

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**AVALIAÇÃO DAS PERCEPÇÕES QUANTO AO AMBIENTE  
TÉRMICO EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA: UM ESTUDO DE  
CASO**

**Miriam Barbiero**

**Porto Alegre**

**2004**

**Miriam Barbiero**

**AVALIAÇÃO DAS PERCEPÇÕES QUANTO AO AMBIENTE  
TÉRMICO EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA: UM ESTUDO DE  
CASO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado  
Profissionalizante em Engenharia como requisito parcial à  
obtenção do título de Mestre em Engenharia – modalidade  
Profissionalizante – Ênfase em Ergonomia

Orientador: Profa. Lia Buarque de Macedo Guimarães, PhD CPE

Porto Alegre

2004

**Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pelo Coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.**

---

**Prof<sup>ª</sup>. Lia Buarque de Macedo Guimarães, PhD CPE**  
Orientador Escola de Engenharia/UFRGS

---

**Prof<sup>ª</sup>. Helena Beatriz Bettella Cybis, Dra.**  
Coordenadora MP/Escola de Engenharia/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof<sup>ª</sup>. Luiza Seligman, Engenheira Mecânica, Dra.

**FEEVALE**

Prof. Paulo Otto Beyer, Engenheiro Mecânico, Dr.

**PROMEC/UFRGS**

Prof. Tarcísio Abreu Saurin, Engenheiro Civil, Dr.

**PPGEP/UFRGS**

## **DEDICATÓRIA**

A minha família, pelo apoio constante.

Aos meus pais, pelo amor, carinho e estímulo que sempre me dedicaram. Essa conquista também é de vocês, com a minha gratidão.

## **AGRADECIMENTOS**

Ana Mirthes Hackenberg

Carolina Bustos

Inez Tóffoli Baptista

Lia Buarque de Macedo Guimarães

Mariele Stefani Grandi

Paulo Otto Beyer

Roselaine Batista

Rudolf M. Nielsen

Simone Antunes da Silva

## RESUMO

Este trabalho trata de um estudo de caso junto a trabalhadores de uma unidade de produção de uma indústria metalúrgica, para a avaliação das condições e percepções do ambiente térmico, através do levantamento das variáveis de influência (temperatura, velocidade e umidade do ar, temperatura média radiante, atividade metabólica e isolamento térmico da vestimenta) e parâmetros subjetivos de conforto, no período de verão, com base nas normas internacionais da série ISO – *International Organization for Standardization* – e as normas brasileiras do tipo NR e NBR. Observou-se que os fatores ambientais e pessoais podem influenciar nas percepções do ambiente de trabalho. Com base em índices calculados e levantados no local e em parâmetros subjetivos relativos ao conforto térmico, mostraram que: a) mesmo não tendo sido constatado estresse térmico, o ambiente apresentou índices térmicos em desconformidade aos recomendados para conforto, sendo que as percepções levantadas pelos trabalhadores, através da aplicação de questionário subjetivo, confirmaram esta realidade; b) mesmo tendo sido evidenciadas as condições de desconforto térmico, 60% dos trabalhadores aceitaram as condições térmicas do ambiente de trabalho; c) mesmo aceitando o ambiente térmico, o trabalhador o percebeu “desconfortável” e “quente”. Tornou-se evidente a inexistência de uma legislação que comporte, de fato, a realidade do ambiente térmico do trabalhador da indústria, que considere as diversidades regionais, para servir de ponto de referência a toda e qualquer pesquisa nesta área do conhecimento.

Palavras-chave: trabalhador, percepções térmicas, indústria.

## **ABSTRACT**

This dissertation is on a case study of workers at a production unit at a metal industry for the evaluation of thermal environment conditions and perceptions through the measurements of influence variables (air temperature, air velocity, humidity, mean radiant temperature, metabolic heat production and clothing insulation) and through subjective comfort parameters in summer through the international norms of the ISO – International Organization for Standardization – series and the Brazilian norms of the NR and NBR. Environmental and personal factors were noticed to be likely to influence the work-environment perception. Both the index that was calculated and measured in the local and the subjective parameters that were analyzed concerning thermal comfort showed that: a) although thermal stress was not found, the environment presented thermal indexes not in accordance with those recommended for comfort, and the perceptions measured by the workers through the application of a subjective questionnaire confirmed this reality; b) although the conditions of thermal discomfort were made evident, in this production unit, 60% of the workers accepted the work-environment thermal conditions; c) although the workers accepted the thermal environment, they perceived it as “uncomfortable” and “hot”. The inexistence of a legislation that comprehend in fact the reality of the industry workers’ thermal environment became evident by considering regional diversity, in order to serve as a reference point to any research into this area of knowledge.

Key-word: worker, thermal perceptions, industry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Configurações dimensionais ótimas em edifícios .....	31
Figura 2 - Equipamentos de medição das variáveis ambientais .....	46
Figura 3 - Detalhamento do fechamento lateral e ventilação natural .....	57
Figura 4 - Detalhamento do sistema de ventilação natural na cobertura .....	57
Figura 5 - Detalhe da fenda para ventilação natural .....	57
Figura 6 - Ventiladores com aspersão de água .....	57
Figura 7- Projeção da cobertura .....	58
Figura 8- Leiaute – Setores de Trabalho .....	58
Figura 9- Vista parcial do Setor S1 – Injetora .....	59
Figura 10- Vista parcial do Setor S2 – Churrasqueira .....	59
Figura 11- Vista parcial do Setor S3 – Solda Ponto .....	60
Figura 12- Vista parcial do Setor S4 – Corte de Tubos .....	60
Figura 13- Vista parcial do Setor S5 – Pintura .....	61
Figura 14- Vista parcial do Setor S6 – Piscinas .....	62
Figura 15- Vista parcial do Setor S7 – Cadeiras .....	62
Figura 16- Vista parcial do Setor S8 – Tábuas, Escadas e Varais .....	63
Figura 17- Vista parcial do Setor S9 – Corte e dobra de Arame .....	63
Figura 18- Vista parcial do Setor S10 – Área Externa .....	64
Figura 19- Vista parcial do Setor S11 – Espetos e Grelhas .....	64
Figura 20- Vista parcial do Setor S12 – Panelas .....	65
Figura 21- Vista parcial – Setor S13 – Estoques e Expedição .....	65
Figura 22- Vista parcial – Setor S14 – Embalagem Piscinas .....	66
Figura 23- Comparativo $PMV$ calculado e $PMVe$ ajustado .....	74
Figura 24- Comparativo $PMV/PPD$ e $PMVe/PPDe$ .....	74
Figura 25- Frequência – Sensação térmica .....	77
Figura 26- Frequência – Conforto térmico .....	77
Figura 27- Frequência – Preferência térmica .....	78
Figura 28- Frequência – Tolerância ao ambiente térmico .....	78
Figura 29- Frequência – Aceitação do ambiente térmico .....	79
Figura 30- Percepções – Terminologia .....	85
Figura 31- Quadro geral das condições físicas da unidade de produção .....	93



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Taxas metabólicas ( $M$ ).....	28
Tabela 2- Resistência térmica da vestimenta ( $I_{cl}$ ) a diferentes níveis de resistência ao fluxo de calor ( $m^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ , $clo$ ) .....	29
Tabela 3- Escala de sensação térmica .....	49
Tabela 4- Escala de preferência térmica .....	49
Tabela 5- Escala de conforto pessoal .....	49
Tabela 6- Escala de tolerância pessoal .....	49
Tabela 7- Fator de Expectativa para edificações não climatizadas em climas quentes (e)	51
Tabela 8- Caracterização da população de trabalhadores envolvidos na pesquisa .....	67
Tabela 9- Distribuição setorial dos trabalhadores .....	67
Tabela 10- Variáveis ambientais dos setores de trabalho .....	68
Tabela 11- Média do Índice de Resistência Térmica da Vestimenta por setor .....	71
Tabela 12- Média da Taxa Metabólica por setor .....	72
Tabela 13- Sensação térmica dos trabalhadores .....	72
Tabela 14- Valores de $PMV / PMVe$ e $PPD / PPDe$ ajustados por expectativa .....	73
Tabela 15- Resumo de índices normalizados e o $IBUTG$ medido .....	75
Tabela 16- Resultado de questionário subjetivo das percepções térmicas .....	76
Tabela 17- Mediana das percepções de conforto, preferência e tolerância .....	81
Tabela 18- Influência do sexo nas percepções de conforto térmico .....	81
Tabela 19- Influência dos turnos na sensação térmica percebida .....	82
Tabela 20- Influência da atividade metabólica nas percepções de conforto térmico .....	83
Tabela 21- Quadro geral das variáveis ambientais, pessoais e percepções do ambiente térmico .....	85
Tabela 22- Influência do índice $PMV$ na sensação térmica percebida .....	90

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1.1 Objetivos</b> .....	15
<b>1.2 Estrutura do trabalho</b> .....	16
<b>1.3 Limitações do trabalho</b> .....	17
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
<b>2.1 Conforto térmico</b> .....	18
<b>2.2 Temperatura do corpo</b> .....	19
<b>2.3 Produção e trocas de calor pelo corpo humano</b> .....	20
<b>2.4 Balanço térmico</b> .....	21
<b>2.5 Fatores que interferem no conforto térmico</b> .....	22
<b>2.5.1 Variáveis ambientais</b> .....	22
<b>2.5.2 Variáveis pessoais e subjetivas</b> .....	26
<b>2.5.3 Variáveis arquitetônicas que impactam nas variáveis térmicas</b> .....	30
<b>2.6 Índices de conforto</b> .....	34
<b>2.7 Normas de conforto térmico</b> .....	39
<b>2.8 Estudos de conforto térmico em ambientes não climatizados no Brasil</b> .....	42
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	44
<b>3.1 Características físicas e climáticas do local</b> .....	44
<b>3.2 Descrição da empresa e seu espaço físico</b> .....	44
<b>3.3 Descrição dos setores de trabalho</b> .....	45
<b>3.4 Características da população</b> .....	45
<b>3.5 Equipamentos de medição das variáveis ambientais</b> .....	45
<b>3.6 Análise das variáveis de influência e parâmetros subjetivos de conforto</b> .....	46
<b>3.6.1 Levantamento das variáveis ambientais</b> .....	46
<b>3.6.2 Avaliação da atividade metabólica dos trabalhadores</b> .....	47
<b>3.6.3 Avaliação da resistência térmica da vestimenta dos trabalhadores</b> .....	48
<b>3.6.4 Aplicação de questionário das percepções térmicas dos trabalhadores</b> .....	49
<b>3.7 Estimativa dos índices térmicos</b> .....	50
<b>3.7.1 Voto Médio Estimado (PMV)</b> .....	50

3.7.2 <i>Percentagem Estimada de Insatisfeitos (PPD)</i> .....	51
3.7.3 <i>Análise do estresse térmico do trabalhador baseado no índice WBGT – Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo, ISO – 7243 e IBUTG, NR – 15</i> .....	51
3.7.4 <i>Temperatura Efetiva</i> .....	52
3.8 <i>Análise estatística</i> .....	52
3.8.1 <i>Análise das percepções dos trabalhadores quanto ao ambiente térmico</i> .....	53
3.8.2 <i>Análise da relação existente entre fatores pessoais e as percepções dos trabalhadores quanto ao ambiente térmico</i> .....	53
3.8.3 <i>Análise da influência das variáveis ambientais e pessoais nas percepções levantadas quanto ao ambiente térmico</i> .....	53
3.8.4 <i>Análise da correlação existente entre os índices de conforto térmico PMV/PPD (ISO 7730) e as sensações térmicas reais do ambiente (ISO 10551) pela análise de regressão linear</i> .....	54
3.8.5 <i>Análise da relação existente entre os índices de conforto térmico calculado PMV/PPD (ISO 7730) e as sensações térmicas reais do ambiente (ISO 10551) pelo Teste Exato de Fisher</i> .....	54
4 <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	56
4.1 <b>Características físicas e climáticas</b> .....	56
4.2 <b>Descrição do espaço físico</b> .....	56
4.3 <b>Descrição dos setores</b> .....	58
4.3.1 <i>Setor S1 – Injetoras</i> .....	59
4.3.2 <i>Setor S2 – Churrasqueiras</i> .....	59
4.3.3 <i>Setor S3 – Solda Ponto</i> .....	60
4.3.4 <i>Setor S4 – Corte de Tubos</i> .....	60
4.3.5 <i>Setor S5 – Pintura</i> .....	61
4.3.6 <i>Setor S6 – Piscinas</i> .....	61
4.3.7 <i>Setor S7 – Cadeiras</i> .....	62
4.3.8 <i>Setor S8 – Tábuas, Escadas e Varais</i> .....	62
4.3.9 <i>Setor S9 – Corte e Dobra de Arame</i> .....	63
4.3.10 <i>Setor S10 – Ponto de medição na área externa</i> .....	64
4.3.11 <i>Setor S11 – Espetos e Grelhas</i> .....	64
4.3.12 <i>Setor S12 – Painelas</i> .....	65
4.3.13 <i>Setor S13 – Estoques e Expedição</i> .....	65
4.3.14 <i>Setor S14 – Embalagem Piscinas</i> .....	66
4.4 <b>Características da população</b> .....	66
4.5 <b>Demonstrativo das variáveis de influência e dos índices térmicos encontrados e as recomendações normatizadas</b> .....	68
4.5.1 <i>Resistência térmica da vestimenta</i> .....	70

4.5.2 Atividade metabólica .....	71
4.5.3 Voto Médio Estimado (PMV) e Percentagem Estimada de Insatisfeitos (PPD) ..	72
4.5.4 Análise do estresse térmico do trabalhador baseada no índice WBGT- Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo, ISO 7243 e IBUTG, NR-15 .....	75
4.6 Análise das percepções dos trabalhadores quanto ao ambiente térmico .....	76
4.7 Influência do sexo nas percepções de conforto térmico, levantada pelos trabalhadores .....	81
4.8 Influência dos turnos na sensação térmica percebida pelos trabalhadores .....	82
4.9 Influência da atividade metabólica na sensação térmica percebida pelos trabalhadores .....	82
4.10 Influência das variáveis ambientais e pessoais nas percepções de conforto térmico .....	83
4.11 Análises comparativas e de associação do modelo PMV (ISO 7730) com as sensações reais percebidas (ISO 10551) .....	90
4.12 Quadro geral das condições físicas da unidade produtiva .....	91
5 CONCLUSÃO .....	94
REFERÊNCIAS .....	97
APÊNDICES .....	101
APÊNDICE A – Teste de normalidade .....	102
APÊNDICE B – Localização de pontos de medição e ventiladores .....	104
APÊNDICE C – Distribuição de frequência da vestimenta utilizada por setor .....	105
APÊNDICE D – Média ponderada do conjunto de vestimenta por setor – $M_{p_{clo}}$ ( $clo$ ) .....	106
APÊNDICE E – Média ponderada da atividade metabólica por setor – $M_{p_{met}}$ ( $W/m^2$ ) .....	107
APÊNDICE F – Frequência das percepções térmicas do ambiente – ISO 10551 .....	108
APÊNDICE G – Teste Exato de Fisher – Sexo * Percepções.....	109
APÊNDICE G – Teste Exato de Fisher – Sexo * Percepções (continuação) .....	110
APÊNDICE H – Teste Exato de Fisher – Turnos * Sensação térmica .....	111
APÊNDICE I – Teste Exato de Fisher – Atividade Metabólica ( $M$ ) * Sensação térmica .....	112
APÊNDICE J – Quadro geral das variáveis ambientais e pessoais e percepções dos trabalhadores .....	113
APÊNDICE L – Teste Exato de Fisher – Sensação * Voto Médio Estimado (PMV) .....	116
APÊNDICE M – Quadro comparativo PMV – $PMVe$ – ISO 10551 .....	117
APÊNDICE N – Características individuais dos trabalhadores em relação aos turnos .....	118
ANEXOS .....	132
ANEXO A – Modelo de questionário .....	133
ANEXO B – Ábaco da temperatura efetiva.....	134

<b>ANEXO C – Medida da velocidade dos ventos.....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO D – Medida das variáveis ambientais .....</b>	<b>137</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade do trabalhador em indústria está diretamente relacionada à segurança, satisfação e bem-estar. O local de trabalho, além de ser um espaço físico, representa a expectativa de realização profissional e pessoal que deve ser alimentada em benefício do próprio trabalhador, da empresa e da sociedade.

O desempenho do trabalho humano sofre a influência de fatores ambientais, organizacionais e psicológicos, que interferem no seu relacionamento com o ambiente de trabalho. Estudos realizados em laboratório e na indústria comprovam a influência destes fatores, tanto na produtividade quanto nos riscos por acidentes. O homem, quando obrigado a suportar altas temperaturas, apresenta baixo rendimento, o seu grau de concentração e a velocidade na realização de tarefas diminuem, as pausas se tornam mais frequentes e a frequência de erros e acidentes tende a aumentar significativamente (IIDA, 1990).

A interação do espaço físico com o desenvolvimento das atividades mostra a importância de se avaliar a qualidade do ambiente construído. Na busca por maior produtividade, a preocupação dos estudos dedicados à organização do trabalho é a satisfação do homem e seu interesse, cada vez maior, pelo ambiente em que exerce sua atividade.

As condições ambientais, as características físicas do local e a eficiência das suas potencialidades naturais são alguns dos fatores influenciadores no planejamento dos espaços. Porém, é sabido que muitos destes se transformam em ambientes inadequados, gerando custos sociais, desconforto térmico e comprometimento com a saúde.

Em estudos realizados com trabalhadores de indústria, Kricheldorf e Hackenberg (2003) verificaram que o ambiente exerce grande influência na sensibilidade do trabalhador, e que alterações nas características construtivas podem gerar ganhos significativos na sua satisfação e produtividade. “Na medida em que o meio é termicamente mais hostil, aumenta a preocupação do indivíduo sobre esse problema, afastando sua atenção da atividade específica que está realizando, favorecendo a distração e a conseqüente perda de eficiência e segurança no trabalho” (RIVERO, 1986, p. 67).

Hackenberg, Pereira e Lima Filho (2001) desenvolveram um estudo sobre a influência das variáveis ambientais e pessoais nas sensações térmicas dos trabalhadores fabris em duas regiões do Brasil com climas distintos. Os resultados mostraram que, em ambientes não climatizados, as condições físico-ambientais e pessoais, como a atividade e a vestimenta, exercem grande influência na insatisfação térmica dos trabalhadores. Concluíram que as edificações estudadas poderiam ter as suas condições de conforto amenizadas se os projetos, na fase de concepção, tivessem seguido as recomendações da bioclimatologia.

A bioclimatologia, tema de estudos desenvolvidos por Olgyay, Givoni, Szokolay, Koenigsberger (GOULART *et al.*, 1994), adaptou a edificação às necessidades do homem, melhorando as condições de conforto por meio de estratégias passivas, como uma orientação adequada de implantação, direção e intensidade dos ventos, trajetória do sol, isolamento e massa térmica, propiciando a eficiência energética.

Nesse início de século, intensificaram-se as discussões sobre eficiência energética e sustentabilidade ambiental. Marcos, como a formulação de uma política nacional do meio ambiente e a criação de agências fiscalizadoras, sinalizaram uma nova sensibilidade do Estado às pressões dos ambientalistas. Em 1988, um capítulo dedicado ao meio ambiente foi incorporado à Constituição Brasileira, consolidando as leis ambientais que atravessaram a década de 90. Isto fez com que 85% das indústrias adotassem algum tipo de procedimento associado às questões ambientais (CNI, 2002). No Brasil, apesar do consumo de energia total em edificações industriais, comerciais e públicas estarem na ordem de 42% (MME, 2004), o país ainda não possui uma norma que regule os gastos energéticos em edifícios. Para Carlo *et al.* (2003), uma regulamentação nacional, visando combater o desperdício de energia em edificações, deveria se apresentar como uma norma, padrão Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Uma legislação deveria ser contemplada não só para a questão energética, mas também para as questões de conforto dos espaços habitados em benefício da saúde dos seus ocupantes e enquadrada à realidade brasileira, considerando as suas diversidades regionais.

O conforto térmico é, essencialmente, uma resposta subjetiva ou estado da mente em que uma pessoa expressa satisfação com o ambiente térmico. Embora possa ser parcialmente

influenciado por fatores contextuais e pessoais, o entendimento de conforto térmico de uma pessoa é basicamente um resultado da troca de calor do corpo com o meio (OLESEN; BRAGER, 2004).

A razão de se produzir conforto térmico é principalmente satisfazer o desejo do homem de sentir-se termicamente confortável. Além disso, o conforto térmico pode ser justificado do ponto de vista do desempenho humano. Pesquisas neste sentido revelaram que o desempenho intelectual, manual e perceptivo do homem é em geral maior quando ele se encontra em condições de conforto térmico (FANGER, 1972).

## 1.1 Objetivos

O objetivo desta dissertação é realizar uma avaliação das condições de conforto e das percepções dos trabalhadores, do setor de produção, relativas ao ambiente térmico, de uma indústria metalúrgica em Santa Cruz do Sul – RS, no período de verão.

Dentre os objetivos específicos, estão os seguintes:

- a) levantar as medições ambientais do setor de produção conforme a ISO 7726 ;
- b) avaliar as condições térmicas do setor de produção, utilizando a norma regulamentadora NR 15, as normas internacionais da série ISO relativas ao ambiente térmico como a 11399, 9920, 8996 e 7243 e a ANSI/ASHRAE *Standard 55* relativa a Condições do Ambiente Térmico para Ocupação Humana;
- c) avaliar as percepções de conforto térmico dos trabalhadores através da aplicação de questionário subjetivo proposto pela ISO 10551 e compará-la ao modelo analítico do Voto Médio Estimado (*PMV*) proposto por Fanger (1972) e normatizado pela ISO 7730 (1994);
- d) avaliar as percepções de conforto térmico nos setores e entre os setores, identificando as preferências térmicas dos trabalhadores;
- e) analisar a influência que as variáveis ambientais e pessoais podem exercer nas percepções de conforto térmico levantadas pelos trabalhadores.



## 1.2 Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. No primeiro capítulo, é apresentada uma introdução ao tema, justificando a importância das variáveis ambientais e pessoais para o conforto dos trabalhadores de indústria, os objetivos, as limitações do trabalho, bem como a descrição dos capítulos.

O segundo capítulo trata da descrição dos fatores físico-ambientais influenciadores do ambiente térmico. É feita uma revisão bibliográfica contemplando: (a) as definições de conforto, processos de controle, produção e trocas de calor pelo corpo humano; (b) balanço térmico; (c) fatores e variáveis que interferem no conforto térmico; (d) estratégias passivas e bioclimatologia; (e) normatização para conforto térmico.

O terceiro capítulo consiste na metodologia aplicada para o desenvolvimento do trabalho quanto à descrição da empresa, localização, características físicas internas e externas, descrição dos setores de trabalho, levantamento dos dados, implementação de métodos qualitativos e quantitativos na avaliação das variáveis de influência e aplicação de questionário subjetivo da percepção térmica do ambiente junto aos trabalhadores. Para a realização desta etapa, foi necessário uma equipe de apoio e equipamentos para medição dos parâmetros ambientais.

O quarto capítulo apresenta a análise e discussão dos resultados obtidos no estudo de caso, utilizando-se da análise estatística e da interpretação do questionário subjetivo aplicado aos trabalhadores.

O quinto capítulo apresenta as conclusões dos resultados obtidos, as sugestões de melhorias e subsídios para trabalhos futuros, levando-se em consideração a incorporação da opinião do trabalhador e as limitações da pesquisa.

### **1.3 Limitações do trabalho**

O levantamento foi feito apenas em uma unidade da empresa em estudo. Portanto, os resultados só poderão servir de comparativo para estudos, em locais com condições similares de ambiente.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Conforto térmico

Dentre as definições de conforto térmico, há duas que se pode chamar de complementares e que definem bem o conceito. De caráter subjetivo, uma delas define conforto térmico como sendo aquela condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. A outra, abordando fundamentos fisiológicos, define o conforto térmico de um indivíduo quando são alcançadas as condições do meio que permitam que o sistema termorregulador do corpo esteja em estado de mínima tensão (RIVERO, 1986), ou seja, que o sistema termorregulador não esteja operando.

Um ambiente termicamente neutro, segundo Fanger (1972), é a condição na qual uma pessoa não sinta nem calor nem frio em relação ao ambiente térmico em que se encontra. A ISO 7730 (1994) define conforto térmico como a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente e complementa que o desconforto poderá ser causado por correntes de ar, por diferenças de temperaturas no sentido vertical entre as extremidades do corpo, por assimetria da temperatura radiante, por uma taxa metabólica alta ou ainda por uma vestimenta pesada. A ASHRAE- 55 (2004) estabelece a diferença de temperatura do ar vertical admissível entre a cabeça e os tornozelos menor de 3°C, e para temperatura de piso admissível, o intervalo de 19°C a 29°C.

A saúde, a satisfação, a segurança e a produtividade são quesitos que estão diretamente ligados a um ambiente de trabalho saudável, termicamente neutro, que permita que a produção de calor metabólico se equilibre com as perdas de calor sensível (convecção, radiação, condução) e com as perdas de calor respiratório, sem que haja a necessidade de lutar nem contra o calor e nem contra o frio (VOGT<sup>1</sup>, 1980, *apud* FUNDACIÓN MAPFRE, 1987). A produção de calor metabólico se equilibra, também, com as perdas de calor latente (transpiração, dissipação do calor pela pele).

---

<sup>1</sup> VOGT, J.J. *El ambiente térmico industrial*. In SIMPOSIUM DE HIGIENE INDUSTRIAL,3.,[S.l.]: Editorial MAPFRE, 1980, p. 157 .

A resposta humana ao ambiente térmico depende de fatores que são fundamentais para a sensação de conforto: fatores ambientais (temperatura do ar, temperatura das superfícies circundantes, velocidade e umidade do ar), fatores fisiológicos (circulação sanguínea junto à pele, produção de suor e tremores dos músculos), fatores pessoais (a vestimenta, a carga de trabalho), fatores subjetivos (preferências térmicas). A arquitetura (forma, orientação solar das fachadas, aberturas, tipos de materiais, divisórias internas, iluminação etc) influencia nos fatores ambientais.

## **2.2 Temperatura do corpo**

É importante que se mantenha o equilíbrio térmico determinado pela condição homeotérmica do corpo humano. Sua temperatura interna deve manter-se praticamente constante, aproximadamente 37°C, pois uma variação deste valor de uns alguns graus pode gerar danos à saúde. Condições ambientais desfavoráveis ao equilíbrio térmico produzem tensão a que o corpo humano responderá com mecanismos fisiológicos de termorregulação. Os processos de controle que o organismo possui para regular a temperatura interna se dão pelo transporte de calor pela corrente sanguínea, pela secreção de suor e produção de calor pelo tremor dos músculos (GRANDJEAN, 1998). Dependendo do comprometimento das respostas às sensações térmicas, quando superado o limite de conforto, a pessoa poderá sentir mal-estar ou desconforto. Por sua vez, uma variação do estado de conforto, mesmo sem chegar a conseqüências lesivas, poderá agravar, de forma sensível, a segurança das pessoas (FUNDACIÓN MAPRFE, 1987).

Os três processos de controle de que o organismo dispõe para regular sua temperatura interna, segundo Grandjean (1998), são os seguintes:

- a) o transporte de calor pelo sangue, através de vasos condutores, em especial os capilares, que recebem o calor e o libera nos tecidos com temperaturas mais baixas ou, se o exterior é aquecido, conduzem o calor da pele para o interior do corpo. A regulação da irrigação da epiderme é o mais importante mecanismo de controle, estabelecendo as trocas de calor entre o homem e o meio ambiente;

- b) a produção de suor, provocada por impulsos nervosos é um mecanismo de defesa e um poderoso meio para resfriar a pele e aumentar a perda de calor do corpo;
- c) a elevação de produção de calor, que só é desencadeada quando do resfriamento do corpo, é obtida pelo aumento dos processos de queima dos músculos e outros órgãos. São os tremores de frio, manifestações visíveis do aumento de produção de calor pela elevação do metabolismo na musculatura.

### **2.3 Produção e trocas de calor pelo corpo humano**

O corpo humano funciona como uma máquina exotérmica, sempre gerando calor, até mesmo quando em repouso, sendo que, quanto maior o esforço físico executado, maior a quantidade de calor gerado, onde parte será utilizada para manutenção de uma temperatura interna constante, devendo seu excesso ser eliminado, ou por mecanismos fisiológicos de adaptação ou pelas leis físicas de trocas de calor entre o corpo e o seu ambiente por condução, convecção e radiação de calor e por evaporação da água.

As trocas de calor por condução se realizam por contato e dependem da diferença de temperatura entre o corpo humano e o objeto com o qual esteja em contato, da capacidade de condução do calor dos objetos que entram em contato com a pele e do tipo de material. A condução tem influência quando da passagem do fluxo de calor pela vestimenta.

As trocas de calor por convecção se dão pela diferença de temperatura, através da transmissão de calor entre a pele e o ar ambiente. Há duas formas de transmissão de calor por convecção: a convecção natural, onde o único movimento do ar é gerado pela diferença de temperatura e a convecção forçada, onde o ar tem uma velocidade própria (RIVERO, 1986). As perdas de calor por convecção aumentam à medida que aumenta a movimentação do ar, ou ocorre uma temperatura do ar mais baixa, ou uma temperatura da pele mais elevada.

As trocas de calor por radiação ocorrem entre o corpo humano e as superfícies orientadas para ele e dependem da temperatura corporal, da temperatura das superfícies circundantes e do fator de visão entre a pessoa e estas superfícies.

As perdas de calor por evaporação de água estão relacionadas com o calor e a evaporação do suor sobre a pele. A intensidade da perda de calor por evaporação de água depende da grandeza da superfície corporal, na qual o suor evapora, e da diferença de pressão de vapor d'água que reina na camada de interface entre a água sobre a pele e o restante do ar ambiente (GRANDJEAN, 1998). Depende essencialmente do conteúdo de umidade do ar ou da pressão parcial de vapor d'água no ar. Quanto mais seco o ar, mais rápida é a evaporação.

Todo o material e energia necessários ao corpo são supridos pelo consumo e digestão de alimentos. Os processos envolvidos na conversão de alimentos em formas úteis de energia são conhecidos como metabolismo. A produção total de calor pelo metabolismo pode ser dividida em metabolismo basal (produção de calor para fins vegetativos) e metabolismo muscular (produção de calor pelos músculos quando desenvolvendo trabalho conscientemente controlado) (SATTLER, 2002). Da energia total produzida, 0 a 24% é utilizada, e o restante deve ser dissipado para o meio ambiente, a fim de manter a temperatura corporal em torno de 37°C. Este excesso de produção de calor varia com a taxa de metabolismo e depende da atividade desenvolvida pelo homem (ASHRAE, 2001).

## 2.4 Balanço térmico

Para Fanger (1972), a primeira condição para que uma pessoa se encontre em estado de conforto térmico é que ela se encontre em balanço térmico, ou que todo o calor gerado pelo organismo seja dissipado em igual proporção para o ambiente, através das trocas de calor por convecção, radiação, condução e evaporação.

O equilíbrio térmico do corpo pode ser expresso por ganhos e perdas de calor, na seguinte condição:

$$M - W = Q_{sk} + Q_{res} + S = (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}) + (S_{sk} + S_{cr}) \quad (1)$$

onde,

$M$  = taxa metabólica de produção de calor, (W/m<sup>2</sup>);

$W$  = taxa de trabalho mecânico externo, (W/m<sup>2</sup>);

$Q_{sk}$  = taxa total de perda de calor da pele, (W/m<sup>2</sup>);

$Q_{res}$  = taxa total de perda de calor através da respiração, (W/m<sup>2</sup>);

$S$  = taxa de calor armazenado no corpo (W/m<sup>2</sup>)

$C + R$  = perda de calor sensível da pele, (W/m<sup>2</sup>);

$E_{sk}$  = taxa total de perda de calor por evaporação da pele, (W/m<sup>2</sup>);

$C_{res}$  = taxa de perda de calor por convecção pela respiração, (W/m<sup>2</sup>);

$E_{res}$  = taxa de perda de calor por evaporação pela respiração, (W/m<sup>2</sup>);

$S_{sk}$  = taxa de calor armazenado na pele, (W/m<sup>2</sup>);

$S_{cr}$  = taxa de calor armazenado no centro do organismo, (W/m<sup>2</sup>).

