a ser resfriado é menor que a da água de contato. O resfriamento evaporativo é um processo adiabático, portanto a energia requerida para evaporar a água é suprida pelo ar com conseqüente umedecimento do ar insaturado e redução da temperatura do bulbo seco (BRASIL, 2004).

A Tabela 4.1.1 apresenta os sistemas de ventilação encontrados em cada empresa.

Tabela 4.1.1 – Sistemas de Ventilação e Cobertura em cada empresa

INDUSTRIAS	V.NATURAL.	V. PAREDE.	E. EÓLICA	R.EVAPORATIVO
A	X			
B	X	X		
C		X		
D		X	X	
E			X	X
F		X		
G		X		

4.2 Normas Utilizadas para Obter o Valor de PMV/PPD

Para calcular o índice de PMV/PPD, conforme a norma ISO 7730, são necessários os dados da temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade relativa do ar, assim como o valor estimado do metabolismo e isolamento térmico da vestimenta. Diante disso, foi elaborada a Tabela 4.2.1 para apresentar quais normas foram utilizadas para obter esses dados.

Tabela 4.2.1 – Normas Utilizadas

Normas	Objetivo
ISO 7730 (1994) - Ambientes térmicos moderados: Determinação dos índices do PMV/PPD e especificações das condições de conforto térmico	Obter o valor de PMV/PPD e especificações das condições de conforto térmico
ISO 7726 (1998) - Ergonomia do Ambiente Térmico: Instrumentos de medições para conforto térmico	Recomendações dos instrumentos e métodos para realizar as medições
ISO 8996 (1990) - Ergonomia: Determinação da taxa de metabolismo	Obter valores referenciais das taxas de metabolismo
ISO 9920 (1995) - Ergonomia do Ambiente Térmico: Estimativa do isolamento térmico e resistência térmica das vestimentas	Obter valores referenciais de isolamento térmico das vestimentas

4.3 Equipamentos Utilizados para Mensurar as Variáveis Ambientais

Para isso, é recomendado o uso da norma ISO 7726 (1998) que especifica as características mínimas dos instrumentos e os métodos que, se forem adequadamente utilizados, propiciarão a exatidão desejada no levantamento das variáveis ambientais.

Neste trabalho, foram realizadas as medições das temperaturas do ar e do globo com o registrador de temperatura da marca Testo de modelo 175 – T2 que possui sensor interno e entrada para sensor externo (Figura 4.3.1), com escala de medição entre -35 °C e 70 °C, precisão de $\pm 0,5$ °C.



Figura 4.3.1 – Registrador de temperatura Testo modelo 175 – T2

Para coletar a temperatura de globo foi utilizado um sensor de temperatura da marca Testo, conectado no registrador modelo 175 – 72, inserido no interior de uma esfera oca de cobre com aproximadamente 1 milímetro de espessura e diâmetro de 152,4 milímetros, pintado externamente de preto fosco, garantindo assim a emissividade de 0.95. Nesta esfera existe uma abertura na direção radial, complementada por um duto cilíndrico por volta de 25 milímetros de comprimento e 18 milímetros de diâmetro que tem a função de fixar o sensor por meio de uma rolha com orifício no centro, na direção do seu eixo, para transpor o sensor sem que ocorra fluxo de ar no interior do globo, conforme Figura 4.3.2.

Para obter o valor da temperatura radiante média foi utilizado o *Software* Conforto 2.03 (RUAS, 2002), inserindo o valor da temperatura do ar, velocidade do ar e características do globo utilizado.



Figura 4.3.2 – Sensor de temperatura inserido no globo

Para coletar a umidade foi utilizado o registrador de temperatura e umidade da marca Testo modelo 175 – H1 (Figura 4.3.3), com escala de medição entre 0 % e 100 % de umidade e precisão de ± 3 %.



Figura 4.3.3 – Registrador de temperatura e umidade modelo 175 – H1

Para medir a velocidade do ar foi utilizado o sensor de esfera quente de 3 milímetros da marca Testo modelo 0635 1549, o qual tem escala de medição entre 0 m/s e 10 m/s, conectado no registrador multi-função da marca Testo modelo 445 (Figura 4.3.4).



Figura 4.3.4 – Registrador multi-função Testo e sensor de esfera quente

4.4 Coleta das Variáveis Pessoais

Para obter as variáveis pessoais, foram aplicados os questionários, conforme apresentado no Anexo A, juntamente com as medições das variáveis ambientais. Por meio dos questionários, aplicado pelo pesquisador, foi possível registrar as informações pessoais como idade, sexo, altura, peso, vestimenta e atividades exercidas naquele momento. Contudo, os valores atribuídos para taxa metabólica e isolamento térmico da vestimenta foram estimados por meio das tabelas encontradas nas normas ISO 8996 (1990) e ISO 9920 (1995), respectivamente.

4.4.1 Taxa de Metabolismo

A norma ISO 8996 (1990) apresenta uma tabela com níveis para determinação da taxa de metabolismo (Tabela 4.4.1.1) mostrando as três maneiras para estabelecer os valores das taxas de metabolismo e realçando a porcentagem de exatidão dos resultados.

Tabela 4.4.1.1 – Nível para determinação da taxa de metabolismo.Fonte: ISO 8996 (1990)modificado

Nível	Método	Exatidão
1	A – Classificação de acordo com o tipo de atividade.	Grande probabilidade de erro.
	B – Classificação de acordo com a ocupação.	
2	A – Uso de Tabelas para avaliação do grupo.	Alto risco de erro, sendo que a exatidão está por volta de $\pm 15 \%$.
	B – Uso de Tabelas para estimar as atividades específicas.	
	C – Uso da frequência cardíaca sob condições definidas.	
3	Medições	Pouco risco de erro, sendo que a exatidão está por volta de $\pm 5 \%$.

.Nesta pesquisa foram utilizadas as tabelas com valores da taxa metabólica basal, componente devida à postura corporal, componente devida ao tipo de tarefa, componente devida à movimentação corporal relacionada à velocidade de trabalho para estimar as atividades específicas.

Para isso, foram realizadas filmagens e a observação do ciclo de trabalho durante o período mínimo de uma hora, conforme recomendações da ISO 8996 (1990) e informações da Norma de Higiene Ocupacional (NHO 06) da Fundacentro (2002). Dessa forma, foi possível encontrar 6 atividades comuns a essas indústrias:

- Cortador (manual ou mecânico);
- Preparador;
- Pespontador;
- Auxiliar de Montagem;
- Montador;
- Embalador.

Cada atividade foi analisada individualmente, a partir da decomposição dos movimentos para sua execução. Numa tentativa de redução de erros na estimativa dos resultados foi realizada uma comparação entre as atividades desenvolvidas no processo de fabricação de calçados com os valores da taxa de metabolismo considerados no trabalho da Gouvêa (2004) conforme Tabela 4.4.1.2 Neste trabalho a unidade utilizada para a taxa de metabolismo é o met; conforme a ISO 8996, um met corresponde a 58,2 W/m².

Tabela 4.4.1.2 – Determinação do metabolismo para diversas atividades

Atividades	Basal + Postura do Corpo + Tipo de Tarefa	Resultado	Gouvêa (2004)
Cortador (Manual ou mecânico)	Em pé/Trab. mod. com 1 braço	120 W/m ² ou ± 2 met	1,75 met
Preparador	Sentado/Trab. leve com 1 braço	82 W/m ² ou $\pm 1,4$ met	
Pespontador	Sentado/Trab. leve com 2 braços	109 W/m ² ou $\pm 1,8$ met	1,4 met
Aux. Montador	Em pé/Trab. leve com 1 mão	84 W/m ² ou $\pm 1,4$ met	
Montador	Sentado/Trab. leve com 2 braços	119 W/m ² ou ± 2 met	
Embalador	Em pé/Trab. leve com 1 mão	84 W/m ² ou $\pm 1,4$ met	1,4 met

As diferenças verificadas no valor da taxa de metabolismo entre as atividades desenvolvidas no processo de fabricação do calçado e no processo de confecção são devidas à diferença do material, pois o couro natural ou sintético apresenta uma trababilidade distinta do tecido, causando assim um aumento na taxa de metabolismo.

Entre as atividades encontradas no processo de fabricação dos calçados é possível perceber que a de preparador tem a maior porcentagem, seguido de auxiliar de montagem, cortador, pespontador, montador, e embalador, com a menor porcentagem, como mostrado na Figura 4.4.1.1.

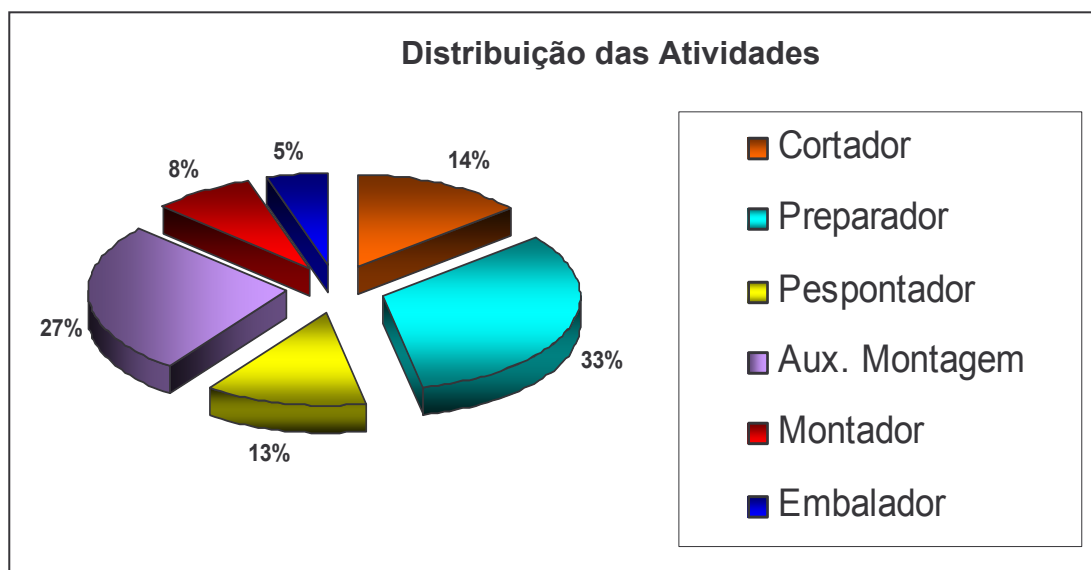


Figura 4.4.1.1. – Distribuição das Atividades encontradas no processo de fabricação do calçado.

Ao agrupar as taxas metabólicas de mesmo valor observa-se que a maioria da população estudada exercia uma atividade com taxa metabólica de 1,4 met (93,2 W/m²). Foram encontrados 72% de pessoas que desenvolveram atividades leves e 28 % de pessoas em atividades moderadas, conforme Figura 4.4.1.2.

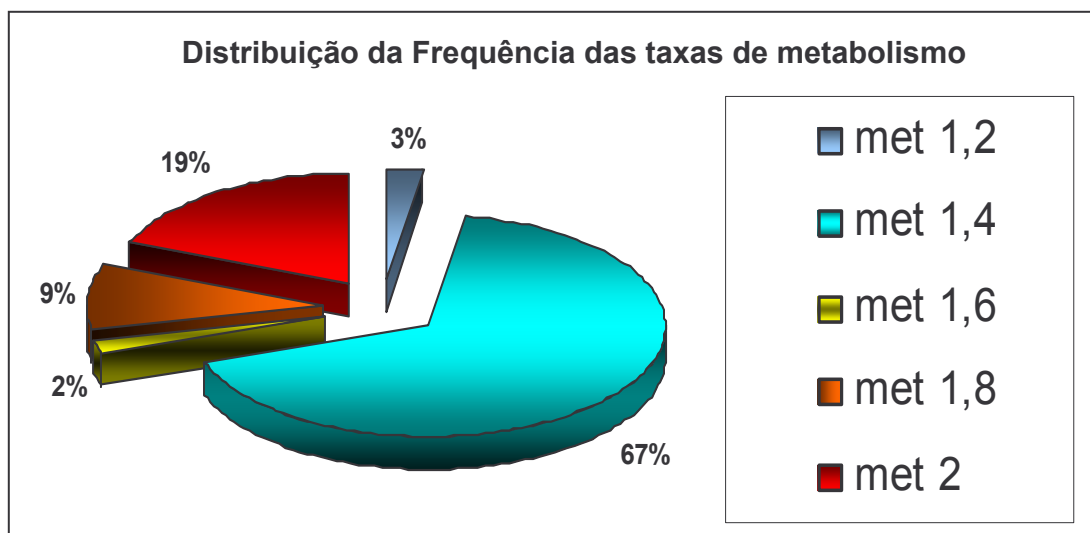


Figura 4.4.1.2 – Caracterização das taxas metabólicas encontradas nas avaliações

Valores de 1,2 met como taxa de metabolismo foram encontrados, pois no momento da coleta, algumas pessoas desenvolviam atividades leves devido a pouca produção.

4.4.2 Isolamento Térmico das Vestimentas e Cadeiras

A ISO 7730 (2005) apresenta uma tabela com valores do isolamento das vestimentas. Contudo, ela recomenda o uso da norma ISO 9920 (1995). Os valores de referência encontrados na ISO (9920) foram obtidos através de trabalhos desenvolvidos com manequins térmicos com vestimenta produzida em países da Europa e nos Estados Unidos.

Conforme Ruas (2002), no Brasil não existe uma padronização dos valores da resistência térmica das vestimentas. Portanto, neste trabalho os valores estimados foram obtidos pelo somatório dos isolamentos das peças que as compõem, por meio das tabelas encontradas na ISO 9920 (1995).

Também foi considerada e anotada no questionário, quando necessário, a influência da resistência térmica oriunda das cadeiras. Na coleta dos dados foram observados dois tipos de cadeiras, a de madeira que conforme a norma ISO 7730 (2005) tem isolamento térmico de 0,01 clo e a de escritório com 0,1 clo.

4.5 *Software* Conforto 2.03

Devido à complexidade da equação de conforto e difícil manipulação para obter os valores do PMV foi utilizado o *Software* Conforto 2.03 (RUAS, 2002). Esse *software* foi desenvolvido com base nas normas ISO 7730 (1994), ISO 8996 (1990), ISO 9920 (1995), ISO 7726 (1998) e ASHRAE 41.6 (1994). Seu objetivo é possibilitar a avaliação do conforto térmico nos ambientes edificados a partir das principais variáveis intervenientes na sensação térmica das pessoas (taxa de metabolismo, isolamento térmico da roupa, temperatura radiante média, temperatura, umidade relativa e velocidade relativa do ar). Também é possível realizar simulações de interferências nos ambientes e colabora no processo de tomada de decisão para melhoria da sensação térmica, principalmente nos locais de trabalho (RUAS, 2002).

Apresenta-se a seguir um esquema das variáveis de entrada e dos cálculos realizados pelo *Software* Conforto 2.03 (Figura 4.5.1).

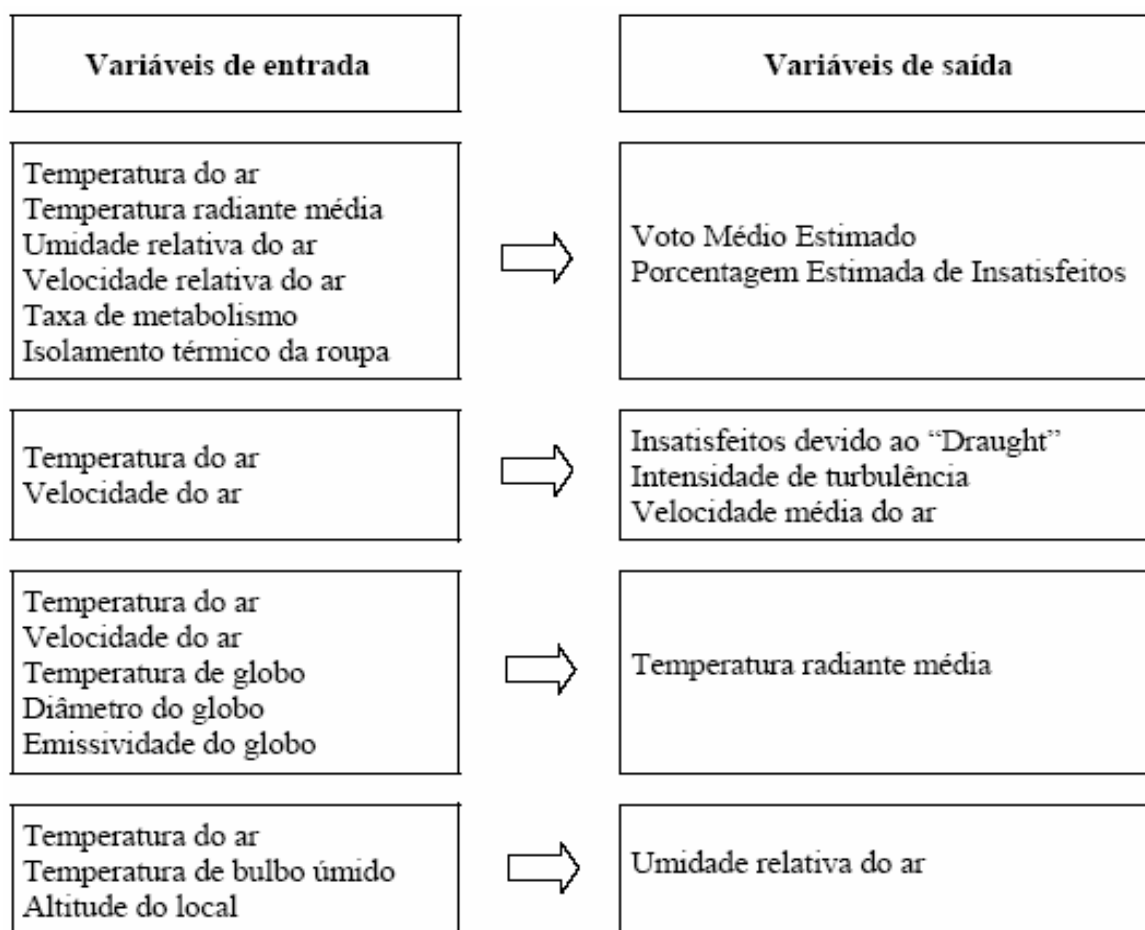


Figura 4.5.1 – Esquema das variáveis de entrada para os cálculos realizados pelo software Conforto 2.03. FONTE: GOUVÊA (2004)

4.6 Coleta dos Dados de Campo

Os dados foram obtidos por meio de medições realizadas nos períodos de 11 a 18 de janeiro de 2007, de 17 de julho a 02 de agosto de 2007 e 15 a 25 de janeiro de 2008.

Após quantificar as dimensões dos edifícios, foi possível elaborar croquis das indústrias e caracterizar os edifícios para planejar as escolhas dos pontos de medição de acordo com as condições específicas de cada ambiente (ANEXO B).

Como a finalidade da escolha dos pontos é encontrar uma determinada condição térmica média do grupo avaliado, foi realizado um levantamento da situação de conforto em um determinado ambiente, dividindo as áreas ocupadas pelos funcionários, em quadrados iguais. Dessa forma, as variáveis foram medidas no centro desses quadrados. A exceção é para umidade relativa, que pode ser medida em qualquer ponto da área ocupada (RUAS, 2002 e FANGER, 1970).

Conforme recomendações da ISO 7726 (1998), para medições das variáveis ambientais, as alturas dos equipamentos para as pessoas sentadas são: 0,1 m, 0,6 m e 1,1 m do piso e para pessoas em pé: 0,1m, 1,1m e 1,7m. Contudo, devido ao grande número de pontos e reduzido número de equipamentos foram utilizados na altura de 1,1 m do piso para grupo de pessoas sentadas e 1,7 m do piso para grupos de pessoas em pé.

No dia 11 de dezembro de 2006, foram realizados pré-testes das medições em todos os processos da fabricação de calçado, para verificar a existência de heterogeneidade das temperaturas do ar e radiante média e velocidade do ar (Figura 4.6.1).



Figura 4.6.1 – Verificação de heterogeneidade das temperaturas e velocidade do ar

Dessa forma, foi possível identificar a heterogeneidade da temperatura do ar e temperatura radiante média, próximo a um equipamento encontrado no processo de montagem. Conforme a norma ISO 7726 (1998) a heterogeneidade é caracterizada quando a diferença dos valores ultrapassa os seguintes intervalos:

- a. Temperatura do ar: $\pm 1,5$ °C;
- b. Temperatura radiante média: ± 4 °C;
- c. Velocidade média do ar: $\pm 0,01$ m/s.

Os valores considerados para o cálculo de PMV foram as médias aritméticas dos pontos onde se verificou heterogeneidade das temperaturas.

A aplicação dos questionários somente foi iniciada após o período de 1 hora de permanência das pessoas em suas atividades e estabilização dos equipamentos. O horário de trabalho da maioria dos funcionários pesquisados era das 7:00 às 11:00 e das 12:40 às 17:00. Antes da aplicação dos questionários foi realizada a identificação do pesquisador e explicados os objetivos da pesquisa, assim como os procedimentos a serem adotados. Cada funcionário foi entrevistado por volta de quatro vezes no decorrer do seu dia de trabalho.

A velocidade média do ar foi obtida por volta de 10 minutos antes da aplicação do questionário realizando medições a cada 15 segundos durante 3,5 minutos em todos os pontos selecionados para medição.

Os dados da temperatura radiante média e os índices do PMV e PPD foram calculados por meio do *software* Conforto versão 2.03. Exemplos das planilhas geradas pelo *software* são encontrados no ANEXO C.

4.7 Métodos de Análise dos Dados

Por meio dos resultados dos conjuntos de variáveis ambientais e pessoais foram realizadas as seguintes análises:

- Caracterização da população estudada e das variáveis ambientais e pessoais através da média, desvio padrão, valores máximos e mínimos;
- Análises de Regressão Linear Simples;

O modelo de Regressão Linear Simples expressa a estrutura de correlação linear existente entre duas variáveis: a variável de interesse, chamada variável resposta, e a variável explicativa, chamada preditora. Dessa forma, o modelo é dado pela Equação 4.7.1:

$$Y = \alpha + X\beta + \varepsilon \quad \text{Equação 4.7.1}$$

Y – Variável resposta;
 X – Variável preditora;
 α – Intercepto;
 β – Coeficiente angular;
 ε – Erro (resíduo).

Foram realizadas regressões simples entre diversas variáveis; serão aqui apresentados alguns resultados:

A regressão simples entre o PMV e a Sensação Térmica de todos os dados coletados obteve 19,4% de correlação; com os dados coletados no verão chegou-se a 45,5 % de correlação e para os dados coletados no inverno, 4,4 % de correlação.