As perdas de calor sensível e latente da pele são tipicamente expressas em termos de fatores ambientais, temperatura da pele  $t_{sk}$  e umidade da pele  $w$ . As expressões também incorporam fatores que descrevem isolamento térmico e permeabilidade à umidade da vestimenta. As variáveis ambientais independentes podem ser resumidas como a temperatura do ar  $t_a$ , temperatura média radiante  $t_{rm}$ , velocidade relativa do ar  $var$ , e pressão de vapor d'água  $pa$ . As variáveis pessoais independentes que influenciam o conforto térmico são a atividade e a vestimenta (ASHRAE, 2001).

## 2.5 Fatores que interferem no conforto térmico

### 2.5.1 Variáveis ambientais

O equilíbrio térmico entre o homem e o meio é uma constante que deve ser resolvida em qualquer espaço habitado, seja ele interior ou exterior. No espaço interior ganham importância fatores como:

- a) a temperatura e emissividade de todas as superfícies que rodeiam a pessoa e que intervêm na transmissão da energia radiante;
- b) a temperatura, a velocidade e a umidade do ar que influenciam na quantidade de calor perdido por convecção e por evaporação (RIVERO, 1986).

O estudo das variáveis ambientais é fundamental para a avaliação do ambiente térmico, pois as particularidades climáticas do local poderão induzir a soluções ergonômicas e arquitetônicas mais adequadas ao conforto e bem-estar das pessoas e à eficiência energética. A temperatura, a umidade, a radiação e a movimentação do ar produzem efeitos térmicos e devem ser consideradas simultaneamente diante das respostas humanas.

A **temperatura do ar** ( $t_a$ ) expressa em °C, segundo a ISO 7726 (1998), é a temperatura em torno da pessoa, que deve ser considerada na determinação da transferência de calor por convecção junto à pessoa. A ASHRAE –55 (2004) define a temperatura do ar como a temperatura média em torno de uma pessoa. A média diz respeito à localização e ao tempo, considerando que, no mínimo, a média do espaço é a média numérica da temperatura do ar ao nível do tornozelo, da cintura e da cabeça. Estes níveis são de 10, 60 e 110 cm, para pessoas sentadas e de 10, 110 e 170 cm, para pessoas em pé.

A temperatura superficial dos elementos em torno do indivíduo é a variável ambiental cujo valor participa da energia trocada por radiação. É comum falar de **temperatura média radiante** ( $t_{rm}$ ), expressa em °C, que é a média de todas as temperaturas superficiais, considerando suas áreas e fator de visão. Corresponde, segundo a ISO 7726 (1998), à temperatura uniforme de um ambiente fechado imaginário, em que a transferência de calor radiante vindo do corpo humano é igual à transferência de calor radiante no ambiente real não-uniforme.

O instrumento de medição frequentemente utilizado é o termômetro de globo. Ele permite determinar a temperatura média radiante a partir dos valores da temperatura de globo, da temperatura do ar e da velocidade do ar em torno do globo. Em ambientes moderados do tipo C, Tabela 2 desta norma, o coeficiente de transferência de calor por convecção ( $h_{cg}$ ) ao nível do globo a ser adotado é o maior nos dois casos, para convecção natural e convecção forçada. E em ambientes do tipo S, Tabela 2 desta norma, é possível adotar qualquer um dos dois, ou simplesmente adotar diretamente o coeficiente de transferência de calor por convecção forçada.

No caso de convecção natural,

$$h_{cg} = 1,4 \left( \frac{(t_g - t_a)}{D} \right)^{1/4} \quad (2)$$



No caso de convecção forçada,

$$hcg = 6,3 \frac{va^{0,6}}{D^{0,4}} \quad (3)$$

A temperatura média radiante é determinada em função das equações (2) e (3) e corresponde às seguintes equações:

Para convecção natural,

$$trm = \left[ (tg + 273)^4 + \frac{0,25 \times 10^8}{\varepsilon_g} \left( \frac{|t_g - t_a|}{D} \right)^{1/4} \times (tg - ta) \right]^{1/4} - 273 \quad (4)$$

Para convecção forçada,

$$trm = \left[ (tg + 273)^4 + \frac{1,1 \times 10^8 \times va^{0,6}}{\varepsilon_g \times D^{0,4}} (tg - ta) \right]^{1/4} - 273 \quad (5)$$

onde,

$hcg$  = coeficiente de transferência de calor por convecção ao nível do globo (W/m<sup>2</sup>K)

$D$  = diâmetro do globo (m);

$tg$  = temperatura de globo (°C);

$ta$  = temperatura do ar (°C);

$trm$  = temperatura média radiante (°C);

$va$  = velocidade do ar ao nível do globo (m/s);

$\varepsilon_g$  = emissividade do globo negro, adimensional, 0,95 para  $D = 0,15m$ .

A temperatura média radiante pode ser calculada usando:

$$trm^4 = t_1^4 F_{p-1} + t_2^4 F_{p-2} + \dots + t_N^4 F_{p-N} \quad (6)$$

onde,

$trm$  = temperatura média radiante, em kelvins

$t_N$  = temperatura superficial da superfície N, em kelvins

$F_{p-N}$  = fator de visão entre uma pessoa e a superfície N

A **velocidade do ar** ( $va$ ), expressa em m/s, é uma quantidade definida pela sua magnitude e direção. A velocidade do ar deve ser considerada quando se detecta a transferência de calor por convecção e evaporação no espaço em que se encontra uma pessoa. É uma variável que geralmente é difícil de se medir, em função das suas rápidas flutuações em intensidade e direção num intervalo de tempo. No ambiente térmico, o valor da velocidade é dado pela velocidade relativa do ar ( $var$ ) que, segundo a ISO 7933 (1989), é a resultante da velocidade do ar e a velocidade do corpo ou partes do corpo em relação ao piso, no caso de o indivíduo estar executando um trabalho muscular. Ela pode ser calculada pela equação:

$$var = va + 0,0052(M - 58) \quad (7)$$

onde,

$var$  = velocidade relativa do ar (m/s)

$va$  = velocidade do ar (m/s)

$M$  = taxa metabólica em W/m<sup>2</sup>.

Em dias de calor, o conforto térmico nem sempre é alcançado somente com o incremento de ventilação, porém, quando não se dispõe de espaços climatizados, a velocidade do ar é um auxiliar indispensável para se aproximar do conforto, daí a sua importância em todos os espaços projetados. Na medida que a temperatura do meio aumenta, o organismo aumenta a eliminação de calor por evaporação, quando a transpiração se torna perceptível. É importante favorecer o processo da perda de calor mediante uma ventilação adequada (RIVERO,1986).

A **umidade absoluta do ar** de acordo com a ISO 7726, caracteriza qualquer quantidade relacionada com a quantidade real de vapor d'água contido no ar em comparação a quantidades tais como a umidade relativa do ar ou o nível de saturação, que expressa a quantidade de vapor d'água no ar em relação à máxima quantidade que ele pode conter a uma determinada temperatura e pressão. Dois valores são usados normalmente para caracterizar a umidade absoluta do ar: a proporção de umidade ( $Wa$ ), e a pressão parcial de vapor d'água ( $pa$ ) expressa em quilo-pascal (kPa).

A **umidade relativa do ar** ( $e$ ) é freqüentemente utilizada em estudos de conforto térmico. Sendo ela a relação entre a pressão parcial de vapor d'água ( $pa$ ) em kPa no ar úmido e a

pressão de saturação de vapor d'água ( $pas$ ) em kPa na mesma temperatura e pressão atmosférica, dada pelas equações:

$$pas = 0,611 \times \exp\left(\frac{17,27ta}{ta + 237,3}\right) \quad (8)$$

$$pa = pas_w - 6,27 \times 10^{-4}(ta - tbu) \quad (9)$$

$$e = \frac{pa}{pas} \quad (10)$$

onde,

$ta$  = temperatura do ar (°C)

$tbu$  = temperatura de bulbo úmido (°C)

$pas_w$  = pressão de vapor d'água saturada determinada pela  $tbu$ , em kPa

A umidade relativa do ar é freqüentemente utilizada em percentagem (%), de acordo com a relação:

$$Ur = 100 \times e \quad (11)$$

As principais características da umidade do ar podem ser diretamente determinadas usando a carta psicrométrica (ISO 7726, 1998) ou através de aparelhos eletrônicos, como o psicrômetro, relacionando medições de temperatura do ar seco ( $ta$ ) e temperatura de bulbo úmido ( $tbu$ ). A umidade do ar conjuntamente com a velocidade do ar é um fator importante no conforto térmico, pois intervém nas perdas de calor por evaporação RIVERO (1986). Em situações em que o ar esteja saturado e a evaporação não seja possível, a pessoa começa a ganhar calor com o aumento da temperatura, ao passo que, quando o ar se encontra seco, as perdas por evaporação continuam, mesmo com temperaturas mais elevadas.

### **2.5.2 Variáveis pessoais e subjetivas**

Além dos fatores ambientais, a sensação térmica varia consideravelmente em função da pessoa e de sua vestimenta. A idade e o sexo podem influenciar na preferência térmica das

peessoas: o metabolismo de pessoas mais idosas é mais lento e a taxa metabólica das mulheres é levemente mais lenta que a dos homens (GUIMARÃES, 2001). Conforme a ASHRAE (2001), o metabolismo diminui levemente com a idade. Estudos realizados nos Estados Unidos e Dinamarca com grupos de idades diferentes (média de 21 e 84 anos) revelaram que os ambientes térmicos preferidos por pessoas idosas não diferem daqueles preferidos por pessoas mais jovens, porém o fato de elas preferirem o mesmo ambiente não significa que tenham a mesma sensibilidade para o frio ou calor. Quanto ao sexo, experimentos mostraram que homens e mulheres preferem quase os mesmos ambientes térmicos. A preferência das mulheres, muitas vezes, por ambientes com temperaturas mais elevadas pode ser explicada pela vestimenta normalmente mais pesada dos homens (ASHRAE, 2001).

A sensação de conforto térmico depende também da aclimação da pessoa, que se dá por ajustes endócrinos que ocorrem em períodos longos. Um ajuste completo é alcançado em média de 30 dias e, ao final deste período, as preferências de conforto deverão ter se alterado (GUIMARÃES, 2001). Fanger<sup>2</sup> (1982 *apud* ASHRAE, 2001) conduziu experimentos envolvendo indivíduos dos Estados Unidos, Dinamarca e países tropicais, constatando pequenas diferenças, tanto na temperatura ambiente preferida quanto nos parâmetros fisiológicos nas condições de conforto. De acordo com estes resultados, a adaptação tem pouca influência na preferência da temperatura do ambiente. Porém, em ambientes desconfortáveis, quentes ou frios, a adaptação influencia. Pessoas que trabalham e moram em climas quentes poderão mais facilmente aceitar e manter um desempenho melhor no trabalho em ambientes quentes do que pessoas de climas frios (ASHRAE, 2001).

A **taxa metabólica** (M), conforme a ISO 8996, é dada como a conversão de energia química em mecânica e térmica, medindo o custo energético da carga muscular, dando um índice numérico de atividade. Em termos de energia utilizada na unidade de tempo, a expressão do nível de atividade é dada em Watt e a taxa de metabolismo é dada em termos da área corporal ( $W/m^2$ ). Outra unidade, o *met*, também é utilizada para expressar taxa metabólica; 1 *met* representa o nível de atividade de uma pessoa sentada, em repouso, com uma taxa metabólica em torno de  $58W/m^2$ . Algumas das atividades estão representadas pela Tabela 1.

---

<sup>2</sup> FANGER, P.O. *Thermal comfort*, Malabar, FL.: Robert E. Krieger Publishing Company, 1982.

**Tabela 1 - Taxas metabólicas (M) (Fonte: Guimarães, 2001)**

Atividades	met	W/m <sup>2</sup>
Deitado	0,8	47
Sentado, em repouso	1	58
Sedentário (escritório, escola)	1,2	70
De pé, relaxado	1,2	70
Leve (fazendo compras)	1,6	93
Média (trabalho doméstico)	2	117
Intensa (trabalho pesado)	3	175

A ISO 8996 (1990) propõe tabelas e métodos para a estimativa da taxa de atividade metabólica:

- em função do nível de atividade determinado por classes – repouso, taxas de atividade baixa, moderada, alta e muito alta;
- em função das diferentes ocupações, ou valores médios para um ciclo de trabalho, não considerando longas pausas, por exemplo, lanches;
- através da adição de vários elementos como a taxa de metabolismo basal (44 W/m<sup>2</sup> para homens e 41 W/m<sup>2</sup> para mulheres com uma boa aproximação), características da postura do corpo, do tipo de trabalho e da movimentação do corpo para a realização do trabalho;
- através de uma atividade típica;
- em função do ciclo de trabalho, através de estudo que inclui uma descrição detalhada do trabalho;
- através do consumo do oxigênio. O equivalente energético (EE) de oxigênio é usado para converter o consumo de oxigênio em taxa metabólica. O equivalente energético depende do tipo de metabolismo que é indicado pelo quociente respiratório. A taxa metabólica pode ser determinada pelas equações 12, 13 e 14.

$$EE = (0,23RQ + 0,77) \times 5,88 \quad (12)$$

$$RQ = \frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}} \quad (13)$$

$$M = EE \times V_{O_2} \times \frac{1}{A_{Du}} \quad (14)$$

onde,

EE = equivalente energético (Wh/l<sub>O<sub>2</sub></sub>)

RQ = quociente respiratório, adimensional

$V_{o_2}$  = consumo de oxigênio (l<sub>o<sub>2</sub></sub>/h)

$V_{co_2}$  = produção de dióxido de carbono (l<sub>co<sub>2</sub></sub>/h)

M = taxa metabólica (W/m<sup>2</sup>)

$A_{Du}$  = superfície do corpo (m<sup>2</sup>), de acordo com Du Bois:

$$A_{Du} = 0,202 \times P^{0,425} \times H^{0,725} \quad (15)$$

onde,

P = massa do corpo (kg)

H = altura do corpo (m)

Outro fator importante influenciador no conforto térmico é a **vestimenta**, pois funciona como barreira do calor entre o corpo e o meio ambiente por convecção e por irradiação, interferindo no processo de transpiração. As roupas são uma forma de ajuste pessoal para o isolamento térmico. Os níveis de vestimenta são expressos em unidades de resistência ao fluxo de calor (m<sup>2</sup> °C/W), onde 1 *clo* é o isolamento oferecido por uma vestimenta típica, em condições ambientais interiores no inverno, e que equivale a 0,155m<sup>2</sup> °C/W (GUIMARÃES, 2001). Visto que as pessoas trocam suas roupas de acordo com a estação do ano, a *Standard-55* da ASHRAE (2004) especifica as zonas de conforto no verão e no inverno para os níveis apropriados da resistência térmica da vestimenta (*Icl*) de 0,5 e 1,0 *clo* respectivamente.

**Tabela 2 – Resistência térmica da vestimenta(*Icl*) a diferentes níveis de resistência ao fluxo de calor (m<sup>2</sup> °C/W, *clo*) (Fonte: Guimarães, 2001)**

Vestimenta	<i>clo</i>	m <sup>2</sup> °C/W
Corpo nu	0	0
Shorts	0,1	0,016
Traje tropical	0,3	0,047
Roupas leves de verão	0,5	0,078
Traje de trabalho em ambiente de trabalho	0,8	0,124
Traje de inverno em ambiente interno	1	0,155
Traje executivo reforçado	1,5	0,233
Traje de inverno para ambientes frios	3	0,465

Entre outras características influenciadoras da preferência térmica estão a relação da área superficial e o volume do indivíduo, identificado através do seu tamanho; a gordura subcutânea que constitui um excelente isolante térmico; o estado de saúde, onde a faixa de temperaturas toleráveis pode ser mais estreita; comidas e bebidas que podem afetar a taxa metabólica e ainda a cor da pele, influenciando nos ganhos de calor por radiação (SATTLER, 2002) solar e visível.

### ***2.5.3 Variáveis arquitetônicas que impactam nas variáveis térmicas***

Desde o início da sua história, o homem sentiu a necessidade de se defender das hostilidades climáticas do meio. Uma vez que o ser humano decide construir uma envolvente – espaço onde possa desenvolver suas atividades – para satisfazer seus propósitos, um projeto arquitetônico terá de resolver múltiplos problemas funcionais e formais dentro de complexas solicitações sócio-econômicas, culturais e tecnológicas (RIVERO, 1986).

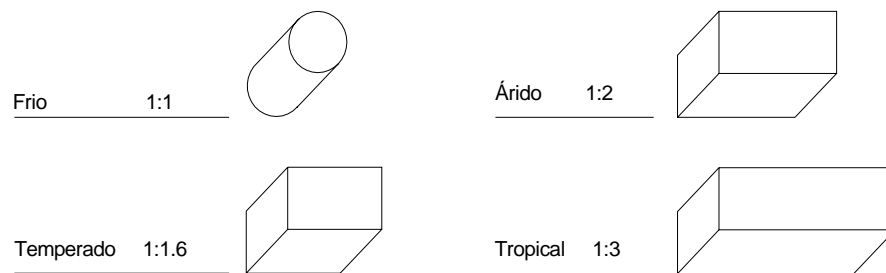
A composição de uma edificação deve adequar-se às solicitações do meio exterior e satisfazer, da melhor forma possível, as exigências das pessoas, inclusive as exigências térmicas. O espaço interno não é somente o resultado da sua orientação, mas a consequência das trocas de calor de todos os seus fechamentos com o meio.

As fachadas são as superfícies sobre as quais se abrem os vãos principais para o exterior e a disposição dos seus planos irá influenciar no seu comportamento térmico. A quantidade de radiação solar que incide sobre elas varia segundo a orientação e a época do ano, e a energia incidente sobre o volume edificado não é um dado definitivo para indicar o grau de habitabilidade térmica do espaço (RIVERO, 1986).

A seleção da forma, a orientação eficiente das fachadas, os fechamentos opacos e transparentes, o tipo de material empregado e as comunicações internas sofrem influência quanto às condições térmicas, propiciando benefícios ao condicionamento térmico e conseqüentemente à eficiência energética.

Lamberts e Pedrini (2003), em trabalho apresentado sobre a influência do tamanho e da forma da solução arquitetônica sobre o consumo de energia, observaram que o consumo das zonas periféricas das edificações é mais afetado por soluções arquitetônicas inadequadas do que por soluções eficientes. Argumentaram que seria mais conservador apostar em formas cúbicas, caso o projetista não disponha de conhecimentos ou recursos sobre eficiência, do que projetar com formas mais alongadas, quando a análise energética se torna indispensável para auxiliar nas decisões projetuais.

Yeang (2001) mostrou a configuração ótima em edifício, segundo a zona climática, para se conseguir a máxima proteção solar ou ganhos solares. À medida que aumenta a latitude, a forma evolui para uma relação 1:1 (proporção entre largura e comprimento). As latitudes mais baixas requerem formas mais alongadas para reduzir a superfície de exposição leste e oeste.



**Figura 1 – Configurações dimensionais ótimas em edifícios**  
**Fonte: Yeang<sup>3</sup>, (1994 apud YEANG, 2001)**

Um mesmo projeto, destinado a fins diversos, pode resultar em comportamentos energéticos diferentes e em consequência em estratégia bioclimática distinta. É de grande importância o estudo de um programa de necessidades, contemplando critérios de esfriamento e aquecimento passivo ou ativo, a exploração da iluminação natural, o estabelecimento da necessidade no uso de sistemas artificiais de iluminação e climatização do ambiente, adequando o projeto em relação à eficiência energética. Um projeto residencial, comercial, industrial ou público é distinto do ponto de vista da dependência do clima e, conseqüentemente, do consumo de energia. A climatização artificial, tanto quanto os sistemas naturais de resfriamento ou aquecimento, são estratégias de projeto que devem ser levadas em consideração, de forma racional, evitando desperdício de energia e promovendo o conforto térmico dos usuários (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Um dos objetivos da Arquitetura é proporcionar a máxima satisfação às exigências humanas sobre o conforto térmico, considerando os princípios do condicionamento natural. Muito se tem falado de eficiência energética, de bioclimatologia, de projeto ecológico, no intuito de redirecionar o homem para a consciência da qualidade do meio ambiente e prospectar esta influência nas gerações futuras.

<sup>3</sup> YEANG, K., *Bioclimatic Skyscrapers*. Londres: Ellipsis London Ltd., 1994.



A bioclimatologia estuda o clima relacionado com os seres vivos e a arquitetura bioclimática é a correta aplicação de elementos arquitetônicos e técnicas construtivas passivas no uso racional de energia. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), é uma ferramenta no uso de estratégias para aquecimento, resfriamento, iluminação natural associada à eficiência energética e na utilização das condições mais favoráveis do clima para servir às exigências de conforto do homem. Givoni (1992) explica o clima interno das edificações não condicionadas para países em desenvolvimento, através de estratégia bioclimática. Goulart *et al.* (1994), com base nos estudos desenvolvidos por Givoni, apresentaram uma proposta para a zona de conforto para o Brasil com algumas alterações, onde identificaram nove zonas de atuação: zonas de conforto, ventilação, resfriamento evaporativo, massa térmica para resfriamento, ar condicionado, umidificação, massa térmica para aquecimento, aquecimento solar passivo e aquecimento artificial.

No país, exemplos de projetos inadequados com desperdício de energia são numerosos, basta identificar os edifícios com fachadas em “pele de vidro”, em que a opção de não contar com um sistema de ar condicionado se torna impossível. Além deste inconveniente, são também responsáveis pelo mau uso de energia, bem como da utilização inadequada de elementos naturais como o clima na aplicação de uma orientação correta de implantação, no uso da ventilação e iluminação natural e também no uso racional da iluminação artificial e sistemas de climatização.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2003), no Brasil, as edificações dos setores industrial e residencial somados são responsáveis pelo consumo de 68,8 % da energia elétrica. Mascaró (1992, p.117) em pesquisa de campo constatou que: “20% a 30% da energia consumida seriam suficientes para o funcionamento da edificação; 30% a 50% da energia consumida são desperdiçadas por falta de controles adequados da instalação por falta de manutenção e mau uso; 25% a 45% da energia são consumidas indevidamente por má orientação da edificação e por desempenho inadequado de suas fachadas, principalmente”.

No âmbito governamental, a prefeitura do Rio de Janeiro editou em 2002, o caderno de encargos para a eficiência energética em prédios públicos. É importante que se adote um conjunto com a legislação específica na busca da eficiência e eficácia, em termos de retorno tanto econômico quanto ambiental. As modificações para o uso eficiente de energia em edificações vêm evoluindo no mundo desde a década de 70 com o choque do petróleo. No

Brasil, a falta de envolvimento com a questão se deve ao fato de a nossa planta elétrica estar apoiada em hidrelétricas, responsáveis por 82,36% da energia produzida. Porém, com os apagões ocorridos em 2001, os temas conservação e uso racional de energia provocaram mudanças substanciais (MEIRIÑO, 2004).

Para Meier, Olofsson e Lamberts (2002), mesmo sendo impossível definir um único indicador de eficiência energética para edifícios, acredita-se que um edifício energeticamente eficiente precisa conter elementos de três categorias: o edifício deve estar equipado com equipamentos eficientes e materiais apropriados para sua implantação; precisa prover comodidades e serviços apropriados ao uso a que se pretenda e necessita ser operado de uma forma que consuma pouca energia, se comparado a outros edifícios similares. Precisa, no mínimo, estar acima da média nestes três aspectos.

Yeang (2001), dentro da concepção de projeto ecológico, prioriza a utilização de sistemas passivos para o seu funcionamento, aproveitando o máximo das condições climáticas locais. O projeto passivo é essencialmente um projeto de baixa energia, sem a utilização de meios eletromecânicos, aproveitando a própria organização morfológica da edificação. Com a aplicação de sistemas passivos, nos espaços internos, é possível baixar valores da temperatura exterior no verão e aumentar a temperatura interior no inverno. Alguns dos sistemas passivos utilizados são a configuração da edificação e sua implantação no terreno, a orientação das fachadas e aberturas, a tipologia das fachadas, os dispositivos de controle solar, os dispositivos passivos de iluminação natural, a cor dos revestimentos, os paisagismos verticais, o uso do vento e da ventilação natural.

O entendimento do meio ambiente como um sistema natural ativo deve ser contemplado pelo homem para que se reconheça que o entorno edificado depende dele. Yeang (2001, p. 33) acredita que:

A arquitetura ecológica, como arquitetura sustentável, consiste em projetar com a natureza de uma maneira ambientalmente responsável, ao mesmo tempo ser considerada uma contribuição positiva. Conseguir simultaneamente estes dois objetivos mediante o projeto, provavelmente, é o maior desafio que pode afrontar o projetista ecológico de hoje.

O projeto ecológico se remete ao futuro e, portanto, pode e deve ser antecipado e previsto. As bases para um projeto ecológico estão no reconhecimento da elasticidade do meio ambiente e

seus limites e da importância da biodiversidade, na admissão de que os sistemas ecológicos artificiais nunca poderão imitar adequadamente a complexidade dos sistemas ecológicos naturais e na consciência de que o contexto final de todo projeto é o meio ambiente. É fundamental reconhecer que o entorno edificado depende da Terra e do Sol como provedores de recursos materiais e energéticos e que a visão meio-ambiental deve ser holística e multidisciplinar, ampliando o grau de conhecimento dos projetistas, assim como o da arquitetura, de modo a incluir uma análise ecologicamente responsável da construção, de seu funcionamento durante sua vida útil e também da sua extinção (YEANG, 2001).

## 2.6 Índices de conforto

A **temperatura efetiva** (*te*) em °C é a temperatura que produz a mesma sensação de calor a uma temperatura medida com o ar saturado (100% de umidade relativa) e praticamente parado (sem ventos) (IIDA, 1999). Para a ASHRAE (2001) é a temperatura que combina temperatura e umidade do ar dentro de um mesmo índice. A temperatura efetiva padrão SET (ASHRAE, 2001) é definida como o equivalente à temperatura do ar de um ambiente isotérmico a 50% de umidade relativa, em que um sujeito, vestindo uma roupa padronizada para a atividade em questão, tem o mesmo estresse térmico e tensão termorreguladora que no ambiente real. A temperatura efetiva pode ser estimada em função da temperatura do ar (*ta*), da temperatura de bulbo úmido (*tbu*), levando em consideração a velocidade do ar (*va*), com base em ábacos de temperaturas efetivas por meio da escala normal, válida para indivíduos vestidos normalmente e por meio da escala basal, válida para indivíduos com o dorso nu, segundo Kerslake<sup>4</sup> (1972, apud FUNDACIÓN MAPFRE, 1987).

A **temperatura operativa** (*to*) em °C é definida como a média ponderada entre a temperatura média radiante (*trm*) e a temperatura do ar e os coeficientes entre as trocas de calor por convecção (*hc*) e radiação (*hr*) (ASHRAE, 2001). A ISO 7726 (1998), define a temperatura operativa como a temperatura uniforme de um ambiente fechado em que um ocupante trocaria a mesma quantidade de calor por radiação e convecção como no ambiente real não-uniforme.

---

<sup>4</sup> KERSLAKE, D. MCK. *The stress of hot environments*. Cambridge: Cambridge University Press., 1972.

A Equação da **Sensação Térmica Prevista** ( $Y$ ) foi desenvolvida por Rohles e Nevins<sup>5</sup> (1971 apud ASHRAE, 2001) e Rohles<sup>6</sup> (1973 apud ASHRAE, 2001) a partir de estudos com 1600 estudantes, quando foi observada a correlação entre o nível de conforto, temperatura, umidade do ar, sexo e tempo de exposição. A escala de sensação térmica é chamada de Escala de Sensação Térmica da ASHRAE, onde:

- +3 Quente
- +2 morno
- +1 Levemente morno
- 0 Neutro
- 1 Levemente fresco
- 2 Fresco
- 3 Frio

A equação de regressão, que se refere à escala de sensação térmica, foi desenvolvida para pessoas jovens adultas, com atividade sedentária e resistência térmica da vestimenta ( $I_{cl}$ ) de  $0,5 clo$ , considerando a temperatura média do ar ( $t_a$ ) igual a temperatura média radiante ( $t_{rm}$ ) e velocidade do ar menor que  $0,2 m/s$ . Apresenta equações só para mulheres, só para homens e para ambos os sexos, com tempos de exposições diversos.

A estimativa do **Índice WBGT (Bulbo Úmido e Temperatura de Globo) – IBUTG (°C)** é utilizada para a avaliação do estresse térmico a que um indivíduo se encontra exposto em situações ambientais extremas de calor e de frio.

O índice WBGT combina a medida de dois parâmetros: a temperatura de bulbo úmido natural ( $t_{bu_n}$ ) e a temperatura de globo ( $t_g$ ) e em algumas situações combina a medida de um parâmetro básico, a temperatura do ar ( $t_a$ ).

---

<sup>5</sup> ROHLES Jr. F. H.; NEVINS, R. G. The nature of thermal comfort for sedentary man. *ASHRAE Transactions*, v.77, n.1, p.239, 1971.

<sup>6</sup> ROHLES Jr. F. H. The revised modal comfort envelope. *ASHRAE Transactions*, v.79, n.2, p.52, 1973.

A temperatura de bulbo úmido natural ( $tbu_n$ ) é definida como a temperatura na qual a água contida no ar úmido evapora para levá-lo à saturação nessa temperatura e pressão. É o valor indicado por um sensor de temperatura envolto com algodão umedecido, ventilado naturalmente, isto é, colocado num ambiente sem ventilação forçada (ISO 7243, 1989).

A temperatura de globo ( $tg$ ) é a temperatura indicada por um sensor de temperatura localizado no centro de um globo com as seguintes características:

- a) diâmetro de 150mm;
- b) coeficiente médio de emissão: 0,95 (globo preto fosco);
- c) escala de medida: 20°C a 120°C;
- d) precisão de umidade: escala de 20°C a 50°C,  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  e de 50°C a 120°C,  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

A Norma Regulamentadora – NR15 baseia-se no IBUTG para estabelecer os limites em que os trabalhadores poderão ficar expostos em ambientes quentes. É determinado em função de parâmetros ambientais, como:

Para ambientes internos ou externos sem carga solar

$$WBGT = 0,7tbu_n + 0,3tg \quad (16)$$

Para ambientes externos com carga solar

$$WBGT = 0,7tbu_n + 0,2tg + 0,1ta \quad (17)$$

onde,

$tbu_n$  = temperatura de bulbo úmido natural (°C)

$tg$  = temperatura de globo (°C)

$ta$  = temperatura do ar (°C)

O **Voto Médio Estimado – PMV** foi desenvolvido por Fanger (1972) e normatizado pela ISO 7730 (1994). É um índice que estima o valor médio de votos de um grande grupo de pessoas, através de uma escala de sensação térmica de 7 pontos e sugerida pela ISO 10551 (1995): +3 Quente, +2 Morno, +1 Levemente morno, 0 Neutro, -1 Levemente fresco, -2 Fresco e -3 Frio.

O *PMV* pode ser determinado em função de quatro parâmetros ambientais (temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade relativa do ar e pressão de vapor d'água) e por dois parâmetros pessoais (isolamento térmico da vestimenta e atividade metabólica). É baseado no balanço térmico do corpo humano quando a produção de calor interno do corpo é igual à perda de calor para o ambiente.

O *PMV*, dado pela Equação 18, foi comparado às respostas de 1300 indivíduos no interior de câmara climatizada, usando roupas padronizadas e desempenhando atividades sedentárias.

$$PMV = \left(0,303e^{-0,036M} + 0,028\right) \left\{ \begin{array}{l} (M - W) - 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99(M - W) - pa] - \\ 0,42 \times [(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5} \times M(5867 - pa) - \\ 0,0014M \times (34 - ta) - 3,96 \times 10^{-8} \times \\ f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (trm + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - ta) \end{array} \right\} \quad (18)$$

onde,

*PMV* = Voto Médio Estimado (adimensional);

*M* = Taxa metabólica (W/m<sup>2</sup>), 1 met = 58,2 W/m<sup>2</sup>;

*W* = Trabalho externo (N/m<sup>2</sup>), normalmente nulo;

*I<sub>cl</sub>* = Isolamento térmico da vestimenta (clo), 1 clo = 0,155 m<sup>2</sup> °C/W;

*f<sub>cl</sub>* = Razão entre as áreas do corpo vestido e nu, adimensional;

*ta* = Temperatura do ar (°C);

*trm* = Temperatura média radiante, (°C), equações (4) e (5);

*var* = Velocidade relativa do ar (m/s), equação (6);

*pa* = Pressão parcial de vapor d'água (Pa);

*h<sub>c</sub>* = Coeficiente de convecção entre as roupas e o ar, (W °C/m<sup>2</sup>);

*t<sub>cl</sub>* = Temperatura superficial da roupa, (°C).

A variável temperatura superficial da roupa (*t<sub>cl</sub>*), por ser calculada em função de si mesma, é estabelecida através de iterações, dada pela equação:

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028(M - W) - I_{cl} \left\{ \begin{array}{l} 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (trm + 273)^4] \\ + f_{cl} h_c (t_{cl} - ta) \end{array} \right\} \quad (19)$$

A razão entre as áreas do corpo vestido e nu ( $f_{cl}$ ) é calculada pelas equações (20) e (21),

$$f_{cl} = 1,00 + 1,290I_{cl}, \text{ para } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W} \quad (20)$$

ou,

$$f_{cl} = 1,05 + 0,645I_{cl}, \text{ para } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W} \quad (21)$$

O coeficiente de transferência de calor convectivo entre as roupas e o ar ( $h_c$ ) é calculado pelas equações (22) e (23),

$$h_c = 2,38(t_{cl} - ta)^{0,25}, \text{ para } 2,38(t_{cl} - ta)^{0,25} > 12,1\sqrt{\text{var}} \quad (22)$$

ou,

$$h_c = 12,1\sqrt{\text{var}}, \text{ para } 2,38(t_{cl} - ta)^{0,25} < 12,1\sqrt{\text{var}} \quad (23)$$

De acordo com a ISO 7730, para que os resultados obtidos tenham validade e estejam dentro da faixa de conforto admitida pela norma, é recomendado que:

- a) o *PMV* calculado se encontre no intervalo de - 2 a +2;
- b) a taxa metabólica ( $\text{W/m}^2$ ), no intervalo de 46 a 232;
- c) a temperatura do ar ( $^\circ\text{C}$ ), no intervalo de 10 a 30;
- d) a temperatura média radiante ( $^\circ\text{C}$ ), no intervalo de 10 a 40;
- e) a velocidade do ar ( $\text{m/s}$ ), no intervalo de 0 a 1;
- f) a pressão parcial de vapor d'água ( $\text{Pa}$ ), no intervalo de 0 a 2700.

A **Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PPD (%)** é um índice de conforto térmico que estima o número de pessoas termicamente insatisfeitas com o ambiente, dentro de um grande grupo. Quando os votos, na escala de sensação térmica, assinalarem para +3, +2, -2 e -3, significa desconforto térmico. Para o *PMV*, no intervalo de -0,5 a +0,5, o grupo se encontra na zona de conforto, correspondendo a 90% de satisfação com ambiente térmico. De acordo

com a ISO 7730 (1994), um ambiente é considerado aceitável termicamente quando satisfazem mais de 80% das pessoas.

O *PPD* pode ser estimado a partir do valor de *PMV*, calculado através da Equação 24.

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0,00353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2)} \quad (24)$$

onde,

*PPD* = Percentagem Estimada de Insatisfeitos, (%)

## 2.7 Normas de conforto térmico

As normas de conforto térmico utilizadas neste trabalho foram desenvolvidas pela *International Organization for Standardization – ISO*; pela *American Society of Heating, Refrigeration and Air- Conditioning Engineers, Inc. – ASHRAE*; pelas Normas Regulamentadoras NR-15 e NR-17 e pela Norma Brasileira NBR-6401.

A **ISO 11399**, 1995: *Ergonomia de Ambientes Térmicos – Princípios e aplicação de normas internacionais relevantes*. Esta norma especifica informações no uso correto, efetivo e prático das normas internacionais e está relacionada com a ergonomia do ambiente térmico. Trata da investigação ergonômica, envolvendo o entendimento de um número de princípios e conceitos básicos das respostas humanas ao ambiente térmico e de métodos de medição. Descreve os parâmetros básicos como a temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade do ar, velocidade do ar, isolamento da roupa e produção do calor metabólico. Recomenda a avaliação do ambiente térmico consultando as normas específicas para cada tipo de ambiente.

A **ISO 7726**, 1998: *Ambientes Térmicos – Instrumentos e métodos para medição das variáveis físicas*. Esta série das normas internacionais trata da relação de métodos para medição das variáveis físicas que caracterizam ambientes térmicos, seleciona métodos para interpretação de parâmetros, recomenda valores ou limites de exposição ao ambiente térmico e especifica métodos para medir a eficiência de estratégias ou processos para proteção pessoal ou coletiva do calor e do frio. Define também os termos usados nos métodos de medição,



análise ou interpretação e especifica as características dos instrumentos de medição dos parâmetros ambientais. Em função do incômodo térmico, esta norma divide-se em duas classes: o tipo C especifica métodos de medições em ambientes moderados, próximos às condições de conforto; o tipo S, por sua vez, especifica métodos de medições em ambientes sujeitos a grande ou até extremo estresse térmico.

**A ISO 7730, 1994:** *Ambientes Térmicos Moderados – Determinação dos índices PMV e PPD e especificações das condições para conforto térmico.* Essa norma prevê a sensação térmica e o grau de desconforto de pessoas expostas a ambientes térmicos moderados e especifica condições de ambientes térmicos aceitáveis para conforto. Define as condições de aplicabilidade da equação do *PMV* (Voto Médio Estimado) calculado pelo modelo analítico.

O anexo D desta norma indica os requisitos de conforto térmico para atividades leves sedentárias ( $70\text{W}/\text{m}^2$ ) com sensações térmicas próximas a neutra no inverno e no verão

**A ISO 7243, 1989:** *Ambientes Quentes – Estimativa do estresse de calor no trabalho humano, baseado no índice WBGT (Bulbo Úmido e Temperatura de Globo).* Usado para avaliação do estresse térmico a que um indivíduo está exposto em um ambiente quente. É aplicado para a avaliação do efeito médio do calor no homem durante um período representativo da sua atividade e para a avaliação das características do ambiente, regulando as trocas de calor entre o ambiente e o corpo humano.

O Anexo A desta norma indica a tabela dos valores de referência do índice de estresse térmico WBGT em relação à classe de taxa metabólica.

**A ISO 8996, 1990:** *Ergonomia – Determinação da produção de calor metabólico.* Trata da avaliação da produção de calor metabólico para determinar a taxa metabólica necessária para avaliar conforto e estresse térmico. Determina três níveis aproximados para a determinação da taxa metabólica: no Anexo A desta norma, a classificação da taxa metabólica é feita por classe de atividade e no Anexo B, a classificação é estimada por tipo de ocupação.

**A ISO 9920, 1995:** *Ergonomia do Ambiente Térmico – Estimativa do isolamento térmico e resistência evaporativa de um conjunto de vestimenta.* Determina métodos para estimar as

características térmicas (resistência à perda de calor e evaporação) em condições regulares de um conjunto de vestimenta, baseado em valores de peças, conjuntos e tecidos conhecidos.

No Anexo A desta norma, os valores são medidos em manequins térmicos. Apresentam os índices de isolamento térmico da vestimenta ( $I_{cl}$ ), fatores de área vestido ( $f_{cl}$ ) e o peso destas combinações em g. O Anexo B fornece os valores de isolamento térmico individuais por peças,  $I_{cl}$  (clo ou  $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ ).

A **ISO 10551**, 1995: *Ergonomia do Ambiente Térmico – Avaliação da influência do ambiente térmico usando escalas de julgamento subjetivo*. Esta norma trata da construção e uso de escalas de julgamento (escalas de percepção térmica, conforto térmico, preferência térmica, aceitação pessoal e tolerância) sobre os aspectos subjetivos de conforto térmico ou estresse térmico.

A Norma **ANSI/ASHRAE Standard 55**, 2004 – *Condições Ambientais Térmicas para Ocupação Humana*. Especifica as combinações de fatores ambientais térmicos internos e fatores pessoais que produzirão condições de aceitabilidade do ambiente térmico para a maioria dos ocupantes dentro de um espaço. Esta norma está em conformidade com as normas ISO 7726 e 7730. Caracteriza como ambiente confortável, quando 80% das pessoas estão em condições aceitáveis de conforto, suas taxas de atividades metabólicas estão entre 1,0 met e 1,3 met, a velocidade do ar não superior a 0,2 m/s e a resistência da roupa se situa a 0,5 clo e 1,0 clo no verão e no inverno, respectivamente.

Norma Regulamentadora **NR 15** – *Atividades e Operações Insalubres*. Define atividades ou operações insalubres no ambiente de trabalho acima dos limites de tolerância. O Anexo 03 desta norma determina os limites de tolerância para exposição ao calor, avaliado através do Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo – IBUTG para avaliação do estresse térmico.

Norma Regulamentadora **NR17** – *Ergonomia*. Estabelece os parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, estando estas condições de trabalho relacionadas com o levantamento, transporte e descarga individual de materiais; mobiliário de postos de trabalho; condições ambientais com recomendações das condições de conforto e organização do trabalho.

Norma Brasileira **NBR 6401**, 1980 – *Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto – Parâmetros Básicos de Projeto*. Estabelece fundamentos para projetos de instalações de ar condicionado central. Estabelece níveis de conforto mínimo nos ambientes para temperatura, velocidade, umidade, grau de pureza, porcentagem ou volume de renovação do ar e nível de ruído. Nas condições de conforto térmico indica a temperatura do ar para condições internas de verão no intervalo de 23°C a 25°C, a velocidade do ar abaixo de 0,25 m/s e a umidade do ar acima de 40%.

Nenhuma destas normas considera as questões ambientais industriais, o que dificulta o projeto de instalações mais adequado termicamente para o trabalhador.

## **2.8 Estudos de conforto térmico em ambientes não climatizados no Brasil**

É fundamental que a consciência sobre a importância das condições dos espaços construídos se traduza em qualidade de vida e benefícios para a saúde.

Considerando a grande sensibilidade do organismo humano e a influência de múltiplas variáveis que interagem com o ambiente térmico, torna-se difícil satisfazer às exigências de conforto mediante condicionamento térmico natural, entretanto é necessário que se utilize os recursos técnicos disponíveis com a maior responsabilidade.

No Brasil, as normas sobre o assunto são ainda muito incipientes e estabelecem apenas limites extremos – como é o caso da NR-15, levando-se em consideração que foram desenvolvidas de padrões internacionais, com culturas e condições climáticas diferentes. A NR-17, no que se refere a condições ambientais de trabalho, não especifica condições de conforto para ambientes industriais.

Xavier (1999), em estudo de campo realizado com estudantes de 2º grau em Florianópolis – SC, em ambientes não climatizados, comparou a zona de conforto térmico proposto por Givoni (1992) para países em desenvolvimento com a zona de conforto desenvolvida para o estudo. Observou que o limite inferior de temperatura foi mais alto e o limite superior foi mais baixo do que os encontrados por Givoni. A maior divergência ocorreu com o limite máximo

aceito para a umidade relativa do ar de 100%, enquanto Givoni prevê, tanto para países desenvolvidos ou em desenvolvimento, o máximo de 80%.

Trabalhos de pesquisa sobre conforto térmico em indústria no Brasil ainda são insuficientes. Hackenberg (2000) pesquisou as sensações térmicas dos trabalhadores de indústria em duas regiões com climas distintos, utilizando a metodologia proposta pela ISO. A análise mostrou como diferentes ambientes, vestimentas e atividades influenciam a sensibilidade térmica do ser humano. Reiterou a necessidade de se rever normas relativas ao ambiente térmico, condizentes com a realidade cultural e regional brasileira, bem como a utilização das diretrizes da arquitetura bioclimática para a melhoria das condições de conforto.

### **3 METODOLOGIA**

A avaliação das condições do ambiente térmico foi realizada em uma indústria metalúrgica em Santa Cruz do Sul, no Rio Grande do Sul, caracterizada pela fabricação de diversos produtos, numa mesma unidade produtiva.

Este estudo foi motivado por dois fatores. O primeiro, o de realizar a avaliação das condições do ambiente térmico, na complementação dos trabalhos de Ergonomia, que o LOPP /UFRGS vinha desenvolvendo junto à Empresa nos setores de Piscinas e Cadeiras. O segundo, pela importância deste estudo junto dos trabalhadores, na avaliação das percepções do ambiente térmico em chão de fábrica, visto que o segmento apresenta deficiência em pesquisas sobre o assunto neste setor da atividade econômica.

#### **3.1 Características físicas e climáticas do local**

As características físicas e as condições climáticas do Município de Santa Cruz do Sul – RS, foram obtidas através da Fundação de Economia e Estatística e Secretaria Municipal de Governo e Desenvolvimento Econômico do Município, dados de 1999 e da Secretaria da Ciência e Tecnologia, Fundação Estadual de pesquisa Agropecuária – Laboratório de Agrometeorologia, com dados mensais anuais do comportamento dos ventos, nas Estações Meteorológicas de Taquari e Santa Maria, no período de 1970 a 1990.

#### **3.2 Descrição da empresa e seu espaço físico**

A empresa em estudo é uma indústria metalúrgica cuja atividade econômica é o desenvolvimento, produção e comercialização de produtos para camping, lazer e utilidades domésticas. Alguns dos produtos desenvolvidos são piscinas em PVC, cadeiras de praia,

grelhas e espetos, panelas, mesas de passar roupas, escadas e infláveis, além de processos como a preparação de tubos e materiais injetados.

O levantamento das características do espaço físico da unidade de produção em estudo foi feito através da observação direta, fotos e fornecimento, pela Empresa, de plantas-baixas, cortes, fachadas e detalhamento do projeto arquitetônico, com a finalidade de analisar a localização dos setores de trabalho, os sistemas construtivos e o material utilizado na sua construção.

### **3.3 Descrição dos setores de trabalho**

Os setores de trabalho foram analisados a partir da observação do espaço físico e seu entorno imediato, identificando a sua localização dentro da unidade. Não foram analisados do ponto de vista do processo. A atividade desenvolvida no setor foi identificada por tipo de atividade e ocupação, conforme ISO 9886.

### **3.4 Características da população**

As características da população foram levantadas no período em que foram realizadas as medições ambientais, quando esta foi identificada por idade, sexo, altura, peso, distribuída por setores de atividades e separada por turnos, através da aplicação de questionário subjetivo (Anexo A), proposto pela ISO 10551 e adaptado por Hackenberg (2000). Foi considerada para este estudo toda a população em atividade na unidade fabril.

### **3.5 Equipamentos de medição das variáveis ambientais**

Os equipamentos utilizados para as medições das variáveis ambientais, de acordo com a norma ISO 7726 (1998), foram o Monitor de Stress Térmico QUESTEMP 15 para medir as

temperaturas de bulbo seco, de bulbo úmido natural, de globo e o cálculo direto do IBUTG interno e externo (com insolação), um termo-higrômetro portátil digital, modelo TESTO H1 para determinar a temperatura do ar e a umidade relativa do ar e um termo-anemômetro, modelo TESTO V1 para medir a temperatura do ar e a velocidade do ar (Figura 2).



Figura 2 - Equipamentos de medição das variáveis ambientais

### 3.6 Análise das variáveis de influência e parâmetros subjetivos de conforto

A análise das variáveis de influência e dos parâmetros subjetivos foi realizada por meio das medições das variáveis ambientais, estimativas da taxa metabólica e resistência da vestimenta e aplicação de questionário subjetivo.

#### 3.6.1 Levantamento das variáveis ambientais

As medições das variáveis ambientais foram executadas no período de verão, em 18 de dezembro de 2002, no turno da tarde, das 13:00 às 17:00 horas, para a avaliação das

condições térmicas. De acordo com a ISO 7726 foram medidas as temperaturas de bulbo seco ( $ta$ ), de bulbo úmido natural ( $Tbu_n$ ), temperatura de globo ( $Tg$ ), a velocidade do ar ( $va$ ) e a umidade relativa do ar ( $Ur$ ) para todos os setores. A pressão parcial de vapor d'água ( $pa$ ) foi estimada através da Equação (4) na Tabela D.1 da ISO 7726 e a temperatura média radiante através da Equação (8) do anexo B da mesma norma. As medidas foram tomadas à altura do abdome, na área central do espaço de trabalho de cada setor, em ambiente considerado homogêneo, de acordo com as Tabelas 2, 4 e 5 da ISO 7726.

### 3.6.2 Avaliação da atividade metabólica dos trabalhadores

A produção da atividade metabólica dos trabalhadores foi estimada conforme a ISO 8996 (1990), em função do tipo de atividade e ocupação exercida em cada setor e foi analisada a partir da observação direta, no momento da execução das medições e com base nas respostas referentes às tarefas executadas, quando da aplicação do questionário subjetivo (Anexo A). Para estimá-la, optou-se pela aplicação das Tabela A1 e B1 (classificação de acordo com o tipo de atividade e ocupação) da ISO 8996, da Tabela A1 (Taxa Metabólica para diversas Atividades) da ISO 7730 e Quadro n.º 3 (Taxas de Metabolismo por tipo de Atividade) da NR 15. A produção metabólica é dada em unidade de metabolismo ( $met$ ), onde  $1\ met = 58,2\ W/m^2$ . Neste trabalho, a taxa de atividade metabólica para cada setor foi estimada pela média ponderada (CALLEGARI, 2003), por meio da Equação 25. Foram classificados três tipos de atividades:

- a) Sentado, com movimentos moderados de braços e pernas,  $96\ W/m^2$ ;
- b) De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada com alguma movimentação,  $116\ W/m^2$ ;
- c) De pé, trabalho moderado, em máquina ou bancada com alguma movimentação,  $140\ W/m^2$ .

$$Mp_{met} = \frac{\sum xi \cdot fi}{n} \quad (25)$$

onde,

$Mp_{met}$  = média ponderada da atividade metabólica do setor ( $W/m^2$ )

$xi$  = tipo de atividade metabólica ( $W/m^2$ ),



$f_i$  = frequência de ocorrência do tipo de atividade metabólica (adimensional),  
 $n$  = número de trabalhadores por setor.

Optou-se por não estimar a taxa metabólica por consumo de oxigênio (ISO 8996, 1990) pela dificuldade em mobilizar os trabalhadores com o equipamento de medição e em função do número de indivíduos envolvidos neste processo.

### 3.6.3 Avaliação da resistência térmica da vestimenta dos trabalhadores

A vestimenta dos trabalhadores, no período de verão, era composta de:

- a) calça comprida em tecido solasol Santista, composição – 100 % algodão cardado;
- b) camiseta de manga curta em tecido de *polyviscose* – 67 % poliéster e 33% viscose;
- c) roupas íntimas, meias, sapatos de couro ou tênis.

Em alguns setores, em função da atividade, constatou-se o uso de avental, guarda-pó e luvas. De acordo com a ISO 9920 (1995), foi estimada a resistência térmica da vestimenta utilizada pelos trabalhadores pelo somatório dos valores de  $I_{cl}$  (isolamento térmico da vestimenta em  $m^2C/W$  ou  $clo$ , onde  $1clo = 0,155m^2C$ ) atribuídos às peças individuais de um conjunto da vestimenta, utilizando-se das tabelas dos anexos A, B e figuras do Anexo B da ISO 9920. Neste trabalho, a resistência térmica da vestimenta, para cada setor, foi estimada pela média ponderada (CALLEGARI, 2003) dos valores de  $I_{cl}$  atribuídos às peças da vestimenta usada pela população em estudo, por meio da equação 26.

$$Mp_{clo} = \frac{\sum xi \cdot fi}{n} \quad (26)$$

onde,

$Mp_{clo}$  = média ponderada da vestimenta para o setor ( $clo$ ),

$xi$  = índice de isolamento térmico da peça do vestuário( $clo$ ),

$fi$  = frequência de uso da peça do vestuário (adimensional),

$n$  = número total de trabalhadores do setor.

### 3.6.4 Aplicação de questionário das percepções térmicas dos trabalhadores

Foi aplicado, para todos os setores, um questionário para avaliação das percepções térmicas dos trabalhadores, de acordo com a ISO 10551 (1995), composto por 5 perguntas sobre sensação, preferência, conforto, tolerância e aceitação do ambiente de trabalho (Anexo A). Foram utilizadas as escalas de sensação e de preferência térmica pessoal com 9 e 7 degraus, com um ponto de neutralidade no centro de dois pólos, conforme modelos nas Tabelas 3 e 4. Optou-se por utilizar 9 degraus na pergunta relacionada à sensação térmica porque havia a probabilidade de se constatar estresse térmico no verão.

**Tabela 3 - Escala de sensação térmica**

Pólos	Degraus	Descrição
(+) Quente	(+4)	muito quente
	3	quente
	2	morno
	1	levemente morno
Neutro	0	neutro
	1	levemente fresco
	2	fresco
	3	frio
	(-4)	muito frio

**Tabela 4 - Escala de preferência térmica**

Pólos	Degraus	Descrição
(+) Quente	(+3)	muito mais frio
	2	mais frio
	1	pouco mais frio
Neutro	0	nem mais frio nem mais quente
	1	pouco mais quente
(+) Frio	2	mais quente
	(-3)	muito mais quente

Para as perguntas de conforto e tolerância pessoal, foram utilizadas escalas de estrutura unipolar com 4 e 5 degraus, conforme modelos das Tabelas 5 e 6. Optou-se por estender para 5 degraus na pergunta relativa a conforto, pois a probabilidade de desconforto no verão era significativa.

**Tabela 5 - Escala de conforto pessoal**

Pólo	Degraus	Descrição
Desconforto	0	confortável
	1	um pouco desconfortável
	2	desconfortável
	3	muito desconfortável
	(+4)	extremamente desconfortável

**Tabela 6 - Escala de tolerância pessoal**

Pólo	Degraus	Descrição
Intolerância	0	perfeitamente tolerável
	1	um pouco difícil de tolerar
	2	difícil de tolerar
	3	muito difícil de tolerar
	4	intolerável

A pergunta relativa à “Aceitação” é uma opinião pessoal de aceito (peso 0) ou rejeito (peso 1).

Por questões internas da empresa, os questionários foram aplicados pelo setor de Recursos Humanos, em horários de folga para lanche e almoço, e remetidos posteriormente, via correio, para o pesquisador.

### **3.7 Estimativa dos índices térmicos**

Os índices térmicos foram estimados para análise do ambiente térmico e para a análise da sensação térmica dos trabalhadores por meio de cálculo analítico.

#### ***3.7.1 Voto Médio Estimado (PMV)***

A sensação térmica dos trabalhadores foi calculada analiticamente a partir do conjunto de dados e índices coletados, de acordo com a ISO 7730 (1994), utilizando o modelo *PMV* (Voto Médio Estimado), por meio da aplicação da equação 18. O cálculo da equação do *PMV* foi executado com o auxílio de programa computacional proposto pela ISO 7730 e desenvolvido por Beyer (2004).

O *PMV*, sendo um padrão internacional, tem sido usado internamente e externamente em diferentes partes do mundo. Para Fanger e Toftum (2002), o *PMV* em ambientes climatizados reproduz bem a sensação térmica, entretanto, em estudos de campo em climas quentes, em prédios sem ar condicionado central, tem mostrado que prevê uma sensação térmica mais quente do que os indivíduos de fato sentem. Isso ocorre, ou por uma expectativa, em que o *PMV* superestima a sensação térmica de ocupantes de edificações não climatizadas em climas quentes, ou por não considerar o fato de que uma pessoa, quando sente calor, inconscientemente tende a diminuir a sua atividade. Portanto, a adaptação ao ambiente quente se dá diminuindo sua taxa metabólica.

Considerando que as pessoas em climas quentes podem perceber o calor com menos severidade do que prediz o Modelo *PMV*, Fanger e Toftum (2002) propuseram a extensão do Modelo *PMV* para edifícios não climatizados em ambientes quentes, através de um fator de expectativa “e” para ser multiplicado com o *PMV*, e se chegar à média do voto médio estimado de ocupantes de prédios não climatizados em climas quentes. A Tabela 7 propõe uma estimativa aproximada da escala do fator “e”, correspondendo a grau alto, moderado e baixo. O fator de expectativa “e” (0,8), da extensão do Modelo *PMV*, foi multiplicado ao índice *PMV* para todos os setores.

**Tabela 7 - Fator de Expectativa para edificações não climatizadas em climas quentes (e)**

Expectativas	Classificação de edificações não climatizadas		Fator de expectativa (e)
	Localização	Períodos Quentes	
Alto	Em regiões onde são comuns edificações climatizadas	Ocorrendo por curto espaço de tempo no verão	0,9 - 1,0
Moderado	Em regiões com algumas edificações climatizadas	Na estação de verão	0,7 - 0,9
Baixo	Em regiões com poucas edificações climatizadas	Todas as estações	0,5 - 0,7

Fonte: Fanger e Toftum (2002)

### 3.7.2 Percentagem Estimada de Insatisfeitos (PPD)

O número de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico foi determinado a partir dos valores de *PMV*, por meio da aplicação da equação 24. O cálculo da equação do *PPD* foi executado com o auxílio de programa computacional proposto pela ISO 7730 e desenvolvido por Beyer (2004).

### 3.7.3 Análise do estresse térmico do trabalhador baseado no índice WBGT – Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo, ISO -7243 e IBUTG, NR-15.

O índice WBGT foi calculado para avaliar o estresse de calor ao qual o trabalhador está exposto em ambiente interno sem carga solar através da equação 16.

$$WBGT = 0,7tbu_n + 0,3tg \quad (16)$$

Este índice foi também medido pelo monitor QUESTEMT 15. Os valores limites de Estresse Térmico, adotados pela ISO 7243, estão em conformidade com os adotados pela NR-15, utilizando-se das mesmas equações para a determinação do índice. Os valores do *IBUTG* para os setores foram calculados e avaliados de acordo com a Tabela A1 do Anexo A da ISO 7243 e com os Quadros n.º 1 e n.º 3 da NR-15.

### **3.7.4 Temperatura efetiva**

A temperatura efetiva foi estimada em função da temperatura de bulbo úmido (*tbu*), da temperatura do ar (*ta*) e da velocidade do ar (*va*), com base em ábacos (Anexo B) de temperatura efetiva para indivíduos vestidos normalmente.

## **3.8 Análise estatística**

Os dados coletados foram analisados e organizados pelos softwares Excel 7.0 e SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences for Windows*) versão 10.0. A estatística descritiva foi utilizada para introduzir técnicas que permitiram organizar, resumir e apresentar os dados. A descrição das variáveis foi importante para caracterizar a população e identificar a percepção dos indivíduos, através da frequência de ocorrência das respostas subjetivas do questionário, das medidas de tendência central e da variabilidade dos dados.

O Teste Exato de Fisher (CALLEGARI, 2003) é utilizado para tabelas compostas por apenas 2 linhas e duas colunas. Para se realizar o Teste em tabelas com mais de duas colunas e mais de duas linhas, utiliza-se o Teste por simulação de Monte Carlo, que calcula a probabilidade exata para todas as caselas, através de uma simulação para mil amostras ou mais (no máximo 10 mil amostras). Neste trabalho, o Teste Exato de Fisher por simulação de Monte Carlo foi utilizado, substituindo o teste do Qui-quadrado, para verificar associações entre duas ou mais variáveis, ao nível de significância de 5%, visto que muitas caselas das tabelas cruzadas

possuíram um número de respostas inferiores a cinco. Na interpretação do teste foi levada em consideração a frequência de cada casela.

O resíduo ajustado é utilizado como auxiliar na interpretação dos dados organizados em tabelas. Ele tem uma distribuição normal, com média zero e desvio padrão igual a 1. Caso o resíduo ajustado seja maior que 1,96 em valor absoluto, pode-se dizer que há evidências de associação significativa entre as categorias em estudo. Quanto maior o valor do resíduo ajustado, maior a associação entre as categorias. Para os valores menores que 1,96, pode-se dizer que existe uma tendência de associação para aqueles que estão mais próximos a ele, em valor absoluto, mesmo quando não exista uma diferença estatisticamente comprovada.

### ***3.8.1 Análise das percepções dos trabalhadores quanto ao ambiente térmico***

A análise das percepções dos trabalhadores quanto ao ambiente térmico foi demonstrada através de uma distribuição de frequência de ocorrência de julgamento relativo às percepções, pela aplicação das medidas de tendência central e dissertada através de análise descritiva dos resultados encontrados.

### ***3.8.2 Análise da relação existente entre fatores pessoais e as percepções dos trabalhadores quanto ao ambiente térmico***

Para analisar a influência que o turno, o sexo e a atividade metabólica exerceram nas percepções dos trabalhadores ao ambiente térmico foi utilizado o teste Exato de Fisher por simulação de Monte Carlo para associações entre variáveis.

### ***3.8.3 Análise da influência das variáveis ambientais e pessoais nas percepções levantadas quanto ao ambiente térmico***

A influência das variáveis ambientais e pessoais nas percepções levantadas quanto ao ambiente térmico foi feita através da análise descritiva das variáveis ambientais ( $t_a$ ,  $t_{mr}$ ,  $v_a$  e  $U_r$ ), das variáveis pessoais ( $I_{cl}$  e  $M$ ) e das percepções do ambiente térmico (Anexo A). As variáveis ambientais medidas, as variáveis pessoais estimadas e as percepções dos trabalhadores estão descritas nos itens 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3 e 3.6.4 deste capítulo.

Foram considerados, para esta análise, os degraus de julgamento que tiveram mais de 50% da frequência nas respostas do questionário por setor.

### ***3.8.4 Análise da correlação existente entre os índices de conforto térmico PMV/PPD (ISSO 7730) e as sensações térmicas reais do ambiente (ISO 10551) pela análise de regressão linear***

O teste de correlação linear, para estimar a associação verdadeira entre o PMV e a sensação térmica percebida pelos trabalhadores, não foi possível realizar, pois as variáveis não apresentaram normalidade e não satisfizeram aos pressupostos do teste:

- a) existir uma distribuição normal entre as variáveis (sensação ( $x$ ) e PMV( $y$ ));
- b) a variação dos valores de  $x$  para cada valor fixo de  $y$  deverá ser sempre a mesma, isto é, o valor  $\tau_x^2$  será o mesmo nos vários níveis de  $y$  (homocedasticidade);
- c) da mesma forma, a variação dos valores de  $y$  ( $\tau_y^2$ ) será a mesma para todos os valores de  $x$  (CALLEGARI, 2003). Os resultados dos testes encontram-se descritos no Apêndice A.

Para verificar a existência de associação entre o índice  $PMV$  e a sensação térmica percebida foi utilizado o teste descrito no item 3.8.5.

### ***3.8.5 Análise da relação existente entre os índices de conforto térmico calculado PMV/PPD (ISO 7730) e as sensações térmicas reais do ambiente (ISO 10551) pelo Teste Exato de Fisher***

Para a análise da relação existente entre o PMV/PPD e as sensações térmicas percebidas do ambiente foi utilizado o Teste Exato de Fisher por simulação de Monte Carlo para verificar associações entre os índices térmicos com a sensação térmica levantada pelos trabalhadores.



## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

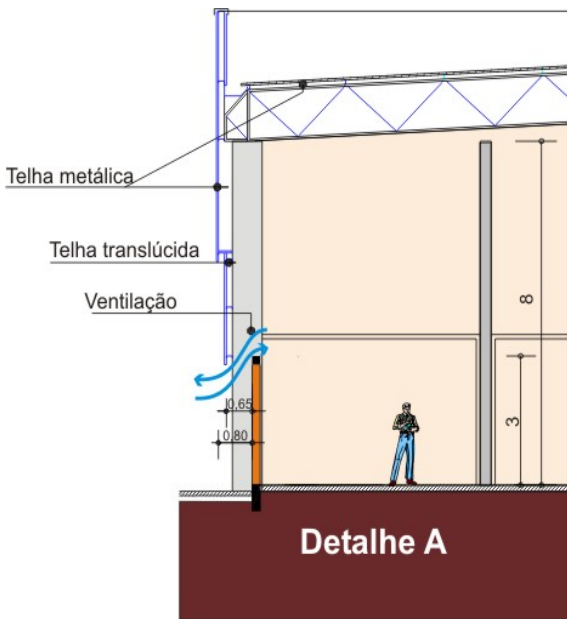
### **4.1 Características físicas e climáticas**

O Município de Santa Cruz do Sul localiza-se na Encosta Inferior do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, a 29°43'59" de Latitude Sul e 52°24'52" de Longitude Oeste. Seu relevo compõe-se de áreas levemente onduladas ao sul da região: vales, morros e elevações originadas dos primeiros contrafortes da Serra Geral. Apresenta altitude média de 122m acima do nível do mar, o clima é subtropical temperado, com temperaturas médias de 19°C, máxima de 42°C e mínima de 5°C, e as chuvas caem entre 100 a 126 dias ao ano, com precipitações de 1300 a 1800mm (KLERING, 1999), ocorrendo ventos com velocidade média de 3,00m/s e direção predominante a sudeste (Anexo C).