Devido à discrepância entre os resultados foi realizada uma investigação para entender as prováveis fontes de desvios nos resultados da correlação. Para isso, foram realizadas algumas simulações, tais como:

- O tipo de questionário utilizado para coletar a sensação térmica das pessoas;

O primeiro questionário apresenta uma tolerância de $\pm 0,5$ PMV entre os votos coletados e os resultados dos PMV calculados, isto é, enquanto a aplicação dos questionários referentes à sensação e preferência térmica resulta em valores unitários, o cálculo do PMV apresenta resultados que variam continuamente entre -3 e +3, com precisão decimal, como segue:

$$\text{Voto -3} = -3 \leq \text{PMV} < -2,5$$

$$\text{Voto -2} = -2,5 \leq \text{PMV} < -1,5$$

$$\text{Voto -1} = -1,5 \leq \text{PMV} < -0,5$$

$$\text{Voto 0} = -0,5 \leq \text{PMV} \leq 0,5$$

$$\text{Voto 1} = 0,5 < \text{PMV} \leq 1,5$$

$$\text{Voto 2} = 1,5 < \text{PMV} \leq 2,5$$

$$\text{Voto 3} = 2,5 < \text{PMV} \leq 3$$

Em face disso, foi alterado o segundo questionário para diminuir a tolerância de comparação para 0,1 PMV, conforme apresentado no trabalho de Humphreys e Hancock (2007). O segundo questionário é apresentado no Anexo D. Dessa maneira foi possível observar um desvio de 12% entre os resultados de correlação.

- A interpretação das atividades desenvolvidas no processo de fabricação;

A preocupação com a interpretação das atividades é o assunto da pesquisa desenvolvida pelo Kähkönen et. al. (1992 apud RUAS e LABAKI, 1999) cuja experiência mostrou que, para o mesmo ciclo de trabalho e com dois tipos de observador, foram obtidas diferenças de até 1,4 met nas interpretações das atividades. Os autores mostraram também que tais escolhas podem influenciar nos resultados dos cálculos de PMV.

Tabela 4.7.1 – Comparativo das estimativas de taxa de metabolismo e o PMV obtido na pesquisa de Kähkönen et al. (1992). FONTE: RUAS e LABAKI (1999).

Ramo de Atividade	Observador	Taxa Metabólica (W/m²)			PMV
		Média	Intervalos	Diferenças	Intervalos
Oficina Mecânica	Inexperiente	192	170 – 230	60	1,02 – 2,03
	Experiente	165	147 – 185	38	0,63 – 1,27
Construção Civil	Inexperiente	240	200 – 260	60	1,39 – 2,44
	Experiente	230	211 – 292	81	1,58 – 3,00
Comércio	Inexperiente	145	120 – 170	50	0,19 – 1,04
	Experiente	135	100 - 175	75	-0,23 – 1,13

Em face disso, foi realizada uma simulação com os valores das taxas de metabolismo para obter a melhor relação nos resultados, a qual mostrou diferenças de 4 a 8%.

➤ O controle das respostas das sensações térmicas da população pesquisada;

Nos experimentos que serviram de base para o método PMV os indivíduos estavam à disposição da pesquisa, que foi realizada em ambientes controlados, enquanto a presente pesquisa foi realizada em ambientes não controlados e com os indivíduos desenvolvendo suas atividades na produção do calçado.

Durante a coleta dos dados foi realçado que as informações sobre a sensação térmica seriam utilizadas somente para análise de uma metodologia de avaliação de conforto térmico. Contudo, no decorrer da aplicação dos questionários, alguns funcionários relataram que seus votos foram escolhidos por interesses diferentes do solicitado pelo pesquisador, como por exemplo:

- Foi relatado, por alguns funcionários, que no momento da coleta de dados estavam com calor, contudo acharam melhor não votar no desconforto devido à preocupação em não manifestar insatisfação, para não correrem risco de perder o emprego.

- Outros relataram que estavam com calor, contudo seu interesse em votar na sensação de calor foi aumentado acreditando que tal informação seria repassada para a administração e dessa forma seria instalado algum sistema de climatização.

- Foi percebido que algumas pessoas não assimilaram corretamente as informações sobre a sensação e preferência térmica e dessa forma votaram na sensação de calor e preferência do calor e outras pessoas votaram na sensação de frio e preferência do frio.

Em face disso, foi realizada uma filtragem dos votos. Foram excluídos os votos que não corresponderam aos seguintes parâmetros:

- Sensação de pouco calor ou pouco frio com a preferência de sem alteração;
- Sensação de frio ou muito frio com preferência de pouco calor, calor e muito calor;
- Sensação de calor ou muito calor com preferência de pouco frio, frio ou muito frio.

Por meio dessa comparação, foi possível perceber que a primeira regressão simples realizada com todos os dados obteve um resultado de 19,4% de correlação, contudo após seleção dos dados foi possível obter 27% de correlação.

- Determinação da temperatura de neutralidade e a correspondente porcentagem de insatisfeito.

Para a análise da temperatura de neutralidade e a correspondente porcentagem de insatisfeitos foi utilizado o modelo Probit. Esta análise é um modelo de regressão não-linear utilizado para identificar as probabilidades de um fato ocorrer em variáveis binárias. Estas análises de probabilidades são do tipo sim ou não, falha ou sucesso em comparação as outras variáveis envolvidas e variam entre 0 e 1. As variáveis são definidas como explicativas (independentes) e respostas (dependentes). A variável dependente é a sensação térmica obtida

nos questionários, e a variável explicativa ou independente, é a temperatura operativa. O modelo Probit analisa variáveis de interesse, a partir de variáveis preditas que servem para explicar ou dar significância estatística á probabilidade destas respostas.

O modelo de análise Probit é representado pela Equação 4.7.1:

$$\pi(X) = \phi(\alpha + \beta X) \quad \text{Equação 4.7.1}$$

onde:

$\pi(X)$ = probabilidade acumulada da variável resposta;

X = variável explicativa;

ϕ = função que transforma a distribuição dos dados na curva Normal acumulada;

α = intercepto; ponto onde os dados tocam no eixo Y;

β = coeficiente angular.

Para obter o valor da função ϕ usa-se a seguinte Equação 4.7.2:

$$\phi(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} \cdot e^{\left\{ \frac{-(X - \mu)^2}{2\delta^2} \right\}} \quad \text{Equação 4.7.2}$$

onde:

X variável independente;

π constante numérica = 3,14;

δ desvio padrão;

e exponencial da base neperiana.

μ média da distribuição da amostra;

δ^2 variância da amostra.

Como a análise Probit é um modelo de regressão não-linear, a reta da distribuição dos dados estimada se transforma numa curva por meio da função ϕ . Assim, o modelo calcula a média e o desvio padrão dos dados da amostra para construção de uma curva normal, integra e constrói as curvas de insatisfeitos devido ao calor ou ao frio (GOMES, 2006). Dessa forma, torna-se possível comparar a temperatura de neutralidade obtida a partir dos dados de campo com a calculada por meio da norma ISO 7730 (2005).

5. RESULTADOS

5.1 Caracterização das Variáveis Ambientais e Pessoais

A apresentação dos valores médios, máximos, mínimos e desvios padrões das variáveis ambientais e pessoais caracteriza o ambiente e a população pesquisada (Tabela 5.1.1). Por meio desses dados são obtidos os parâmetros do conforto térmico dos 949 votos de sensações coletadas.

Tabela 5.1.1 – Caracterização das variáveis ambientais e pessoais

Empresa		A	B	C	D	E	F	G	Todas
Tamanho da Amostra		254	190	140	131	118	44	72	949
Vestimenta (clo)	média	0,68	0,83	0,72	0,83	0,94	0,62	0,54	0,76
	desvio padrão	0,38	0,34	0,28	0,36	0,39	0,20	0,16	0,35
	mínimo	0,21	0,25	0,33	0,30	0,49	0,50	0,30	0,21
	máximo	1,57	0,1,82	1,67	1,80	1,89	1,40	1,10	1,89
Taxa de Metabolismo (met)	média	1,64	1,46	1,61	1,64	1,51	1,50	1,40	1,56
	desvio padrão	0,27	0,16	0,27	0,28	0,25	0,18	0,00	0,25
	mínimo	1,40	1,20	1,20	1,40	1,20	1,40	1,40	1,20
	máximo	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,80	1,40	2,00
Temperatura do ar (°C)	média	24,09	22,18	22,95	19,82	21,33	23,57	25,26	22,67
	desvio padrão	4,81	4,09	3,35	3,64	2,58	3,46	3,25	4,20
	mínimo	15,90	14,70	18,00	13,70	17,60	17,90	19,30	13,70
	máximo	35,40	31,70	31,50	27,90	27,50	27,00	28,40	35,40
Temperatura Radiante Média (°C)	média	24,54	22,69	23,16	20,97	21,38	24,13	25,41	23,13
	desvio padrão	5,27	4,23	3,38	3,38	2,44	3,66	2,78	4,26
	mínimo	16,10	15,10	18,00	14,70	18,20	18,10	20,70	14,70
	máximo	37,60	31,70	33,20	28,20	27,60	29,90	29,30	37,60
Velocidade do Ar (m/s)	média	0,21	0,22	0,21	0,23	0,15	0,16	0,34	0,22
	desvio padrão	0,08	0,16	0,23	0,16	0,04	0,08	0,14	0,15
	mínimo	0,07	0,07	0,09	0,10	0,08	0,09	0,10	0,07
	máximo	0,40	1,00	0,90	0,77	0,28	0,50	1,00	1,00
Umidade (%)	média	72,34	70,44	55,82	56,54	54,20	51,95	50,50	62,48
	desvio padrão	13,83	16,56	8,19	10,63	5,25	9,71	11,57	14,95
	mínimo	44,40	43,70	44,00	43,50	44,00	35,00	38,00	35,00
	máximo	96,00	96,00	76,30	90,00	76,00	67,00	70,00	96,00
Temperatura Operativa (°C)	média	24,12	22,32	23,05	20,32	21,29	23,89	25,34	22,81
	desvio padrão	4,74	3,97	3,35	3,47	2,37	3,51	3,02	4,07
	mínimo	16,00	15,00	18,00	14,20	17,90	18,00	19,90	14,20
	máximo	36,28	31,70	32,10	27,82	27,50	28,45	28,34	36,28

Em relação às variáveis ambientais, a temperatura média do ar coletada nos dias de medições foi de 22,67 °C (desvio padrão = 4,20), a temperatura mínima do ar foi de 13,7 °C e a máxima 35,4 °C. A umidade relativa média foi de 62,4 % (desvio padrão = 14,95), a velocidade do ar obteve média de 0,22 m/s (desvio padrão = 0,15 m/s), e a temperatura radiante média de 23,13 °C (desvio padrão = 4,26).

Para as variáveis pessoais a média da taxa de metabolismo foi de 1,56 met (desvio padrão = 0,25) e a média do isolamento térmico das vestimentas foi de 0,76 clo (desvio padrão 0,35). A Figura 5.1.1 apresenta a distribuição dos isolamentos térmicos das vestimentas.

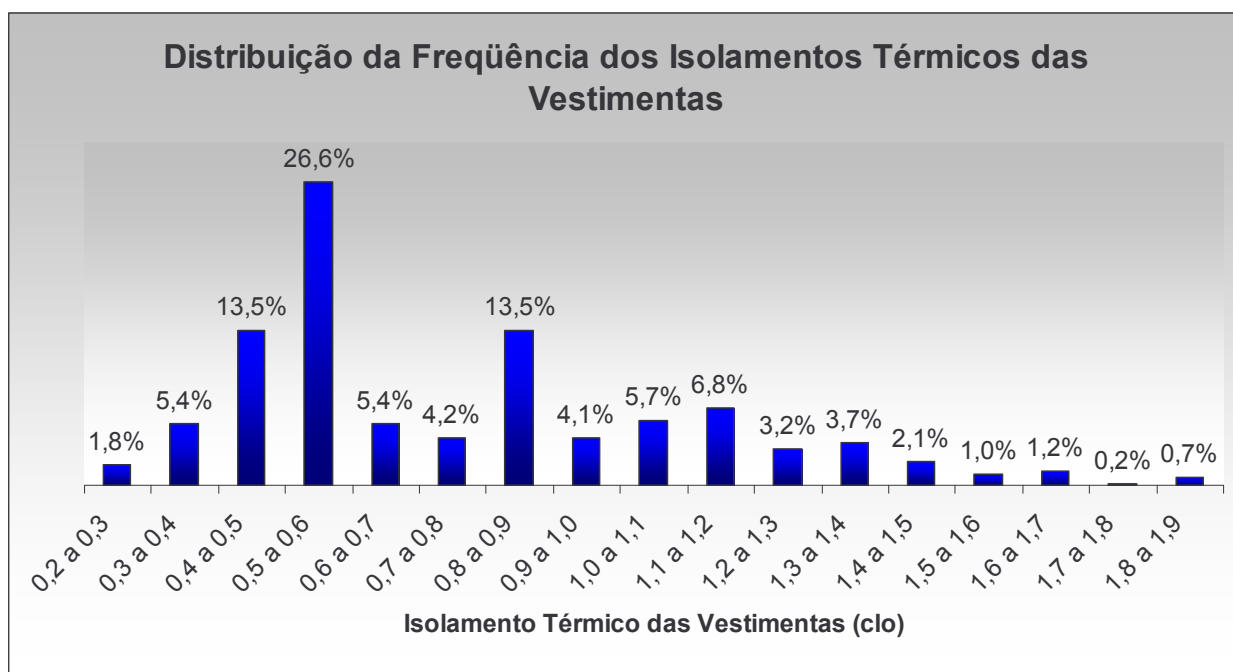


Figura 5.1.1 – Caracterização do isolamento térmico da vestimenta utilizada pela população avaliada

Nota-se que o isolamento térmico entre 0,5 e 0,6 clo foi o de maior frequência.

A Figura 5.1.2 apresenta a distribuição da temperatura operativa em função da porcentagem das observações.

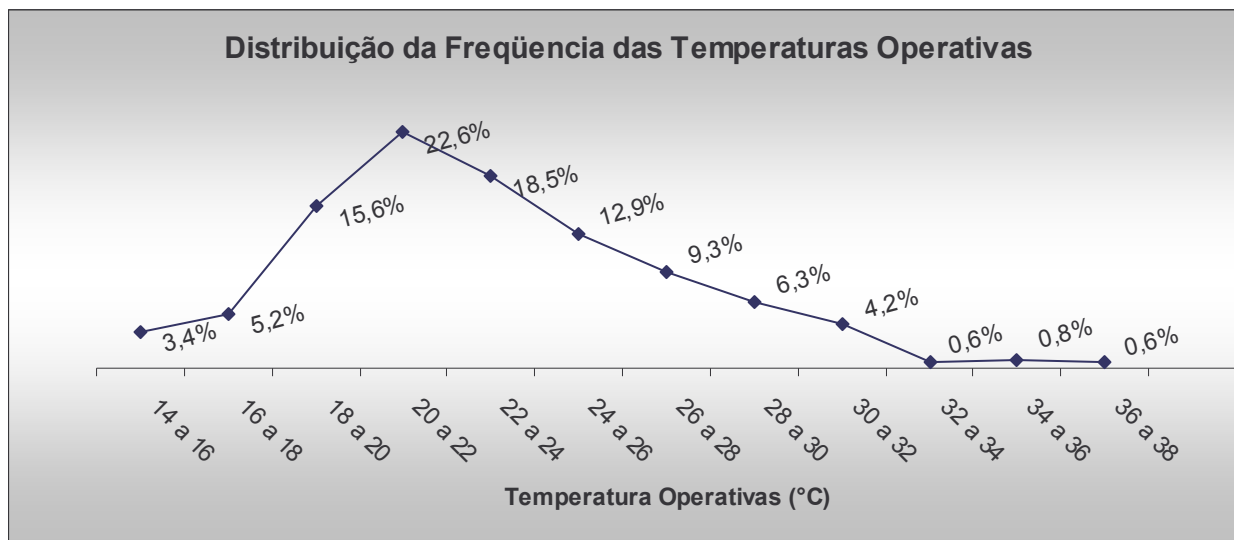


Figura 5.1.2 – Temperatura Operativa em termos de porcentagem de observações

5.2 Dados Antropométricos e Individuais da População Avaliada

Conforme os dados coletados, a idade média obtida foi de 29,2 anos (desvio padrão = 8,84), estatura média 1,68 m (desvio padrão = 0,09) e massa corporal média de 68,4 Kg (desvio padrão = 14,8) como mostra a Tabela 5.2.1.

Tabela 5.2.1 – Caracterização da população pesquisada

Empresa		A	B	C	D	E	F	G	Todas
Tamanho da Amostra		254	190	140	131	118	44	72	949
Idade (anos)	média	32,53	29,94	28,83	28,93	24,96	30,41	23,46	29,24
	desvio padrão	7,85	10,99	8,27	7,1	7,14	8,34	5,13	8,84
	mínimo	18,00	16,00	17,00	16,00	16,00	17,00	16,00	16,00
	máximo	52,00	54,00	56,00	45,00	46,00	48,00	34,00	56,00
Altura (m)	média	1,70	1,65	1,68	1,71	1,66	1,65	1,69	1,68
	desvio padrão	0,09	0,09	0,07	0,09	0,08	0,07	0,08	0,09
	mínimo	1,45	1,49	1,52	1,52	1,54	1,52	1,55	1,45
	máximo	1,90	2,00	1,88	1,95	1,81	1,76	1,85	2,00
Peso (°C)	média	74,60	59,86	67,96	73,43	64,07	70,82	65,86	68,40
	desvio padrão	15,71	10,44	12,43	12,42	15,45	16,63	13,97	14,81
	mínimo	42,00	42,00	47,00	50,00	43,00	45,00	44,00	42,00
	máximo	120,0	96,00	107,0	99,00	108,0	110,0	95,00	120,00

Para a variável sexo, observa-se pela Figura 5.2.1 que 52,6% da população avaliada é do sexo feminino e 47,4% do sexo masculino.

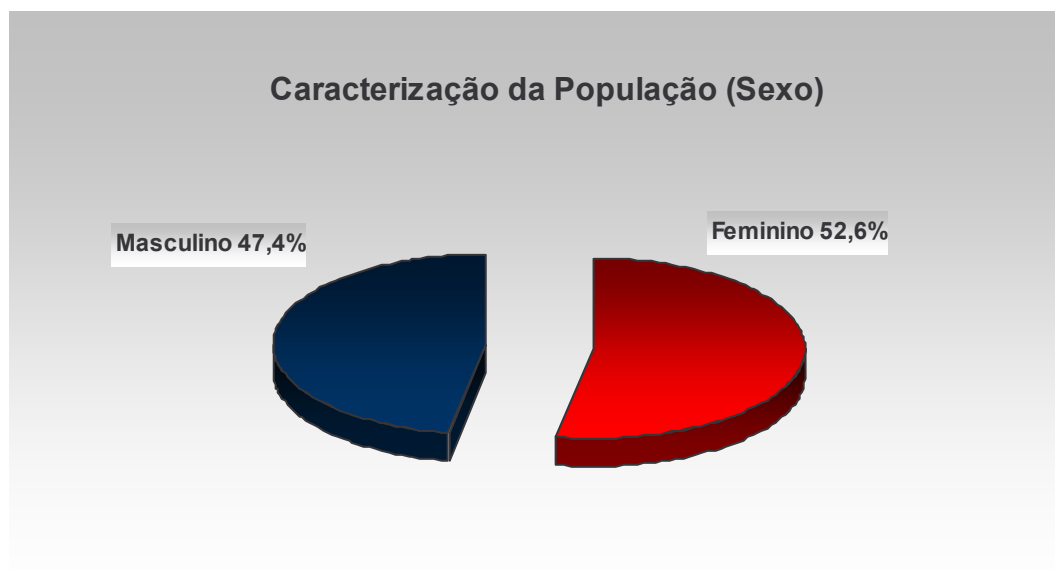


Figura 5.2.1 – Caracterização da população avaliada em relação ao sexo

5.3 Análise de Regressão Simples

5.3.1 Correlação entre os PMV e os Votos de Sensação Térmica

Na presente análise foi ajustado o modelo de PMV x Sensação Térmica, cujo objetivo é verificar a correlação existente entre os valores calculados conforme método do *Predicted Mean Vote* (variável resposta) e os votos das sensações térmicas (variável preditora). Vale ressaltar de antemão que o modelo não satisfaz as suposições de normalidade dos resíduos, bem como igualdade de variâncias e independência, portanto os resultados que serão apresentados a seguir são apenas de nível exploratório, ficando assim restrito à amostra

estudada. Foram realizadas diversas regressões simples, contudo serão apresentadas as seguintes:

- Regressão simples do PMV e Sensação Térmica de todos os dados coletados.

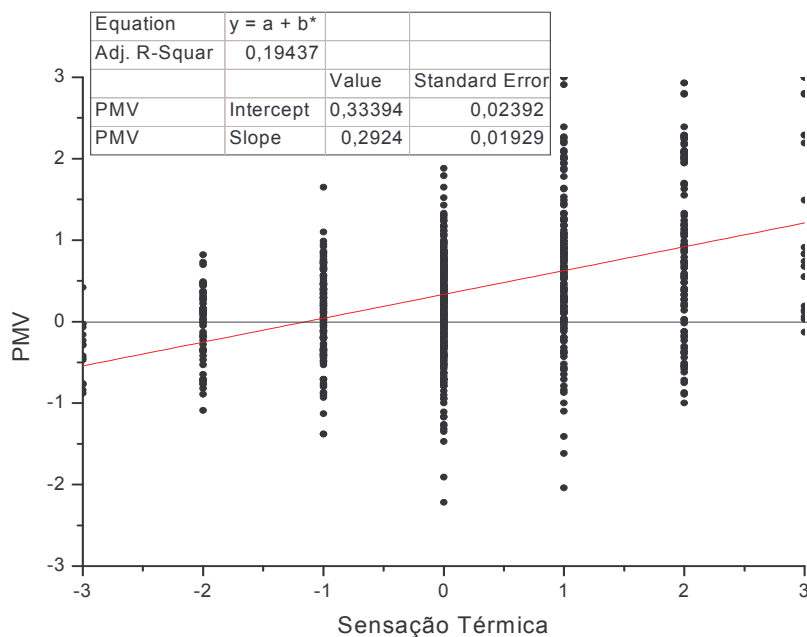


Figura 5.3.1.1 – Regressão simples – PMV x Sensação Térmica de todos os dados.

Observa-se que 19,4% dos Votos de Sensação Térmica obtidos por meio do questionário se correlacionam com os resultados dos cálculos de PMV para as mesmas condições ambientais.

- Regressão simples do PMV e Sensação Térmica dos conjuntos de dados coletados no verão.

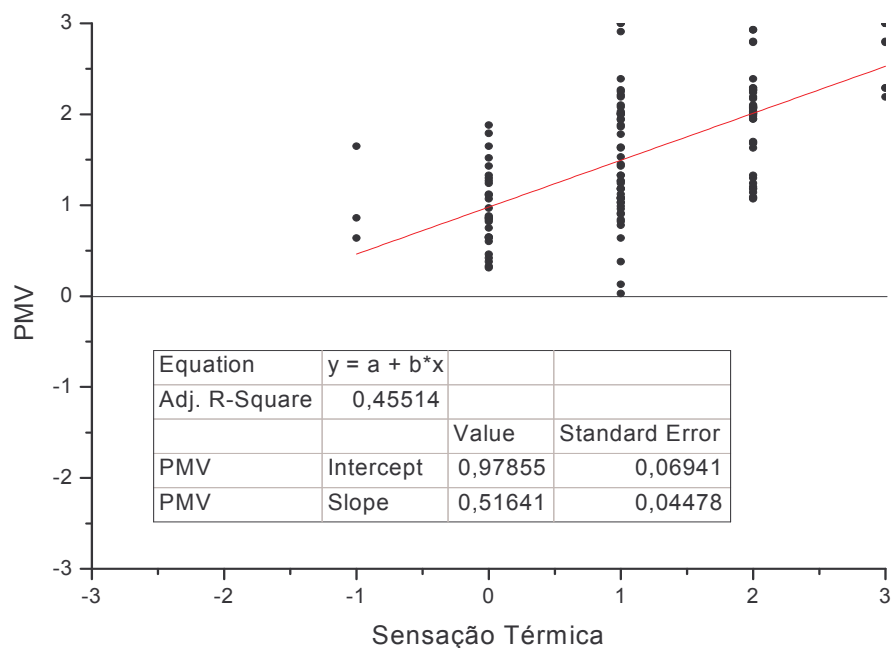


Figura 5.3.1.2 – Regressão simples – PMV x Sensação Térmica dos dados de verão.

A Figura 5.3.1.2 mostra que 45,5 % dos votos obtidos se correlacionam com o cálculo de PMV para as mesmas condições ambientais de verão.

- Regressão simples do PMV e Sensação Térmica dos conjuntos de dados coletados no inverno.

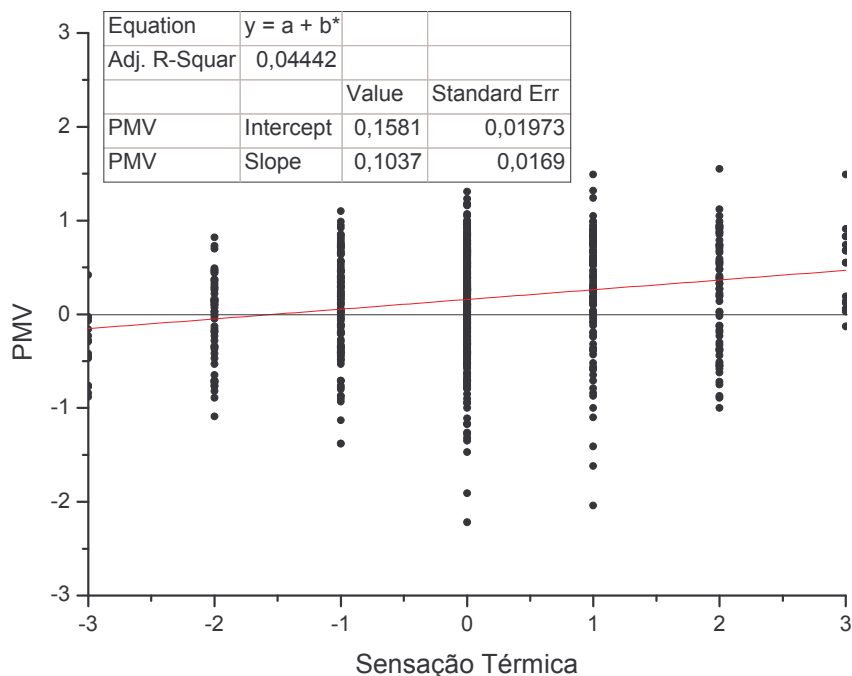


Figura 5.3.1.3 – Regressão simples – PMV x Sensação Térmica dos dados de inverno.

A Figura 5.3.1.3 mostra que 4,4 % dos votos obtidos se correlacionam com o cálculo de PMV para as mesmas condições ambientais de inverno.

Os resultados, obtidos por meio da regressão simples, apresentaram uma considerável diferença entre os dados de verão e inverno. Contudo, a metodologia utilizada foi a mesma nas coletas de dados. Os resultados da regressão simples para os dados coletados no período de inverno, apresentam uma concordância com os resultados obtidos pela pesquisa de Barbosa (2004) que coletou os dados no período de inverno. Assim como os resultados obtidos no verão apresentam concordância com os resultados obtidos na pesquisa de Gouvêa (2004) que foram coletados no verão.

5.3.2 Prováveis fontes de desvios nos resultados da correlação

Para obter uma correlação perfeita a reta estimada deveria passar pela origem com um ângulo de 45°, porém isso não ocorreu. A não ocorrência dessa correlação pode ser atribuída a diversos fatores, como por exemplo:

1) A tolerância de $\pm 0,5$ PMV entre os votos coletados e os resultados dos PMV calculados, isto é, enquanto a aplicação dos questionários referentes a sensação e preferência térmica resultam em valores unitários, o cálculo do PMV apresentam resultados que variam continuamente entre -3 a +3 com precisão decimal.

Em face disso, foi alterado o questionário para diminuir a tolerância de comparação para 0,1 PMV, conforme questionário apresentado no trabalho de Humphreys e Hancock (2007). O segundo questionário segue no Anexo D.

Por meio de um conjunto de 72 dados coletados no verão foi possível realizar uma comparação entre os resultados do PMV e os Votos obtidos com o primeiro e o segundo tipo de questionário.

- Regressão simples do PMV e Sensação Térmica considerando o primeiro questionário.

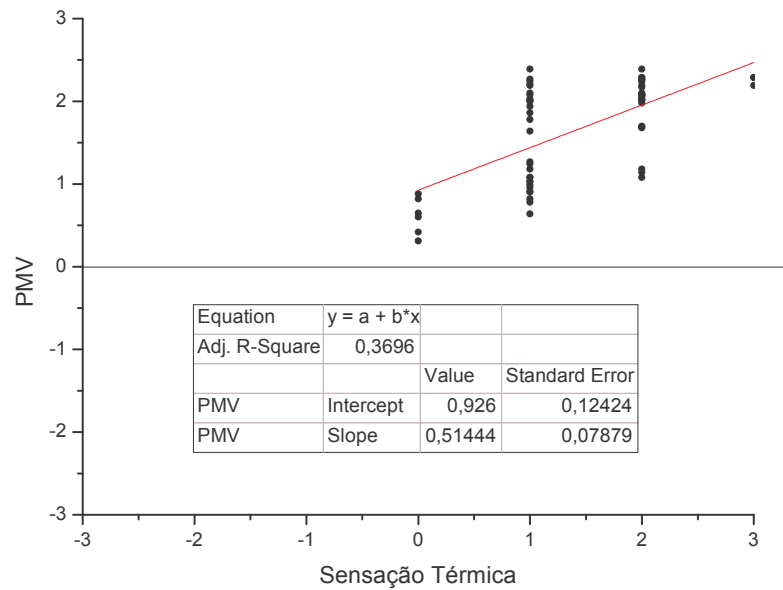


Figura 5.3.2.1 – Regressão simples – PMV x Sensação Térmica, primeiro questionário.

A Figura 5.3.2.1 apresentou uma correlação de 36,6 % entre os resultados do PMV e os Votos de sensação térmica obtida com o primeiro tipo de questionário.

- Regressão simples do PMV e Sensação Térmica considerando o segundo tipo de questionário.

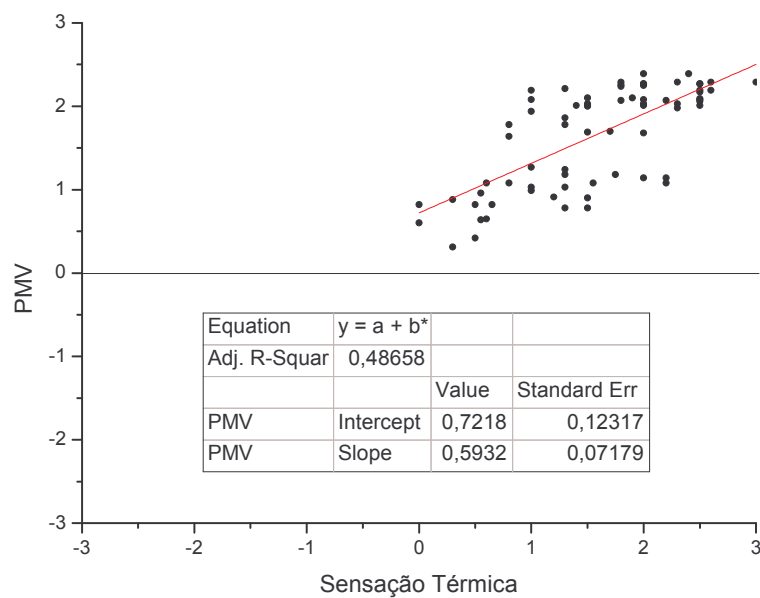


Figura 5.3.2.2 – Regressão simples – PMV x Sensação Térmica, segundo tipo de questionário.

A Figura 5.3.2.2 apresentou uma correlação de 48,6 % entre os resultados do PMV e os Votos de sensação térmica obtida com o primeiro tipo de questionário

Por meio da aplicação de questionário com diferentes escalas foi possível observar um desvio de 12% entre os resultados. Portanto, o tipo de questionário da coleta de dados apresenta uma fonte de desvios nos resultados da correlação.

2) Outra fonte de desvios nos resultados da correlação entre o PMV e o voto de sensação térmica é na interpretação das atividades desenvolvidas pelas pessoas.

Em face disso, foi realizada uma simulação com os valores das taxas de metabolismo para obter a melhor relação nos resultados.

A Tabela 5.3.2.1 apresenta as diferentes interpretações das atividades desenvolvidas no processo de fabricação do calçado.

Tabela 5.3.2.1 – Diferentes interpretações das atividades

Atividades	Interpretação A	Interpretação B	Interpretação C
Cortador (Manual ou mecânico)	Em pé/Trab. mod. com 1 braço	Em pé/Trab. leve. com 2 braços	Em pé/Trab. leve. com 1 braço
Preparador	Sentado/Trab. leve com 1 braço	Sentado/Trab. leve. com 2 braços	Sentado/Trab. leve com 1 braço
Pespontador	Sentado/Trab. leve com 2 braços	Sentado/Trab. leve. com 2 braços	Sentado/Trab. leve com 1 braços
Aux. Montador	Em pé/Trab. leve com 1 mão	Em pé/Trab. leve. com 2 braços	Em pé/Trab. leve com 1 braço
Montador	Sentado/Trab. leve com 2 braços	Sentado/Trab. mod. com 2 braços	Sentado/Trab. leve com 2 braços
Embalador	Em pé/Trab. leve com 1 mão	Em pé/Trab. leve com 1 braço	Em pé/Trab. leve com 1 braço

Dessa maneira, foram encontrados os seguintes valores de met para o cálculo do PMV.

Tabela 5.3.2.2 – Valores das Taxas de met para diferentes interpretações das atividades

	Interpretação A	Interpretação B	Interpretação C
Atividades	(met)	(met)	(met)
Cortador	2	2,3	1,8
Preparador	1,4	2	1,5
Pespontador	1,8	2	1,5
Aux.Montador	1,4	2,3	1,8
Montador	2	2,4	2
Embalador	1,4	1,8	1,5
% correlação entre PMV/Votos	36	32	28

Como a metodologia adotada para estimar o valor a taxa de metabolismo foi a somatória do metabolismo basal, postura do corpo e tipo de tarefa, a consideração de valor errado no tipo de tarefa pode provocar desvios nos resultados de correlação entre os Votos e os cálculos de PMV.

3) O terceiro fator de desvios dos resultados de correlação é o difícil controle sobre a população pesquisada.

Diante desse fato foi realizado uma filtragem dos votos. Foram excluídos os votos que não corresponderam a tais parâmetros:

- Sensação de pouco calor ou pouco frio com a preferência de sem alteração;
- Sensação de frio ou muito frio com preferência de pouco calor, calor e muito calor;
- Sensação de calor ou muito calor com preferência de pouco frio, frio ou muito frio.

Dessa maneira, foram excluídos 37,9 % do número total de conjunto de dados. Após esta seleção foi realizada uma regressão simples entre os resultados do PMV e os votos de sensação térmica.

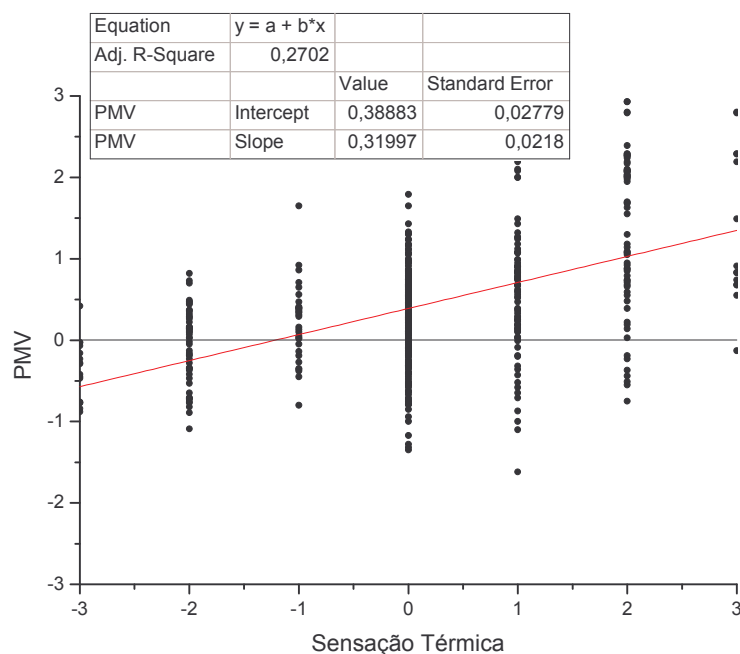


Figura 5.3.2.3 – Regressão simples – PMV x Sensação Térmica, votos seleccionados.

Por meio dessa comparação, foi possível perceber que a primeira regressão simples realizada com os dados obteve um resultado de 19,4%, contudo após seleção dos dados foi possível obter um resultado de 27% de correlação. Portanto, o difícil controle sobre a população pesquisada também é uma fonte de desvios nos resultados da correlação entre os votos das sensações térmicas e os resultados do cálculo de PMV.

5.3.3 Obtenção de Intervalos da Temperatura de Conforto para a População com taxa de metabolismo de 1,4 met dos conjuntos de dados obtidos no inverno e verão.

Na presente análise foi ajustado o modelo de Sensação Térmica x Temperatura Operativa, para os conjuntos de dados filtrados com taxa de metabolismo de 1,4 met,

separados entre verão e inverno. Os intervalos definidos para a condição de conforto foram os votos de sensação térmica entre $\pm 0,2$, $\pm 0,5$ e $\pm 0,7$ PMV, buscando-se uma zona de temperatura correspondente, por meio do Modelo de Regressão Linear, conforme Figura 5.3.3.1.

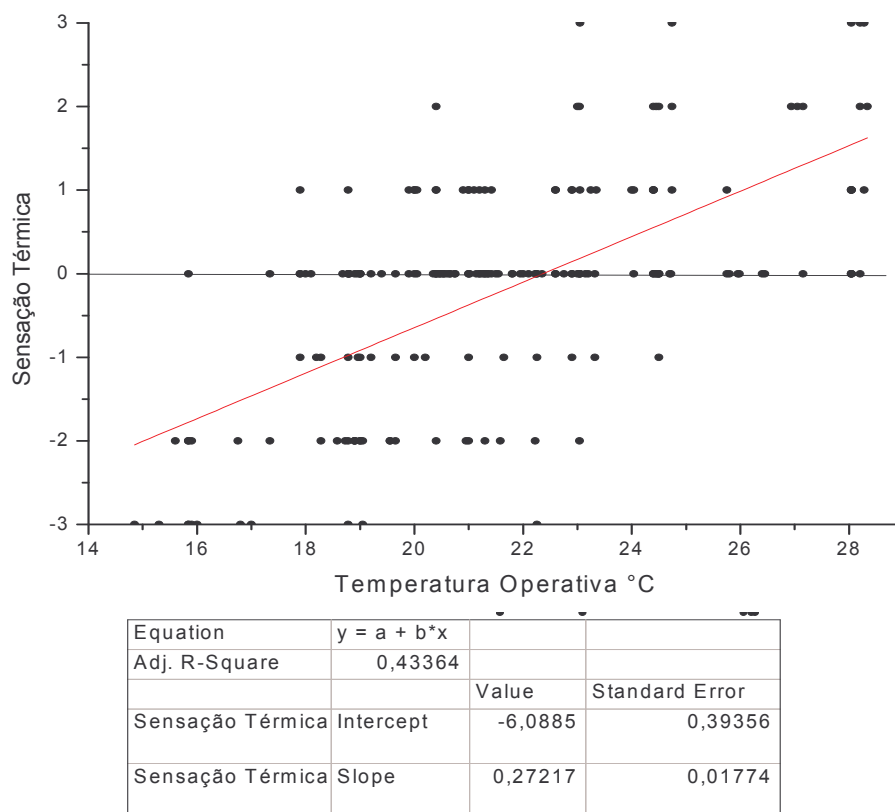


Figura 5.3.3.1 – Regressão simples – Sensação Térmica x Temperatura Operativa, 1,4 met, inverno.

As faixas de conforto calculadas foram:

- para intervalo de $\pm 0,2$ PMV foi entre 21,6°C a 23,1°C;
- para intervalo de $\pm 0,5$ PMV foi entre 20,5°C a 24,2°C;
- para intervalo de $\pm 0,7$ PMV foi entre 19,7°C a 24,9°C.

Considerando o mesmo objetivo de encontrar uma faixa de temperatura de conforto para o conjunto de dados filtrados com taxa de metabolismo de 1,4 met no verão (Figura 5.3.3.2).

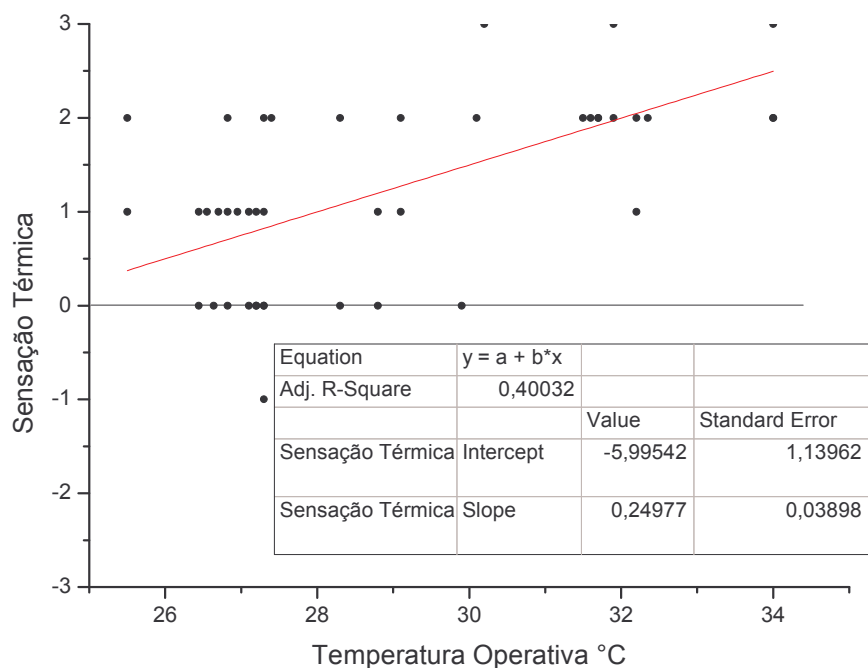


Figura 5.3.3.2 – Regressão simples – PMV x Temperatura Operativa, 1,4 met, verão.

As faixas de conforto calculadas foram:

- para intervalo de $\pm 0,2$ PMV foi entre 23,2°C a 24,8°C;
- para intervalo de $\pm 0,5$ PMV foi entre 22,0°C a 25,9 °C;
- para intervalo de $\pm 0,7$ PMV foi entre 21,2°C a 26,8°C.

5.4 Temperatura de Neutralidade e a Correspondente Porcentagem de Insatisfeitos

Por meio da análise Probit foi possível obter as probabilidades ou percentuais estimadas para as categorias calor, conforto e frio em função da temperatura operativa. Dessa forma, pode-se encontrar a temperatura de neutralidade e a correspondente porcentagem de insatisfeitos.