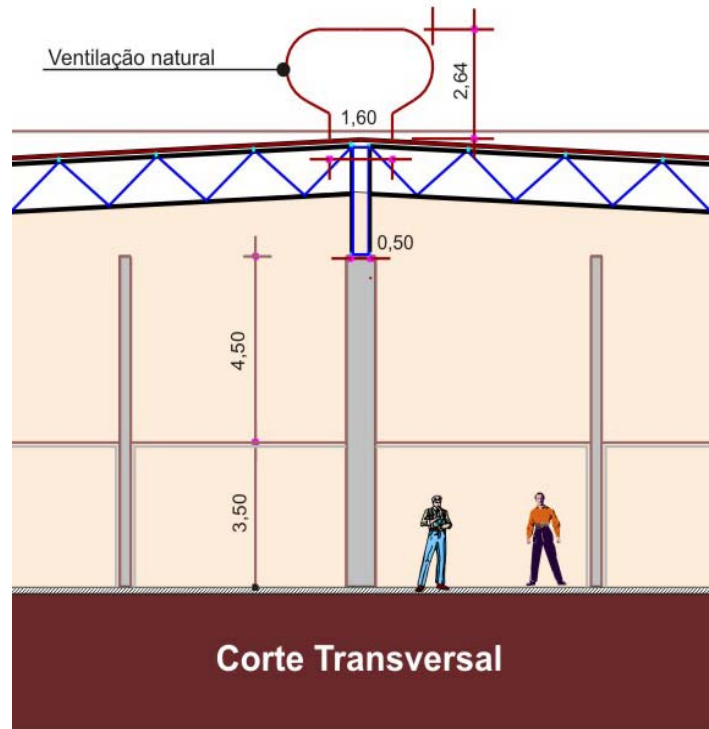
### **4.2 Descrição do espaço físico**

A unidade fabril está implantada numa área de 70 hectares, com 40.000m<sup>2</sup> construídos, sendo que a unidade de produção em estudo ocupa uma área de 30.164m<sup>2</sup>. Dentre as características construtivas apresenta estruturas metálica e pilares em concreto armado, fechamentos laterais em alvenaria até as alturas de 3,00m e 3,50m, e uma complementação do pé-direito (altura do fechamento lateral) com telhas translúcidas trapezoidais de fibra de vidro leitosa até a altura de 5,20m e telhas de aço galvanizado pré-pintada até as alturas de 8,00 a 10,70m (Figura 3). O pavilhão industrial possui ventilação natural através de portas e fenda. Esta se desenvolve por todo o perímetro do prédio com 60cm de largura útil, situada a alturas de 3,00 e 3,50m no sentido longitudinal e 5,20m no sentido transversal (Figuras 3 e 5). A ventilação forçada, em alguns setores, se dá através de ventiladores de circulação de ar tipo de pé e do tipo com aspersão de água (Figura 6). A cobertura com telhas em aço galvanizado com pré-pintura na cor branca (Figura 7) é apoiada em estrutura metálica e intercalada por faixas de telhas de fibra de vidro leitosa, apresentando no sentido longitudinal duas aberturas (L = 2 x 208 m) para

ventilação natural, em toda a extensão da cobertura(Figura 4). O piso da unidade é de cimento alisado desempenado.



**Figura 3 - Detalhamento do fechamento lateral e ventilação natural**



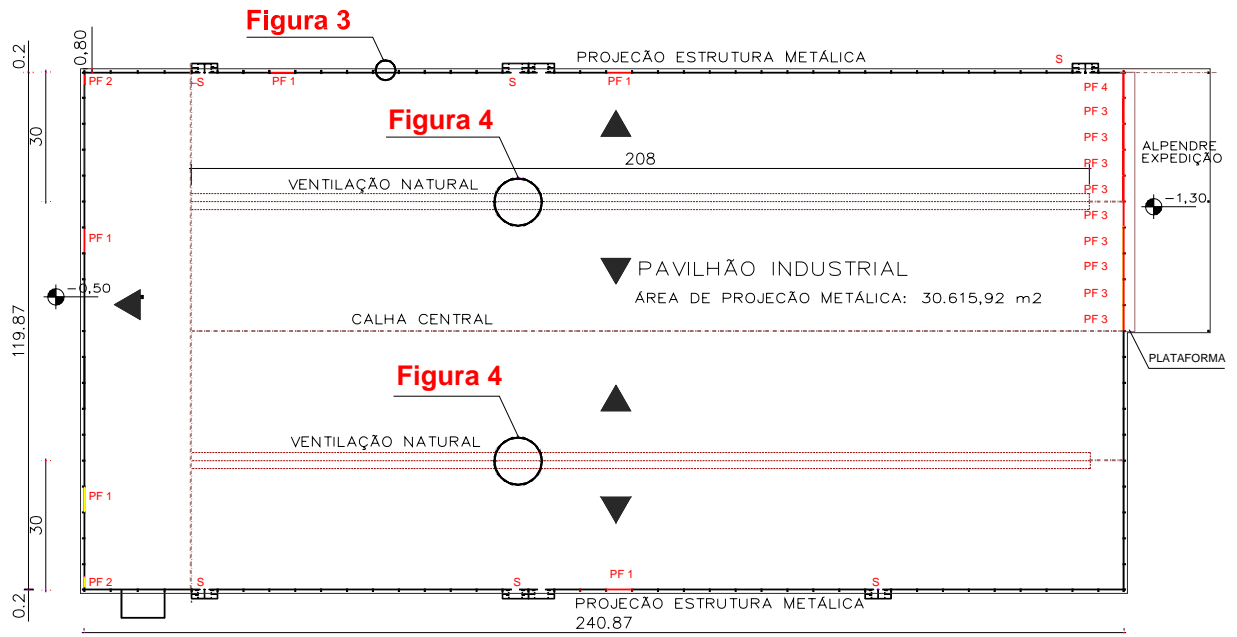
**Figura 4 - Detalhamento do sistema de ventilação natural na cobertura**



**Figura 5 - Detalhe da fenda para ventilação natural**



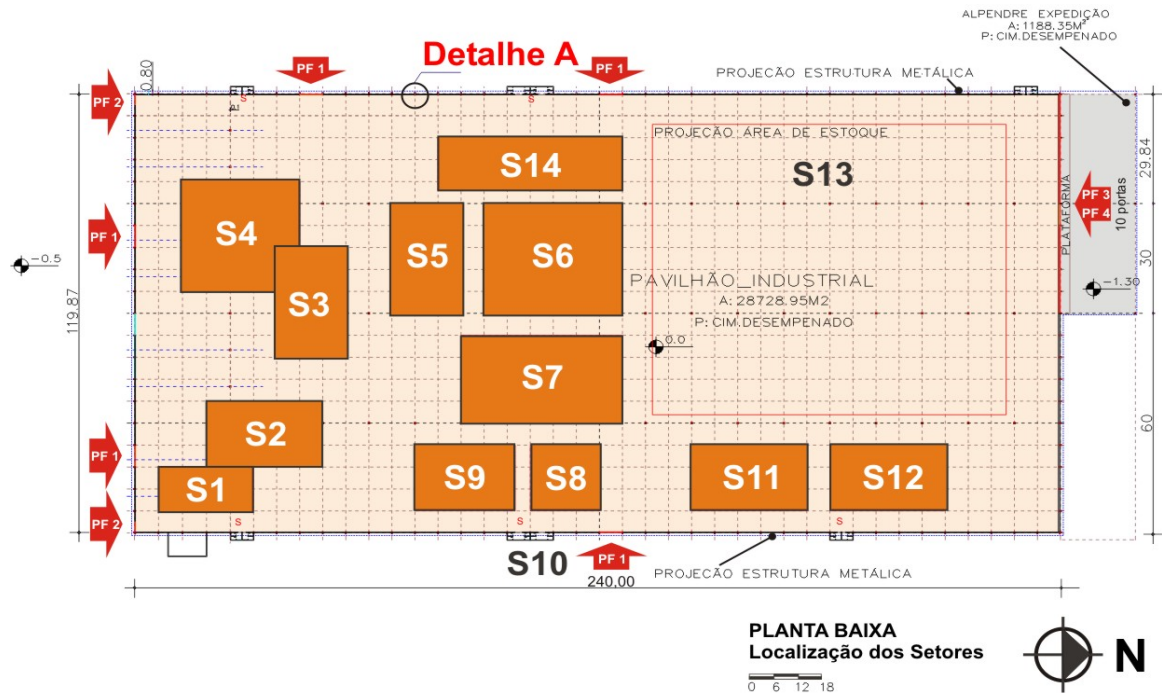
**Figura 6 - Ventiladores com aspersão de água**



**PLANTA BAIXA COBERTURA - Esc. 1/2000**  
**Figura 7 – Projção da cobertura**

### 4.3 Descrição dos setores

Como a Empresa se caracteriza pela fabricação de diversos produtos, foi organizada em vários setores com necessidades e características próprias (Figura 8).



**Figura 8 - Leiaute – Setores de Trabalho**

#### **4.3.1 Setor S1 – Injetoras**

Localiza-se próximo a uma das portas de acesso, com o espaço sendo ocupado por 5 máquinas e uma betoneira. A ventilação é auxiliada por um ventilador de pé. O trabalho dos operadores foi considerado moderado, sem manuseio de cargas pesadas e com movimentação do corpo. No seu entorno mantêm estoques de matéria-prima para a base dos artefatos injetados.



**Figura 9 - Vista parcial do Setor S1 - Injetoras**

#### **4.3.2 Setor S2 – Churrasqueiras**

O setor conta com ventiladores com aspersão de água (Apêndice B). No seu entorno imediato localiza-se o setor S1, ponte rolante e circulações. O trabalho é executado em pé com movimentação moderada do corpo. Os componentes para a confecção e o produto final são armazenados próximo ao processo.



**Figura 10 - Vista parcial do Setor S2 – Churrasqueira**

#### **4.3.3 Setor S3 – Solda Ponto**

O setor é equipado com ventiladores de pé e ventiladores com aspersão de água. O trabalho é executado em pé, junto das máquinas e com movimentos curtos. Consiste na preparação de tubos para montagem dos produtos produzidos pela indústria. O estoque de tubos se situa próximo das máquinas. No entorno imediato estão os setores S4, S6 e circulações.



**Figura 11 - Vista parcial do Setor S3 - Solda Ponto**

#### **4.3.4 Setor S4 – Corte de Tubos**

O setor possui ventiladores com aspersão de água e estoques próximos. A atividade é a preparação dos tubos para execução de produtos desenvolvidos pela fábrica. A atividade é executada em pé junto das máquinas de corte, com uma movimentação moderada do corpo.



**Figura 12 - Vista parcial do Setor S4 - Corte de Tubos**



#### **4.3.5 Setor S5 – Pintura**

O setor possui ventiladores com aspersão de água e no entorno encontram-se os estoques de componentes e os setores S6, S3 e circulações. O trabalho é executado em pé junto da câmara de pintura, com movimentação moderada do corpo. O setor possui um sistema aéreo de transporte das peças, que dá suporte ao processo.



**Figura 13 - Vista parcial do Setor S5 - Pintura**

#### **4.3.6 Setor S6 – Piscinas**

Conta com ventiladores de aspersão de água e a área de trabalho foi delimitada com lona plástica. No entorno imediato, localizam-se altos estoques e os setores S5, S14, S7. A atividade do setor é a confecção de piscinas em PVC. O trabalho é executado em pé, junto às máquinas e em mesas de corte. É caracterizado pelo movimento do corpo, pelo manuseio de lonas de aproximadamente 10 kg, dependendo do tamanho. O número de pessoas envolvidas na atividade é de 136, distribuídas nos turnos da manhã e tarde.



**Figura 14 -Vista parcial do Setor S6 - Piscinas**

#### ***4.3.7 Setor S7 – Cadeiras***

Possui ventiladores com aspersão de água. O entorno é ocupado por estoques de componentes e produtos acabado. Parte do trabalho consiste na montagem das cadeiras e parte junto às máquinas para fixadores de rebites na estrutura das cadeiras. O trabalho é executado em pé com movimentação moderada dos braços e é auxiliado por uma esteira e mesas de apoio.



**Figura 15 -Vista parcial do Setor S7 - Cadeiras**

#### ***4.3.8 Setor S8 - Tábuas, Escadas e Varais***

O setor conta com o auxílio de ventiladores com aspersão de água e no seu entorno possui estoques de componentes e produtos acabados. Basicamente a atividade se constitui na

montagem de tábuas de passar roupas, escadas e varais, tendo como suporte mesas para a montagem e embalagem.



**Figura 16- Vista parcial do Setor S8 - Tábuas, Escadas e Varais**

#### ***4.3.9 Setor S9 – Corte e Dobra de Arame***

A atividade é realizada em pé junto das máquinas e mesa de apoio com movimentos moderados dos braços. Os trabalhadores envolvidos nos turnos da manhã e da tarde são em 05. O setor conta com ventiladores com aspensão de água.



**Figura 17 -Vista parcial do Setor S9 - Corte e Dobra de Arame**



#### ***4.3.10 Setor S10 – Ponto de medição na área externa***

Foram executadas medições das variáveis ambientais externas como referência das condições do dia em que foram efetuadas.



**Figura 18- Vista parcial do Setor S10 –  
Área Externa**

#### ***4.3.11 Setor S11 - Espetos e Grelhas***

A atividade é basicamente a montagem dos produtos, realizada em pé, junto das mesas de apoio e foi considerada movimentação moderada dos braços sobre bancada. No setor há ventiladores com aspersão de água, e no entorno imediato, grandes e altos estoques.



**Figura 19- Vista parcial do Setor S11 – Espetos  
e Grelhas**

#### **4.3.12 Setor S12 – Painelas**

A atividade é a montagem e empacotamento do produto. O trabalho é realizado em pé junto das máquinas e em mesas de apoio. O setor conta com o auxílio de ventiladores com aspersão de água e no entorno encontra-se o setor S11 e estoques.



**Figura 20 – Vista parcial do Setor S12 - Painelas**

#### **4.3.13 Setor S13 – Estoques e Expedição**

No estoque, a presença do trabalhador é sentida através do transporte feito com carrinhos de carga para estocagem de matéria prima e produtos já embalados para embarque e desembarque de material.



**Figura 21– Vista parcial do Setor S13 – Estoques e Expedição**

#### **4.3.14 Setor S14 – Embalagem Piscinas**

O trabalho é executado em pé junto à esteira. Oito pessoas estão envolvidas no processo entre o turno da manhã e da tarde. No entorno imediato situam-se estoques altos e os setores S6 e S5.



**Figura 22– Vista parcial do Setor S14 - Embalagem Piscinas**

#### **4.4 Características da população**

No período em que foram efetuadas as medições, a população da unidade em estudo constituía-se de 381 trabalhadores, 184 no período da manhã e 197 no período da tarde. Sendo que 71% do sexo masculino e 29% do sexo feminino. Deve-se salientar que no período de safra, meses que antecedem o verão, a população aumenta em função da demanda (Tabela 8).

**Tabela 8 - Caracterização da população de trabalhadores envolvidos na pesquisa**

Características demográficas	Frequência	%
<b>Sexo</b>		
Masculino	272	71,4
Feminino	109	28,6
Total	381	100
<b>Idade</b>		
De 18 a 25 anos	98	25,7
De 26 a 31 anos	98	25,7
De 32 a 40 anos	90	23,6
Acima de 41 anos	90	23,6
NR	5	1,3
Total	381	100
<b>Altura (cm)</b>		
De 145 a 164	100	26,2
De 165 a 170	101	26,5
De 171 a 176	82	21,5
De 177 a 194	85	22,3
NR	13	3,4
Total	381	100
<b>Peso (kg)</b>		
De 39 a 60	102	26,8
De 61 a 68	90	23,6
De 69 a 76	88	23,1
De 77 a 110	91	23,9
NR	10	2,6
Total	381	100

NR – não responderam

A distribuição dos trabalhadores na empresa é caracterizada por setores, onde 51% se concentram nos setores de piscinas e cadeiras (Tabela 9).

**Tabela 9 - Distribuição setorial dos trabalhadores**

Setores	Trabalhadores	%
S1 Injetora	05	1,3
S2 Churrasqueira	17	4,5
S3 Solda Ponto	09	2,4
S4 Corte de Tubos	19	5,0
S5 Pintura	14	3,7
S6 Piscina	136	35,7
S7 Cadeiras	59	15,5
S8 Tábuas, Escadas e Varais	13	3,3
S9 Corte e dobra de arame	05	1,3
S11 Grelhas e espetos	12	3,1
S12 Painéis	16	4,2
S13 Estoques e Expedição	34	8,9
S14 Embalagens piscinas	8	2,1
S0 Não identificado – S0	28	7,4
NR	06	1,6
Total	381	100

NR – não responderam

A função Manutenção, por não possuir um setor específico dentro desta unidade da Empresa, foi considerada como população não identificada (S0).

#### 4.5 Demonstrativo das variáveis de influência e dos índices térmicos encontrados e as recomendações normatizadas

As medições das variáveis ambientais, a determinação da atividade metabólica e a avaliação da resistência térmica do vestuário permitiram verificar, nos setores de trabalho, as condições de exposição ao calor a que estão submetidos os trabalhadores em dia típico de verão (18 de dezembro, às 15:45 h, com temperatura externa à sombra de 28,15°C e umidade relativa do ar de 39%). O demonstrativo dos resultados destas variáveis e parâmetros está representado na Tabela 10.

**Tabela 10 - Variáveis ambientais dos setores de trabalho**

Setores	UR(%)	<i>t<sub>bu</sub></i> (°C)	<i>t<sub>a</sub></i> (°C)	<i>t<sub>g</sub></i> (°C)	<i>t<sub>e</sub></i> (°C)	<i>t<sub>rm</sub></i> (°C)	<i>va</i> (m/s)	<i>var</i> (m/s)
S1 - Injetora	44	19,7	29,3	30,69	24,0	32,05	0,26	0,56
S2 - Churrasqueira	45	19,7	29,1	31,04	24,4	32,04	0,09	0,39
S3 - Solda Ponto	38	19,32	29,96	31,57	24,3	33,02	0,23	0,65
S4 – Corte deTubos	43	19,87	29,83	31,57	24,5	33,21	0,25	0,67
S5 - Pintura	38	21,37	32,83	34,63	25,8	37,49	0,63	0,93
S6 - Piscina	40	20,92	31,93	33,22	25,6	34,79	0,39	0,81
S7 - Cadeiras	44	21,63	31,89	33,8	26,0	35,52	0,24	0,54
S8 – Tábuas, Escadas e Varais	41	20,95	31,46	32,68	25,5	33,8	0,24	0,54
S9 - Corte e dobra de Arame	40	20,33	31,04	31,86	25,0	33,09	0,54	0,84
S11 - Grelhas e espetos	37	20,07	31,47	32,6	24,5	35,37	1,26	1,56
S12 - Painelas	38	20,1	31,2	32,76	24,2	35,69	0,81	1,11
S13 – Estoques e Expedição	48	21,05	29,98	28,9	24,0	28,45	0,06	0,36
S14 - Embalagens piscinas	38	20,48	31,72	32,88	24,9	33,34	0,06	0,36

UR: Umidade relativa do ar *t<sub>bu</sub>*: temperatura de bulbo úmido *t<sub>a</sub>*: temperatura de bulbo seco  
*t<sub>g</sub>*: temperatura de globo *t<sub>e</sub>*: temperatura efetiva *t<sub>rm</sub>*: temperatura média radiante  
*va*: velocidade do ar *var*: velocidade relativa do ar

No dia em que foram realizadas as medições, com exceção dos setores S1 e S14, que contavam com ventiladores de pé, e do setor S12, que não estava em operação, todos os setores mantiveram ventiladores, do tipo com aspersão de água, em funcionamento.

A umidade relativa do ar medida nos setores foi considerada dentro de limites aceitáveis para ambiente industrial. Koenigsberger *et al.*<sup>7</sup> (1977 apud GOULART *et al.*, 1994), na adaptação da carta bioclimática de Olgyay para climas quentes, delimitaram a zona de conforto entre 21°C e 30°C de temperatura de bulbo seco e entre 16% a 78% de umidade relativa do ar, para pessoas desenvolvendo atividades sedentárias e vestindo 1 *clo*. A ASHRAE 55 (2004) não especifica um limite mínimo para a umidade do ar, entretanto, observa que fatores de desconforto como pele seca, irritações da mucosa e dos olhos podem ser causadas por uma umidade muito baixa. Olesen e Brager (2004) observaram que a influência da umidade na temperatura ambiente preferida com conforto é relativamente pequena. A ISO 7730 recomenda a umidade do ar de 30% a 70%, principalmente por motivo da qualidade do ar ambiente.

A NR-17 estabelece o índice limite da temperatura efetiva para conforto em 23°C, porém não esclarece a inclusão de ambiente industrial nas suas recomendações para conforto nas questões ambientais. Portanto, não foi possível afirmar que as temperaturas efetivas estimadas não satisfizeram as necessidades do ambiente industrial em estudo.

A NBR-6401 (Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto – Parâmetros Básicos de Projeto) recomenda que os parâmetros de conforto para o verão estejam nos intervalos de 23°C a 26°C (Temperatura de Bulbo Seco) e de 40% a 65% para a umidade relativa do ar. Hackenberg e Pereira (1999) ponderam que os limites adotados pelas normas internacionais da série ISO para conforto e estresse térmico foram originados de estudos em países, na sua maioria, de climas frios, e que os limites adotados por elas são também utilizados pela ASHRAE, NR-15 e NBR-6401. Nicol *et al.*<sup>8</sup> (1995 apud HACKENBERG, 1999), cita trabalhos realizados em regiões de climas tropicais, observando que a zona de conforto depende da aclimação e de fatores sócio-culturais e conclui que a preferência térmica nos trópicos é mais alta.

Em trabalhos de pesquisa sobre a adequação das normas de conforto térmico da série ISO para climas tropicais, conforme Hackenberg (2001, p.5) “a inadequação das normas à realidade dos trópicos conduz à inadequação do dimensionamento dos sistemas de

---

<sup>7</sup> KOENIGSBERGER, O. H. *et al.* *Viviendas y Edificios en Zonas Cálidas y Tropicales*. Madrid: Paraninfo, 323 p., 1977.

<sup>8</sup> NICOL, F. *et al.* *Standards for Thermal Comfort*. London: Chapman & Hall, 1995.

climatização e conseqüentemente ao desperdício de energia”. Sugere uma norma brasileira relativa ao isolamento térmico da vestimenta, assim como para a produção metabólica para as atividades desenvolvidas pelo trabalhador brasileiro, adequando-as às realidades regionais.

A ventilação torna-se necessária por questões térmicas e higiênicas. No inverno, as únicas preocupações são as exigências higiênicas, enquanto que no verão a ventilação deverá satisfazer às exigências tanto higiênicas quanto térmicas. “O conhecimento do regime de ventos permite aproveitar as vantagens e defender-se de seus efeitos desfavoráveis” (RIVERO, 1986, p.78). Neste trabalho a ventilação natural foi auxiliada pela utilização de ventiladores com aspersão de água (Apêndice B), o que pode ter amenizado a sensação térmica do ambiente, mesmo tendo sido observado que a ventilação pode ter sido prejudicada pela presença de altos estoques espalhados pela planta do pavilhão industrial em estudo.

#### **4.5.1 Resistência térmica da vestimenta**

A resistência térmica da vestimenta  $I_{cl}$  ( $clo$  ou  $m^2C/W$ ) foi calculada para cada setor, utilizando-se da Média Ponderada (Equação 26) e resumida no Apêndice D. Este critério foi adotado para garantir a representatividade dos conjuntos para cada setor (Tabela 11). A distribuição de frequência da vestimenta utilizada por setor se encontra no Apêndice C.

Hackenberg e Pereira (1999), em estudos realizados sobre a relação das condições térmicas industriais com o isolamento térmico da vestimenta, observaram que esta pode interferir na eficiência da perda de calor por transpiração e propuseram o uso de uniformes leves, em locais sem necessidade de vestimenta de proteção, como opção para ambientes muito quentes.

A eficiência da troca de calor entre o corpo e o ambiente depende também do tipo de material utilizado na vestimenta. Em ambientes industriais, em função da atividade desempenhada e da  $i_m$  (eficiência de permeabilidade) da vestimenta, é conveniente priorizar o uso de tecidos com fibras naturais como o algodão, evitando o uso de fibras sintéticas (poliéster e poliamida por exemplo).

**Tabela 11 - Média do índice de resistência térmica da vestimenta por setor**

Setor	Icl ( m <sup>2</sup> °C/W)	Icl (clo)
S1 Injetoras	0,12	0,79
S2 Churrasqueiras	0,13	0,81
S3 Solda Ponto	0,09	0,59
S4 Corte deTubos	0,09	0,56
S5 Pintura	0,12	0,77
S6 Piscinas	0,07	0,43
S7 Cadeiras	0,07	0,47
S8 Tábuas, Escadas e Varais	0,08	0,51
S9 Corte e dobra de Arame	0,13	0,86
S11 Grelhas	0,09	0,56
S12 Painéis	0,08	0,54
S13 Estoques e Expedição	0,07	0,42
S14 Embalagem	0,08	0,50
S0 Manutenção	0,09	0,56

Os setores S1, S2, S5 e S9 apresentaram as médias dos índices de resistência térmica das vestimentas mais elevadas em virtude do tipo de atividade exigir o uso de aventais, guardapós e luvas para a maioria dos trabalhadores destes setores. A resistência térmica da vestimenta para os demais setores, em torno de 0,50 *clo*, foi considerada apropriada para a estação de verão.

#### **4.5.2 Atividade metabólica**

A atividade metabólica (*M*) nos setores da Empresa foi analisada em função das características da atividade desenvolvida (ISO 8996), por meio das respostas do questionário subjetivo aplicado (Anexo A) e estimada pela média ponderada, dada pela equação 25 e resumida no Apêndice E. Os valores encontrados estão representados na Tabela 12.



**Tabela 12 - Média da taxa metabólica por setor**

Setor	M (W/m <sup>2</sup> )	M (met)
S1 Injetoras	100	1,72
S13 Estoques e Expedição	100	1,72
S2 Churrasqueiras	107	1,84
S12 Painelas	108	1,86
S14 Embalagem	111	1,91
S9 Corte e dobra de Arame	112	1,92
S11 Grelhas	113	1,94
S7 Cadeiras	116	1,99
S8 Tábuas, Escadas e Varais	116	1,99
S5 Pintura	116	1,99
S3 Solda Ponto	140	2,41
S4 Corte de tubos	140	2,41
S6 Piscinas	140	2,41

#### 4.5.3 Voto Médio Estimado (PMV) e Percentagem Estimada de Insatisfeitos (PPD)

Analiticamente, a sensação térmica dos trabalhadores foi avaliada conforme a ISO 7730, para ambientes moderados, utilizando-se o índice *PMV* (Voto Médio Estimado) e *PPD* (Percentagem Estimada de Insatisfeitos), em função da taxa metabólica, da resistência térmica da vestimenta e das variáveis ambientais. Os setores S5, S6, S7, S8, S9, S11, S12 e S14 não satisfizeram aos limites recomendados para a aplicabilidade do cálculo do índice *PMV*, considerados fora da faixa de conforto para ambientes moderados. Apenas nos setores S1, S2 e S13, as condições ambientais e pessoais ficaram mais próximas da faixa de conforto quanto à sensação térmica, com o *PMV* de 1,55 a 1,95. Porém, pela escala de julgamento, os ambientes foram considerados mornos e o *PPD*, para estes setores, apresentou um intervalo de insatisfação de 53,51% a 74,23% de insatisfeitos (Tabela 13).

**Tabela 13 - Sensação térmica dos trabalhadores**

Setor	<i>PMV</i>	<i>PPD</i> (%)	Faixa de conforto
S1-Injetoras	1,86	69,93	Dentro
S2-Churrasqueiras	1,95	74,23	Dentro
S3-Solda Ponto	2,39	90,74	Fora
S4-Corte de tubos	2,40	91,20	Fora
S13-Estoques e Expedição	1,55	53,51	Dentro

Os resultados estão vinculados a dados como a Taxa Metabólica e o Isolamento Térmico da Vestimenta que foram analisados e avaliados pelo pesquisador.

Olesen e Pearsons (2000), Humphreys e Nicol (2000), ponderam sobre a validade do Modelo *PMV* no que se refere a estimativas das variáveis como os valores tabelados para a taxa metabólica e isolamento térmico das vestimentas.

O fator de expectativa “e”, comentado no item 3.7.1, foi multiplicado ao *PMV* calculado analiticamente pelo fator 0,8 para todos os setores. Os resultados encontrados para o *PMVe* (extensão do modelo *PMV*) e a Percentagem Estimada de Insatisfeitos (*PPDe*), relativa ao *PMVe*, estão representados na Tabela 14.

O *PMV* calculado para os setores (mesmo que os parâmetros de alguns setores, para esta situação, tenham valores acima dos recomendados para a aplicabilidade do modelo) foi utilizado como comparativo ao *PMVe* e *PPDe*, representados nas figuras 23 e 24. Os setores S6 (Piscinas), S5 (Pintura) e S7 (Cadeiras) tiveram seus índices do *PMVe* fora do intervalo de aceitabilidade da ISO 7730, que corresponde a  $-2$  a  $+2$ .

**Tabela 14 - Valores de *PMV/PMVe* e *PPD/PPDe* ajustados por expectativa**

Setor	<i>PMV</i>	<i>PMVe</i>	<i>PPD</i>	<i>PPDe</i>
Piscina	2,85	2,28	98,20	87,53
Panelas	2,30	1,84	88,20	68,99
Solda Ponto	2,39	1,91	90,73	72,48
Pintura	2,75	2,20	97,36	85,03
Corte e dobra de arame	2,22	1,78	85,76	65,94
Estoques e Expedição	1,55	1,24	53,51	37,14
Cadeiras	2,62	2,09	95,55	80,77
Corte de Tubos	2,40	1,92	91,20	73,18
Injetora	1,86	1,49	69,92	50,12
Escadas, tábua de passar e varal	2,38	1,91	90,62	72,33
Grelhas e espetos	2,40	1,92	91,07	72,99
Churrasqueira	1,95	1,56	74,23	53,96
Embalagens piscinas	2,34	1,87	89,32	70,48

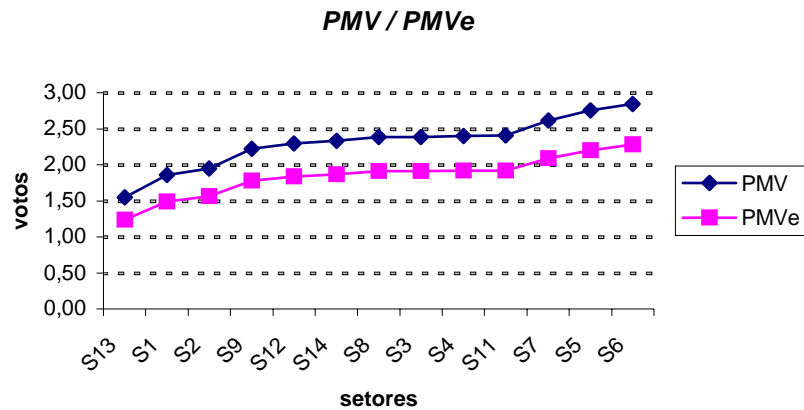


Figura 23 – Comparativo *PMV* calculado e *PMVe* ajustado

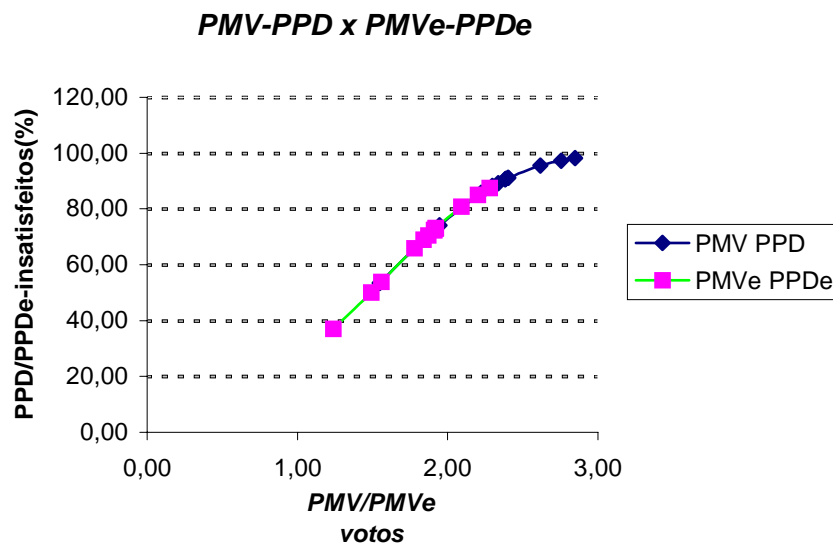


Figura 24 – Comparativo *PMV/PPD* e *PMVe/PPDe*

Uma situação de conforto ótimo, com o  $PMV=0$  e o  $PPD$  a 5%, significaria que o restante dos indivíduos estaria em condições térmicas neutras, já que o  $PPD$  é a percentagem de pessoas insatisfeitas.