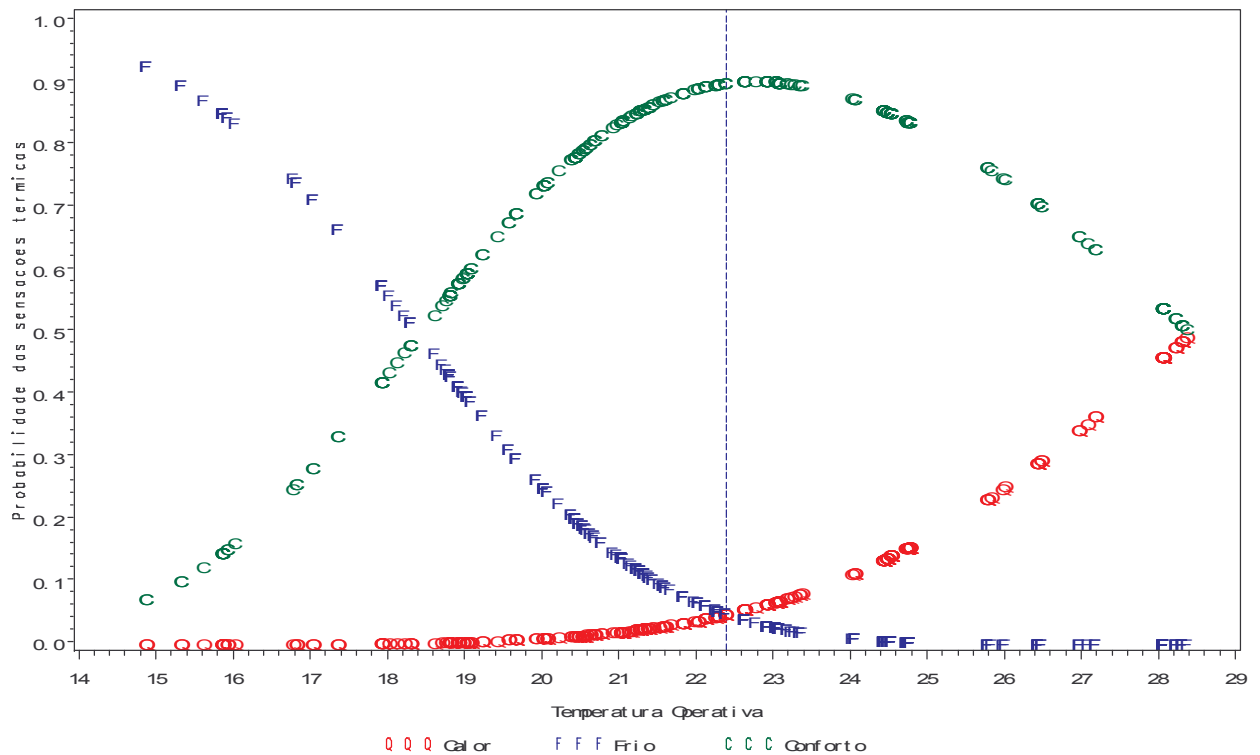


Figura 5.4.1 – Regressão Probit – Sensação Térmica em função da Temperatura Operativa (1,4 met inverno).

Para o conjunto de dados filtrados da população com taxa de metabolismo de 1,4 met no inverno, a temperatura de neutralidade foi de 22,4 °C, com 90,3% da população em conforto térmico e 9,7% em desconforto térmico (Figura 5.4.1). Este valor corresponde à temperatura média da zona de conforto obtida por meio da regressão simples com os mesmos dados.

Os valores médios das condições ambientais e pessoais da população com taxa de metabolismo de 1,4 met no inverno são 0,81 clo de isolamento térmico da vestimenta, 62,3 % de umidade relativa e velocidade do ar de 0,21 m/s. Para essas condições a Temperatura de Neutralidade, conforme cálculo de PMV é 21,7 °C .

Por meio dos valores obtidos, foi possível observar que a Temperatura de Neutralidade da população pesquisada é 0,7°C acima do valor calculado pelo modelo de PMV.

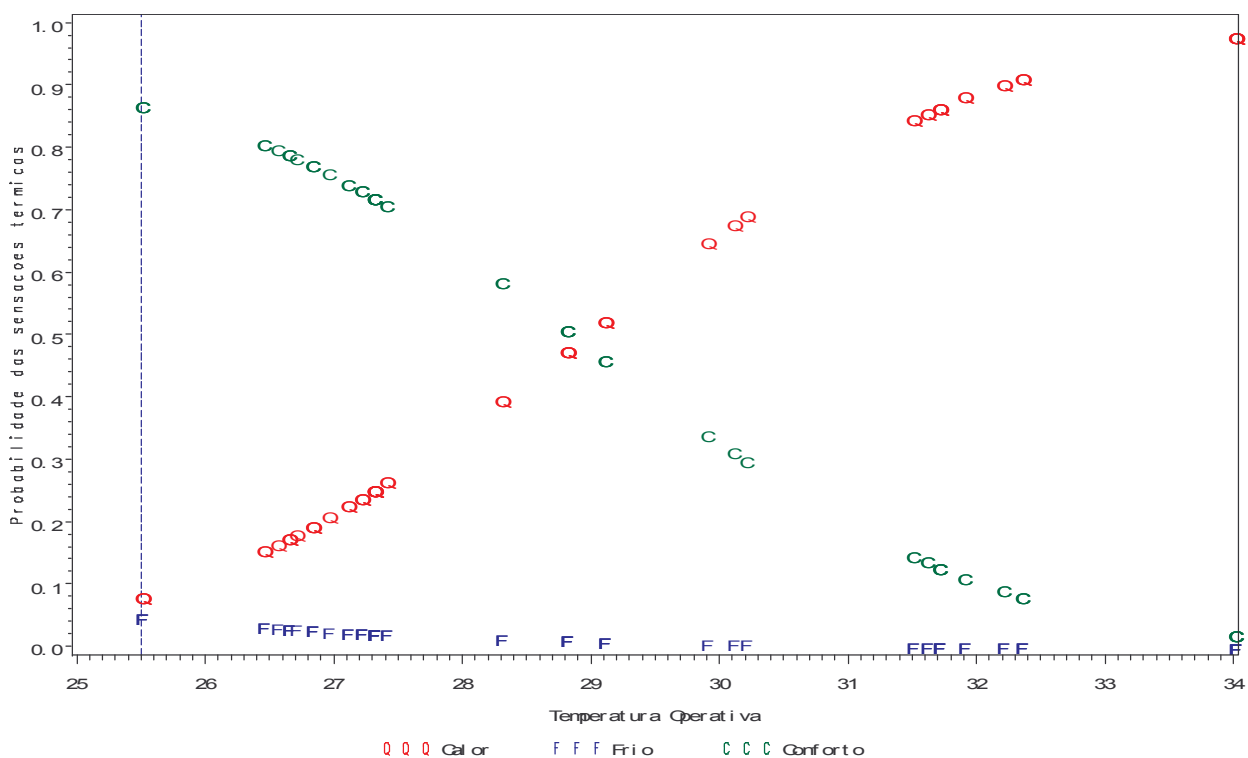


Figura 5.4.2 – Regressão Probit – Sensação Térmica em função da Temperatura Operativa (1,4 met verão).

Conforme análise Probit para o conjunto de dados filtrados da população com taxa de metabolismo de 1,4 met no verão, foi obtida a temperatura de neutralidade de 25,5 °C com 86,7% da população em conforto térmico e 13,3% em desconforto térmico (Figura 5.4.2).

Já a análise de regressão simples com os mesmos dados desta análise obteve uma temperatura média da zona de conforto de 24°C. Geralmente a temperatura de neutralidade é o mesmo valor da temperatura média da zona de conforto, como se observa nos resultados dos dados coletados no inverno.

Como na coleta de dados de verão não foi obtida temperatura abaixo de 25,5°C a análise Probit mostrou que a temperatura de neutralidade térmica é a menor temperatura obtida nas medições.

Para análise de comparação será considerado que a temperatura de neutralidade térmica para esta população é de 24°C.

Os valores médios das condições ambientais e pessoais da população com taxa de metabolismo de 1,4 met no verão são 0,42 clo de isolamento térmico da vestimenta, 66,4 % de umidade relativa e velocidade do ar de 0,29 m/s. Para essas condições a Temperatura de Neutralidade calculada conforme modelo PMV é de 25 °C .

Por meio dos valores obtidos foi possível observar que a Temperatura de Neutralidade da população pesquisada é 1°C abaixo da calculada pelo modelo PMV.

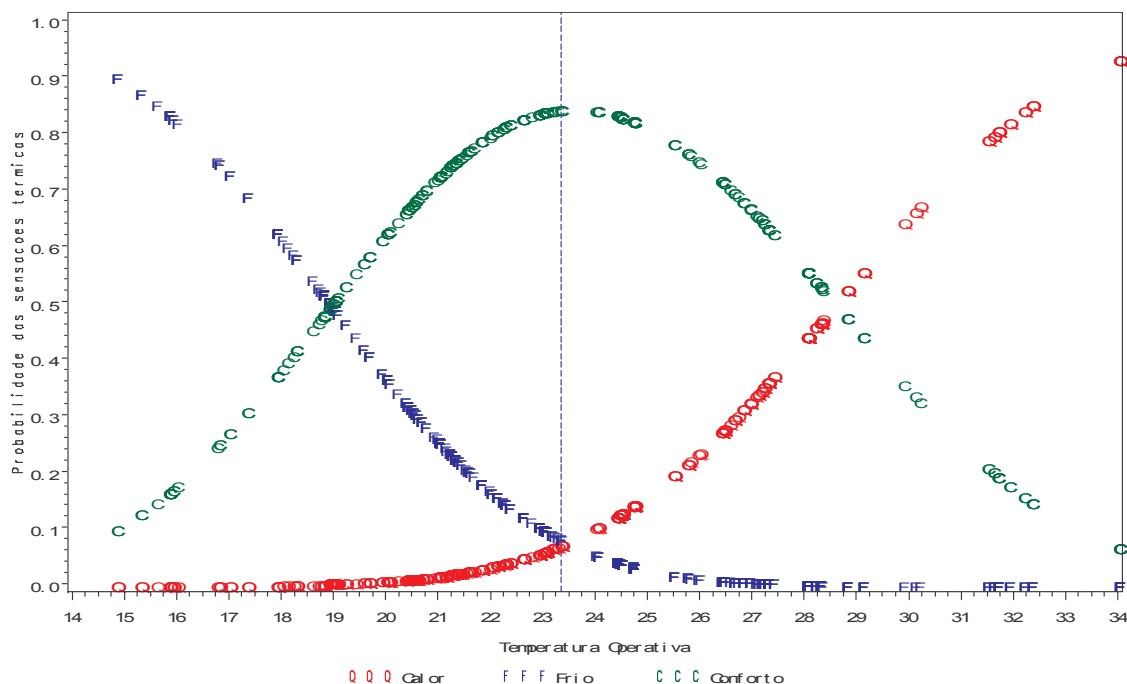


Figura 5.4.3 – Regressão Probit – Sensação Térmica em função da Temperatura Operativa (1,4 met verão e inverno).

Para o conjunto de dados filtrados da população com taxa de metabolismo de 1,4 met no verão e inverno, a temperatura de neutralidade foi de 23,35 °C, com 84,5% da população em conforto térmico e 15,5% em desconforto térmico (Figura 5.4.3).

Os valores médios das condições ambientais e pessoais da população com taxa de metabolismo de 1,4 met para os dados de verão e inverno juntos são 0,74 clo de isolamento térmico de vestimenta, 63,0 % de umidade relativa e velocidade do ar de 0,22 m/s. Para essas condições a Temperatura de Neutralidade, conforme cálculo de PMV é 22,4 °C .

Por meio dos valores obtidos, foi possível observar que a Temperatura de Neutralidade da população pesquisada é 0,9°C acima do valor calculado pelo modelo de PMV.

6. CONCLUSÕES

A organização da revisão bibliográfica apresentou a ISO 7730, as alterações que ocorreram na sua última edição, bem como algumas pesquisas que foram referenciadas nesta norma. Foi possível observar que a metodologia (coleta das variáveis ambientais e pessoais) é comumente utilizada em pesquisas sobre conforto térmico.

Foram encontradas algumas dificuldades na aplicação da metodologia de avaliação do conforto térmico sugerida pela ISO 7730, tais como:

- Obter uma adequada interpretação das atividades desenvolvidas no processo de fabricação. Por meio da simulação de diferentes valores de metabolismo para os tipos de tarefas foi obtida uma variação de até 8% na correlação dos resultados.

- O tipo de questionário utilizado para coletar a sensação térmica das pessoas. Por meio da alteração do tipo de questionário, onde o primeiro apresentou 0,5 PMV e o segundo de 0,1 PMV de tolerância de comparação entre os votos e o PMV, foi possível obter uma variação de até 12% na correlação dos resultados.

- O controle das respostas das sensações térmicas da população pesquisada. Por meio de um filtro das respostas, onde foram excluídos votos que não corresponderam ao padrão determinado foi possível obter uma variação de até 7,6% na correlação dos resultados.

Essas dificuldades provavelmente ocasionaram desvios nos resultados da correlação entre os votos da sensação térmica e os resultados do PMV.

Com a aplicação da análise Probit, foi possível identificar a probabilidade de ocorrência de calor, conforto e frio, assim como a temperatura de neutralidade térmica da

população pesquisada no inverno e verão. A temperatura operativa para a qual ocorreu o máximo percentual de conforto no inverno, ou seja, temperatura de neutralidade de inverno, foi de 22,4°C (correspondente a 90,3% de pessoas satisfeitas). Utilizando-se os valores médios das variáveis pessoais e ambientais dessa população, calculou-se a temperatura de neutralidade conforme o método PMV/PPD obtendo-se o valor de 21,7°C. Portanto, foi encontrada uma diferença de 0,7°C entre as temperaturas de neutralidade de inverno da população pesquisada e o calculado conforme modelo PMV/PPD.

A análise Probit possibilitou o cálculo da temperatura de neutralidade - 25,5°C (correspondente a 86,7% de pessoas satisfeitas) para o verão. Contudo, não foram obtidos valores de temperatura operativa menores do que esse. Como geralmente a temperatura de neutralidade é o mesmo valor da temperatura média da zona de conforto, considerou-se que a temperatura de neutralidade térmica é 24°C.

Os valores médios das condições ambientais e pessoais da população com taxa de metabolismo de 1,4 met no verão são 0,42 clo de isolamento térmico da vestimenta, 66,4 % de umidade relativa e velocidade do ar de 0,29 m/s. Para essas condições a Temperatura de Neutralidade calculada conforme modelo PMV é de 25 °C. Portanto, foi encontrada uma diferença de 1°C entre as temperaturas de neutralidade de verão da população pesquisada e o calculado conforme modelo PMV/PPD.

Já a temperatura operativa para a qual ocorreu o máximo percentual de conforto no inverno e verão foi de 23,3°C (correlativo 84,5% de pessoas satisfeitas). Utilizando-se os valores médios das variáveis pessoais e ambientais dessa população, calculou-se a temperatura de neutralidade conforme método PMV/PPD obtendo-se o valor de 22,4°C.

Portanto, foi encontrada uma diferença de $0,9^{\circ}\text{C}$ entre as temperaturas de neutralidade de verão e inverno da população pesquisada e o calculado conforme modelo PMV/PPD.

Diante dos resultados apresentados neste trabalho é possível perceber que as faixas de conforto térmico e temperatura de neutralidade obtida por meio dos votos da população pesquisada são semelhantes às recomendadas pela norma ISO 7730, contudo é importante realçar que, para obter uma avaliação de conforto térmico por meio do método PMV/PPD, é preciso bastante atenção com relação à interpretação das atividades, o tipo de questionário, bem como com as respostas de sensação térmica da população.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS,. **ASHRAE 55**; Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 1974.

_____. **ASHRAE 55**; Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 1981.

ARAÚJO, V.M.D.; **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro**. Tese (Doutorado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1996.

AZER, N. Z., and HSU, X.; The Prediction of Thermal Sensation from a Simple Model of Human Physiological Regulatory Response. In: **ASHRAE Transactions**, v. 83, part. 1. 1977, apud JONES, B.W.; HSIEH, K. and HASHINAGA, M., The Effect of Air Velocity on Thermal Comfort at Moderate Activity Levels, **ASHRAE Transactions**, v. 92, part. 2B: pp. 761-769, 1986.

BARBOSA, M.M.P. **Avaliação de conforto térmico na indústria moveleira de Itatiba-SP**.Dissertação (Mestrado), UNICAMP, Campinas, 2004.

BERGLUND, L.G.; GONZALEZ, R.R., Occupant Acceptability of Eight Hour Long Temperature Ramps in the Summer at Low and Hight Humidities. In: **ASHRAE Transactions**, v. 84, pp. 278-284, 1978.

BERGLUND, L. G., Thermal Acceptability. In: **ASHRAE Transactions**, v. 85, pp. 825-834, 1979.

BERGLUND, L.G. and FOBELETS, A.P.R., Subjective Human Response to Low-Level Air Current and Asymmetric Radiation. In: **ASHRAE Transactions**, v. 93, pp. 497-523, 1987.

BERGLUND, L.G.; Comfort and Humidity. In: **ASHRAE Journal**, v.40, 1998.

BRAGER, G.S. and de DEAR, R., A standard for natural ventilation. In: **ASHRAE Journal**, v. 42 (10) pp. 21-27.2000.

BRASIL, R. P. C.; **Utilização de Exaustores Eólicos no Controle da Temperatura e da Ventilação em Ambiente Protegido**. Piracicaba: Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade de São Paulo, 74p. 2004.

CARVALHO, T.C.P.; FONTOLAN, F.R.; MICELI, S.M.; EVANGELISTI, I.G. Avaliação do conforto térmico em salas de aula de uma escola de arquitetura em Araraquara/SP. In: ENCAC/COTEDI 2003 - III Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações, 2003, Curitiba/PR. **Anais...**Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2003, p. 433-440.

COCHRAN, W. G. and COX, G. M.; Experimental Design, 2nd Ed., John Wiley & Sons, New York, 1968, apud ROHLES, F.H.; NEVINS, R.G.; SPRINGER, W.; FEYERHERM, A.M. Temperature – Humidity chart for thermal comfort of seated persons. In: **ASHRAE Transactions**, v.72, part.I, 1966.

DE DEAR, R. and BRAGER, G.S., Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. In: **ASHRAE Transactions**, v. 104, part. 1, pp.145-167. 1998.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort** – Analysis and Application in Engineering. Copenhagen, 1970.

FANGER, P. O.; Thermal Comfort. McGraw-Hil, New York, 1972 apud BERGLUND, L. G., Thermal Acceptability. In: **ASHRAE Transactions**, v. 85, pp. 825-834, 1979.

FANGER, P.O.; OSTERGAARD, J.; OLESEN, O. and MADSEN, Th., Lund: The effect on man's comfort of a uniform air flow from different directions. In: **ASHRAE Transactions**, v. 80, part. 2, pp. 142-157, 1974.

FANGER, P.O.; OLESEN, B.W.; LANGKILDE, G. and BANHIDI, L. Comfort limits for Heated Celings, **ASHRAE Transactions**, v. 86, pp. 141-156, 1980.

FANGER, P.O. and CHRISTENSEN, N.K. Perception of Draught in Ventilated Spaces. In: **Ergonomics**, v. 29: pp. 215-235, 1986.

FOUNTAIN, M.; ARENS, E.; DE DEAR, R.; BAUMAN, F.; MIURA, K.; Locally Controlled Air Movement Preferred in Warm Isothermal Environments. In: **ASHRAE Transactions**, v. 100, part 2. 1994.

FUNDACENTRO. Ministério do Trabalho. NHO 06; Norma de Higiene Ocupacional para avaliação da exposição ocupacional ao calor, 2002.

GAGGE, A. P. and NEVINS, R. G.; Effect of Energy Conservation Guidelines on Comfort, Acceptability and Health. Final Report of Contract CO-04_51891-00 of Federal Energy Administration, 1976, apud BERGLUND, L. G., Thermal Acceptability. In: **ASHRAE Transactions**, v. 85, pp. 825-834, 1979.

GOMES, A. D.; **Relações entre Preferências Térmicas Humanas no Interior de Edificações e as Temperaturas Externas: Um Estudo sobre o método adotado na norma ASHRAE 55 – 2004**, São Carlos: Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, 177p. 2007.

GONÇALVES, W.B. **Estudo de índices de conforto térmico avaliados com base em população universitária na região metropolitana de Belo Horizonte**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, 2000.

GOUVÊA, T. C.; **Avaliação do conforto térmico: Uma experiência na indústria da confecção**, Campinas: Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, 146p. 2004.

HUMPHREYS, M.A.; HANCOCK, M.; Do people like to feel “neutral”? Exploring the variation of the desired thermal sensation on the ASHRAE scale. In: **Energy and Building**, 2007. 8p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 7730 (1984)** “Moderate thermal environments-determination o the PMV and PPD indices and specification of conditions for thermal comfort”. Geneva.

_____. **ISO 7730 (1994)** “Moderate thermal environments-determination o the PMV and PPD indices and specification of conditions for thermal comfort”. Geneva

_____. **ISO 7730 (2005)** “Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria”. Geneva.

_____. **ISO 7726 (1998)** “Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities. International Organization for Standardization”. Switzerland.

_____. **ISO 8996 (1990)** “Ergonomics – Determination of metabolic heat production thermal environments – resistance of clothing ensemble”. Geneva.

_____. **ISO 9920 (1995)** “Ergonomics of the thermal environment – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble”. Geneva.

_____. **ISO 7243 (1989)** “*Hot environments – Estimation of heat stress on working man, base don the WBGT – index (wet bulb globe temperature)*”. Geneva.

_____. **ISO 7933 (1989)** “*Hot environments – Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate*”. Geneva.

JONES, B.W.; HSIEH, K. and HASHINAGA, M., The Effect of Air Velocity on Thermal Comfort at Moderate Activity Levels, **ASHRAE Transactions**, v. 92, part. 2B: pp. 761-769, 1986.

LASSAROTTO, N.; SANTOS, J. C. P.; Avaliação do Conforto Térmico de Estudantes do Ensino Fundamental na região do nordeste do RS. In: ENCAC 2007 – IX Encontro Nacional e V Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto/MG. **Anais...** Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2007, p. 1038-1046.

MCINTYRE, D. A.; Preferred air speed for comfort in warm conditions. In: **ASHRAE Transactions**, v. 84, part. 2. 1978.

MCINTYRE, D. A.; Indoor Climate (London: Applied Science Publishers, Ltd), 1980, apud ROHLES, F.H. Jr.; KONZ, S.A. and JONES, B.W. Celing Fans as Extenders of the Summer Comfort Envelope, **ASHRAE Transactions**, v. 89, pp. 245-263, 1983.

McNALL, P.E.Jr.; JAAX, J.; ROHLES, F.H.; NEVINS, R.G. and SPRINGER, W., Thermal Comfort (Thermally Neutral) Conditions for Three Levels of Activity, **ASHRAE Transactions**, v. 73, part. 1, 1.3.1-1.3.14, 1967.

McNALL, P.E. Jr. and BIDDISON, R.E., Thermal and Comfort Sensations of Sedentary Persons Exposed to Asymmetric Radiant Fields, **ASHRAE Transactions**, v. 76, pp. 123-136, 1970.

PASQUOTTO, G. B.; SALCEDO, R. F. B.; FONTES, M. S. G. C.; Conforto Térmico em Ambientes Escolares nos períodos de verão e inverno: uma análise qualitativa e quantitativa do Centro de Convivência Infantil da UNESP-Bauru. In: ENCAC 2007 – IX Encontro Nacional e V Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto/MG. **Anais...** Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2007, p. 1376-1384.

ROHLES, F.H.; NEVINS, R.G.; SPRINGER, W.; FEYERHERM, A.M. Temperature – Humidity chart for thermal comfort of seated persons. In: **ASHRAE Transactions**, v.72, part.I, 1966.

ROHLES, F. H.; The Measurement and Prediction of Thermal Comfort, In: **ASHRAE Transactions**, v. 80, part.2, 1974, apud BERGLUND, L. G., Thermal Acceptability. In: **ASHRAE Transactions**, v. 85, pp. 825-834, 1979.

ROHLES, F.H.; MILLIKEN, G.A.; SKIPTON, D.E. and KRSTIC, L., Thermal Comfort During Cyclical Temperature Fluctuations, In: **ASHRAE Transactions**, v. 86, pp. 125-140, 1980.

ROHLES, F.H. Jr.; KONZ, S.A. and JONES, B.W. Ceiling Fans as Extenders of the Summer Comfort Envelope, **ASHRAE Transactions**, v. 89, pp. 245-263, 1983.

RUAS, A. C.; **Avaliação de conforto térmico: contribuição á aplicação prática das normas internacionais**. Campinas: Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, 78p. 1999.

RUAS, A. C.; **Sistematização da avaliação do conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software**. Campinas: Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, 182p. 2002.

RUAS, A. C.; LABAKI, L. C.; Contribuição à aplicação pratica das normas Internacionais na Avaliação do Conforto Térmico. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Fortaleza/CE. **Anais...**: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 1999.

SANTA FÉ, D., ANDRADE, T., SANTANA, M. J. A., NERY, J., MOURA, T., OLIVEIRA, I. B.; Aplicabilidade de índices de conforto térmico: Um estudo de caso em Salvador –BA. In: ENCAC 2007 – IX Encontro Nacional e V Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto/MG. **Anais...** Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2007, p. 697-706.

SCHEATZLE, D.G., WU, H. and YELLOTT, J., Extending the Summer Comfort Envelope with Ceiling Fans in Hot, Arid Climates, In: **ASHRAE Transactions**, v. 95, part 1, pp. 269-280, 1989.

TANABE, S., and KIMURA, K., Effect of air temperature, humidity, and air movement and thermal comfort under hot and humid conditions. **ASHRAE Transactions**, v. 100, part. 2, p. 16. 1994.

VERGARA, L.G.L. **Análise das condições de conforto térmico de trabalhadores da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Universitário de Florianópolis**. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado), UFSC, 2001.

XAVIER, A.A.P., LAMBERTS, R. Temperatura interna de conforto e porcentagem de insatisfeitos para atividade escolar: Diferenças entre a teoria e a prática. In: ENCAC 1997 – IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1997, Salvador/BA. **Anais...**Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), p.189-204. 1997.

XAVIER, A.A.P. Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividade sedentária. Teoria física aliada a estudos de campo. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina. 251 p. Florianópolis, 2000.

ANEXO A

Primeiro Questionário

Nome da Empresa: _____ Local Avaliado: _____
 Data da Avaliação: __/__/__ Horas: _____ Ponto de Medição: _____
 Nome: _____ Função: _____ Idade: _____ anos
 Sexo: _____ Altura: _____ m Peso: _____ Kg

1) Marque um X na sua sensação térmica nesse momento:

		Nem calor nem frio			
	Muito frio			Muito calor	
	Frio			Calor	
	Pouco frio			Pouco calor	

2) Marque um X na sensação que você gostaria que estivesse nesse momento:

		Sem alteração			
	Muito mais frio			Muito mais quente	
	Mais frio			Mais quente	
	Pouco mais frio			Pouco mais quente	

3) Marque as peças de roupa que está usando e acrescente o que faltar nas linhas em branco:

Roupa íntima e acessórios	Calças, shorts e bermudas
☐ Sutiã	☐ Calça jeans
☐ calcinha	☐ Calça tecido grosso
☐ cueca	☐ Calça tecido fino
Camisas, camisetas e blusas	☐ Short ou bermuda
☐ Camiseta sem manga	Saias ou vestidos
☐ Camiseta com manga curta	☐ Saia até o tornozelo
☐ Camiseta com manga longa	☐ Saia até o joelho
☐ Camisa com gola, manga curta, tecido fino	☐ Vestido até o joelho, sem manga
☐ Camisa com gola, manga curta, tecido grosso	☐ Vestido até o joelho, manga curta
☐ Camisa com gola, manga longa, tecido fino	☐ Vestido até o joelho, manga longa
☐ Camisa com gola, manga longa, tecido grosso	Calçados, meias
☐ Camisa pólo, manga curta	☐ Sapato ou tênis
☐ Corpete	☐ Chinelo, tamanco ou sandália
Outros	☐ Meia esportiva
☐	☐ Meia fina
☐	☐

B – Croquis das Indústrias Pesquisadas

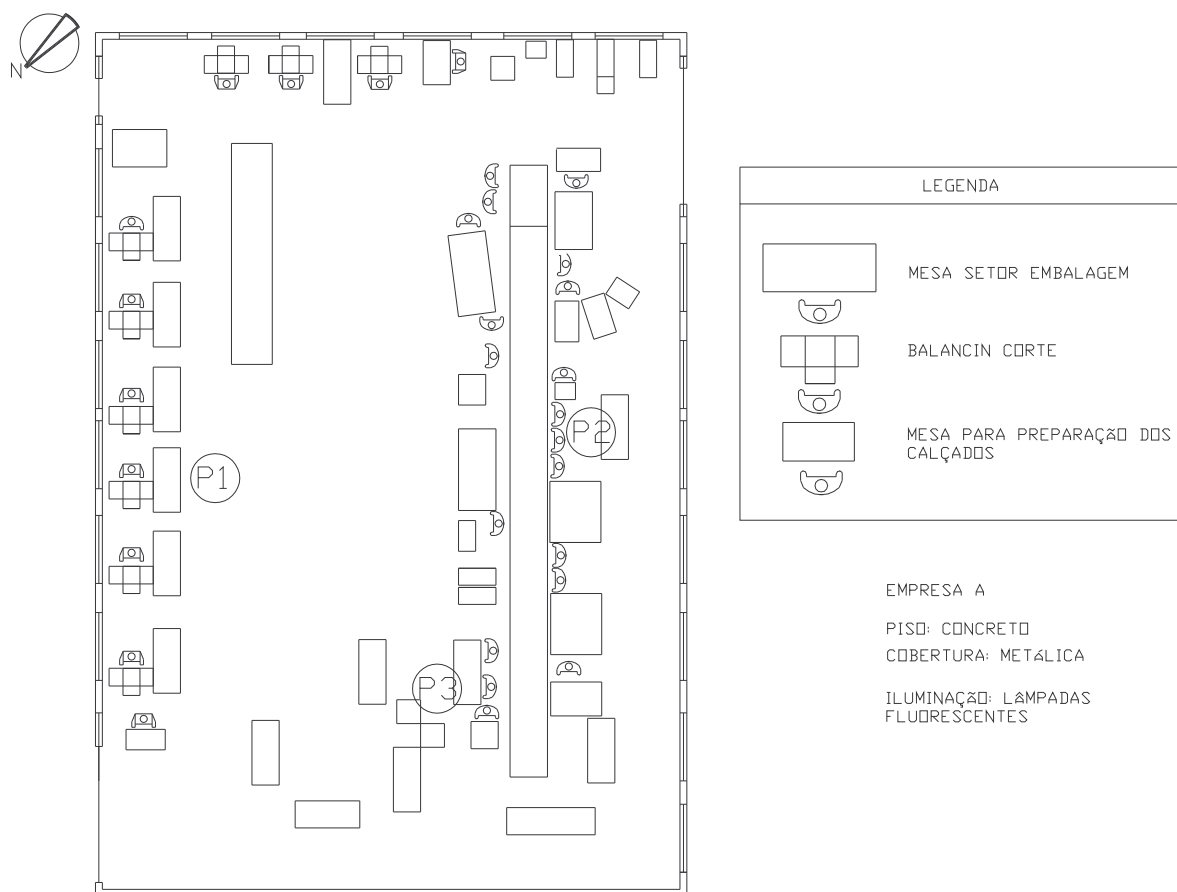


Figura B.1 – Croqui da Indústria A com identificação dos pontos de medição realizada no dia 11/01/2007.

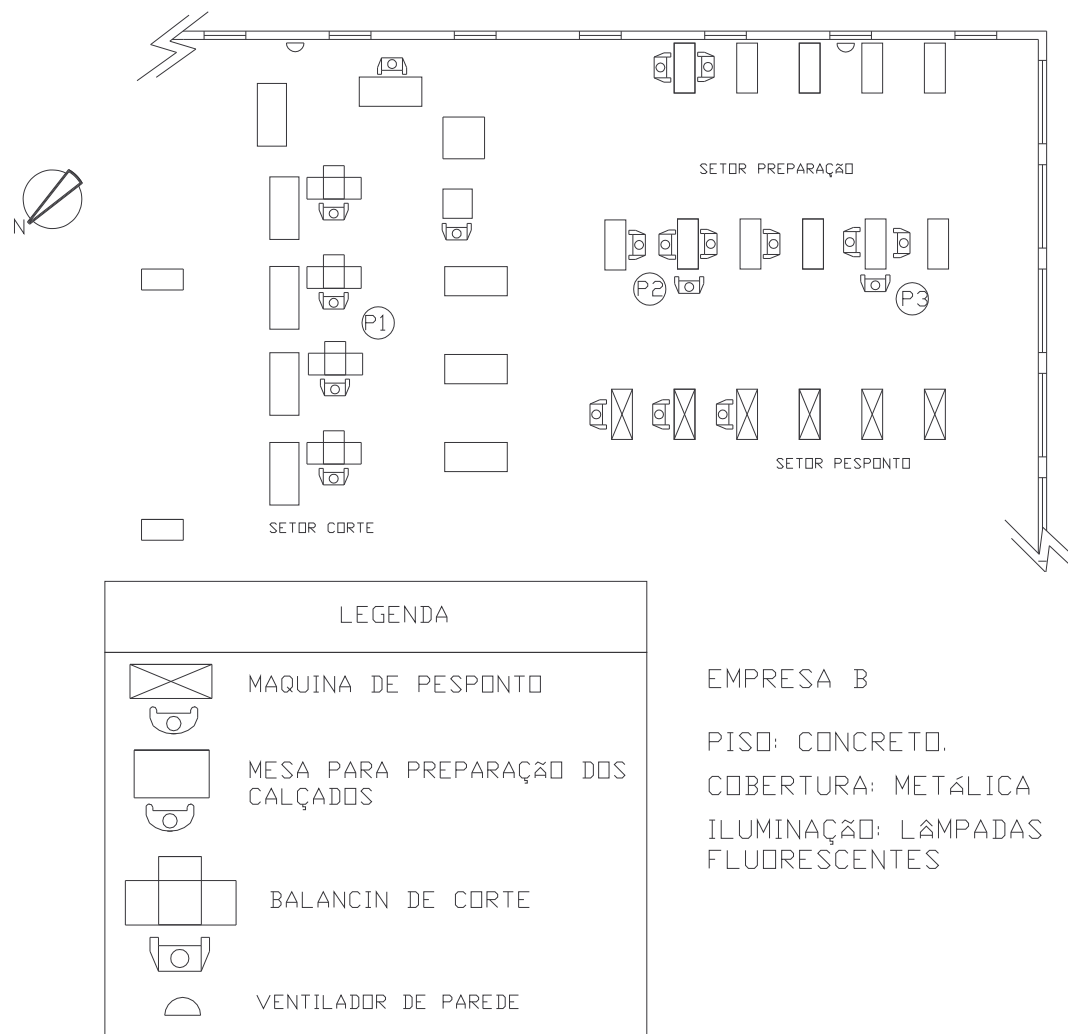


Figura B.2 – Croqui da Indústria B com identificação dos pontos de medição realizada no dia 17/01/2007.

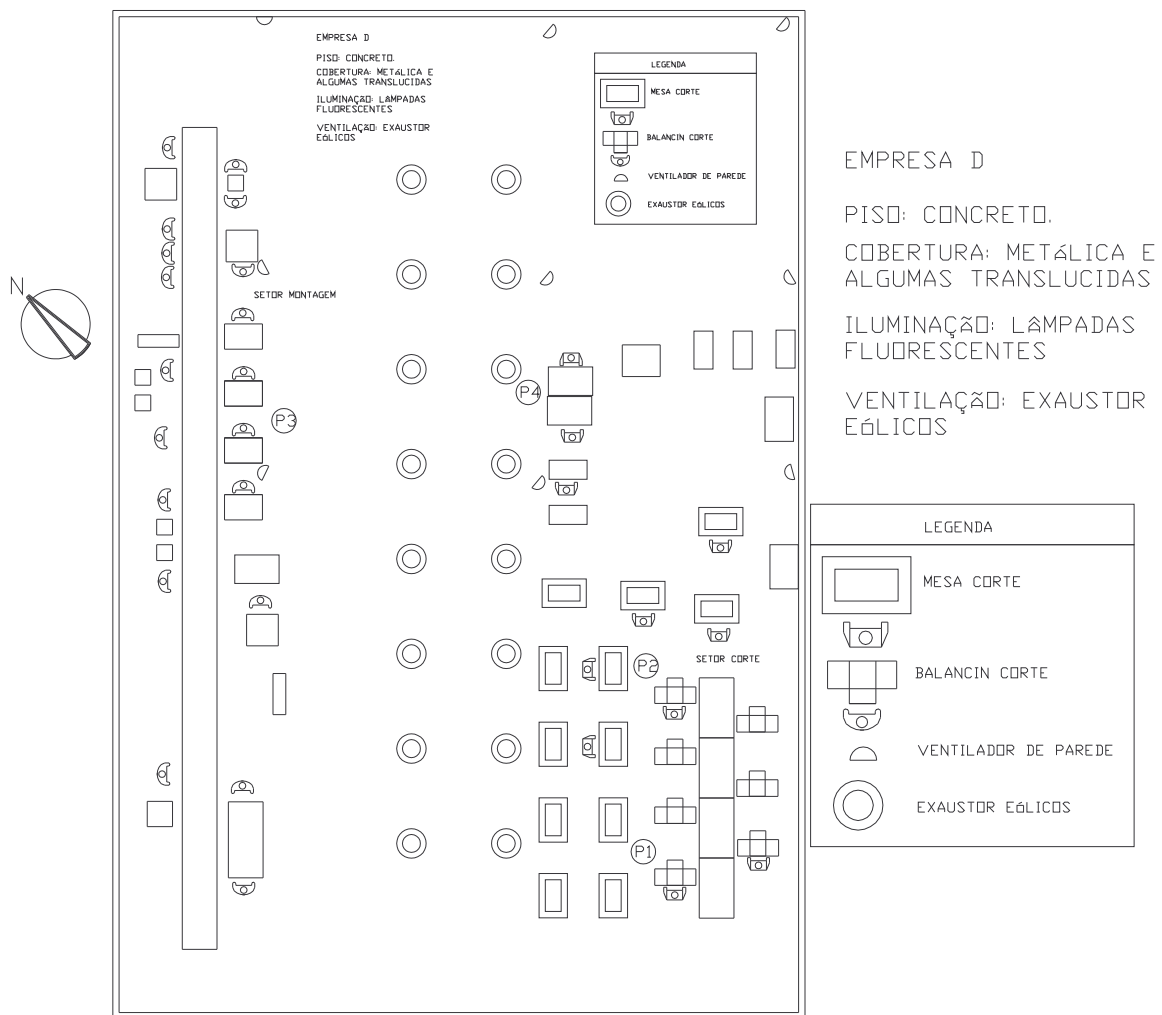


Figura B.3 – Croqui da Indústria D com identificação dos pontos de medição realizada no dia 18/01/2007.

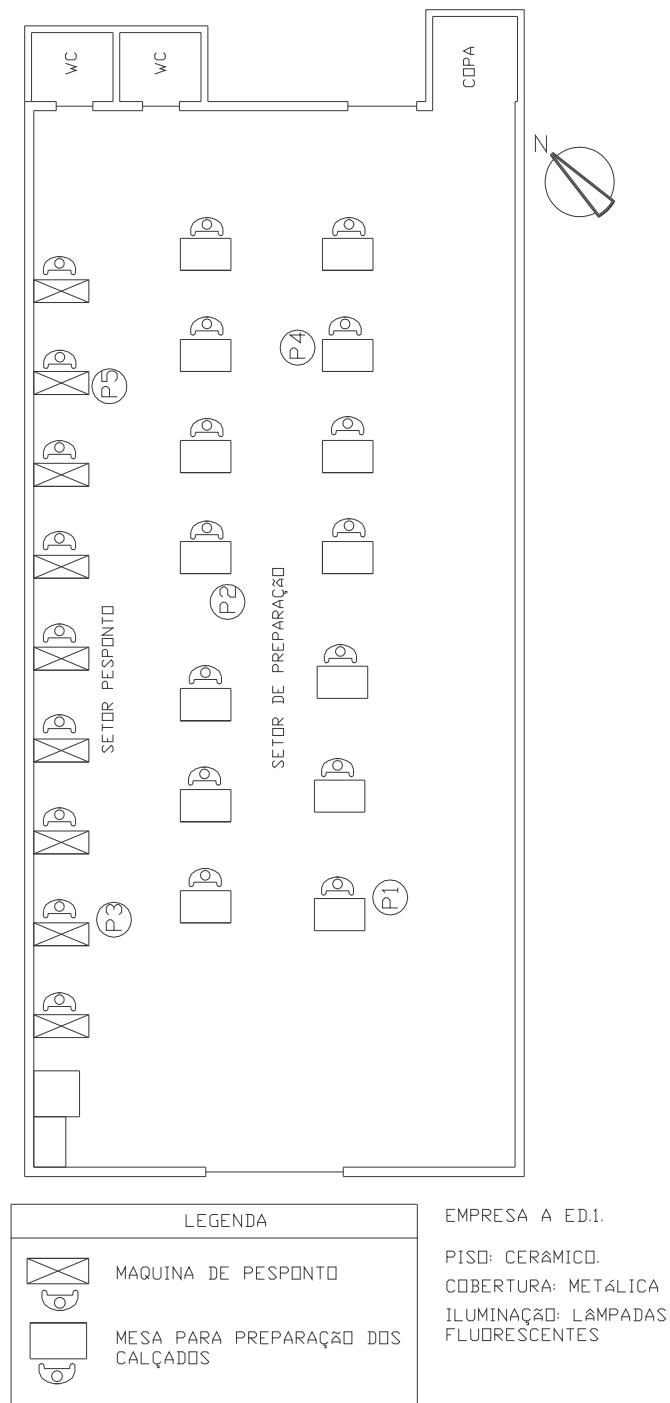


Figura B.1 – Croqui da Indústria A com identificação dos pontos de medição realizada no dia 17/07/2007.

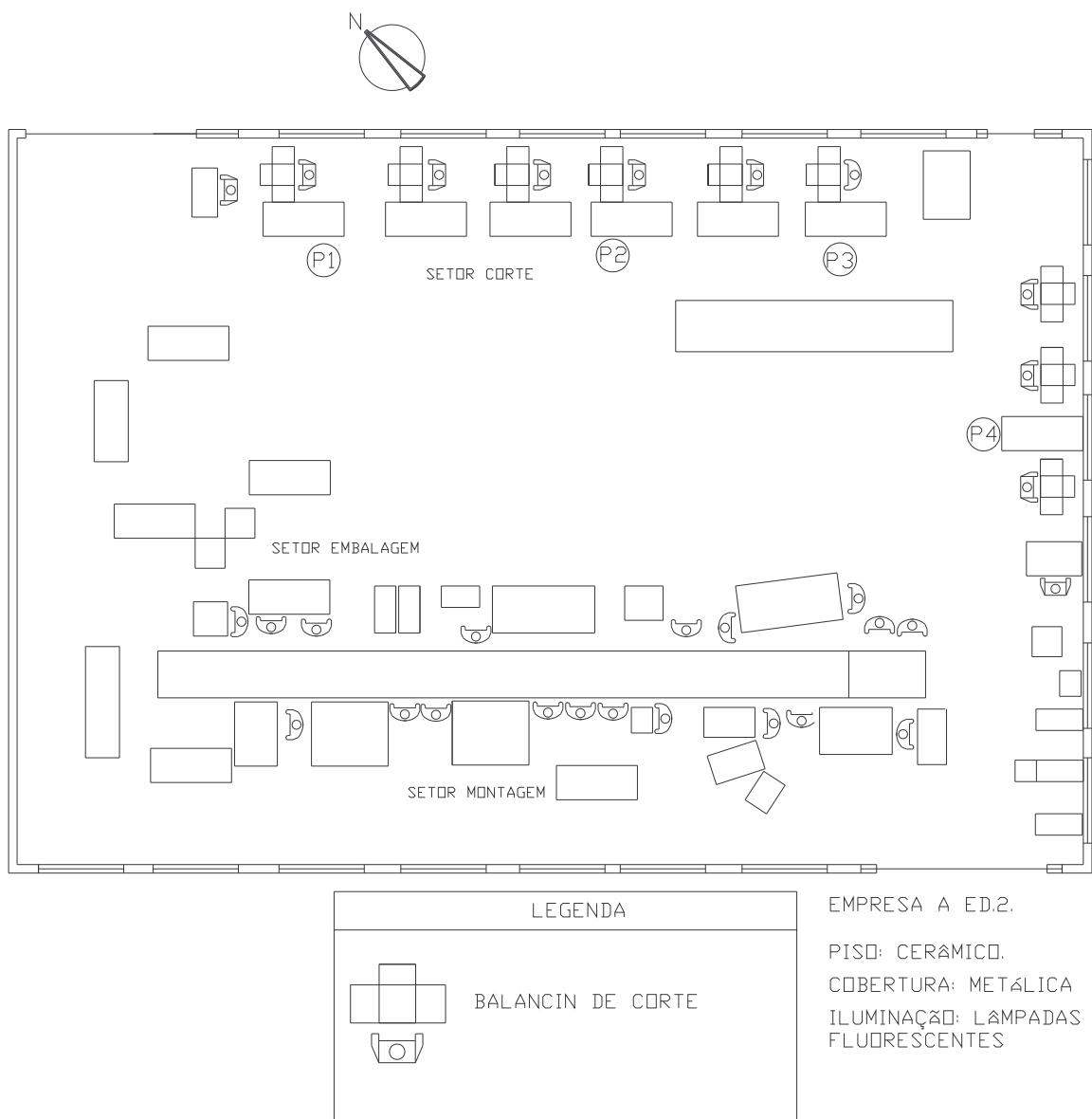


Figura B.2 – Croqui da Indústria A com identificação dos pontos de medição realizada no dia 18/07/2007.