Considerando os resultados encontrados pelo  $PMV$  ajustado por expectativa, a sensação térmica para a maioria dos setores se concentrou no intervalo de  $-2$  a  $+2$  da escala de sensação térmica, dentro da escala de conforto proposta pela ISO 7730. Porém, não se situou no intervalo de  $-1$  a  $+1$ , levemente frio ou levemente quente, que segundo Fanger (1972) não é considerada uma situação de desconforto. Portanto o ambiente, no geral, foi percebido como

morno a quente e considerado um pouco desconfortável. Os setores de Piscinas, Cadeiras e Pinturas ficaram fora da faixa proposta pela extensão do *PMV*.

Quanto à percentagem de pessoas insatisfeitas (*PPDe*), calculadas a partir do *PMVe*, as taxas de insatisfeitos ficaram muito acima do proposto pela ISO 7730, que recomenda como aceitável o ambiente que satisfaça a pelo menos 80% das pessoas, ou cujo PPD seja menor que 20%, isto é, 10% para o calor e 10% para o frio.

#### 4.5.4 Análise do estresse térmico do trabalhador baseado no índice WBGT – Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo, ISO-7243 e IBUTG, NR-15.

O estresse térmico nos postos de trabalho foi analisado obedecendo aos limites estabelecidos pela ISO 7243 e a NR-15, por meio da medição direta dos parâmetros pelo termômetro do tipo QUESTEMP 15. Os índices ficaram abaixo dos limites máximos recomendados pela norma. Portanto não houve constatação de estresse térmico, não existindo insalubridade térmica nos setores de trabalho (Tabela 15).

**Tabela 15 – Resumo de índices normalizados e o IBUTG medido**

Estresse Térmico	Setores													
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S11	S12	S13	S14	
M(W/m <sup>2</sup> )	100	107	140	140	116	140	116	116	112	113	108	100	111	
M(kcal/h)	152	163	216	216	177	216	177	177	170	172	165	152	169	
IBUTG medido. °C	23	23,1	23	23,4	25,3	24,6	25,3	24,5	23,8	23,8	23,9	24,2	24,2	
IBUTG máx.NR-15, (°C)	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	
IBUTG máx.ISO 7243, (°C)	30	30	28	28	30	28	30	30	30	30	30	30	30	

onde, M (W/m<sup>2</sup> ou kcal/h) – Taxa Metabólica

IBUTG medido. (°C) – Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo medido para os Setores de Trabalho;

IBUTG máx. NR-15, (°C) – Referência dos valores limites do Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo pela NR-15;

IBUTG máx. ISO 7243, (°C) – Referência dos valores limites do Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo pela ISO 7243.

#### 4.6 Análise das percepções dos trabalhadores quanto ao ambiente térmico

As percepções dos trabalhadores foram levantadas através da aplicação de questionário subjetivo (Anexo A) para avaliação da sensação, preferência, tolerância e aceitação do ambiente térmico e do julgamento quanto ao conforto percebido pelos trabalhadores, de acordo com a ISO 10551. Os resultados da Tabela 16 apresentaram a média das respostas da população da unidade de produção em estudo, referente às percepções térmicas encontradas. As médias dos degraus de julgamento foram calculadas por meio de análise estatística, com base em medidas de tendência central, considerando duas casas decimais para conferir maior precisão.

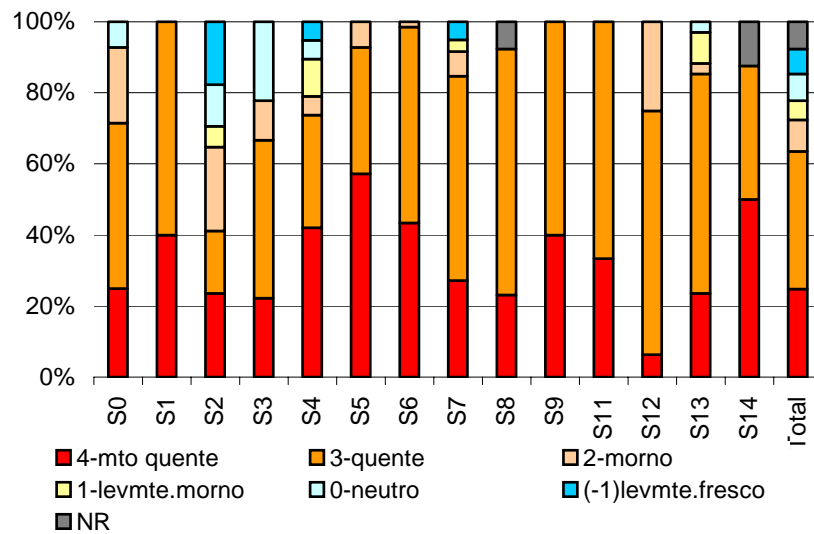
**Tabela 16 – Resultado do questionário subjetivo das percepções térmicas**

	N	Mínimo	Máximo	Média dos degraus	Desvio
Sensação	379	-3	4	3,07	1,06
Conforto	379	0	4	1,13	0,81
Preferência	379	-3	3	-1,03	0,87
Aceitação	375	0	1	0,46	0,5
Tolerância	376	0	4	1,01	0,82

N: número de indivíduos que responderam

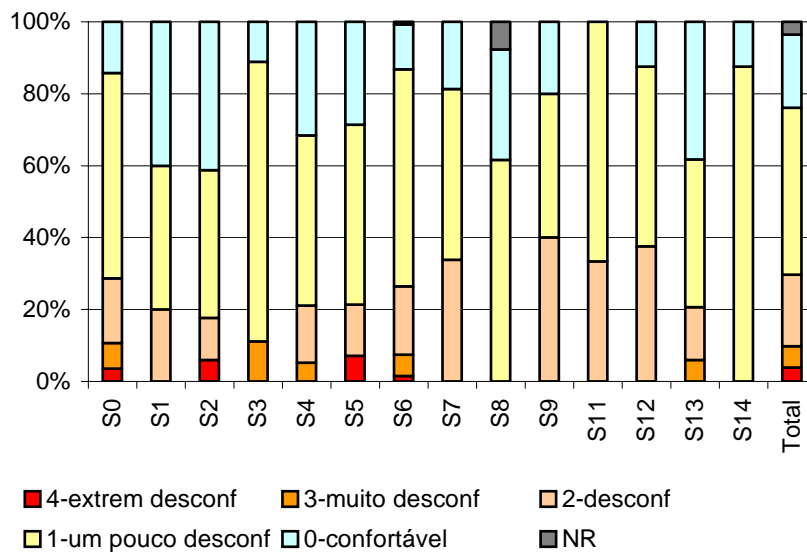
Como o pavilhão industrial foi organizado em setores de trabalho, as percepções do ambiente, para cada setor, estão demonstradas através de uma distribuição de frequência de ocorrência de julgamento relativo à sensação, preferência, tolerância, conforto e aceitação do ambiente térmico (Apêndice F). Dos resultados encontrados com a aplicação do questionário de avaliação subjetiva, foi verificado que:

- a) a sensação térmica percebida por 60% dos trabalhadores foi avaliada como “quente” a “muito quente” (Figura 25), correspondendo aos degraus de julgamento 3 e 4 respectivamente. Os setores mais sensíveis à sensação foram os postos S1, S5, S6, S7, S8, S9, S11, S13 e S14;



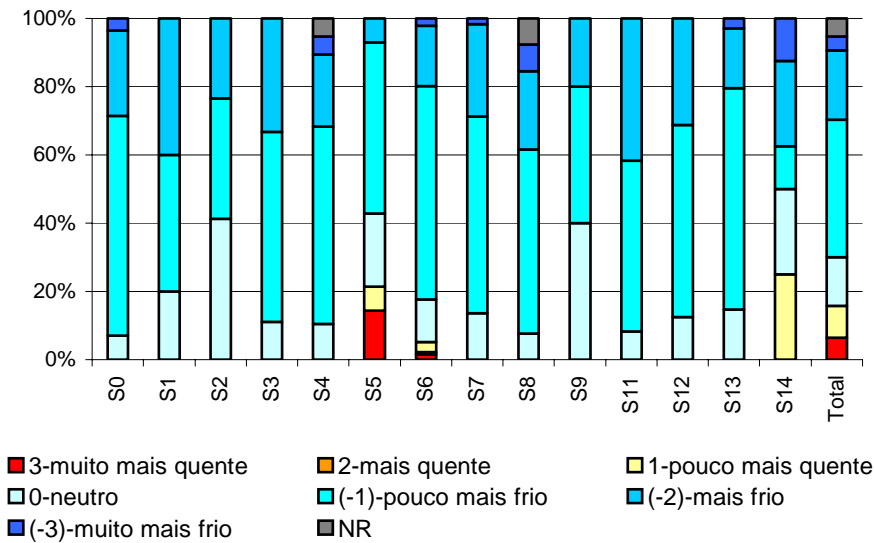
**Figura 25 – Frequência - Sensação térmica**

b) quanto ao conforto (Figura 26), aproximadamente 55% (N=206) dos trabalhadores avaliaram o ambiente como “um pouco desconfortável” e os demais ficaram divididos em percebê-lo como “confortável” e “desconfortável”;



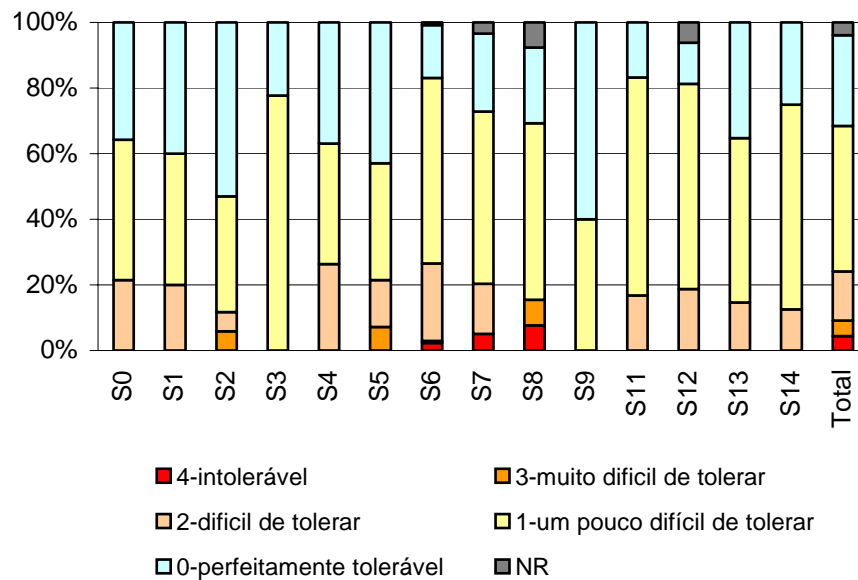
**Figura 26 – Frequência - Conforto térmico**

c) a preferência térmica (Figura 27) por um ambiente “um pouco mais frio”, foi percebida por 40% (N=150) dos trabalhadores, 20% manifestaram sua preferência por um ambiente “mais frio” e 20% preferiram deixá-lo como está;



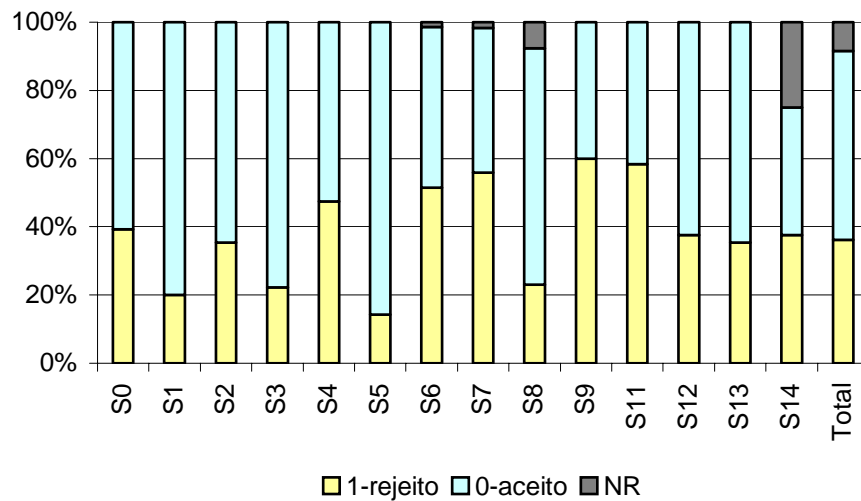
**Figura 27 – Frequência - Preferência térmica**

d) 50% (N=188) dos 375 trabalhadores avaliaram como “um pouco difícil de tolerar” o ambiente de trabalho quanto às condições térmicas e aproximadamente 30% (N=112) o toleram perfeitamente (Figura 28);



**Figura 28 – Frequência - Tolerância ao ambiente térmico**

e) as condições de conforto térmico do ambiente de trabalho foram aceitas por 60 % (N=225) dos trabalhadores que responderam ao questionário (Figura 29).



**Figura 29 – Frequência - Aceitação do ambiente térmico**

Os setores S1 (Injetora, 5 indivíduos) e S5 (Pintura, 14 indivíduos) avaliaram o ambiente como “quente” e “muito quente”, preferindo-o mais frio. Entretanto, o ambiente térmico foi aceito por mais de 80 % dos 19 indivíduos destes setores. Foi observado que, ou as pessoas se encontravam adaptadas às condições térmicas do ambiente, ou o aceitaram por uma contingência, talvez pelo receio de colocar em risco seus empregos, visto que os questionários apresentaram a identificação dos funcionários. Sendo estes setores formados por um número reduzido de indivíduos, a probabilidade de influência nas respostas foi também significativa.

Os setores que responderam desfavoravelmente às percepções, em mais de 80% na frequência das respostas foram:

- para a sensação térmica, com a avaliação de “quente” e “muito quente”, os setores S1, S5, S6, S7, S8, S9, S11, S13 e S14;
- quanto ao conforto, a avaliação de “um pouco desconfortável” a “desconfortável” nos setores S0, S3, S6, S7, S9, S11, S12 e S14;
- para a preferência por um ambiente “um pouco mais frio” e “mais frio”, os setores S0, S1, S3, S4, S6, S7, S8, S11, S12 e S13;
- quanto ao ambiente ser “um pouco difícil” e “difícil” de tolerar, os setores S6, S11 e S12;

Em relação a aceitar, ou não, o ambiente térmico, os resultados mostraram que 60% dos indivíduos nos setores S9 e S11 e 50% nos setores S6 e S7 rejeitaram o ambiente. Os trabalhadores que o aceitaram corresponderam a 54% da população em estudo.



Contraditoriamente, o setor com a maior frequência de “aceitação” ao ambiente térmico, 90% dos indivíduos, foi o setor S5 (N=14), que também registrou a maior temperatura (32,83°C), e como já foi citado, o ambiente foi percebido como “quente” e “muito quente” por mais de 80% dos seus trabalhadores.

A preferência dos trabalhadores por ambientes “um pouco mais frio” e “mais confortáveis” pode ser explicada pela percepção do ambiente como “quente”, levando-se em consideração que a temperatura mais baixa encontrada foi de 29,1°C, considerada alta para as condições de conforto de acordo com recomendações padronizadas. Para edifícios não climatizados, Givoni (1992) considera como aceitável a temperatura interna variando de 20°C de manhã até 26°C de tarde no verão e velocidade do ar interior frequentemente em torno de 2m/s. No entanto, tendo em vista as alterações térmicas extremas em várias regiões do Brasil, esta faixa de temperatura dificilmente será atingida na maioria das fábricas brasileiras se não contar com sistemas de climatização, o que se torna difícil em função de custos.

A análise descritiva (Tabela 17), com base na frequência das respostas da preferência, do conforto e da tolerância ao ambiente térmico (Apêndice F), foi analisada também através da mediana, conforme ISO 10551, uma medida de tendência central e que permitiu verificar que:

- a) em relação ao conforto, 50% dos indivíduos perceberam o ambiente de “confortável” a “um pouco desconfortável” e 50%, de “um pouco desconfortável” a “extremamente desconfortável”, com a mediana correspondendo a (1) na escala de julgamento;
- b) em relação à preferência, 50% dos indivíduos preferiram o ambiente de “muito mais frio” a “um pouco mais frio” e 50% deles o preferiram de “um pouco mais frio” a “muito mais quente”, com a mediana correspondendo a (-1) na escala de julgamento;
- c) em relação à tolerância ao ambiente térmico, 50% dos trabalhadores consideraram o ambiente de “intolerável” a “um pouco difícil de tolerar” e 50%, o consideraram de “um pouco difícil de tolerar” a “perfeitamente tolerável”, com a mediana correspondendo a (1) na escala de julgamento.

**Tabela 17 - Mediana das percepções de conforto, preferência e tolerância**

	Conforto	Preferência	Tolerância
Número de respostas	379	379	376
Não responderam	2	2	5
Mediana	1	-1	1

#### 4.7 Influência do sexo nas percepções de conforto térmico, levantada pelos trabalhadores

O sexo, uma variável considerada secundária, afeta nas percepções de conforto. Pelo Teste Exato de Fisher, o sexo apresentou uma associação com as percepções de sensação, conforto, tolerância e aceitação do ambiente térmico. Entre os homens, em relação à sensação percebida houve uma tendência maior em percebê-lo muito quente, para o conforto ocorreu uma tendência em considerar o ambiente confortável, quanto à tolerância houve uma tendência em perceber o ambiente perfeitamente tolerável e em relação à aceitação ao ambiente térmico houve uma tendência maior entre os homens em aceitá-lo, enquanto que entre as mulheres houve uma tendência em percebê-lo muito quente, em achá-lo difícil de tolerar e rejeitá-lo como ambiente térmico. A Tabela 18 apresenta os resultados que foram significativos e o resultado geral do teste encontra-se no Apêndice G.

**Tabela 18 - Influência do sexo nas percepções de conforto térmico**

Sexo	Percepção	Degaus	N	% na percepção RA	
<b>Sensação (p = 0,024)</b>					
Masculino	Morno	(+1)	22	91,7	2,3
	Muito quente	(+4)	82	63,6	-2,4
Feminino	Morno	(+1)	2	8,3	-2,3
	Muito quente	(+4)	47	36,4	2,4
<b>Conforto (p = 0,006)</b>					
Masculino	Confortável	0	63	85,1	2,9
Feminino	Confortável	0	11	14,9	-2,9
<b>Tolerância (p = 0,001)</b>					
Masculino	Perfeitamente tolerável	0	83	85,6	3,6
	Difícil de tolerar	(+2)	41	58,6	-2,7
Feminino	Perfeitamente tolerável	0	14	14,4	-3,6
	Difícil de tolerar	(+2)	29	41,4	2,7
<b>Aceitação (p = 0,001)</b>					
Masculino	Aceita	0	160	78,4	3,3
	Rejeita	1	108	63,2	-3,3
Feminino	Aceita	0	44	21,6	-3,3
	Rejeita	1	63	36,8	3,3

RA = Resíduo Ajustado; N = Freqüência na casela \* Teste de Fisher a 5%

#### 4.8 Influência dos turnos na sensação térmica percebida pelos trabalhadores

No turno da manhã, pelo Teste Exato de Fisher existiu a relação entre as variáveis turno e sensação térmica percebida nos setores S6 (Piscinas), S12 (Painéis), S4(Corte de tubos) e S2 (Churrasqueira). A influência maior ocorreu no setor S6, onde os trabalhadores perceberam o ambiente quente. No turno da tarde, a relação existiu nos setores S6, S12, S3, S13 e S7, ocorrendo influência maior no setor S6, que percebeu o ambiente muito quente. Os resultados do teste se encontram no Apêndice H e o resumo dos resultados significativos, na Tabela 19.

**Tabela 19 - Influência dos turnos na sensação térmica percebida**

Sensação (p = 0,03*)						
Setor	Turno	Percepção	Degraus de Julgamento	N	% na percepção	RA
<b>N=163</b>		<b>Manhã</b>				
S6		Morno	2	2	13,3	-2,9
S6		Quente	3	51	55,4	2
S6		Muito quente	4	26	61,9	2
S12		Morno	2	1	6,7	2
S4		Levemente fresco	-1	1	25	2,3
S4		Levemente morno	1	2	33,3	3,9
S2		Levemente fresco	-1	3	75	4,8
S2		Neutro	0	2	50	3
S2		Quente	3	2	2,2	-3,3
<b>N=192</b>		<b>Tarde</b>				
S6		Muito quente	4	33	41,3	3
S12		Morno	2	3	33,3	3,1
S12		Quente	3	11	11,5	2,2
S3		Neutro	0	2	66,7	5,9
S13		Levemente morno	1	1	100	3,1
S7		Levemente Fresco	-1	3	100	4,1

RA = Resíduo Ajustado; N = Freqüência na casela \* Teste de Fisher a 5%

#### 4.9 Influência da atividade metabólica na sensação térmica percebida pelos trabalhadores

Pelo Teste Exato de Fisher foi observada uma associação da atividade metabólica com a sensação térmica percebida pelos trabalhadores nos setores S1, S13, S2, S12 e com uma tendência maior de associação no setor S6 (Piscinas) relativo à percepção de “muito quente” e

uma taxa metabólica de 140W/m<sup>2</sup>. Os resultados do teste se encontram no Apêndice I e o resumo dos resultados significativos, na Tabela 20.

**Tabela 20 - Influência da atividade metabólica nas percepções de conforto térmico**

Sensação (p =0,01*)						
Setor	M (W/m <sup>2</sup> )	Percepção	Degraus de julgamento	N	% na percepção	RA
S1,S13	100	Levemente morno	(+1)	3	37,5	2,4
S2	107	Levemente fresco	(-1)	3	42,9	4,7
		Neutro	0	2	33,3	3,2
		Morno	(+2)	4	22,2	3,5
		Quente	(+3)	3	1,6	-3,1
		Morno	(+2)	4	22,2	3,6
S12	108	Muito quente	(+4)	1	0,8	-2,5
S6	140	Morno	(+2)	4	22,2	-2,2
		Muito quente	(+4)	69	57	2,6

RA = Resíduo Ajustado; N = Frequência na casela; \*Teste de Fisher a 5%

#### 4.10 Influência das variáveis ambientais e pessoais nas percepções de conforto térmico

A análise descritiva das percepções de conforto térmico dos trabalhadores em função das variáveis ambientais e pessoais foi realizada com base nos dados descritos nos Apêndices B, J e N e resumida na Tabela 21 e na Figura 30, que descreve os dados levantados para as variáveis ambientais e pessoais de influência já citadas e as respostas relativas às percepções com mais de 50% de frequência.

A sensação térmica na unidade de produção foi percebida pela maioria dos trabalhadores como “quente” e “muito quente”. A média da temperatura *ta* levantada para estes setores foi de 31,5°C, considerada acima dos limites recomendados para condições de conforto pela NBR-6401 (26°C). Porém, para ambientes industriais sem climatização e considerando a aclimação e expectativa do trabalhador para o ambiente de trabalho, não se pode afirmar que este limite represente esta realidade, visto que esta norma é direcionada para ambientes climatizados.

A percepção do ambiente em relação à sensação térmica teve um julgamento mais rigoroso por parte dos trabalhadores qualificando o ambiente como “quente” e “muito quente”, do que para as demais percepções - conforto, preferência, tolerância e aceitação. Para estas, mais de

50% dos trabalhadores o perceberam como “um pouco desconfortável”, “um pouco difícil de tolerar”, preferindo-o “um pouco mais frio” e o aceitaram como ambiente térmico.

**Tabela 21 - Quadro geral das variáveis ambientais, pessoais e percepções do ambiente térmico**

Setores	N	M (W/m <sup>2</sup> )	Iel (clo)	ta (°C)	tm (°C)	Ur (%)	va (m/s)	sensação			conforto			preferência			tolerância			aceitação			
								degrau	N	%	degrau	N	%	degrau	N	%	degrau	N	%	degrau	N	%	degrau
Injetoras	S1	5	100	0,79	29,3	32,05	44	0,26	3	60	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	0	4	80
Churrasqueira	S2	17	107	0,81	29,1	32,04	45	0,09	n	n	n	n	n	n	n	n	0	9	52,9	0	11	64,7	
Solda ponto	S3	9	140	0,59	29,96	33,02	38	0,23	n	n	1	77,8	-1	5	55,6	1	7	77,8	0	7	77,8		
Corte Tubos	S4	19	140	0,56	29,93	33,21	43	0,25	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	0	10	52,6
Pintura	S5	14	116	0,77	32,83	37,49	38	0,63	4	8	57,1	1	7	50	-1	7	50	n	n	n	0	12	85,7
Piscinas	S6	136	140	0,43	31,83	34,79	40	0,39	3	75	55,1	1	82	60,3	-1	85	62,5	1	77	56,6	1	70	51,5
Cadeiras	S7	59	116	0,47	31,89	35,52	44	0,24	3	34	57,6	n	n	n	-1	34	57,6	1	31	52,5	1	33	55,9
Escadas	S8	13	116	0,51	31,46	33,8	41	0,24	3	9	69,2	1	8	61,5	-1	53,7	53,8	1	7	53,8	0	9	69,2
Arame	S9	5	112	0,86	31,04	33,09	40	0,54	3	3	60	n	n	n	n	ns	0	3	60	1	3	60	
Grelhas	S11	12	113	0,56	31,47	35,37	37	1,26	3	8	66,7	0	8	66,7	-1	6	50	1	8	66,7	1	7	58,3
Panelas	S12	16	108	0,54	31,2	35,69	38	0,81	3	11	68,8	1	8	50	-1	9	56,2	1	10	62,5	0	10	62,5
Expedição	S13	34	100	0,42	29,98	28,45	48	0,06	3	21	61,8	n	n	n	-1	22	64,7	1	17	50	0	22	64,7
Embalagens	S14	8	111	0,5	31,72	33,34	38	0,06	4	4	50	1	7	87,5	n	n	n	1	5	62,5	n	n	n
Manutenção	S0	28	116	0,56					n	n	n	1	16	57,14	-1	18	64,2	n	n	n	0	17	60

N = Número de trabalhadores

n = Menor que 50% na frequência das respostas

**Figura 30 – Percepções - Terminologia**

DEGRAUS DE JULGAMENTO	SENSAÇÃO	CONFORTO	PREFERÊNCIA	TOLERÂNCIA	ACEITAÇÃO
-4	muito frio		muito mais frio		
-3	frio		mais frio		
-2	fresco		pouco mais frio		
-1	levemente fresco		nem mais frio nem mais quente		
0	neutro	confortável		perfeitamente tolerável	aceito
1	levemente morno	um pouco desconfortável	pouco mais quente	um pouco difícil de tolerar	rejeito
2	morno	desconfortável	mais quente	difícil de tolerar	
3	quente	muito desconfortável	muito mais quente	muito difícil de tolerar	
4	muito quente	extremamente desconfortável		intolerável	

A interpretação “um pouco”, sugere que o limite entre sentir-se “confortável” ou “um pouco desconfortável” possa ser uma questão relacionada com o grau de percepção para uma determinada situação. Guimarães (2004) descreve métodos propostos por Weber e Fechner, que definem limiares de percepção. Portanto, as necessidades destes indivíduos indicadas pelas percepções de conforto, preferência e tolerância estariam próximas das condições ambientais medidas e pessoais estimadas. Ou as pessoas se encontravam aclimatadas e o calor já estava integrado na sua rotina, ou teriam sido afetadas por outros fatores (ambientais, pessoais, organizacionais) que influenciaram nas respostas relativas ao ambiente térmico.

Desse modo, a análise descritiva da influência das variáveis ambientais e pessoais foi focada na percepção da sensação térmica do ambiente, por esta apresentar os resultados mais significativos.

Nos setores S5 e S14, a sensação percebida foi de “muito quente”. Localizavam-se próximos à fachada oeste do prédio, sujeitos à carga térmica no turno da tarde, levando em consideração o material utilizado para o fechamento lateral, descrito no item 4.2. Porém, pelo Teste Exato de Fisher (Tabela 19) estes setores não apresentaram uma associação em relação aos turnos e pelas características individuais heterogêneas dos dois setores (Apêndice N) não se pode afirmar que estas tenham influenciado nas percepções do ambiente térmico. As diferenças entre os setores ocorreram em função da vestimenta (0,5 e 0,7) *clo*, da atividade (111 e 116)W/m<sup>2</sup>, da temperatura (31,72 e 32,83)°C, da temperatura média radiante (33,34 e 37,49)°C e da velocidade do ar (0,06 e 0,63)m/s. Porém, a mesma percepção do ambiente nos dois setores pode ter sido influenciada pela velocidade do ar e pela temperatura média radiante, contando que o setor S14 não dispunha de ventiladores com aspersão de água (Apêndice B).

Os setores que perceberam o ambiente “quente” (S1, S6, S7, S8, S9, S11, S12 e S13) foram analisados individualmente quanto à influência das variáveis ambientais e pessoais em função do número de variáveis envolvidas, levando em consideração as características individuais dos trabalhadores nos setores, separados por turnos (Apêndice N):

- a) Setor S1 – Injetoras – localizava-se próximo a uma das portas de acesso (PF2), que no verão mantinha-se aberta, e próximo à fachada Sul do prédio. Esta orientação lhe proporcionou proteção quanto à irradiação solar. A temperatura medida foi de 29,3°C e a atividade metabólica de 100W/m<sup>2</sup>, os parâmetros mais baixos entre os setores. Quanto às

- características individuais dos trabalhadores, o grupo apresentou uma distribuição heterogênea, e estas podem não ter influenciado nas percepções térmicas do ambiente. Porém, as pessoas usavam vestimenta mais pesada, acima da média para o verão (0,79 *clo*). No setor, a vestimenta e a temperatura poderiam ter influenciado mais significativamente na sensação de calor percebida do que as outras variáveis;
- b) Setor S6 – Piscinas – com o maior número de pessoas (N= 136), sua localização na planta da Empresa era central e contava com oito ventiladores com aspersão de água. A temperatura do ar medida foi de 31,83°C e a atividade metabólica estimada foi de 140W/m<sup>2</sup>. O índice de resistência térmica da vestimenta, a velocidade e a umidade do ar mantiveram-se dentro dos padrões recomendados para o verão (0,43 *clo*, 0,36 m/s e 40% respectivamente). Pelo teste Exato de Fisher (Tabela 19), houve diferença de percepção entre os turnos: o ambiente foi percebido como “quente” no turno da manhã e como “muito quente” no turno da tarde. A população do setor, quanto às características individuais de peso e altura no turno da manhã e da tarde, ficou distribuída entre as categorias, caracterizando o setor como heterogêneo, não se podendo afirmar que estas tivessem influenciado na sensação térmica do ambiente. Neste setor, a temperatura do ar, a temperatura média radiante e a atividade metabólica (Tabela 21) podem ter influenciado na sensação térmica, mais do que as outras variáveis;
- c) Setor S7 – Cadeiras – situava-se na área central do pavilhão industrial e contava com sete ventiladores com aspersão de água. Registrou a temperatura mais alta entre os setores que perceberam o ambiente “quente” (31,89°C). a temperatura do ar e a temperatura média radiante (35,52°C) podem ter contribuído significativamente na percepção de calor. As outras variáveis de influência ficaram dentro dos padrões recomendados para conforto (*Icl* = 0,5; *Ur* > 40%; *va* ≈ 0,25 m/s). Quanto às características da população no setor, não se pode afirmar que tivessem influenciado na percepção do ambiente térmico, visto que estavam distribuídos nas categorias de forma heterogênea;
- d) Setor S8 – Escadas e Varais – situava-se próximo à fachada leste do prédio e da porta de acesso PF1 que se encontrava aberta para favorecer a ventilação. O setor contava com três ventiladores com aspersão de água. Os parâmetros relativos à umidade e velocidade do ar e o índice de isolamento térmico da vestimenta ficaram dentro dos padrões normatizados. Os indivíduos, em relação ao peso e altura se caracterizaram por ser um grupo heterogêneo. A temperatura do ar e a temperatura média radiante podem ter influenciado na sensação térmica mais do que as outras variáveis;



- e) Setor S9 – Cortes e dobras de Arame - o setor localizava-se próximo à fachada leste, contava com dois ventiladores com aspersão de água. A temperatura do ar de 31,46°C e a resistência de isolamento da vestimenta de 0,86 *clo*, podem ter influenciado a percepção de calor no setor. A razão do índice elevado de *clo* é a vestimenta adicional de: avental, guarda-pó e luvas em função da atividade. Quanto às características da população se apresentaram heterogêneas, portanto sem condições avaliar esta influência nas percepções do ambiente térmico;
- f) Setor 11 – Grelhas e Espetos – o setor situava-se junto à fachada leste do prédio e próximo à porta de acesso PF1. A temperatura do ar medida de 31,4°C, a temperatura média radiante de 35,37°C devem ter influenciado na sensação térmica do ambiente, sendo que a orientação, a velocidade do ar de 1,26 m/s a sudeste e os ventiladores com aspersão de água devem ter amenizado a sensação de calor, pois, dependendo da temperatura do ar, segundo Rivero (1986, p.60), “[...] um movimento do ar de 1,5 m/s, tem o mesmo efeito térmico sobre uma pessoa que uma diminuição de 3°C na temperatura do meio.” Como as características dos indivíduos (Apêndice N) foram heterogêneas não foi possível afirmar que tivessem influenciado nas percepções do ambiente;
- g) Setor 12 – Painéis – localizava-se próximo da fachada leste do prédio. Como a vestimenta (0,54 *clo*) ficou dentro dos padrões normalizados e a umidade relativa do ar (37%) dentro de padrões aceitáveis, a temperatura do ar, a temperatura média radiante e a atividade metabólica (Tabela 21) podem ter influenciado na percepção térmica. As características heterogêneas entre os indivíduos podem não ter influenciado na percepção térmica do ambiente;
- h) Setor S13 – Estoque e Expedição – o setor situava-se próximo às fachadas norte e oeste do prédio, contando com 10 portas de acesso junto à plataforma de embarque e desembarque. Neste setor, em função da sua localização no prédio e os altos estoques no seu entorno, dificultando a ventilação (0,06 m/s), podem ter favorecido ganhos de calor e influenciado na percepção do ambiente térmico. A população heterogênea, quanto às características de massa e altura podem não ter tido influência na sensação térmica percebida.