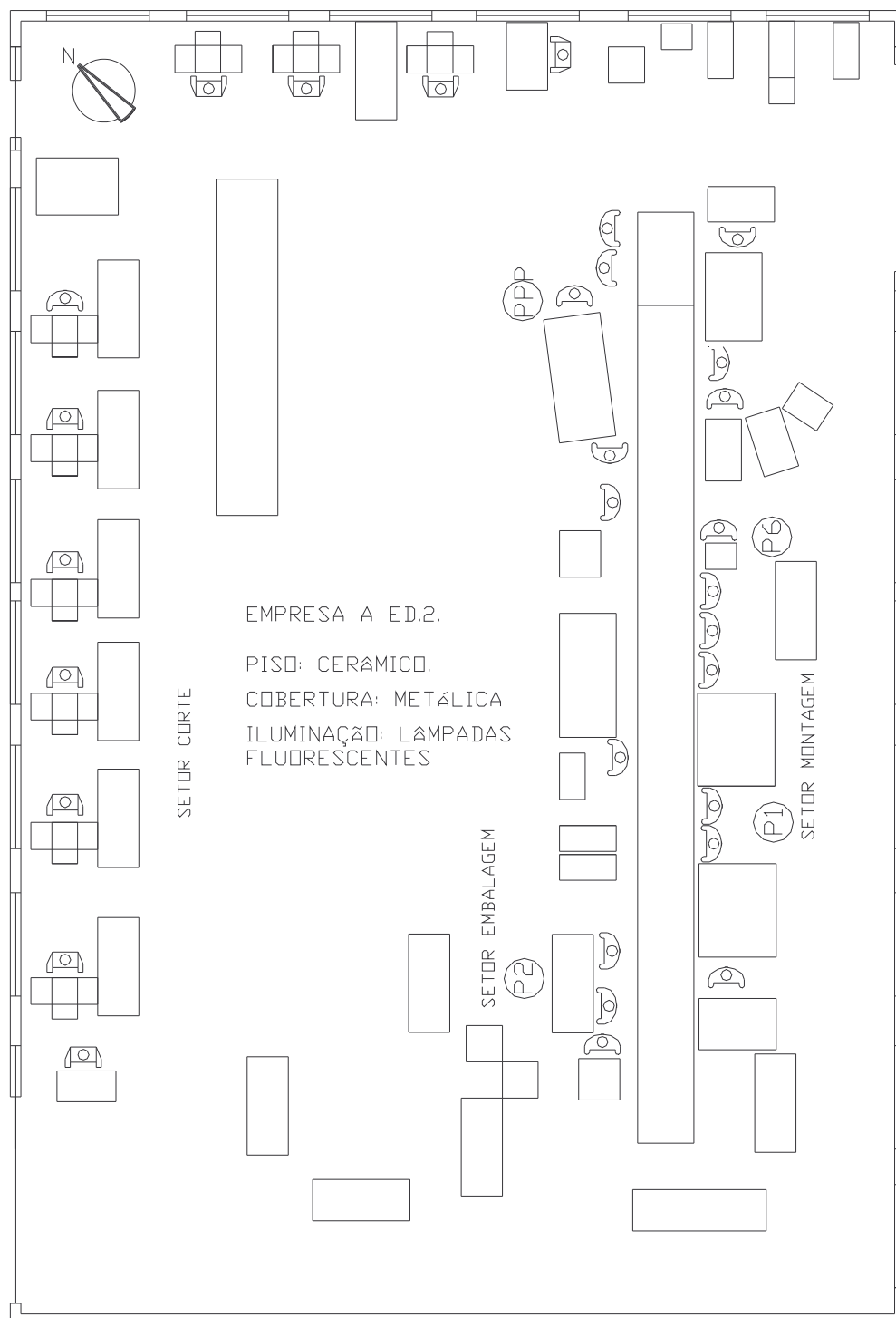


Figura B.3 – Croqui da Indústria A com identificação dos pontos de medição realizada no dia 23/07/2007.

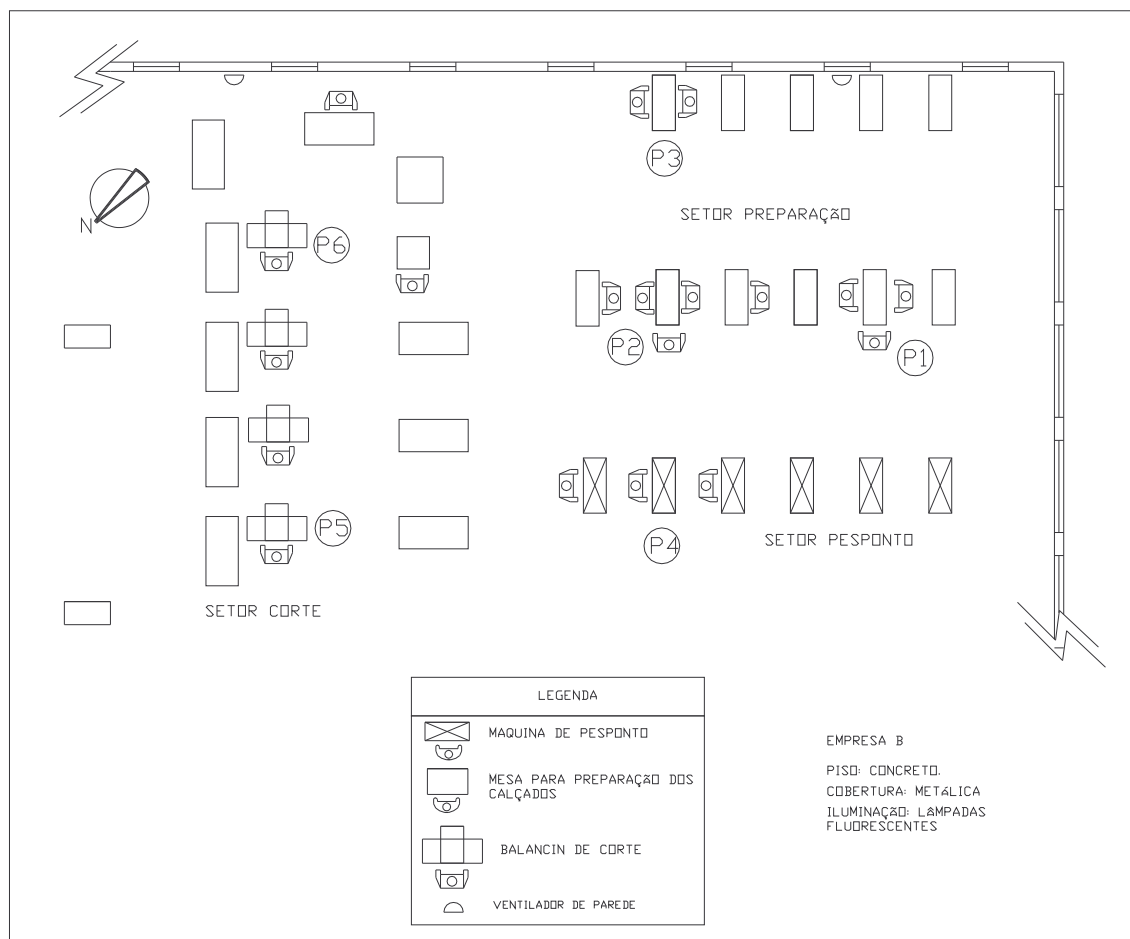


Figura B.4 – Croqui da Indústria B com identificação dos pontos de medição realizados nos dias 24 e 26/07/2007.

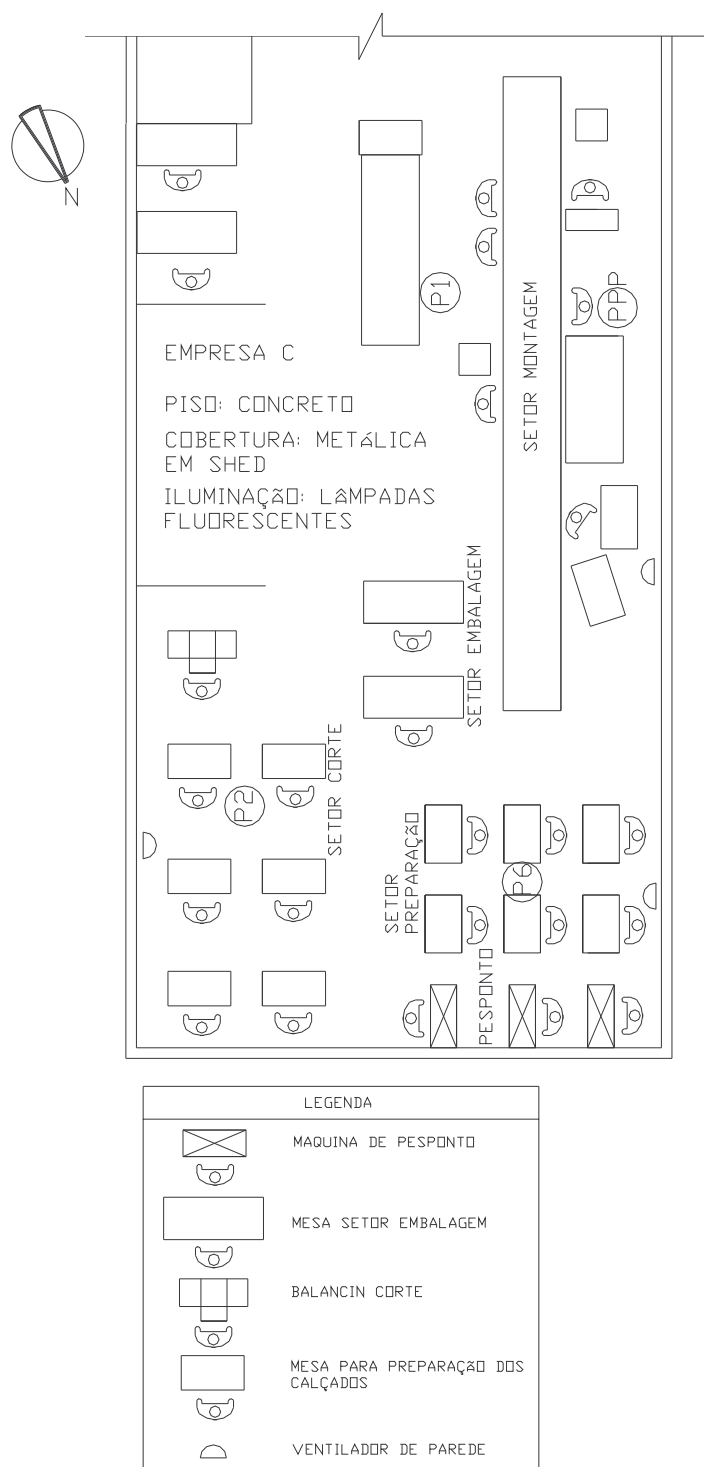


Figura B.5 – Croqui da Indústria C com identificação dos pontos de medição realizado no dia 27/07/2007.

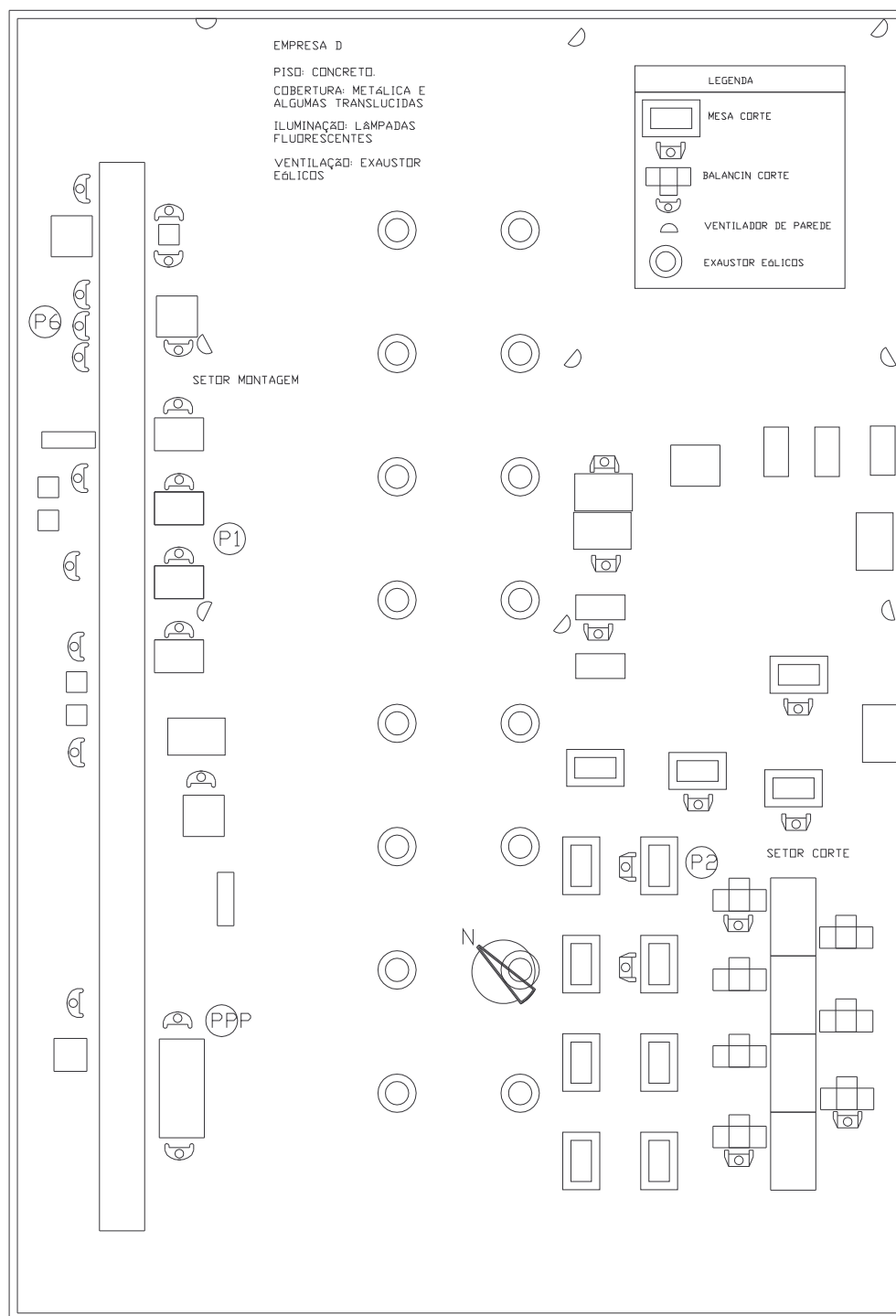


Figura B.6 – Croqui da Indústria D com identificação dos pontos de medição realizado no dia 31/07/2007.

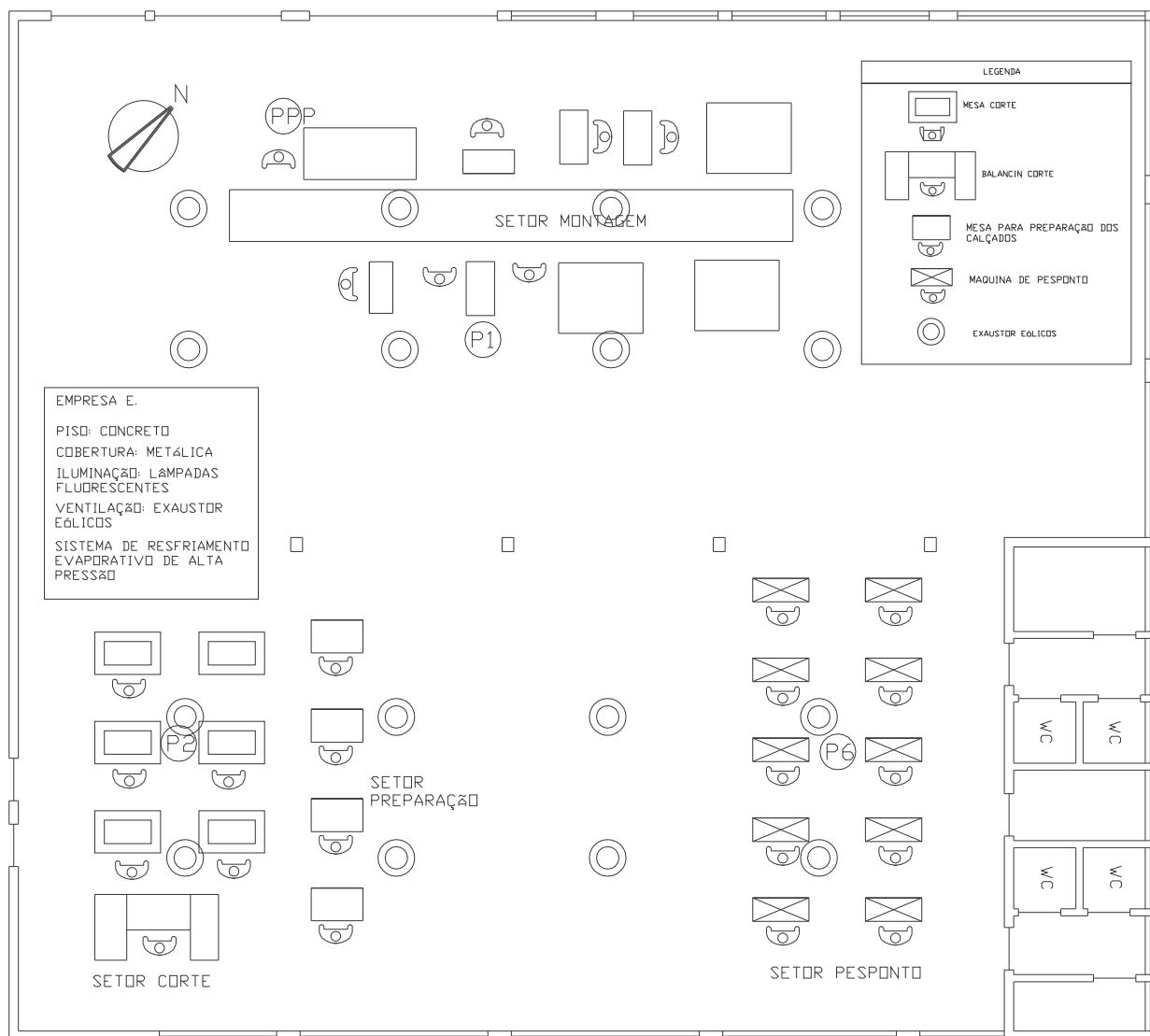


Figura B.7 – Croqui da Indústria E com identificação dos pontos de medição realizado no dia 30/07/2007.

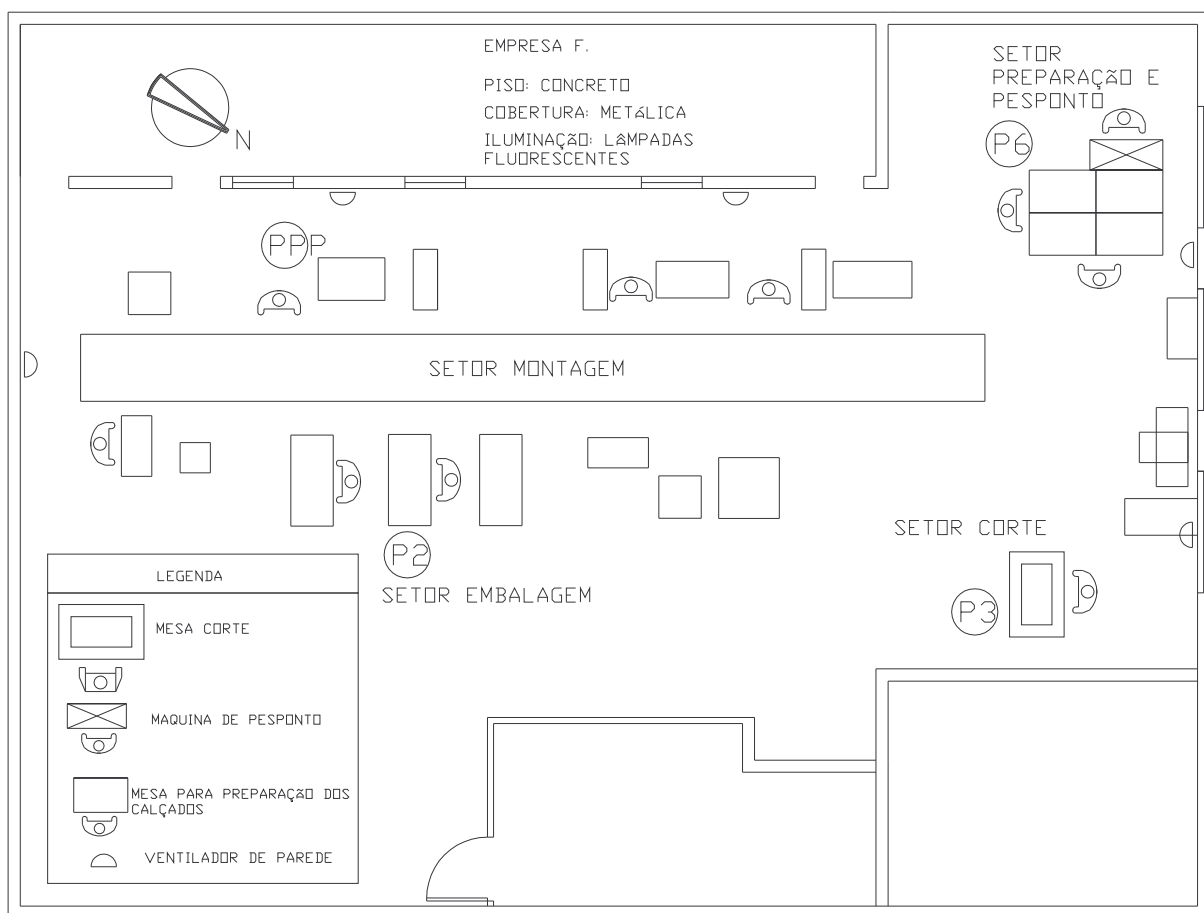


Figura B.8 – Croqui da Indústria F com identificação dos pontos de medição realizado no dia 01/08/2007.