Nos setores S2, S3 e S4, as respostas quanto ao calor não atingiram 50% da frequência das respostas referentes à sensação térmica nestes setores. As opiniões ficaram divididas, porém houve uma tendência a perceberem o ambiente como “quente” (Apêndice J). Foram constatadas as temperaturas mais baixas (29,1°C, 29,96°C e 29,93°C), a velocidade do ar entre 0,09m/s a 0,25 m/s e a umidade do ar dentro do intervalo de 38% a 45% foi considerada

dentro de padrões normatizados. Os indivíduos, quanto às características de massa e altura, formaram um grupo heterogêneo e desse modo podem não ter influenciado na sensação térmica do ambiente.

A temperatura média radiante ( $t_{rm}$ ), sendo a média das temperaturas das superfícies ou elementos que circundam o indivíduo, pode ter exercido influência significativa na percepção do ambiente térmico nos setores. Com exceção do setor S13 (Estoque e Expedição), cujo valor da  $t_{rm}$  de 28,45°C ficou abaixo da  $t_a$  (29,98°C), para os demais setores a temperatura média radiante foi representativa (Tabela 21). A temperatura superficial dos materiais de fechamento do pavilhão industrial pode ter influenciado na sensação térmica percebida, ou seja, os elementos construtivos podem ter contribuído para a percepção térmica do ambiente.

Conforme Lamberts e Xavier (2000), os valores tabelados pela ISO 7730 para atividades metabólicas não levam em consideração a maneira pela qual a atividade está sendo realizada, com mais ou menos esforço, e por quem está sendo executada, ou seja as características individuais da pessoa. Em relação à vestimenta, os autores ponderam que os valores tabelados não levam em consideração o tecido da roupa e que o isolamento térmico do vestuário não considera se a pessoa está em pé ou sentada, quando sem dúvida, existe um certo isolamento térmico da cadeira. Segundo McCullough, Olesen e Hong<sup>9</sup> (1994 apud ASHRAE, 2001), a cadeira geralmente tem o efeito de aumentar a resistência da vestimenta de 0,15 *clo*, dependendo da área de contato ( $A_{ch}$ ) entre a cadeira e o corpo. Portanto, os valores atribuídos para a atividade metabólica e para o índice de isolamento térmico da vestimenta podem ter influenciado nos resultados da análise realizada.

Apesar das diferentes combinações entre as variáveis apresentadas, e que influenciaram para a sensação do ambiente térmico, a temperatura do ar esteve com os seus valores sempre acima das recomendações para conforto. Mas de acordo com Fanger (1972, p.15), “[...] é impossível considerar o efeito de qualquer um dos fatores físicos influenciadores do conforto térmico independentemente, [...]. É o efeito térmico combinado das variáveis no corpo humano que é importante.”

---

<sup>9</sup> MCCULLOUGH, E.A.; OLESEN, B.W.; HONG, S.W. Thermal Insulation provided by chairs. *ASHRAE Transactions* v.100, n.1, p.795-802, 1994.

#### 4.11 Análises comparativas e de associação do Modelo PMV (ISO 7730) com as sensações reais percebidas (ISO 10551)

O índice PMV tem sido utilizado internacionalmente interna e externamente, mesmo tendo sido desenvolvido para ambientes fechados. Neste trabalho, foi utilizado como referência para comparar as variáveis ambientais medidas e pessoais estimadas com a sensação real levantada (ISO 10551) visto que, no seu cálculo ele combina variáveis ambientais ( $t_a$ ,  $t_{rm}$ ,  $v_a$ ,  $U_r$ ) e pessoais ( $M$ ,  $I_{cl}$ ), que interferem diretamente na sensação térmica percebida do ambiente.

Com base em análise de associação pelo Teste Exato de Fisher por simulação de Monte Carlo e análise comparativa de dados, verificou-se que:

- a) pelo Teste Exato de Fisher por simulação de Monte Carlo, as variáveis ambientais e pessoais, através do índice PMV, exerceram associação com a sensação térmica real percebida nos setores S13, S2, S12, S3 e com tendência maior de associação no setor S6, referente à percepção de “muito quente”. Os resultados encontrados estão representados no Apêndice L e os mais significativos na Tabela 22;

**Tabela 22 - Influência do índice PMV na sensação térmica percebida**

Setor	PMV	Percepção	Sensação ( $p < 0,01^*$ )			
			Degraus de julgamento	N	% percepção	RA
S13	1,55	Levemente morno	1	3	37,5	2,7
S2	1,95	Levemente fresco	-1	3	42,9	4,7
S2	1,95	Morno	2	4	22,2	3,5
S2	1,95	Quente	3	3	1,6	-3,1
S12	2,3	Morno	2	4	22,2	3,6
S12	2,3	Muito quente	4	1	0,8	-2,5
S3	2,39	Neutro	0	2	33,3	4,8
S6	2,85	Morno	2	2	11,1	-2,5
S6	2,85	Muito quente	4	59	48,8	2,6

RA = Resíduo Ajustado; N= Freqüência; \*Teste de Fisher a 5%

- b) verificou-se que o Modelo PMV (ISO 7730), calculado para todos os setores, na sua maioria, teve os seus valores abaixo dos valores de julgamento para a sensação térmica real percebida conforme ISO 10551. Os resultados encontrados estão demonstrados no Apêndice M e os setores que apresentaram concordância ,ou se aproximaram do cálculo analítico do PMV foram os seguintes:

- S12 – no setor de Pannelas (PMV=2,3) o índice se aproximou da opinião de 25% dos trabalhadores do setor que atribuíram o voto (2) para a sensação térmica;
  - S7 (2,62) – no setor de Cadeiras o índice PMV ficou próximo da opinião de 57% dos indivíduos que atribuíram o julgamento (3) para a sensação térmica;
  - S5 (2,75) – no setor de Pinturas o índice PMV ficou próximo do julgamento (3) para 35% dos trabalhadores do setor;
  - S6 (2,85) no setor de Piscinas –, o índice se aproximou do voto de julgamento da sensação térmica percebida(3) para 56% dos trabalhadores do setor;
  - S2 (1,95) – no setor de Churrasqueira o índice PMV coincidiu com a opinião de 23% dos indivíduos quanto à percepção da sensação térmica no setor;
- c) o modelo PMVe ajustado, proposto por Fanger e Toftum (2002), para ambientes não climatizados em climas quentes, nesta situação, não se confirmou, se levado em consideração a opinião pessoal dos trabalhadores quanto à sensação térmica, que o avaliou mais quente que o proposto por Fanger e Toftum, (Apêndice M);
- d) conforme Olesen e Parsons (2002), estudos em laboratório têm freqüentemente confirmado a validade da ISO 7730, ao passo que, os estudos de campo, não. Conforme os autores, a interpretação dos resultados freqüentemente envolve a discussão da sensibilidade do método para estimativas de variáveis tais como taxa metabólica e isolamento térmico da vestimenta que são difíceis de se estimar e em situações práticas, junto com outros parâmetros, freqüentemente variam.

#### **4.12 Quadro geral das condições físicas da unidade produtiva e considerações**

Da avaliação realizada na unidade de produção em estudo, verificou-se existir uma demanda no que se refere às condições do ambiente térmico nos setores de trabalho. Para atender esta demanda seria necessário um estudo detalhado envolvendo o clima, a região, o entorno imediato, as características e condições físicas do prédio existente, a filosofia organizacional da Empresa junto a esta unidade de produção e o próprio trabalhador. A Figura 31 apresenta um resumo das condições físicas encontradas nesta unidade produtiva, tecendo alguns comentários e considerações sobre os materiais empregados na sua construção, aspectos construtivos e organizacionais que poderiam ser revisados, com o objetivo de melhorar as

condições térmicas da edificação, tendo como foco a qualidade das condições de trabalho e a saúde do trabalhador industrial.

**Figura 31 – Quadro geral das condições físicas da unidade de produção**

<b>1. Fatores Físicos</b>	<b>Discriminação</b>	<b>Comentários</b>	<b>Sugestões</b>
1.1 Piso	Cimento desempenado alisado	* rever temperatura (inércia térmica)	
1.2 Estrutura	Concreto Armado		
1.3 Fechamento lateral	1.3.1 Alvenaria 15 cm, até as alturas de 3 e 5 m tijolo a vista 1.3.2 Telha translúcida de Fibra de Vidro 1mm perfil trapezoidal, leitosa, H = 2,00m em todo o perímetro do prédio 1.3.3 Telha de aço galvanizado pré-pinatada cor branca só de um lado, H= 3,00m desenvolve-se por todo o perímetro do prédio	* rever cálculo de desempenho térmico por meio de programa computacional  * rever cálculo de desempenho térmico por meio de programa computacional	prever anteparos fachada oeste com elementos naturais ou brises
1.4 Aberturas	1.4.1 Portas de Acesso do tipo metálicas PF1 - 570 x 520 cm PF2 - 250 x 220 cm PF3 - 575 x 350 cm PF4 - 557 x 350 cm 1.4.2 Fenda de Ventilação, largura útil 60 cm, a 3,00 e 5,00 m de altura, desenvolvimento em todo o perímetro do prédio		
1.5 Cobertura	15.1 Estrutura Metálica 15.2 Ventilação Natural, colocada na linha da cumeeira, L = 2 x 208 m, abertura para exaustão, l = 1,60 m, abertura útil aprox.: 50 cm para cada lado da viga 15.3 Telha translúcida de Fibra de Vidro 1mm perfil trapezoidal, leitosa - 20% da área de cobertura, aprox. 5760 m <sup>2</sup> 15.4 Telha de aço galvanizado pré-pinatada cor branca só de um lado, ch. 28, 80% da área de cobertura, aprox. 23040 m <sup>2</sup>	* rever eficiência em função da largura do prédio, da altura de localização e de geometria  * rever eficiência de saída do ar  * rever cálculo de desempenho térmico por meio de programa computacional  * rever cálculo de desempenho térmico por meio de programa computacional	sistema "sunlight"- iluminação natural sem energia e sem calor ou a retirada das telhas  se constatada ineficiência - a colocação de forro com isolamento
1.6 Ventiladores	ventiladores de pé ventiladores com aspersão de água	* rever quantidade * rever quantidades	relocar cf. necessidade relocar cf. necessidade com a possibilidade de aumentar a aspersão
<b>2. Fatores Organizacionais</b>	<b>Discriminação</b>	<b>Comentários</b>	<b>Sugestões</b>
2.1 Estoques	Aproximadamente 7.000,00m <sup>2</sup> de área ocupada por estoque e produtos acabados	* rever necessidade de ventilação	* Desobstruir passagens para ventilação

## 5 CONCLUSÃO

O conforto térmico, ou a zona neutra, é definido como a condição climática em que a maioria das pessoas não sinta desconforto, nem por frio, nem por calor (GIVONI, 1992).

A realidade do trabalhador em indústria no Brasil é muito diferente da condição de neutralidade definida por Givoni, pois ela está sujeita a variações significativas das condições de conforto. A sensação térmica no ser humano tem caráter subjetivo, e o homem responde a ela de diversas maneiras, pois as variáveis de influência são muitas e as situações envolvidas dependem das características do trabalhador, do grupo e do ambiente.

Com base na análise realizada do ambiente térmico por meio das condições físicas levantadas e dos índices estimados, o ambiente foi considerado fora da faixa de conforto pelos padrões normatizados, principalmente em relação à temperatura, tanto pelas normas brasileiras, NBR-6401 e a NR-17 quanto pelas normas internacionais da série ISO e ASHRAE relativas a ambientes térmicos, como já foi citado, considerando que elas fazem referência a limites de faixa de conforto condizentes com países de climas frios e não para a realidade brasileira, em que esta faixa de conforto poderá ser mais elevada.

Foi constatado que as respostas dos trabalhadores ao ambiente térmico foi percebida com mais rigor em relação à sensação térmica do que para as demais percepções (conforto, preferência, tolerância e aceitação), demonstrando que, mesmo o ambiente sendo percebido como “quente” e “muito quente”, com as variáveis físicas levantadas e calculadas como temperaturas do ar e média radiante confirmando estas condições, ele foi aceito por 60% da população, havendo uma tendência maior de aceitação entre os indivíduos do sexo masculino, existindo um conformismo em relação às condições térmicas levantadas.

A expectativa de conforto, preferência e tolerância pelo ambiente térmico desejado, se levado em consideração as respostas dos trabalhadores, não esteve distante das condições existentes para aproximadamente 50% da população,. Esta condição pode ser explicada se for considerado que a escala de “um pouco mais frio” para “frio”, ou de “um pouco mais quente” para “quente”, nem sempre está bem definida para as pessoas, visto que para estes indivíduos

sentir calor no ambiente de trabalho faz parte da sua rotina e esta distinção pode ter se tornado bastante tênue. Mesmo assim foi esboçado um desejo por alguma mudança para amenizar as condições térmicas encontradas.

Da análise descritiva, em relação à influência que as variáveis ambientais e pessoais exerceram nas percepções dos trabalhadores quanto às condições térmicas do local de trabalho, foi observado que para toda situação relacionada com o ambiente térmico é apresentado um número considerável de variáveis que não agem isoladamente e sim combinadas a muitos fatores que proporcionam conforto ou desconforto.

Dos resultados obtidos ficou evidenciado que:

- a) a sensação térmica do ambiente relativo às percepções de “quente” e “muito quente” foi mais significativa para a demanda das condições térmicas nos setores;
- b) as variáveis como temperatura do ar e temperatura média radiante, em função das superfícies de fechamento podem ter influenciado mais significativamente para a percepção de calor no ambiente do que as outras variáveis;
- c) as variáveis arquitetônicas, como forma, orientação solar, materiais empregados para os fechamentos, direção dos ventos em função da implantação da edificação e iluminação natural, possivelmente tenham contribuído para as percepções de calor no ambiente interno;
- d) a atividade metabólica, que geralmente em ambientes fabris exerce influência na insatisfação dos trabalhadores, pelos testes estatísticos aplicados, não impactou na percepção térmica dos setores, com exceção do Setor S6 (Piscinas);
- e) a velocidade do ar, que em ambientes não climatizados é um importante fator para amenizar a sensação térmica e favorecer a evaporação no verão, se manteve baixa para a situação apresentada.

Entre as sugestões para trabalhos futuros, deve-se destacar:

- a) a elaboração de normas relativas ao ambiente térmico em edificações industriais, regionalizadas, adequando-as à realidade brasileira;
- b) a revisão de índices para atividade metabólica, com a finalidade de resultados mais apurados das análises sobre ambientes térmicos;
- c) a realização de pesquisas referentes às percepções do ambiente do trabalhador industrial, no intuito de identificar sua preferência térmica e seus limites;



- d) a realização de estudos comparativos dos resultados obtidos neste trabalho, com levantamentos de dados no início e término da estação de verão;
- e) pesquisa de estratégias passivas aliadas a técnicas construtivas favoráveis ao uso racional de energia para minimizar os efeitos de calor no ambiente industrial;
- f) a realização de um estudo detalhado das condições físicas do prédio, prevendo a utilização de programa computacional para simular o comportamento térmico real e propor condições de conforto mais próximas do ideal;
- g) a reorganização do leiaute da unidade de produção em estudo, contemplando uma eficiência maior em relação às condições térmicas, visto os altos estoques espalhados pela planta do prédio, com o objetivo de favorecer a ventilação natural, sendo esta uma das formas de amenizar os efeitos do calor.

## REFERÊNCIAS

ANSI/ASHRAE *Standard 55*: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2004.

ASHRAE *Fundamentals Handbook*. Atlanta, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR-6401*: instalações centrais de ar condicionado para conforto – parâmetros de projeto, Rio de Janeiro, 1980.

BEYER, P. O. Programa computacional para o cálculo do Voto Médio Previsto (VMP ou PMV) e percentagem prevista de insatisfeitos (PPI ou PPD) de acordo com International Standard ISO 7730. Disponível: <pob@mecanica.ufrgs.br>. Acesso em 30 jul. 2004. Comunicação pessoal.

BUSCH, J. F. A late of two populations: thermal comfort in air-conditioned and naturally ventilated offices in Thailand. *Energy and Buildings*, Amsterdam, v.18, n.3-4, p. 235-249, 1992.

CALLEGARI-JAQUES, L. M. *Bioestatística*: princípios e aplicações. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CARLO, J. et al. Eficiência energética no código de obras de Salvador. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2003, Curitiba. *Anais...* Curitiba: ENCAC, 2003.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. Indústria sustentável no Brasil. *Agenda 21*: cenários e perspectivas. Brasília: CNI/SESI/SENAI/IEL, 2002.

FANGER, P. O. *Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering*. New York: McGraw – Hill, 1972.

FANGER, P.; TOFTUM, J. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. *Energy and Buildings*, Amsterdam, n.34, v.6, p. 533-536, 2002.

FUNDACIÓN MAPFRE. Temas de ergonomia. In: JORNADAS DE ERGONOMIA, SERVICIOS TÉCNICOS DE PREVENCIÓN DE MAPFRE, MUTUA PATRONAL DE ACCIDENTES DE TRABAJO, 1987, Madrid, Spain. *Anais...* Madrid, Spain: Montereina, 1987.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Building*, Amsterdam. v. 18, 1992.

GOULART, S. et al. *Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações, visando o conforto térmico*. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção Civil, UFSC, 1994. Relatório interno n.2.

GRANDJEAN, E. *Manual de ergonomia adaptando o trabalho ao homem*. 4. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. Tradução de: João Pedro Stein

GUIMARÃES, L. B. M. *Ergonomia Cognitiva*. Porto Alegre: Fundação Empresa Escola de Engenharia UFRGS – FEENG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Escola de Engenharia, UFRGS, 2004.(Série monográfica ergonomia).

GUIMARÃES, L. B. M. *Ergonomia de Processo*. Porto Alegre: Fundação Empresa Escola de Engenharia UFRGS – FEENG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Escola de Engenharia, UFRGS, 2001.(Série monográfica ergonomia, v. 1, 3)

HACKENBERG, A. M. Adequação das normas de conforto térmico da Série ISO para Climas Tropicais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ERGONOMIA, 6., 2001, Gramado. *Anais...* Gramado, RS: ABERGO, 2001.

HACKENBERG, A. M. *Conforto e “stress” térmico em indústrias: pesquisas efetuadas nas regiões de Joinville, SC, e Campinas, SP*. 2000. 265 f. Tese (Doutorado), Universidade de Campinas. São Paulo: UNICAMP, 2000.

HACKENBERG, A. M.; PEREIRA, J. T. V.; LIMA FILHO, E. C. A influência das variáveis ambientais e pessoais nas sensações térmicas dos trabalhadores fabris e as recomendações da bioclimatologia. In: ENCONTRO NACIONAL,6., ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO,3., (ENCAC), 2001, São Paulo. *Anais...* São Pedro, SP: ENCAC, 2001.

HACKENBERG, A. M.; PEREIRA, J. T. V. Normas de conforto e stress térmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 9., 1999 e SEMINÁRIO DE ERGONOMIA DA BAHIA, 1999, Bahia. *Anais...* Salvador, Bahia: Publicada, 1999.

IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1990.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 7243: hot environments – estimation of the heat stress on working man, based on WBGT Index*, Switzerland, 1999 (Wet Bulb Globe Temperature).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 7726: thermal environments – instruments and methods for measuring physical quantities*, Switzerland, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 7730: moderate thermal environments – determination of the PMV and PD indices and specification of the conditions for thermal comfort*, Switzerland, 1994.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 7933: hot environments – analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate*, Switzerland, 1999.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 8996: Ergonomics – determination of metabolic heat production*, Switzerland, 1990.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 9886*: Ergonomics – evaluation of thermal strain by physiological measurements, Switzerland, 1992.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 9920*: Ergonomics of thermal environment – estimation of the thermal insulation and evaporate resistance of clothing ensemble, Switzerland, 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 10551*: Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales, Switzerland, 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 11399*: Ergonomics of the thermal environment – principles and application of International Standards, Switzerland, 1995.

KLERING, L. R. Fundação de Economia e Estatística, dados de 1999. Secretaria Municipal de Governo e Desenvolvimento Econômico. Disponível em: <<http://pmsc9.rs.gov.br/localizacao.htm>>. Acesso em 10 ago. 2004.

KRICHELDORF, M. R.; HACKENBERG, A. M. A influência do ambiente de trabalho na sensibilidade ambiental do trabalhador: uma abordagem estatística. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Publicada, 2003.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: Publicada, 1997.

LAMBERTS, R.; PEDRINI, A. Influência do tamanho e forma sobre o consumo de energia de edificações de escritórios em clima quente. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7 , 2003, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Publicada, 2003.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. Indices of thermal comfort developed from field survey in Brazil. *Ashrae Transactions*, n.106, p. 45-58, 2000.

MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. *Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios*. Porto Alegre: Publicada, 1992.

MEIER, A., OLOFSSON, T.; LAMBERTS, R. What is an energy-efficient building? In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002,. Foz do Iguaçu, Paraná, *Anais...* Foz do Iguaçu, Paraná: Publicada, 2002.

MEIRIÑO, M. Projeto arquitetônico deve incorporar elementos de eficiência energética. In: *Projeto Design*, São Paulo, edição 291, 2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. *Balanço energético nacional*. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/ben/Ben2003>>. Acesso em: 11 nov. 2003.

NICOL, J. F.; HUMPHREYS, M. A. Adaptative thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, Amsterdam, v. 34, n.6, p. 563-572, 2002.

NORMA REGULAMENTADORA NR-15: atividades e operações insalubres. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/Empregador/segsau/Legislacao/Normas>>. Acesso em 2003.

NORMA REGULAMENTADORA NR-17: ergonomia. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/Empregador/segsau/Legislacao/Normas>>. Acesso em 2003.

OLESEN, B. W.; BRAGER, G. S. A better way to predict comfort. In: *ASHRAE Journal*, Atlanta, p. 20-26, aug. 2004.

OLESEN, B. W.; PARSONS, K. C. Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730. *Energy and Buildings*, Amsterdam, v. 34, n.6, p. 537-548, 2002.

RIVERO, R. *Arquitetura e clima: condicionamento término natural*. Porto Alegre: Dc-Luzzatto, 1986.

SATTLER, M. *Conforto Térmico* (material didático). Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação – NORIE. Curso de Mestrado Profissionalizante, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2002.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). *Dados mensais anuais da velocidade dos ventos*. Secretaria da Ciência e Tecnologia, Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – Laboratório de Agrometeorologia, Porto Alegre, 2003. (Anexo C).

XAVIER, A. A. P. Condições de conforto térmico para estudantes de segundo grau na região de Florianópolis. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, UFSC, 1999.

YEANG, K. *El rascacielos ecológico*. Barcelona: Gustavo Gili, SA, 2001. Tradução de: Carlos Saenz de Valicourt, 2001.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Teste de normalidade

APÊNDICE B – Localização de pontos de medição e ventiladores

APÊNDICE C – Distribuição de frequência da vestimenta utilizada por setor

APÊNDICE D – Média ponderada do conjunto de vestimenta por setor -  $Mp_{clo}$  (clo)

APÊNDICE E – Média ponderada da atividade metabólica por setor -  $Mp_{met}$  (W/m<sup>2</sup>)

APÊNDICE F – Frequência das percepções térmicas do ambiente – ISO 10551

APÊNDICE G – Teste Exato de Fisher – Sexo\* Percepções

APÊNDICE H – Teste Exato de Fisher – Turnos \* Sensação térmica

APÊNDICE I – Teste Exato de Fisher – Atividade metabólica ( $M$ ) \* Sensação térmica

APÊNDICE J – Quadro geral das variáveis ambientais e pessoais e percepções dos trabalhadores

APÊNDICE L – Teste Exato de Fisher – Sensação térmica \* Voto Médio Estimado( $PMV$ )

APÊNDICE M – Quadro comparativo  $PMV$  –  $PMVe$  – ISO 10551

APÊNDICE N – Características individuais dos trabalhadores em relação aos turnos

## APÊNDICE A – Teste de normalidade

### Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
	Statistic	df	Sig.
PMV	,268	345	,000
Sensação	,339	345	,000

a. Lilliefors Significance Correction

### Model Summary<sup>b</sup>

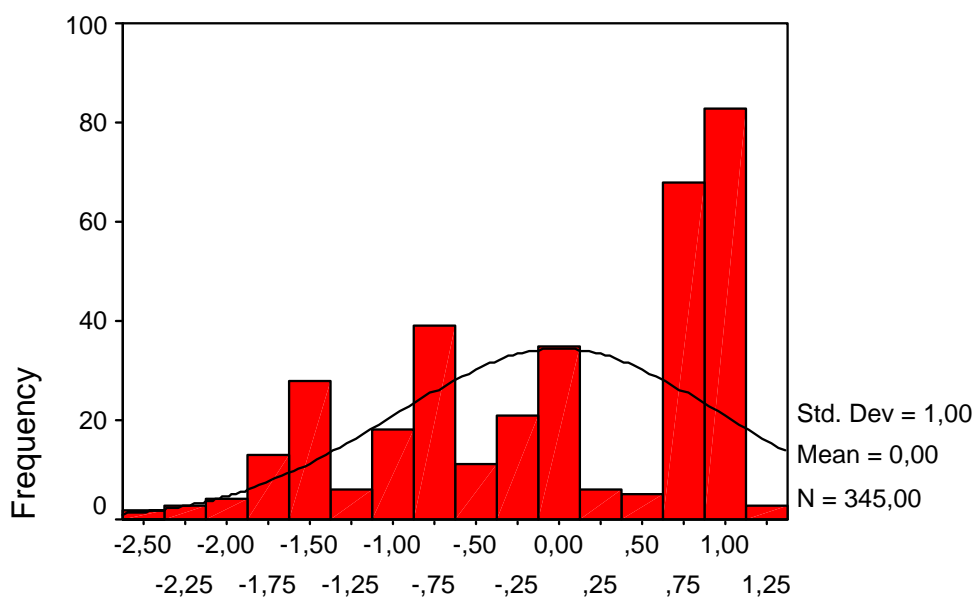
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	,275 <sup>a</sup>	,075	,073	,4254	,075	27,956	1	343	,000	,170

a. Predictors: (Constant), Sensação

b. Dependent Variable: PMV

## Histogram

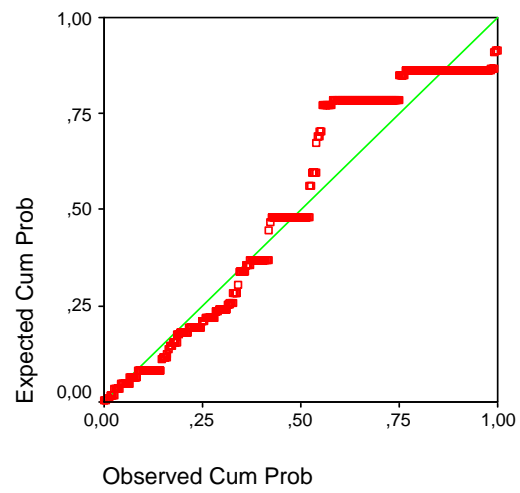
### Dependent Variable: PMV



### Regression Standardized Residual

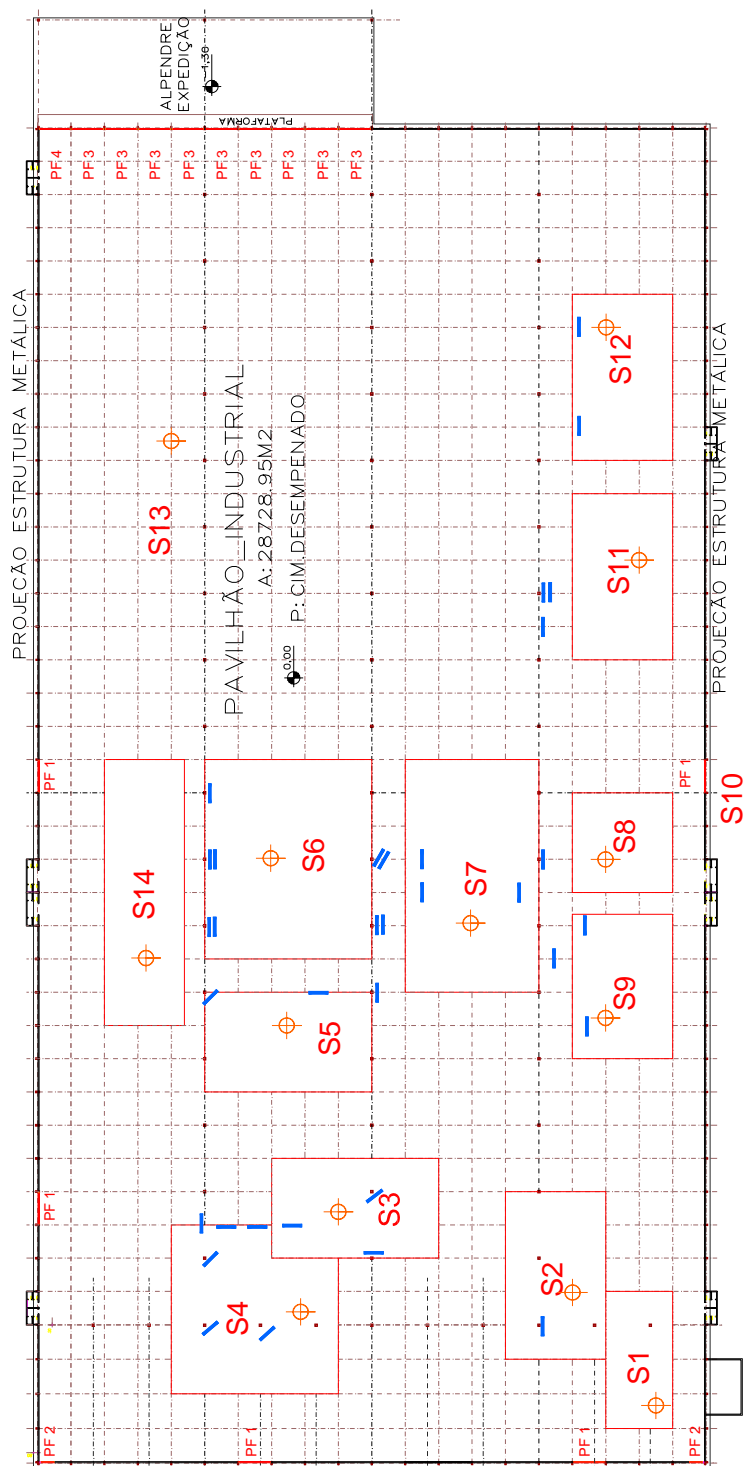
## Normal P-P Plot of Regression Standard

Dependent Variable: PMV







## APÊNDICE B – Localização de pontos de medição e ventiladores



**PLANTA BAIXA : S/ Esc.**

Localização dos Pontos de Medição - 

Localização dos ventiladores com aspersão d'água - 

**APÊNDICE C – Distribuição de freqüência da vestimenta utilizada por setor**

<b>Piscinas</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>	<b>Panelas</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>	<b>Solda ponto</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>
	<b>freqüência</b>			<b>freqüência</b>			<b>freqüência</b>	
Calça comprida	129	94,9	Calça comprida	15	93,8	Calça comprida	8	88,9
Avental	6	4,4	Avental	6	37,5	Avental	9	100,0
Luva	9	6,6	Luva	8	50,0	Luva	9	100,0
Camisa mg. Curta	114	83,8	Camisa mg. Curta	14	87,5	Camisa mg. Curta	8	88,9
Sapato	128	94,1	Sapato	12	75,0	Sapato	8	88,9
Guradapó	24	17,6	Guradapó	5	31,3	Guradapó	1	11,1
Meia	98	72,1	Meia	6	37,5	Meia	4	44,4

<b>Pintura</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>	<b>Arame</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>	<b>Expedição</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>
	<b>freqüência</b>			<b>freqüência</b>			<b>freqüência</b>	
Calça comprida	14	100,0	Calça comprida	5	100,0	Calça comprida	33	97,0
Avental	6	42,9	Avental	4	80,0	Avental	1	2,9
Luva	11	78,6	Luva	4	80,0	Luva	5	14,2
Camisa mg. Curta	14	100,0	Camisa mg. Curta	5	100,0	Camisa mg. Curta	34	100,0
Sapato	14	100,0	Sapato	5	100,0	Sapato	30	88,2
Guradapó	14	100,0	Guradapó	5	100,0	Guradapó	1	2,9
Meia	8	57,1	Meia	3	60,0	Meia	23	67,6

<b>Cadeiras</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>	<b>Manutenção</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>	<b>Corte tubos</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>
	<b>freqüência</b>			<b>freqüência</b>			<b>freqüência</b>	
Calça comprida	54	91,5	Calça comprida	19	100,0	Calça comprida	16	84,2
Avental	8	13,6	Avental	3	15,8	Avental	15	78,9
Luva	32	54,2	Luva	3	15,8	Luva	18	94,7
Camisa mg. Curta	53	89,8	Camisa mg. Curta	7	36,8	Camisa mg. Curta	16	84,2
Sapato	55	93,2	Sapato	18	94,7	Sapato	18	94,7
Guradapó	8	13,6	Guradapó	15	78,9	Guradapó	3	15,8
Meia	43	72,9	Meia	16	84,2	Meia	12	63,2

<b>Injetora</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>	<b>Escadas</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>	<b>Grelhas</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>
	<b>freqüência</b>			<b>freqüência</b>			<b>freqüência</b>	
Calça comprida	4	80,0	Calça comprida	13	100,0	Calça comprida	11	91,7
Avental	5	100,0	Avental	5	38,5	Avental	9	75,0
Luva	1	20,0	Luva	10	76,9	Luva	11	91,7
Camisa mg. Curta	5	100,0	Camisa mg. Curta	11	84,6	Camisa mg. Curta	11	91,7
Sapato	4	80,0	Sapato	10	76,9	Sapato	12	100,0
Guradapó	5	100,0	Guradapó	1	7,7	Guradapó	1	8,3
Meia	3	60	Meia	10	76,9	Meia	8	66,7

<b>Churrasqueiras</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>	<b>Embalagens</b>	<b>Nº. De</b>	<b>%</b>
	<b>freqüência</b>			<b>freqüência</b>	
Calça comprida	16	94,1	Calça comprida	7	87,5
Avental	7	41,2	Avental	3	37,5
Luva	15	88,2	Luva	4	50,0
Camisa mg. Curta	17	100,0	Camisa mg. Curta	8	100,0
Sapato	17	100,0	Sapato	8	100,0
Guradapó	17	100,0	Guradapó	1	12,5
Meia	12	70,6	Meia	6	75,0

OBS.: Há itens não respondidos e/ou os respondentes usavam vestimenta diferenciada do proposto na relação do Anexo A.

**APÊNDICE D - Média ponderada do conjunto de vestimenta por setor -**

Setores	<i>Mp<sub>clo</sub></i> (clo)														<i>Mp<sub>clo</sub></i>				
	Calça	compr	fcc	Avental	fa	Luva	fl	Camisa	MC	fcmc	Sapato	fs	Guardapó	fg		Meia	fm	n	<i>Mp<sub>clo</sub></i>
	clo		clo	clo	clo	clo	clo	clo	clo	clo	clo	clo	clo	clo	clo	clo	clo	clo	clo
S0	0,22	19	0,12	3	0,08	3	0,15	7	0,02	18	0,3	15	0,02	16	19			0,56	
S1	0,22	4	0,12	5	0,08	1	0,15	5	0,02	4	0,3	5	0,02	3	5			0,79	
S2	0,22	16	0,12	7	0,08	15	0,15	17	0,02	17	0,3	17	0,02	12	17			0,81	
S3	0,22	8	0,12	9	0,08	9	0,15	8	0,02	8	0,3	1	0,02	4	9			0,59	
S4	0,22	16	0,12	15	0,08	18	0,15	16	0,02	18	0,3	3	0,02	12	19			0,56	
S5	0,22	14	0,12	6	0,08	11	0,15	14	0,02	14	0,3	14	0,02	8	14			0,77	
S6	0,22	129	0,12	6	0,08	9	0,15	114	0,02	128	0,3	24	0,02	98	136			0,43	
S7	0,22	54	0,12	8	0,08	32	0,15	53	0,02	55	0,3	8	0,02	43	59			0,47	
S8	0,22	13	0,12	5	0,08	10	0,15	11	0,02	10	0,3	1	0,02	10	13			0,51	
S9	0,22	5	0,12	4	0,08	4	0,15	5	0,02	5	0,3	5	0,02	3	5			0,86	
S10	0,22		0,12		0,08		0,15		0,02		0,3								
S11	0,22	11	0,12	9	0,08	11	0,15	11	0,02	12	0,3	1	0,02	8	12			0,56	
S12	0,22	15	0,12	6	0,08	8	0,15	14	0,02	12	0,3	5	0,02	6	16			0,54	
S13	0,22	33	0,12	1	0,08	5	0,15	34	0,02	30	0,3	1	0,02	23	34			0,42	
S14	0,22	7	0,12	3	0,08	4	0,15	8	0,02	8	0,3	1	0,02	6	8			0,5	

*Mp<sub>clo</sub>* = Média Ponderada de um conjunto da Vestimenta por setor

fcc = frequência no uso de calças comp.

fa = frequência no uso de aventais

fl = frequência no uso de luvas

fcmc = frequência no uso de camisa de 1

fs = frequência no uso de sapatos

fg = frequência no uso de guardapó

fm = frequência no uso de meias

n = número de indivíduos por setor

**APÊNDICE E - Média ponderada da atividade metabólica por setor -  $Mp_{met}$  (W/m<sup>2</sup>)**

Setores	x1 W/m <sup>2</sup>	f1	x2 W/m <sup>2</sup>	f2	x3 W/m <sup>2</sup>	f3	n	$Mp_{met}$ W/m <sup>2</sup>
S0	96	4	116	24			28	113
S1	96	4	116	1			5	100
S2	96	8	116	9			17	107
S3					140	9	9	140
S4					140	19	19	140
S5			116	14			14	116
S6	96	3			140	133	136	140
S7	96	2	116	57			59	116
S8			116	13			13	116
S9	96	1	116	4			5	112
S11	96	2	116	10			12	113
S12	96	6	116	10			16	108
S13	96	27	116	7			34	100
S14	96	2	116	6			8	111

$Mp_{met}$  = Média Ponderada da Atividade por setor

x1,x2,x3 = Taxa Metabólica da Atividade

f1,f2,f3 = Frequência de acontecer a atividade

n = Número de indivíduos por setor

## APÊNDICE F - Frequência das percepções térmicas do ambiente -ISO 10551

Frequência das percepções da sensação térmica dos trabalhadores por setor de trabalho (%)															
Nº. Indivíduos	28	5	17	9	19	14	136	59	13	5	12	16	34	8	
Degraus de julgamento	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S11	S12	S13	S14	
NR										7,69				12,5	
frio	-3														
fresco	-2														
levemente fresco	-1		17,65		5,26			5,08							
neutro	0	7,14		11,76	22,2	5,26								2,94	
levemente morno	1		5,88		10,53			3,39						8,82	
morno	2	21,43		23,53	11,1	5,26	7,14	1,47	6,78				25	2,94	
quente	3	46,43	60	17,65	44,44	31,58	35,71	55,15	57,63	69,23	60	66,67	68,75	61,76	37,5
mto quente	4	25	40	23,53	22,22	42,11	57,14	43,38	27,12	23,08	40	33,33	6,25	23,53	50

Frequência das percepções de conforto térmico dos trabalhadores por setor de trabalho (%)															
Nº. Indivíduos	28	5	17	9	19	14	136	59	13	5	12	16	34	8	
Degraus de julgamento	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S11	S12	S13	S14	
NR							0,74		7,69						
confort	0	14,29	40	41,18	11,11	31,58	28,57	12,5	18,64	30,77	20		12,5	38,24	12,5
um pouco desconf	1	57,14	40	41,18	77,78	47,37	50	60,29	47,46	61,54	40	66,67	50	41,18	87,5
desconf	2	17,86	20	11,76		15,79	14,29	19,12	33,9		40	33,33	37,5	14,71	
muito desconf	3	7,14			11,11	5,26		5,88						5,88	
extrem desconf	4	3,57		5,88			7,14	1,47							

Frequência das percepções da preferência térmica dos trabalhadores por setor de trabalho (%)															
Nº. Indivíduos	28	5	17	9	19	14	136	59	13	5	12	16	34	8	
Degraus de julgamento	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S11	S12	S13	S14	
NR					5,3					7,7					
muito mais frio	-3	3,6				5,3		2,2	1,7	7,7				2,9	12,5
mais frio	-2	25	40	23,5	33,3	21,1	7,1	17,6	27,1	23,1	20	41,7	31,3	17,6	25
pouco mais frio	-1	64,3	40	35,3	55,6	57,9	50	62,5	57,6	53,8	40	50	56,3	64,7	12,5
neutro	0	7,1	20	41,2	11,1	10,5	21,4	12,5	13,6	7,7	40	8,3	12,5	14,7	25
pouco mais quente	1						7,1	2,9							25
mais quente	2							0,7							
muito mais quente	3						14,3	1,5							

Frequência das percepções de aceitação do ambiente por setor de trabalho (%)															
Nº. Indivíduos	28	5	17	9	19	14	136	59	13	5	12	16	34	8	
Degraus de julgamento	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S11	S12	S13	S14	
NR							1,47	1,69	7,69					25	
aceito	0	60,71	80	64,71	77,78	52,63	85,71	47,06	42,37	69,23	40	41,67	62,5	64,71	37,5
rejeito	1	39,29	20	35,29	22,22	47,37	14,29	51,47	55,93	23,08	60	58,33	37,5	35,29	37,5

Frequência das percepções de tolerância ao ambiente por setor de trabalho (%)															
Nº. Indivíduos	28	5	17	9	19	14	136	59	13	5	12	16	34	8	
Degraus de julgamento	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S11	S12	S13	S14	
NR							0,74	3,39	7,69				6,25		
perfeitamente tolerável	0	35,71	40	52,94	22,22	36,84	42,86	16,18	23,73	23,08	60	16,67	12,5	35,29	25
um pouco difícil de tolerar	1	42,86	40	35,29	77,78	36,84	35,71	56,62	52,54	53,85	40	66,67	62,5	50	62,5
difícil de tolerar	2	21,43	20	5,88		26,32	14,29	23,53	15,25			16,67	18,75	14,71	12,5
muito difícil de tolerar	3			5,88			7,14	0,74		7,69					
intolerável	4							2,21	5,08	7,69					

NR - Nenhuma resposta

## APÊNDICE G – Teste Exato de Fisher – Sexo \* Percepções

### Sensação \* Sexo

Degraus de Julgamento		Sexo			p	
		Masculino	Feminino	Total		
Frio	-3	Frequência	1	0	1	0,024*
		% Setores	100,00%	0,00%	100,00%	
		Resíduo ajustado	0,6	-0,6		
Levemente Fresco	-1	Frequência	7	1	8	
		% Setores	87,50%	12,50%	100,00%	
		Resíduo ajustado	1	-1		
Neutro	0	Frequência	8	0	8	
		% Setores	100,00%	0,00%	100,00%	
		Resíduo ajustado	1,8	-1,8		
Levemente Morno	1	Frequência	7	2	9	
		% Setores	77,80%	22,20%	100,00%	
		Resíduo ajustado	0,4	-0,4		
Morno	2	Frequência	22	2	24	
		% Setores	91,70%	8,30%	100,00%	
		Resíduo ajustado	2,3	-2,3		
Quente	3	Frequência	143	57	200	
		% Setores	71,50%	28,50%	100,00%	
		Resíduo ajustado	0,1	-0,1		
Muito Quente	4	Frequência	82	47	129	
		% Setores	63,60%	36,40%	100,00%	
		Resíduo ajustado	-2,4	2,4		
Total		Frequência	270	109	379	
		% Setores	71,20%	28,80%	100,00%	

### Conforto \* Sexo

Confortável	0	Frequência	63	11	74	0,006*
		% Setores	85,10%	14,90%	100,00%	
		Resíduo ajustado	2,9	-2,9		
Um pouco desconfortável	1	Frequência	147	60	207	
		% Setores	71,00%	29,00%	100,00%	
		Resíduo ajustado	-0,1	0,1		
Desconfortável	2	Frequência	50	29	79	
		% Setores	63,30%	36,70%	100,00%	
		Resíduo ajustado	-1,8	1,8		
Muito desconfortável	3	Frequência	7	7	14	
		% Setores	50,00%	50,00%	100,00%	
		Resíduo ajustado	-1,8	1,8		
Extremamente desconfortável	4	Frequência	3	2	5	
		% Setores	60,00%	40,00%	100,00%	
		Resíduo ajustado	-0,6	0,6		
Total		Count	270	109	379	
		% within Conforto	71,20%	28,80%	100,00%	

\*Teste Exato de Fisher significativo a 5%

## APÊNDICE G – Teste Exato de Fisher Sexo \* Percepções (continuação)

### Preferência \* Sexo

Degraus de Julgamento		Sexo		Total	p
		Masculino	Feminino		
Muito mais frio	-3	Frequência	4	5	9
		% Setores	44,40%	55,60%	100,00%
		Resíduo ajustado	-1,8	1,8	
Mais frio	-2	Frequência	61	23	84
		% Setores	72,60%	27,40%	100,00%
		Resíduo ajustado	0,3	-0,3	
Pouco mais frio	-1	Frequência	151	67	218
		% Setores	69,30%	30,70%	100,00%
		Resíduo ajustado	-1	1	
Nem mais quente nem mais frio	0	Frequência	46	10	56
		% Setores	82,10%	17,90%	100,00%
		Resíduo ajustado	2	-2	
Pouco mais quente	1	Frequência	4	1	5
		% Setores	80,00%	20,00%	100,00%
		Resíduo ajustado	0,4	-0,4	
Mais quente	2	Frequência	1	2	3
		% Setores	33,30%	66,70%	100,00%
		Resíduo ajustado	-1,5	1,5	
Muito mais quente	3	Frequência	3	1	4
		% Setores	75,00%	25,00%	100,00%
		Resíduo ajustado	0,2	-0,2	
Total		Frequência	270	109	379
		% Setores	71,20%	28,80%	100,00%

0,123\*

### Tolerância \* Sexo

perfeitamente tolerável	0	Frequência	83	14	97
		% Setores	85,60%	14,40%	100,00%
		Resíduo ajustado	3,6	-3,6	
um pouco difícil de tolerar	1	Frequência	139	59	198
		% Setores	70,20%	29,80%	100,00%
		Resíduo ajustado	-0,6	0,6	
difícil de tolerar	2	Frequência	41	29	70
		% Setores	58,60%	41,40%	100,00%
		Resíduo ajustado	-2,7	2,7	
muito difícil de tolerar	3	Frequência	2	1	3
		% Setores	66,70%	33,30%	100,00%
		Resíduo ajustado	-0,2	0,2	
intolerável	4	Frequência	4	4	8
		% Setores	50,00%	50,00%	100,00%
		Resíduo ajustado	-1,4	1,4	
Total		Frequência	269	107	376
		% Setores	71,50%	28,50%	100,00%

0,001\*

### Aceitação \* Sexo

Aceito	0	Frequência	160	44	204
		% Setores	78,40%	21,60%	100,00%
		Resíduo ajustado	3,3	-3,3	
Rejeito	1	Frequência	108	63	171
		% Setores	63,20%	36,80%	100,00%
		Resíduo ajustado	-3,3	3,3	
Total		Frequência	268	107	375
		% Setores	71,50%	28,50%	100,00%

0,001\*

\*Teste Exato de Fisher significativo a 5%

## APÊNDICE H – Teste Exato de Fisher - Turnos \* Sensação térmica

Turno	Degraus de Julgamento	Sensação * Turnos															Total	p
		Setores																
		S6	S12	S3	S5	S9	S13	S7	S4	S1	S8	S11	S2	S14	S0			
		Piscina	Panelas	Solda	Pintura	Corte e dobra	Expedição	Cadeiras	Tubos	Injetora	Escadas, tábua	Grelhas e Churrasqueira	Embalagens	Não				
		Ponto de arame					passar e varal					espetos piscinas		identificados				
Manhã	Levemente -1 fresco	Frequência	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	4		
		%Setores	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	0,00%	0,00%	75,00%	0,00%	0,00%	100,00%		
		Resid. Ajust.	-2	-0,2	-0,2	-0,5	-0,2	-0,6	-0,8	2,3	-0,4	-0,2	4,8	-0,2	-0,5			
	Neutro 0	Frequência	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	4		
		%Setores	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%	0,00%	25,00%	100,00%		
		Resid. Ajust.	-2	-0,2	-0,2	-0,5	-0,2	1,4	-0,8	-0,4	-0,4	-0,2	3	-0,2	1,6			
	Levemente 1 morno	Frequência	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	1	0	0	6		
		%Setores	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	16,70%	33,30%	33,30%	0,00%	0,00%	16,70%	0,00%	0,00%	100,00%		
		Resid. Ajust.	-2,4	-0,3	-0,2	-0,6	-0,3	0,9	1,4	3,9	-0,4	-0,2	0,7	-0,2	-0,6			
	Morno 2	Frequência	2	1	0	0	0	0	3	1	0	0	3	0	5	15		
		%Setores	13,30%	6,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	20,00%	6,70%	0,00%	0,00%	20,00%	0,00%	33,30%	100,00%		
		Resid. Ajust.	-2,9	2	-0,3	-0,9	-0,5	-1,1	0,8	0,6	-0,7	-0,3	1,7	-0,3	4,6			
	Quente 3	Frequência	51	0	1	2	2	9	13	2	5	0	2	1	4	92		
		%Setores	55,40%	0,00%	1,10%	2,20%	2,20%	9,80%	14,10%	2,20%	5,40%	0,00%	2,20%	1,10%	4,30%	100,00%		
		Resid. Ajust.	2	-1,6	0,9	-1,8	1,3	1,3	0,3	-1,2	2	-1,1	-3,3	0,9	-1,1			
Muito quente	Frequência	26	1	0	6	0	1	4	0	0	1	3	0	0	42			
	%Setores	61,90%	2,40%	0,00%	14,30%	0,00%	2,40%	9,50%	0,00%	0,00%	2,40%	7,10%	0,00%	0,00%	100,00%			
	Resid. Ajust.	2	0,8	-0,6	3,3	-0,8	-1,4	-0,9	-1,5	-1,3	1,7	-0,4	-0,6	-1,9	0.03			
Total	Frequência	79	2	1	8	2	12	22	6	5	1	14	1	10	163			
	%Setores	48,50%	1,20%	0,60%	4,90%	1,20%	7,40%	13,50%	3,70%	3,10%	0,60%	8,60%	0,60%	6,10%	100,00%			
Tarde	Levemente -1 fresco	Frequência	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3			
		%Setores	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%		
		Resid. Ajust.	-1,1	-0,5	-0,3	-0,3	-0,2	-0,6	4,1	-0,5	-0,3	-0,3	-0,4	-0,2	-0,3	-0,5		
	Neutro 0	Frequência	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3		
		%Setores	0,00%	0,00%	66,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	33,30%	100,00%		
		Resid. Ajust.	-1,1	-0,5	5,9	-0,3	-0,2	-0,6	-0,7	-0,5	-0,3	-0,3	-0,4	-0,2	-0,3	1,6		
	Levemente 1 morno	Frequência	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
		%Setores	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%		
		Resid. Ajust.	-0,7	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	3,1	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,3		
	Morno 2	Frequência	0	3	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	9		
		%Setores	0,00%	33,30%	11,10%	11,10%	0,00%	11,10%	11,10%	0,00%	0,00%	0,00%	11,10%	0,00%	11,10%	100,00%		
		Resid. Ajust.	-2	3,1	1,2	1,6	-0,4	0,2	-0,3	-0,8	-0,5	-0,6	-0,8	2,4	-0,6	0,3		
	Quente 3	Frequência	24	11	3	3	1	10	15	4	3	3	8	1	2	86		
		%Setores	25,00%	11,50%	3,10%	3,10%	1,00%	10,40%	15,60%	4,20%	3,10%	3,10%	8,30%	1,00%	2,10%	8,30%	100,00%	
		Resid. Ajust.	-1,4	2,2	-0,4	0,5	-0,6	0,5	0,2	-1,2	0,5	0	1,6	-0,6	-0,8	0		
Muito quente	Frequência	33	0	1	1	2	6	10	8	2	3	3	1	4	80			
	%Setores	41,30%	0,00%	1,30%	1,30%	2,50%	7,50%	12,50%	10,00%	2,50%	3,80%	3,80%	1,30%	5,00%	7,50%	100,00%		
	Resid. Ajust.	3	-3,3	-1,5	-1	0,9	-0,8	-0,9	1,8	-0,1	0,4	-1	-0,3	1,3	-0,4			
Total	Frequência	57	14	7	5	3	18	29	12	5	6	11	3	6	192			
	%Setores	29,70%	7,30%	3,60%	2,60%	1,60%	9,40%	15,10%	6,30%	2,60%	3,10%	5,70%	1,60%	3,10%	8,30%	100,00%		

\* Teste exato de Fisher a 5%

Resid. Ajust.= Resíduo Ajustado



**APÊNDICE I – Teste Exato de Fisher - Atividade Metabólica (M) \* Sensação térmica**

Degraus de Julgamento	M (W/m <sup>2</sup> )														p			
	S1/S13	S2	S12	S14	S9	S11	S5/S7/S8	S6	100	107	108	111	112	113		116	140	Total
Levemente Fresco	0	3	0	0	0	0	0	0	3	1	3	1	7					
% Setores	0,00%	42,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	42,90%	14,30%	100,00%							
Resíduo Ajustado	-1	4,7	-0,6	-0,4	-0,2	-0,5	1,1	-1,8										
Neutro	1	2	0	0	0	0	0	3	6									
% Setores	16,70%	33,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%	100,00%									
Resíduo Ajustado	0,4	3,2	-0,5	-0,4	-0,2	-0,5	-1,4	0,1										
Levemente Morno	3	1	0	0	0	0	2	2	8									
% Setores	37,50%	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	25,00%	100,00%									
Resíduo Ajustado	2,4	1	-0,6	-0,4	-0,2	-0,5	0	-1,3										
Morno	1	4	4	0	0	0	5	4	18									
% Setores	5,60%	22,20%	22,20%	0,00%	0,00%	0,00%	27,80%	22,20%	100,00%									
Resíduo Ajustado	-0,8	3,5	3,6	-0,6	-0,3	-0,8	0,2	-2,2										
Quente	24	3	11	3	1	8	50	85	185									
% Setores	13,00%	1,60%	5,90%	1,60%	0,50%	4,30%	27,00%	45,90%	100,00%									
Resíduo Ajustado	1,1	-3,1	1,2	-0,6	-0,1	0,9	0,7	-0,6										
Muito Quente	10	4	1	4	1	4	28	69	121									
% Setores	8,30%	3,30%	0,80%	3,30%	0,80%	3,30%	23,10%	57,00%	100,00%									
Resíduo Ajustado	-1,3	-1	-2,5	1,2	0,4	-0,1	-0,7	2,6										
Total	39	17	16	7	2	12	88	164	345									
% Setores	11,30%	4,90%	4,60%	2,00%	0,60%	3,50%	25,50%	47,50%	100,00%									

\* Teste Exato de Fisher significativo a 5%







## APÊNDICE L – Teste Exato de Fisher - Sensação \* Voto Médio Estimado (PMV)

Degraus de	PMV (adimensional)											Total	p
	S13	S1	S2	S9	S12	S14	S8	S3	S4	S7	S5		
<b>Julgamento</b>	1,55	1,86	1,95	2,22	2,3	2,34	2,38	2,39	2,4	2,62	2,75	2,85	
Levemente -1	0	0	3	0	0	0	0	0	1	3	0	0	7
% Setores	0,00%	0,00%	42,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,30%	42,90%	0,00%	0,00%	100,00%
Resíduo Ajustado	-0,9	-0,3	4,7	-0,3	-0,6	-0,4	-0,5	-0,4	0,5	1,8	-0,5	-2,2	
Neutro 0	1	0	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	6
% Setores	16,70%	0,00%	33,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	33,30%	16,70%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Resíduo Ajustado	0,6	-0,3	3,2	-0,3	-0,5	-0,4	-0,5	4,8	0,7	-1,1	-0,5	-2	
Levemente 1	3	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0	8
% Setores	37,50%	0,00%	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	25,00%	25,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Resíduo Ajustado	2,7	-0,3	1	-0,3	-0,6	-0,4	-0,5	-0,5	1,6	0,6	-0,6	-2,3	< 0,01*
Morno 2	1	0	4	0	4	0	0	1	1	4	1	2	18
% Setores	5,60%	0,00%	22,20%	0,00%	22,20%	0,00%	0,00%	5,60%	5,60%	22,20%	5,60%	11,10%	100,00%
Resíduo Ajustado	-0,6	-0,5	3,5	-0,5	3,6	-0,6	-0,8	0,8	-0,5	0,6	0,3	-2,5	
Quente 3	21	3	3	3	11	3	9	4	14	34	5	75	185
% Setores	11,40%	1,60%	1,60%	1,60%	5,90%	1,60%	4,90%	2,20%	7,60%	18,40%	2,70%	40,50%	100,00%
Resíduo Ajustado	1	0,3	-3,1	0,3	1,2	-0,6	1,5	-0,6	-1	0,7	-1,4	0,5	
Muito 4	8	2	4	2	1	4	3	2	12	16	8	59	121
% Setores	6,60%	1,70%	3,30%	1,70%	0,80%	3,30%	2,50%	1,70%	9,90%	13,20%	6,60%	48,80%	100,00%
Resíduo Ajustado	-1,5	0,2	-1	0,2	-2,5	1,2	-0,7	-0,8	0,4	-1,4	1,8	2,6	
Total	34	5	17	5	16	7	12	9	31	59	14	136	345
% Setores	9,90%	1,40%	4,90%	1,40%	4,60%	2,00%	3,50%	2,60%	9,00%	17,10%	4,10%	39,40%	100,00%

\* Teste Exato de Fisher significativo a 5%

### APÊNDICE M - Quadro comparativo PMV - PMVe - ISO 10551

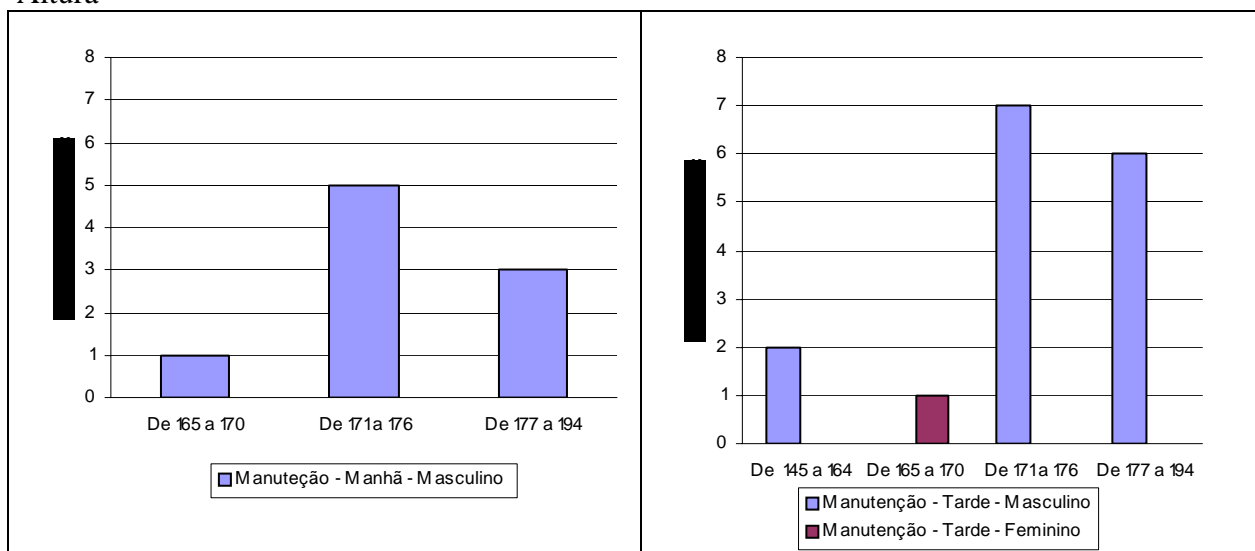
Setores		PMV Votos	PMVe Votos	ISO 10551	
				%	Degraus de julgamento
Expedição	S13	1,55	1,24	14,7	0 a 2
				61,76	3
				23,53	4
Injetora	S1	1,86	1,49	60	3
				40	4
Churrasqueira	S2	1,95	1,56	35,29	(-1) a 1
				23,53	
				17,65	
Corte e dobra de arame	S9	2,22	1,78	60	3
				40	4
Painéis	S12	2,30	1,84	25	2
				68,75	3
				6,25	4
Embalagens piscinas	S14	2,34	1,87	12,5	NR
				37,5	3
				50	4
Escadas, tábua de passar e varal	S8	2,38	1,91	7,6	NR
				69,23	3
				23,08	4
Solda Ponto	S3	2,39	1,91	33,33	0 a 2
				44,44	3
				22,22	4
Tubos	S4	2,40	1,92	26,31	(-1) a 2
				31,58	3
				42,11	4
Grelhas e espetos	S11	2,40	1,92	66,67	3
				33,33	4
Cadeiras	S7	2,62	2,09	15,26	(-1) a 2
				57,63	3
				27,12	4
Pintura	S5	2,75	2,2	7,14	2
				35,71	3
				57,14	4
Piscinas	S6	2,85	2,28	1,47	2
				56,15	3
				43,38	4

NR: Não responderam

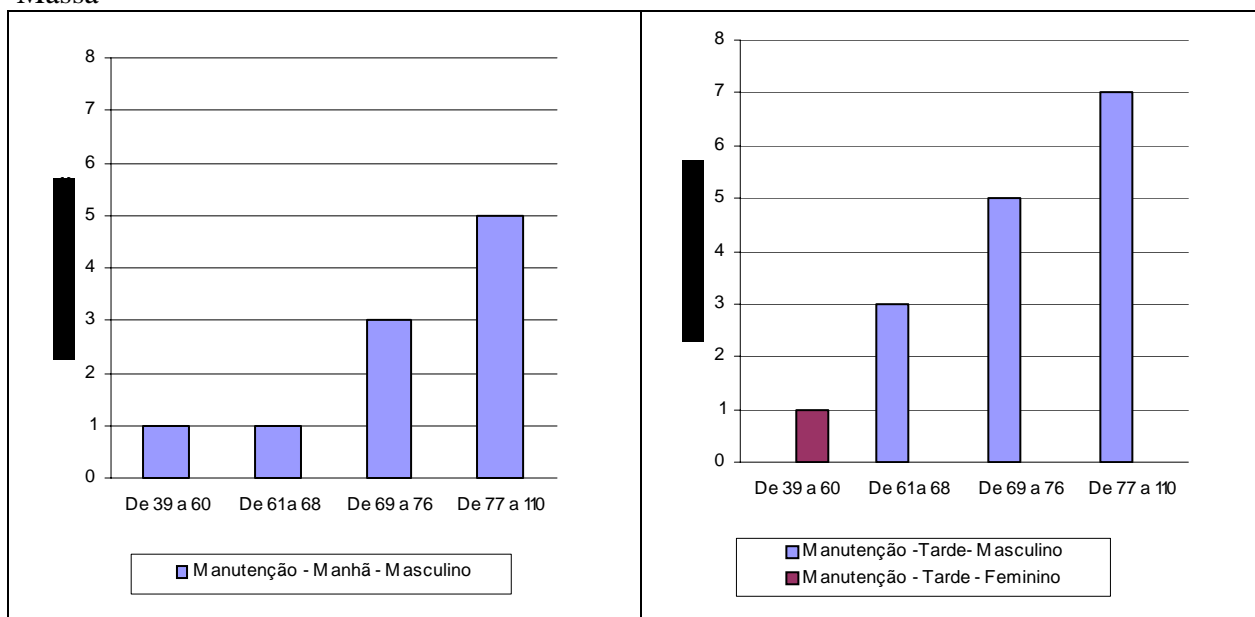
## APÊNDICE N – Características individuais dos trabalhadores em relação aos turnos