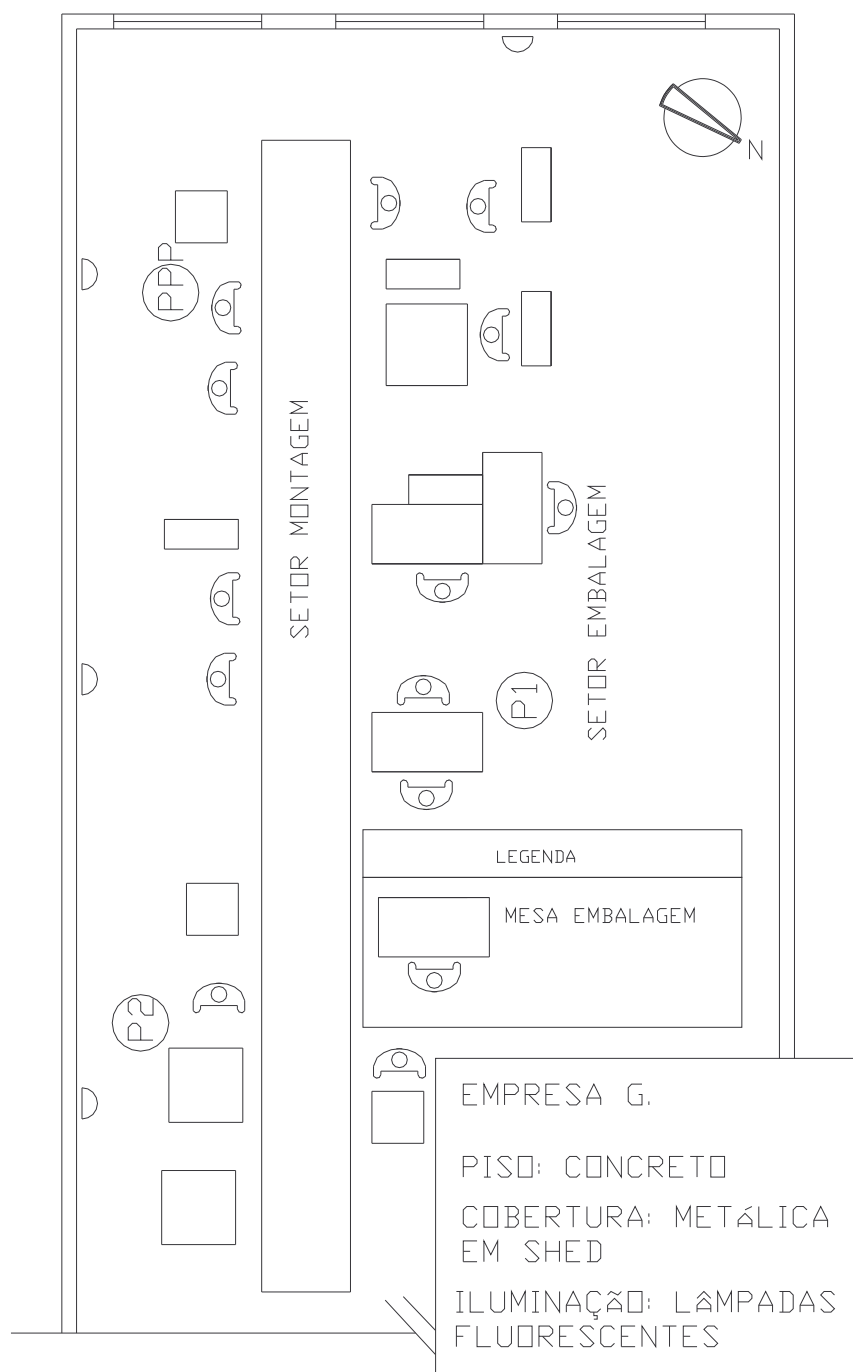


Figura B.9 – Croqui da Indústria G com identificação dos pontos de medição realizado no dia 02/08/2007.

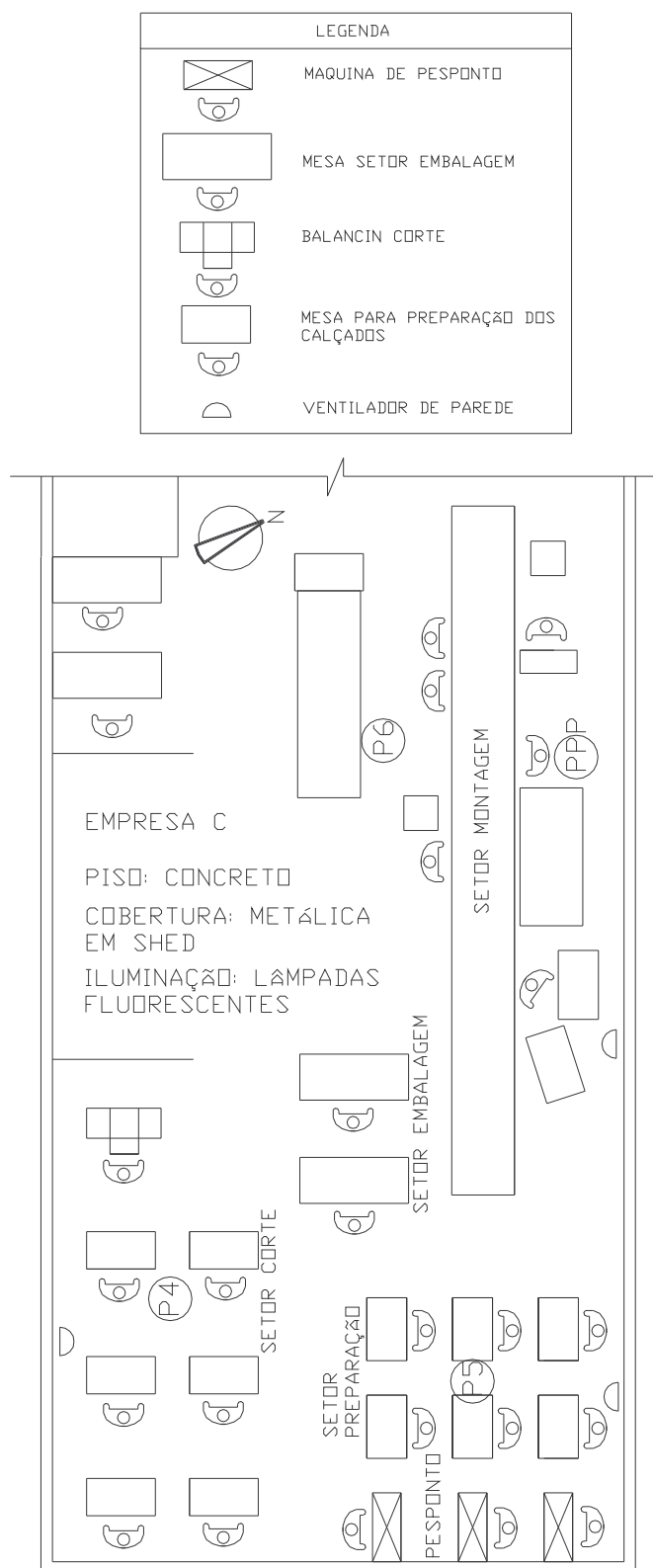


Figura B.4 – Croqui da Indústria C com identificação dos pontos de medição realizado no dia 15/01/2008.

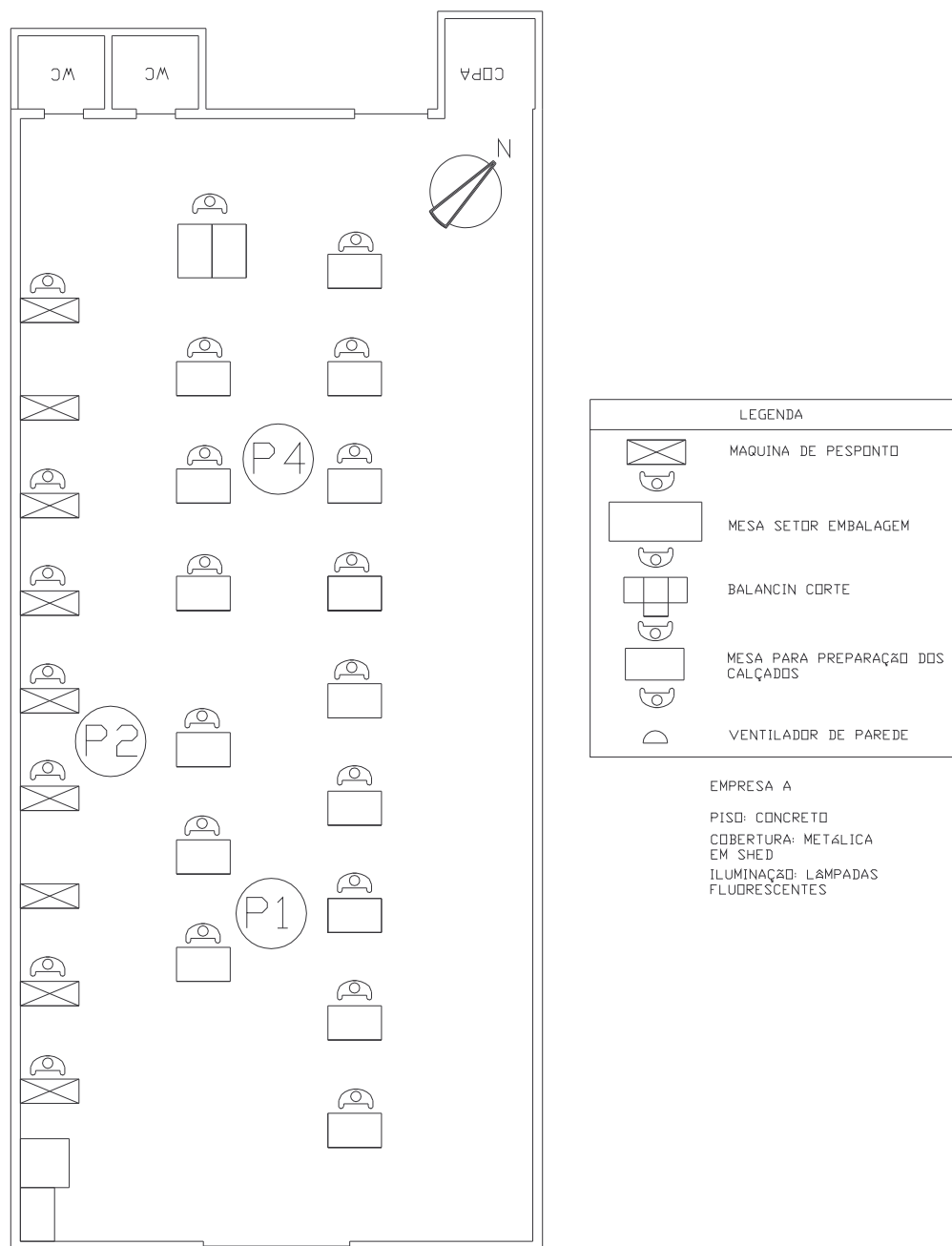


Figura B.5 – Croqui da Indústria A com identificação dos pontos de medição realizado no dia 16/01/2008.

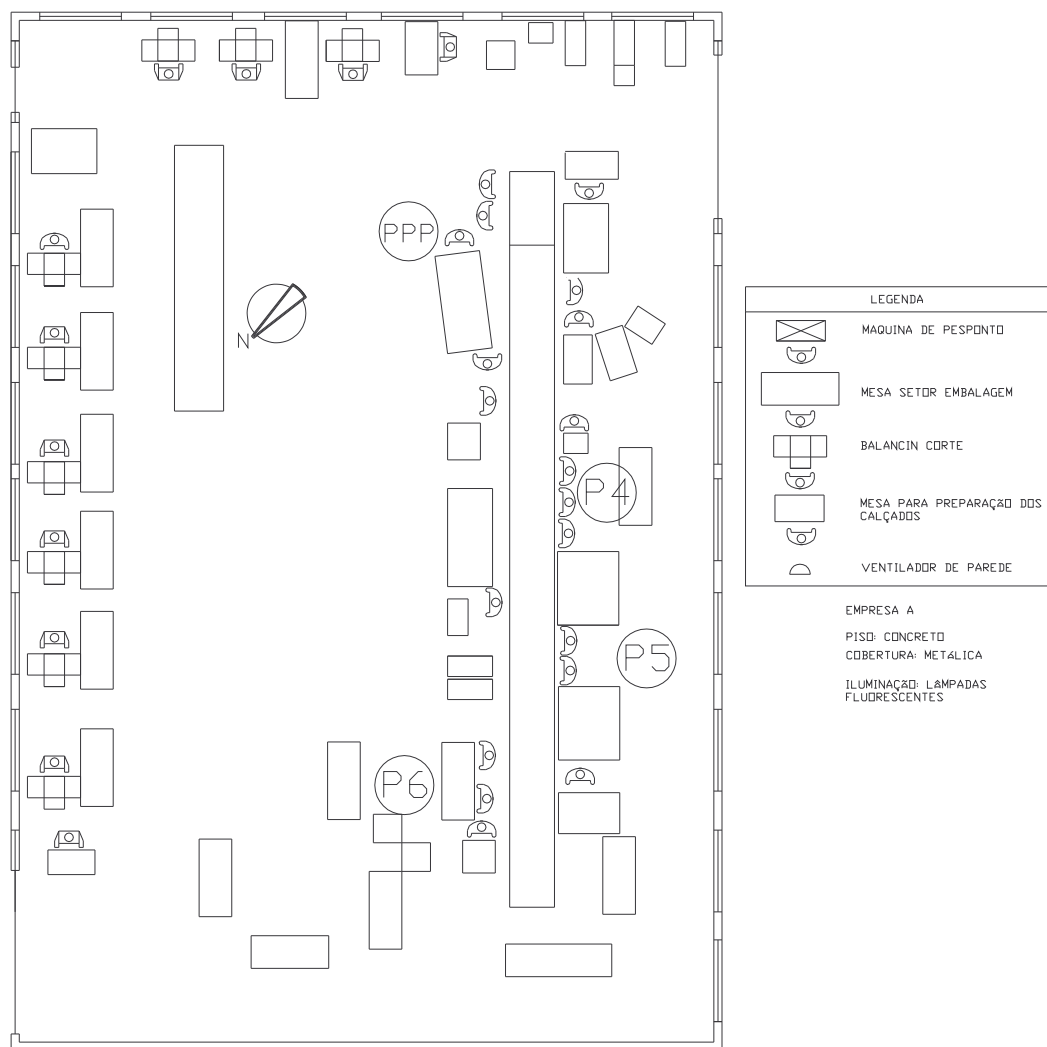


Figura B.6 – Croqui da Indústria A com identificação dos pontos de medição realizado no dia 17/01/2008.

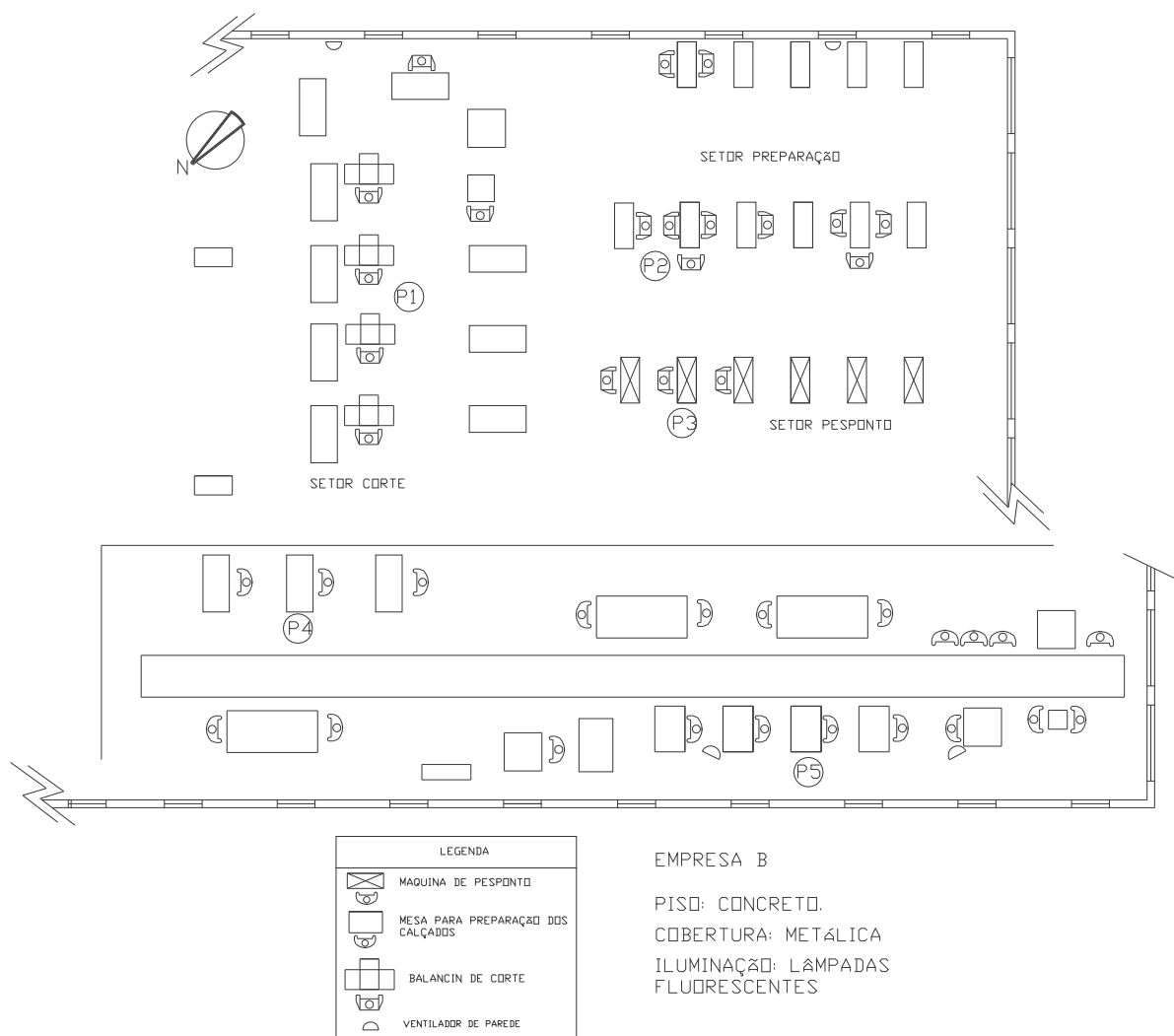


Figura B.7 – Croqui da Indústria B com identificação dos pontos de medição realizado no dia 18/01/2008.

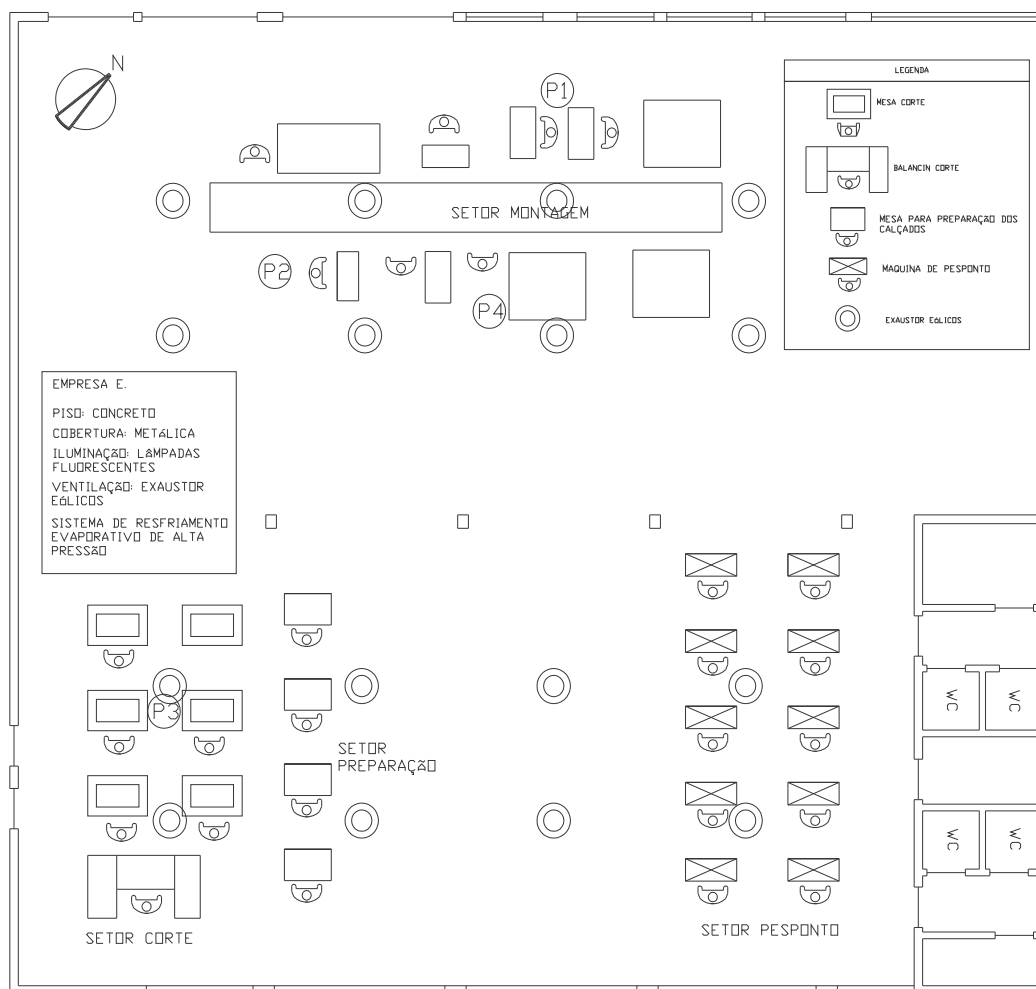


Figura B.8 – Croqui da Indústria E com identificação dos pontos de medição realizado no dia 25/01/2008.

IDADE	SEXO	ALTURA	PESO	FABRICANTOMEDIC	TBS	TRM	VELOAR	UR	MET	CLO	VME	PEI	SENSACAO	PREFERENCIA	TO	
38	M	1,80	118	A	P1	26,5	27,9	0,17	96	1,8	0,25	1,20	35	2	0	27,2
27	F	1,65	75	A	P1	26,5	27,9	0,17	96	1,4	0,30	0,84	19	0	-1	27,2
44	F	1,63	67	A	P1	26,5	27,9	0,17	96	1,4	0,30	0,84	19	0	0	27,2
44	F	1,63	42	A	P1	26,5	27,9	0,17	96	1,4	0,30	0,84	19	1	0	27,2
31	F	1,75	78	A	P1	29,1	30,7	0,17	87	1,4	0,40	1,79	66	0	0	29,9
31	M	1,80	66	A	P1	29,1	30,7	0,17	87	1,8	0,30	1,95	74	2	-1	29,9
31	M	1,72	85	A	P1	29,1	30,7	0,17	87	1,8	0,30	1,95	74	1	-1	29,9
43	M	1,73	84	A	P1	29,1	30,7	0,17	87	1,8	0,30	1,95	74	2	-1	29,9
43	M	1,73	78	A	P1	29,1	30,7	0,17	87	1,8	0,30	1,95	74	2	-1	29,9
35	M	1,88	80	A	P1	35,4	37,6	0,40	54	1,8	0,30	3,10	3,1	3	-1	36,28
24	M	1,77	71	A	P1	35,4	37,6	0,40	54	1,8	0,30	3,10	3,1	1	-1	36,28
24	M	1,75	82	A	P1	35,4	37,6	0,40	54	1,8	0,30	3,10	3,1	3	-1	36,28
36	M	1,75	64	A	P1	35,4	37,6	0,40	54	1,8	0,30	3,10	3,1	1	-1	36,28
37	M	1,69	54	A	P1	35,4	37,6	0,40	54	1,8	0,30	3,10	3,1	3	-1	36,28
30	M	1,70	90	A	P1	35,4	37,6	0,40	54	1,8	0,30	3,10	3,1	3	-1	36,28
34	M	1,73	94	A	P2	26,3	28,4	0,16	74	1,4	0,55	1,09	30	2	-1	27,3
39	F	1,66	65	A	P2	26,3	28,4	0,16	74	1,8	0,25	1,12	31	1	0	27,3
31	F	1,68	65	A	P2	26,3	28,4	0,16	74	1,8	0,25	1,12	31	0	0	27,3
37	F	1,45	48	A	P2	26,3	28,4	0,16	74	1,8	0,30	1,18	34	1	0	27,3
20	M	1,66	67	A	P2	27,5	29,2	0,16	72	1,4	0,30	1,07	29	1	0	27,3
19	F	1,60	57	A	P2	27,5	29,2	0,16	72	1,4	0,30	1,07	29	0	0	27,3
31	F	1,56	62	A	P2	27,5	29,2	0,16	72	1,4	0,30	1,07	29	0	0	27,3
28	M	1,78	105	A	P2	29,6	31,2	0,29	64	2	0,30	2,00	76	1	0	30,2
34	M	1,90	108	A	P2	29,6	31,2	0,29	64	2	0,30	2,00	76	2	-2	30,2
26	M	1,75	78	A	P2	29,6	31,2	0,29	64	2	0,30	2,00	76	2	-1	30,2
27	M	1,74	60	A	P2	34,7	37,4	0,21	50	2	0,45	3,10	3,1	3	-2	30,2
41	M	1,75	90	A	P2	34,7	37,4	0,21	50	2	0,45	3,10	3,1	3	-1	30,2
38	M	1,78	85	A	P2	34,7	37,4	0,21	50	2	0,45	3,10	3,1	3	-2	30,2
42	M	1,75	83	A	P2	34,7	37,4	0,21	50	2	0,45	3,10	3,1	3	-1	30,2
38	M	1,65	82	A	P2	34,7	37,4	0,21	50	1,4	0,45	3,10	3,1	3	-2	30,2
32	F	1,50	53	A	P3	27,5	29,2	0,14	80	1,4	0,30	1,18	34	2	0	28,3
23	F	1,60	60	A	P3	27,5	29,2	0,14	80	1,4	0,30	1,18	34	1	-1	28,3
18	F	1,72	74	A	P3	27,5	29,2	0,14	80	1,4	0,40	1,30	40	2	-1	28,3
19	F	1,58	57	A	P3	27,5	29,2	0,14	80	1,4	0,40	1,30	40	0	0	28,3
44	M	1,73	96	A	P3	27,5	29,2	0,14	80	1,8	0,30	1,52	52	0	-1	28,3
35	M	1,67	67	A	P3	34	34	0,21	50	2	0,35	2,91	98	1	-1	34
24	F	1,66	69	A	P3	34	34	0,14	50	1,4	0,35	2,79	97	2	-1	34
39	F	1,60	72	A	P3	34	34	0,14	50	1,4	0,35	2,79	97	3	-1	34
41	F	1,73	66	A	P3	34	34	0,14	50	1,4	0,35	2,79	97	3	-1	34

IDADE	SEXO	ALTURA	PESO	FABRICANTE	TIPO DE MEDICAMENTO	TBS	TRM	VELOCIDADE	UR	MET	CLO	VME	PEI	SENSACAO	PREFERENCIA	TO
31	F	1,58	57	A	P3	34	34	0,14	50	1,4	0,30	2,80	97	3	-1	34
24	M	1,80	70	A	P3	34	34	0,21	50	2	0,30	2,93	98	2	-2	34
21	M	1,70	71	A	P3	34	34	0,14	50	1,4	0,30	2,80	97	2	-1	34
21	M	1,87	96	A	P3	34	34	0,21	50	2	0,30	2,93	98	2	-2	34
28	M	1,80	72	B	P1	26,3	27,2	1,00	88	2	0,45	0,86	20	0	1	26,57
39	M	1,62	52	B	P1	26,3	27,2	1,00	88	2	0,50	0,97	24	0	-1	26,57
39	M	1,62	52	B	P1	28,9	28,9	0,80	95	2	0,50	1,88	71	0	-1	28,9
28	M	1,80	72	B	P1	28,9	28,9	0,80	95	2	0,50	1,88	71	1	-1	28,9
42	F	1,59	55	B	P2	25,8	27,4	0,26	68	1,4	0,25	0,13	5	1	0	26,44
35	F	1,60	63	B	P2	25,8	27,4	0,26	68	1,4	0,50	0,64	13	-1	-1	26,44
53	F	1,50	53	B	P2	25,8	27,4	0,26	68	2	0,50	1,27	38	0	-1	26,44
42	F	1,53	68	B	P2	25,8	27,4	0,26	68	1,4	0,50	0,64	13	0	0	26,44
16	F	1,69	60	B	P2	26,1	27,9	0,26	68	1,4	0,30	0,38	8	0	-1	26,82
32	F	1,60	64	B	P2	26,1	27,9	0,26	68	1,4	0,30	0,38	8	1	0	26,82
53	F	1,50	54	B	P2	28,1	29,7	0,37	77	1,8	0,40	1,53	52	1	-1	26,82
32	F	1,53	68	B	P2	28,1	29,7	0,26	68	1,8	0,50	1,63	57	2	-1	26,82
42	F	1,59	55	B	P2	28,1	29,7	0,26	68	1,8	0,30	1,45	48	1	-1	26,82
35	F	1,60	63	B	P2	28,1	29,7	0,26	68	1,8	0,50	1,63	57	1	-1	26,82
18	F	1,51	42	B	P2	28,1	29,7	0,26	68	1,4	0,50	1,33	41	1	1	26,82
29	F	1,65	57	B	P2	28,1	29,7	0,26	68	1,4	0,50	1,33	41	2	0	26,82
40	F	1,58	58	B	P2	28,1	29,7	0,26	68	1,4	0,50	1,33	41	1	-1	26,82
21	F	1,76	46	B	P2	28,1	29,7	0,26	68	1,4	0,50	1,33	41	0	0	26,82
16	F	1,69	60	B	P2	28,1	29,7	0,26	68	1,4	0,30	1,07	29	2	-1	26,82
24	F	1,49	56	B	P3	25,6	28,2	0,32	74	1,4	0,40	0,46	9	0	0	26,64
32	F	1,72	63	B	P3	25,6	28,2	0,32	74	1,4	0,40	0,46	9	0	0	26,64
21	F	1,51	48	B	P3	25,6	28,2	0,32	74	1,4	0,50	0,65	13	0	0	26,64
22	M	1,74	94	B	P3	25,6	28,2	0,32	74	1,4	0,50	0,65	13	0	-1	26,64
24	M	1,49	56	B	P3	28	30,1	0,40	87	1,4	0,40	1,24	37	0	0	28,8
17	M	2,00	60	B	P3	28	30,1	0,40	87	1,4	0,40	1,24	37	2	0	28,8
21	F	1,51	48	B	P3	28	30,1	0,40	87	1,4	0,30	1,08	29	1	0	28,8
32	F	1,75	63	B	P3	28	30,1	0,40	87	1,4	0,30	1,08	29	1	0	28,8
32	M	1,60	64	B	P3	28	30,1	0,40	87	1,4	0,30	1,08	29	1	0	28,8
40	F	1,58	58	B	P4	26,3	28,8	0,28	68	1,4	0,50	0,86	20	-1	0	27,3
18	F	1,51	42	B	P4	26,3	28,8	0,28	68	1,4	0,50	0,86	20	0	0	27,3
29	F	1,65	57	B	P4	26,3	28,8	0,28	68	1,4	0,50	0,86	20	0	0	27,3
45	M	1,75	90	D	P1	27,9	27,7	0,45	90	2	0,50	1,65	59	0	0	27,82
21	M	1,73	85	D	P1	27,9	27,7	0,45	90	2	0,50	1,65	59	-1	0	27,82
22	M	1,95	75	D	P2	27,2	27,7	0,56	80	2	0,50	1,43	46	0	0	27,4
30	M	1,60	73	D	P1	27,2	27,7	0,56	80	2	0,50	1,43	46	0	-1	27,4
30	M	1,76	82	D	P1	27,2	27,7	0,56	80	2	0,50	1,43	46	0	0	27,4

IDADE	SEXO	ALTURA	PESO	FABRICA	NTOMEDIC	TBS	TRM	VELOAR	UR	MET	CLO	VME	PEI	SENSACAO	PREFERENCIA	TO
33	M	1,74	89	D	P1	27,2	27,7	0,56	80	2	0,50	1,43	46	0	0	27,4
37	M	1,68	72	D	P1	27,2	27,7	0,56	80	2	0,50	1,43	46	1	0	27,4
21	M	1,60	56	D	P3	26,8	28,2	0,68	90	1,4	0,50	0,75	16	0	-1	27,3
21	F	1,65	70	D	P3	26,8	28,2	0,68	90	1,4	0,50	0,75	16	0	0	27,3
34	M	1,70	62	D	P4	26,5	28,2	0,77	81	2	0,40	1,11	31	0	0	27,1
37	M	1,65	73	D	P4	26,5	28,2	0,77	81	2	0,50	1,26	38	1	0	27,1
29	M	1,59	60	D	P4	26,5	28,2	0,77	81	1,4	0,30	0,03	5	1	0	27,1
31	M	1,58	50	D	P4	26,5	28,2	0,77	81	1,4	0,40	0,33	7	0	0	27,1
36	M	1,75	84	C	P6	25,3	25,6	0,86	76,3	2	0,55	0,88	21	0	-1	25,39
34	M	1,75	59	C	P6	25,3	25,6	0,86	76,3	1,8	0,55	0,65	13	0	-1	25,39
34	M	1,75	59	C	P6	30,5	31,3	0,73	54	1,6	0,55	1,86	69	1	-1	30,74
36	M	1,75	84	C	P6	30,5	31,3	0,73	54	1,8	0,55	1,98	75	2	-2	30,74
21	M	1,71	60	C	PPP	26,3	28,2	0,65	68	1,4	0,55	0,60	12	0	-1	27,06
21	M	1,71	60	C	PPP	31	33,2	0,48	51	1,4	0,55	2,08	80	2	-2	32,1
47	M	1,73	85	C	P4	26	26,2	0,34	72	1,8	0,55	1,03	27	1	-1	26,1
21	M	1,72	80	C	P4	26	26,2	0,34	72	1,6	0,55	0,82	19	1	0	26,1
37	M	1,65	75	C	P4	26	26,2	0,34	72	1,8	0,55	1,03	27	1	-1	26,1
25	M	1,61	57	C	P4	26	26,2	0,34	72	1,6	0,55	0,82	19	0	0	26,1
26	M	1,68	68	C	P4	26	26,2	0,34	72	1,6	0,55	0,82	19	0	0	26,1
21	F	1,64	70	C	P5	27,2	27,2	0,70	74	1,4	0,40	0,42	8	0	0	27,2
24	F	1,64	54	C	P5	27,2	27,2	0,70	74	1,4	0,68	0,96	24	1	-2	27,2
18	F	1,65	71	C	P5	27,2	27,2	0,70	74	1,4	0,50	0,64	13	1	-1	27,2
30	M	1,77	92	C	P5	27,2	27,2	0,70	74	1,8	0,55	1,18	34	2	-1	27,2
24	F	1,64	58	C	P5	27,2	27,2	0,70	74	1,8	0,60	1,24	37	1	0	27,2
30	F	1,74	66	C	P5	27,2	27,2	0,70	74	1,2	0,50	0,31	7	0	0	27,2
24	F	1,64	54	C	P5	31,5	31,8	0,90	53	1,2	0,55	1,94	73	1	-1	31,6
30	M	1,77	92	C	P5	31,5	31,8	0,90	53	1,8	0,55	2,19	84	1	0	31,6
24	F	1,64	58	C	P5	31,5	31,8	0,90	53	1,8	0,55	2,19	84	1	-1	31,6
30	F	1,74	66	C	P5	31,5	31,8	0,90	53	1,4	0,55	2,01	77	1	-1	31,6
21	F	1,64	70	C	P5	31,5	31,8	0,90	53	1,4	0,55	2,01	77	2	-2	31,6
18	F	1,65	71	C	P5	31,5	31,8	0,90	53	1,4	0,55	2,01	77	1	-1	31,6
32	F	1,55	56	A	P1	26,1	27,8	0,15	67	1,4	0,50	0,90	22	1	0	26,95
32	F	1,67	68	A	P1	26,1	27,8	0,15	67	1,8	0,50	1,27	38	1	0	26,95
32	F	1,55	56	A	P1	31,5	32,3	0,15	52	1,4	0,45	2,17	83	2	-1	31,9
25	F	1,55	48	A	P1	31,5	32,3	0,15	52	1,4	0,50	2,19	84	3	-1	31,9
32	F	1,67	68	A	P1	31,5	32,3	0,15	52	1,8	0,45	2,29	88	3	-1	31,9
36	M	1,76	92	A	P2	25,7	27,4	0,15	66,2	1,8	0,40	1,08	29	1	0	26,55
29	F	1,65	80	A	P2	25,7	27,4	0,15	66,2	1,4	0,50	0,78	17	1	-1	26,55
45	F	1,60	74	A	P2	25,7	27,4	0,15	66,2	1,4	0,50	0,78	17	1	0	26,55
38	F	1,50	50	A	P2	25,7	27,4	0,15	66,2	1,8	0,50	1,18	34	1	-1	26,55

IDADE	SEXO	ALTURA	PESO	FABRICANT	TOMEDIC	TBS	TRM	VELOAR	UR	MET	CLO	VME	PEI	SENSACAO	PREFERENCIA	TO
36	M	1,76	92	A	P2	31,3	31,7	0,20	52	1,6	0,40	2,08	80	1	0	31,5
29	F	1,65	80	A	P2	31,3	31,7	0,20	52	1,4	0,45	2,03	78	2	-1	31,5
45	F	1,60	74	A	P2	31,3	31,7	0,20	52	1,4	0,40	2,01	77	2	-1	31,5
38	F	1,50	50	A	P2	31,3	31,7	0,20	52	1,8	0,45	2,19	84	2	-2	31,5
45	F	1,61	70	A	P4	26,2	27,2	0,12	67	1,4	0,50	0,91	22	1	0	26,7
35	M	1,72	90	A	P4	26,2	27,2	0,12	67	1,6	0,40	0,99	25	1	0	26,7
45	F	1,61	70	A	P4	31,2	32	0,15	51	1,4	0,42	2,06	79	2	-1	31,6
27	F	1,70	74	A	P4	31,2	32	0,15	51	1,4	0,50	2,09	80	2	-1	31,6
35	F	1,72	90	A	P4	31,2	32	0,15	51	1,8	0,40	2,21	85	1	-1	31,6
25	F	1,65	75	A	P6	31,8	32,9	0,20	52	1,4	0,50	2,29	87	2	-2	32,35
40	F	1,68	70	A	P6	31,8	32,9	0,20	52	1,4	0,45	2,27	87	2	-1	32,35
42	F	1,68	68	A	P6	31,8	32,9	0,20	52	1,4	0,40	2,26	86	2	-1	32,35
30	M	1,72	90	A	PPP	31,6	33,8	0,37	50	1,4	0,50	2,27	87	1	0	29,1
25	M	1,72	92	A	PPP	31,6	33,8	0,37	50	1,4	0,55	2,29	87	2	-1	29,1
38	M	1,76	64	A	PPP	31,6	33,8	0,37	50	1,4	0,40	2,24	86	2	-1	29,1
42	M	1,75	90	A	P4	31,4	32,3	0,20	53	2	0,45	2,39	90	1	0	31,85
27	M	1,74	58	A	P4	31,4	32,3	0,20	53	2	0,45	2,39	90	2	-1	31,85
22	M	1,70	71	A	P5	31,5	32,9	0,17	55	1,4	0,40	2,25	86	1	0	32,2
24	M	1,76	83	A	P5	31,5	32,9	0,17	55	1,6	0,40	2,29	87	3	-2	32,2
18	M	1,70	75	B	P1	30,8	30,8	0,55	61	1,8	0,40	2,00	76	1	0	30,8
18	M	1,75	63	B	P2	31,7	31,7	0,70	59	1,4	0,45	2,07	79	2	0	31,7
19	F	1,65	42	B	P2	31,7	31,7	0,70	59	1,4	0,40	2,03	78	2	-1	31,7
17	F	1,65	48	B	P2	31,7	31,7	0,70	59	1,4	0,48	2,08	80	2	-1	31,7
22	F	1,65	48	B	P2	31,7	31,7	0,70	59	1,4	0,40	2,03	78	1	-1	31,7
40	F	1,59	59	B	P2	31,7	31,7	0,70	59	1,4	0,45	2,07	79	2	-1	31,7
37	F	1,60	64	B	P3	31,7	31,7	0,70	59	1,8	0,50	2,27	87	2	-2	31,7
19	F	1,69	57	B	P3	31,7	31,7	0,70	59	1,8	0,50	2,27	87	2	-1	31,7
35	F	1,55	70	B	P4	30,1	30,1	0,30	67	1,4	0,45	1,69	61	2	-1	30,1
28	F	1,62	43	B	P4	30,1	30,1	0,30	67	1,4	0,40	1,64	58	1	-1	30,1
35	M	1,80	96	B	P5	30,3	29,5	0,30	70	2	0,50	2,10	81	2	-1	29,98
54	M	1,64	64	B	P5	30,3	29,5	0,30	70	2	0,50	2,10	81	1	0	29,98
50	M	1,68	72	B	P6	30,6	29,3	0,20	66	1,4	0,50	1,78	65	1	-1	29,95
18	M	1,75	73	B	P6	30,6	29,3	0,20	66	1,4	0,50	1,78	65	1	-1	29,95
32	F	1,54	50	E	P1	27,4	27,6	0,17	70	1,4	0,50	1,08	29	2	-1	25,5
21	F	1,70	70	E	P1	27,4	27,6	0,17	70	1,4	0,50	1,08	29	2	-1	25,5
24	F	1,60	78	E	P1	27,4	27,6	0,17	70	1,4	0,50	1,08	29	1	0	25,5
16	F	1,68	49	E	P2	27,3	27,5	0,14	76	1,4	0,50	1,14	32	2	-1	27,4
16	F	1,68	49	E	P2	27,3	27,5	0,14	76	1,4	0,50	1,14	32	2	-1	27,4
34	M	1,68	70	E	P3	27,3	27,3	0,08	76	2	0,50	1,68	60	2	-1	27,3
21	M	1,70	100	E	P4	27,5	27,5	0,08	73	2	0,50	1,70	61	2	-1	27,5

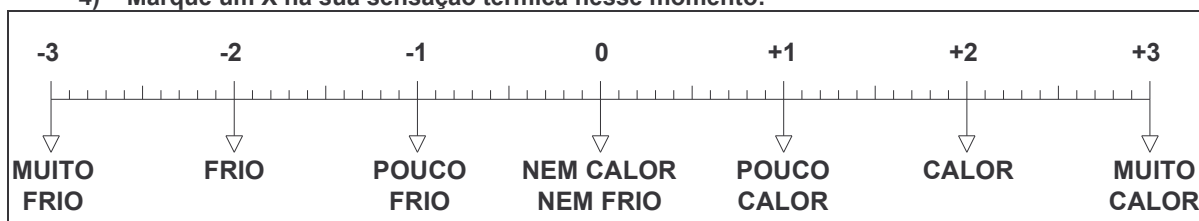
ANEXO D

Segundo Questionário

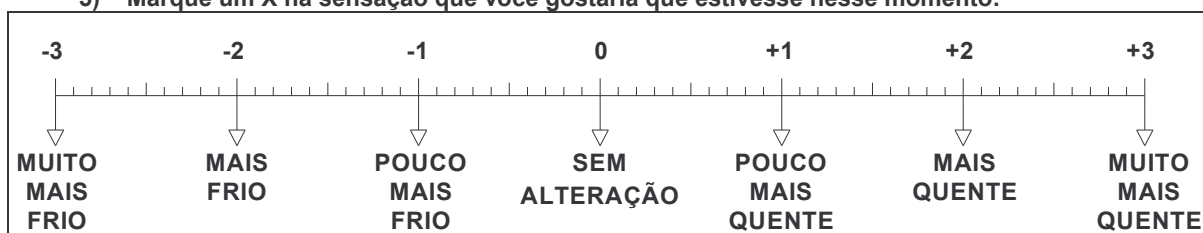
Nome da Empresa: _____ Local Avaliado: _____
 Data da Avaliação: __/__/__ Horas: _____ Ponto de Medição: _____

Nome: _____ Função: _____ Idade: _____ anos
 Sexo: _____ Altura: _____ m Peso: _____ Kg

4) Marque um X na sua sensação térmica nesse momento:



5) Marque um X na sensação que você gostaria que estivesse nesse momento:



6) Marque as peças de roupa que está usando e acrescente o que faltar nas linhas em branco:

Roupa íntima e acessórios	
☐	Sutiã
☐	calcinha
☐	cueca
Camisas, camisetas e blusas	
☐	Camiseta sem manga
☐	Camiseta com manga curta
☐	Camiseta com manga longa
☐	Camisa com gola, manga curta, tecido fino
☐	Camisa com gola, manga curta, tecido grosso
☐	Camisa com gola, manga longa, tecido fino
☐	Camisa com gola, manga longa, tecido grosso
☐	Camisa pólo, manga curta
☐	Corpete
Outros	
☐	
☐	

Calças, shorts e bermudas	
☐	Calça jeans
☐	Calça tecido grosso
☐	Calça tecido fino
☐	Short ou bermuda
Saias ou vestidos	
☐	Saia até o tornozelo
☐	Saia até o joelho
☐	Vestido até o joelho, sem manga
☐	Vestido até o joelho, manga curta
☐	Vestido até o joelho, manga longa
Calçados, meias	
☐	Sapato ou tênis
☐	Chinelo, tamanco ou sandália
☐	Meia esportiva
☐	Meia fina
☐	