### SETOR S0 - MANUTENÇÃO

Altura



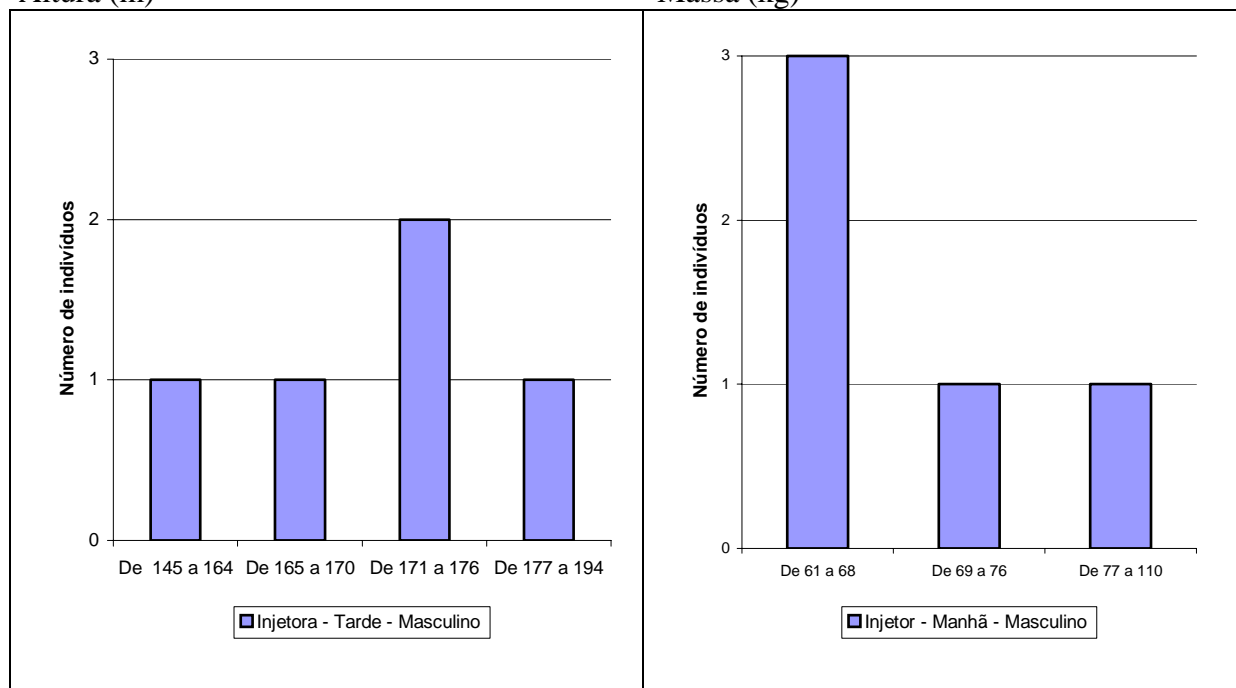
Massa



**SETOR S1 - INJETORAS**

Altura (m)

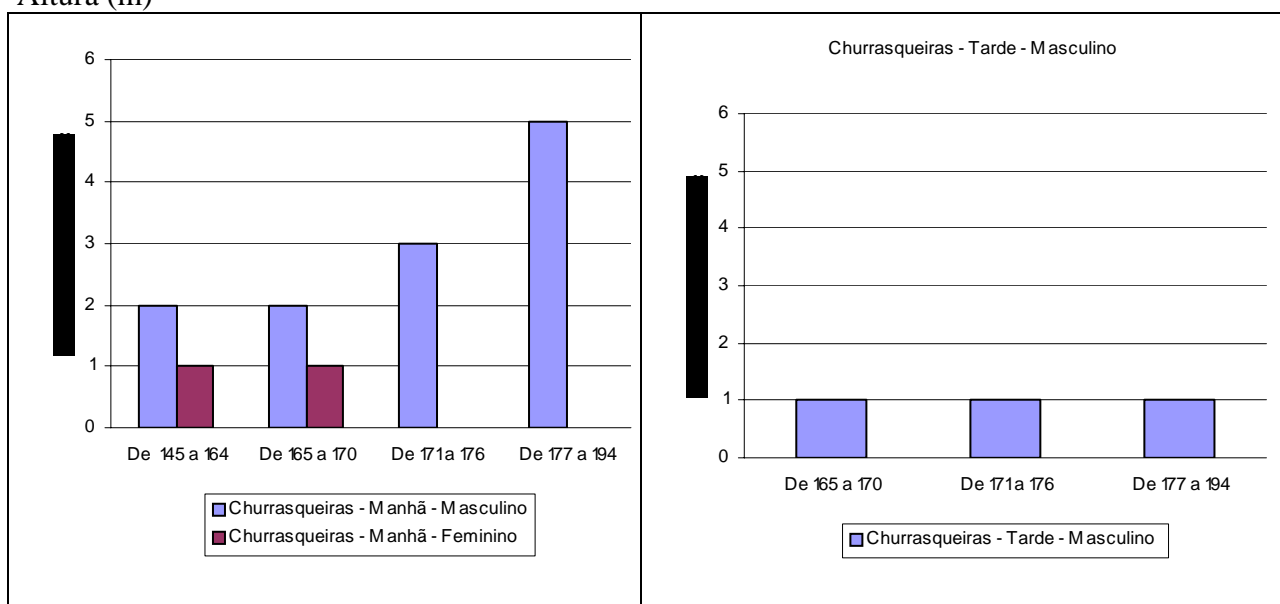
Massa (kg)



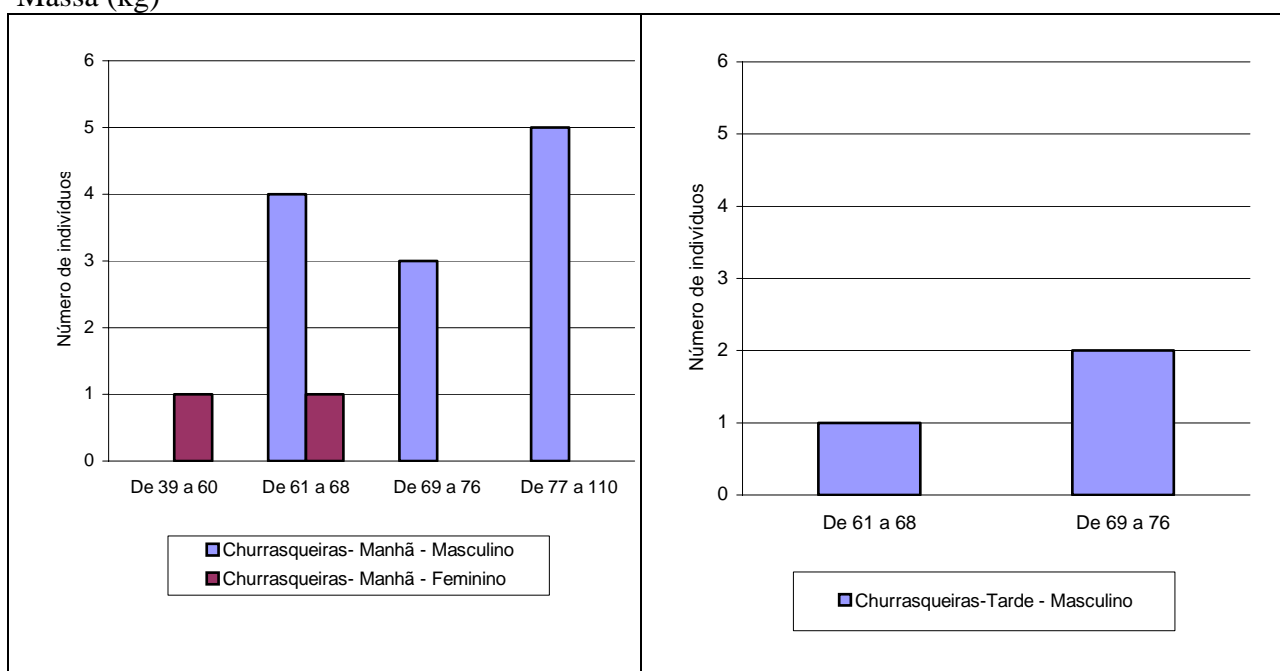


## SETOR S2 - CHURRASQUEIRA

Altura (m)

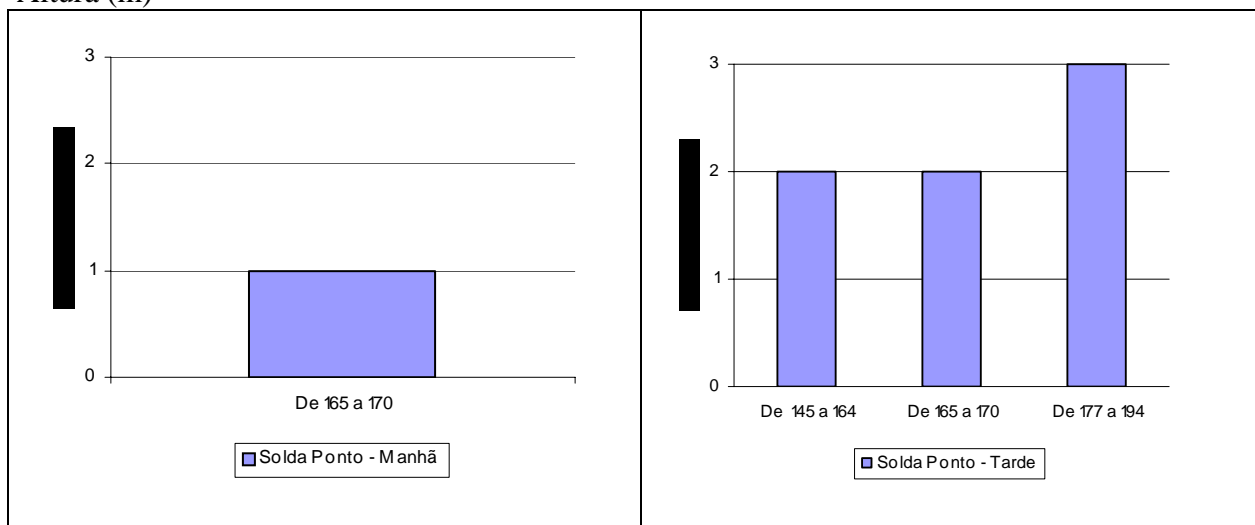


Massa (kg)

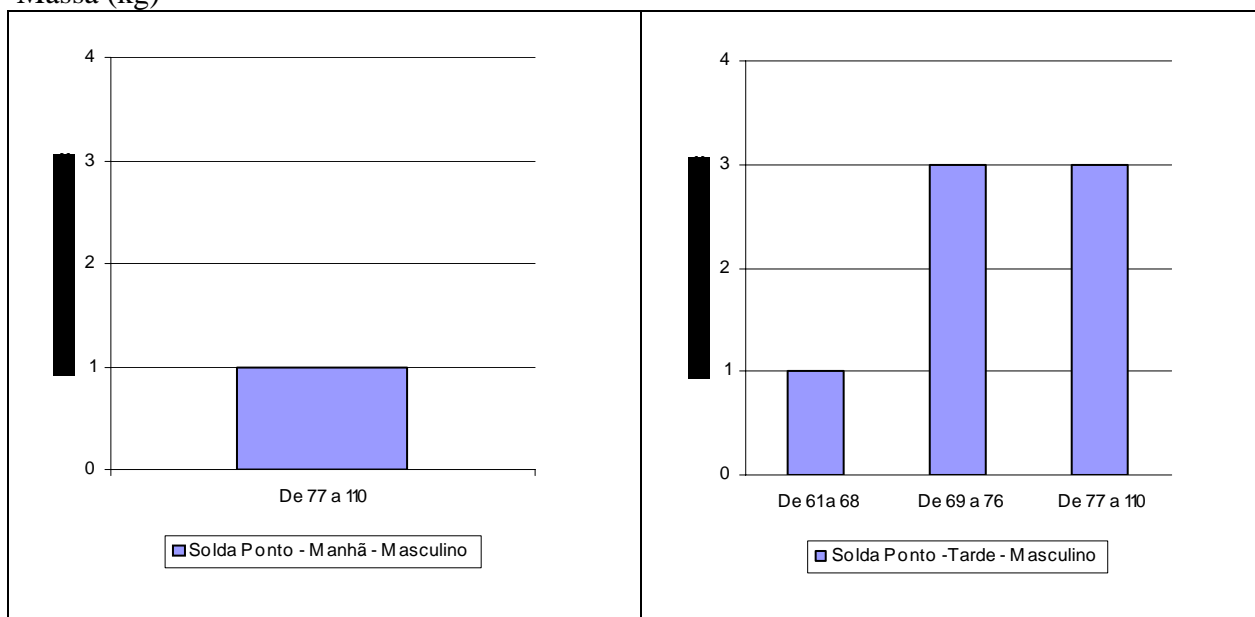


## SETOR S3 – SOLDA PONTO

Altura (m)

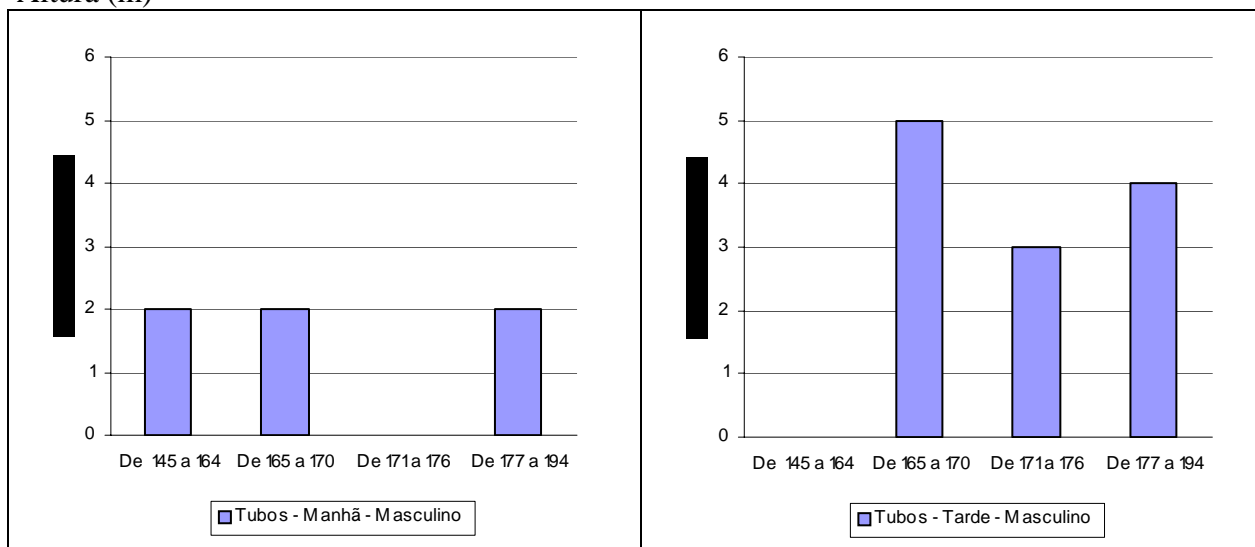


Massa (kg)

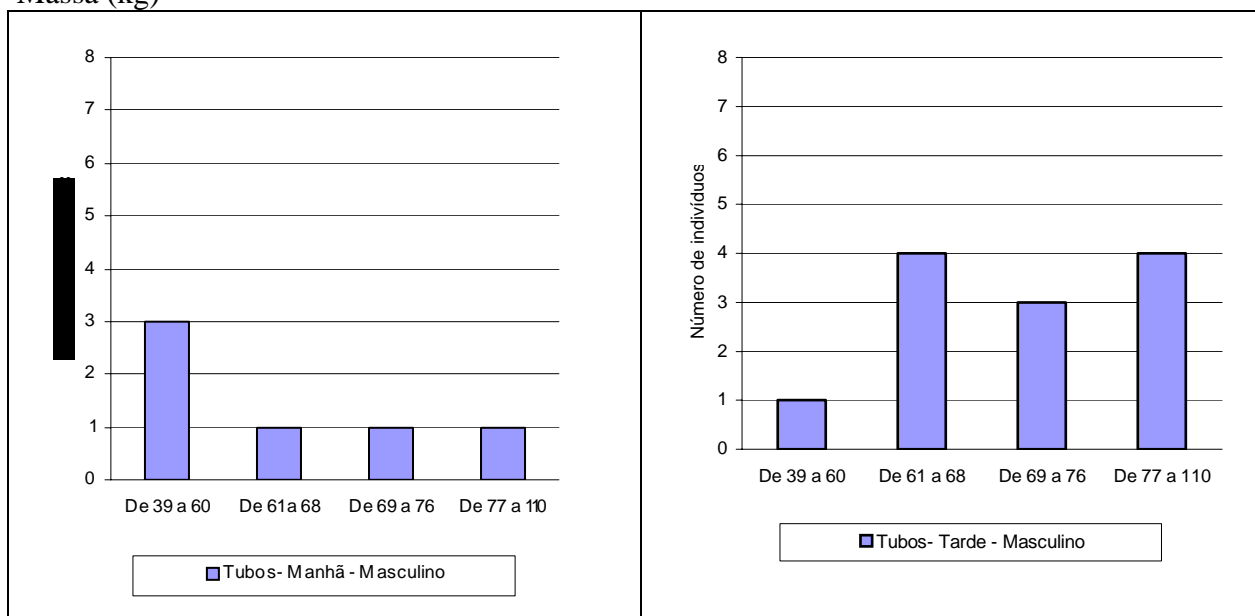


## SETOR S4 – CORTE DE TUBOS

Altura (m)

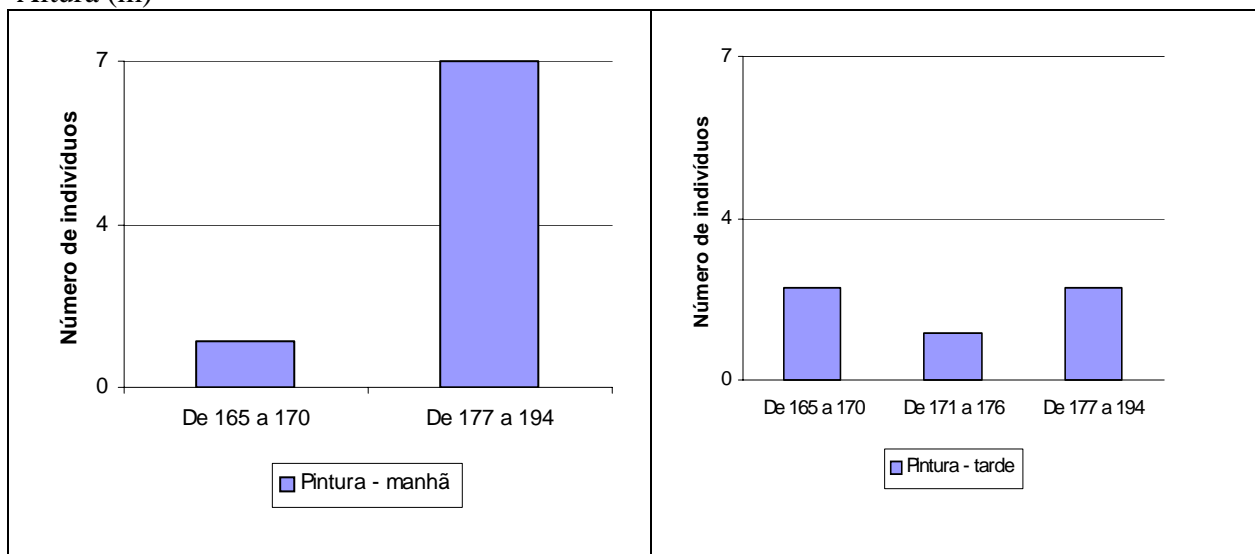


Massa (kg)

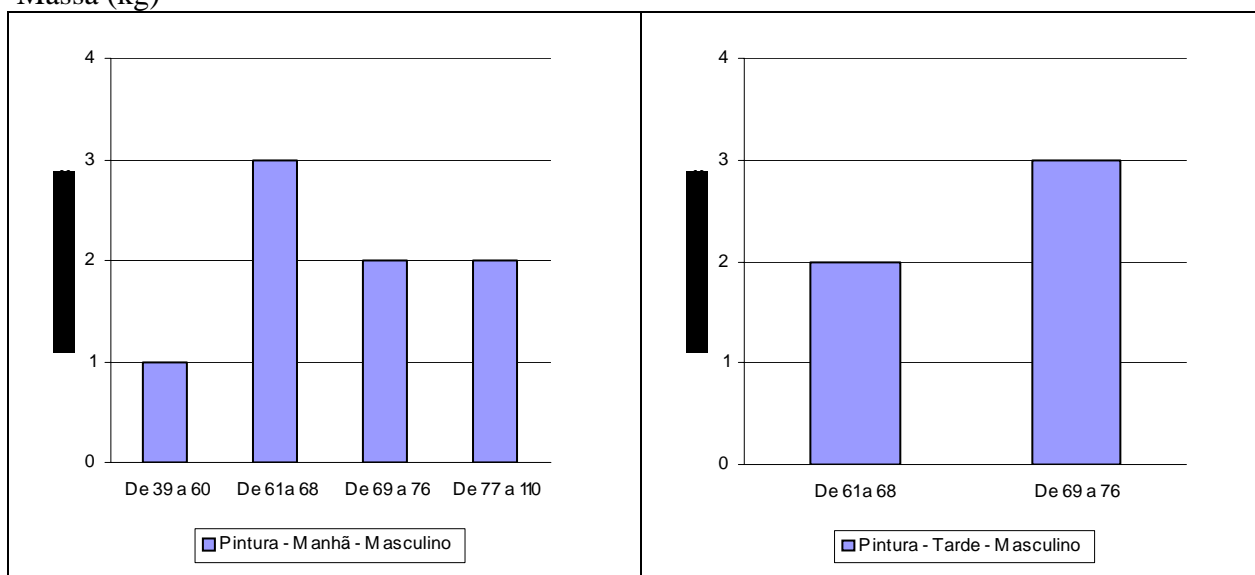


## SETOR S5 - PINTURA

Altura (m)

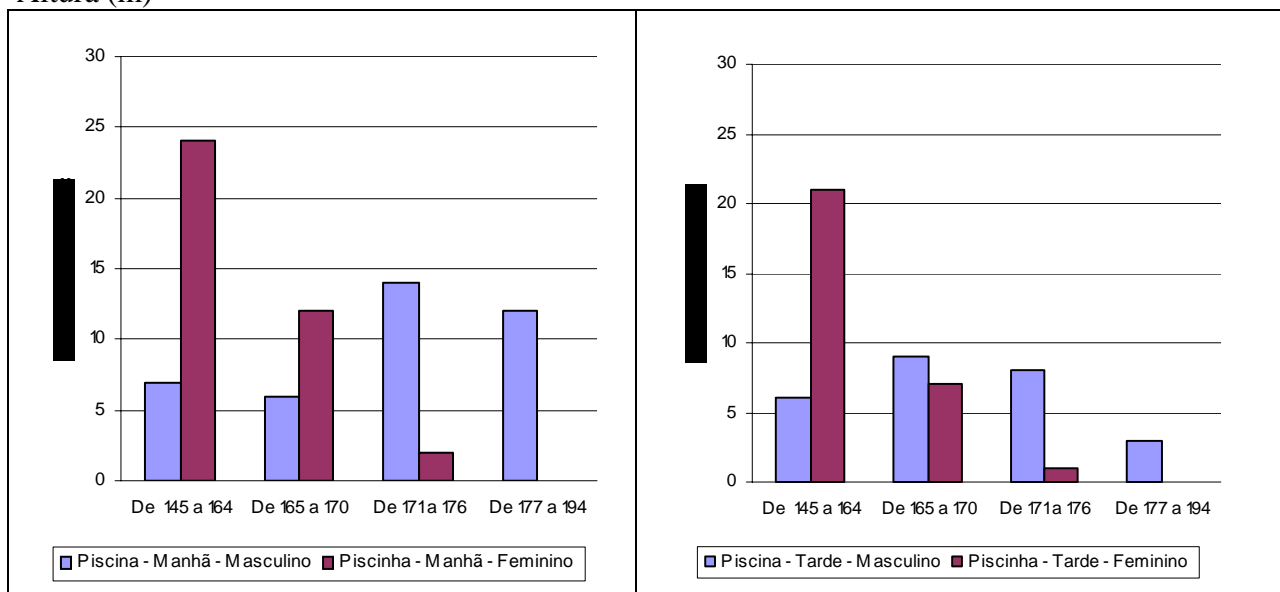


Massa (kg)

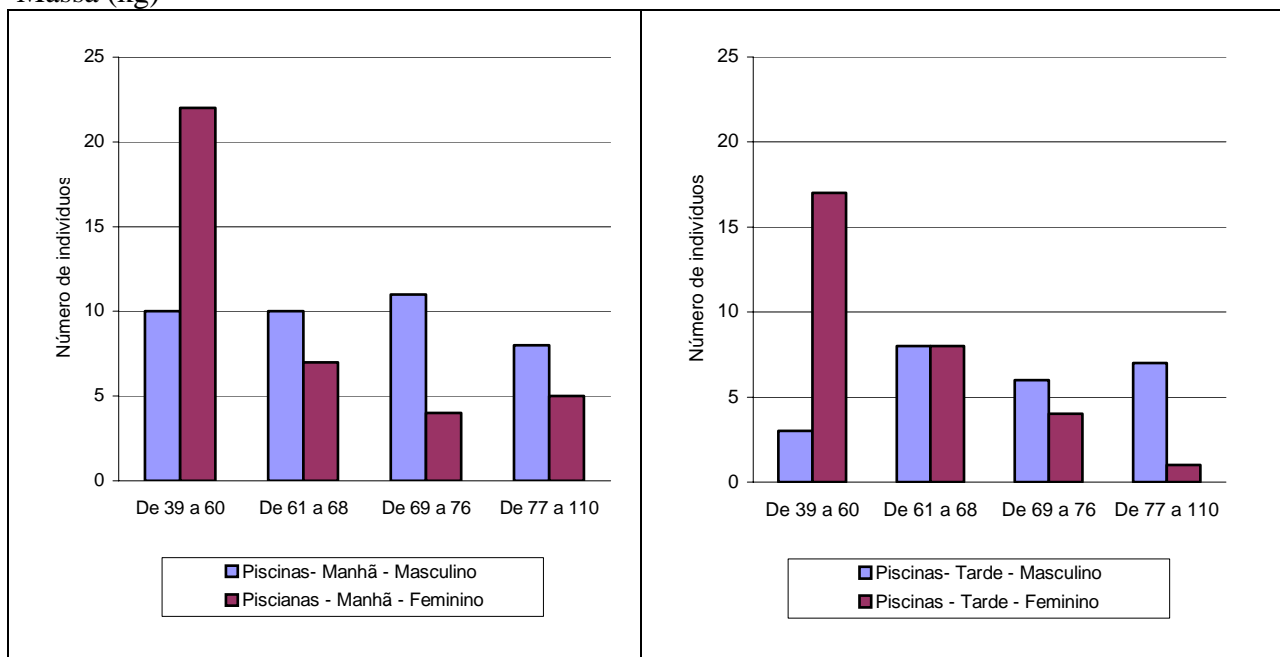


## SETOR S6 - PISCINAS

Altura (m)

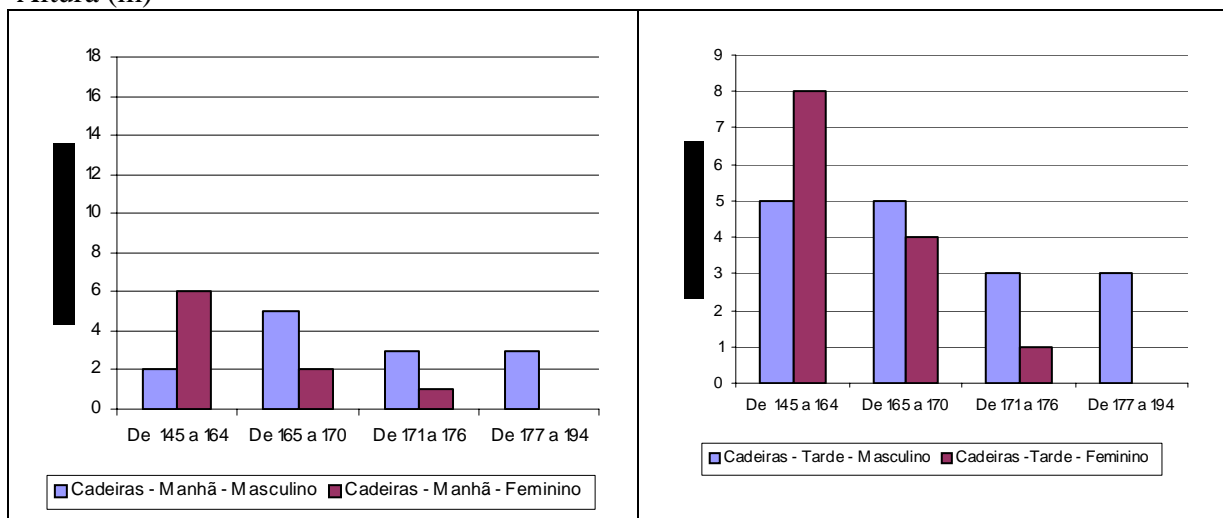


Massa (kg)

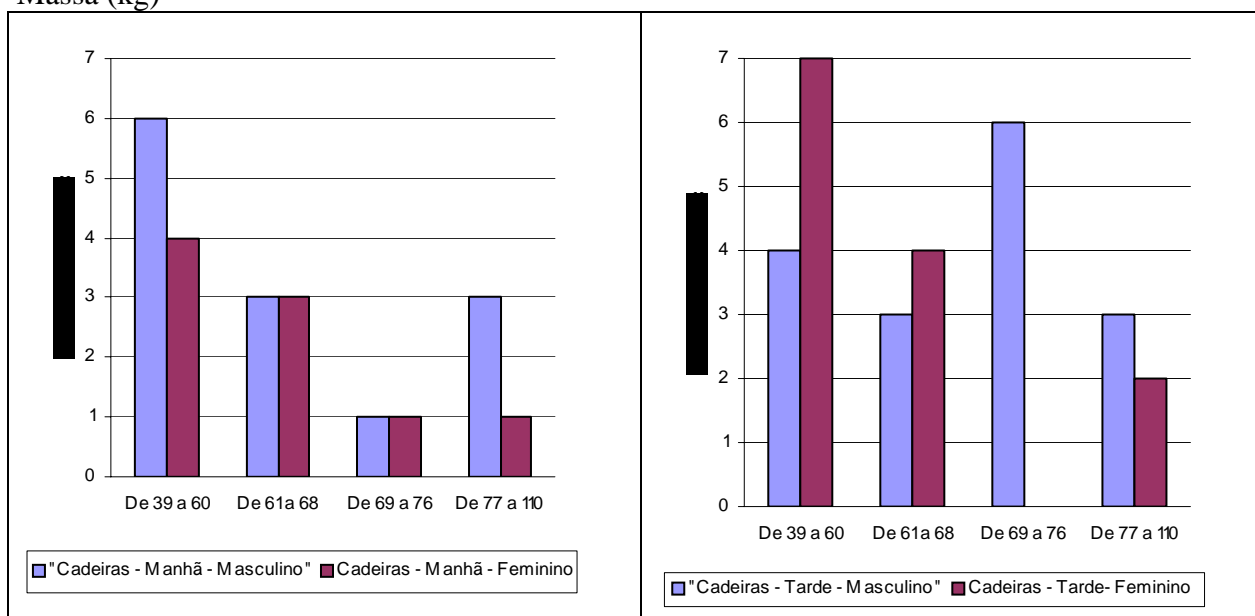


## SETOR S7 - CADEIRAS

### Altura (m)

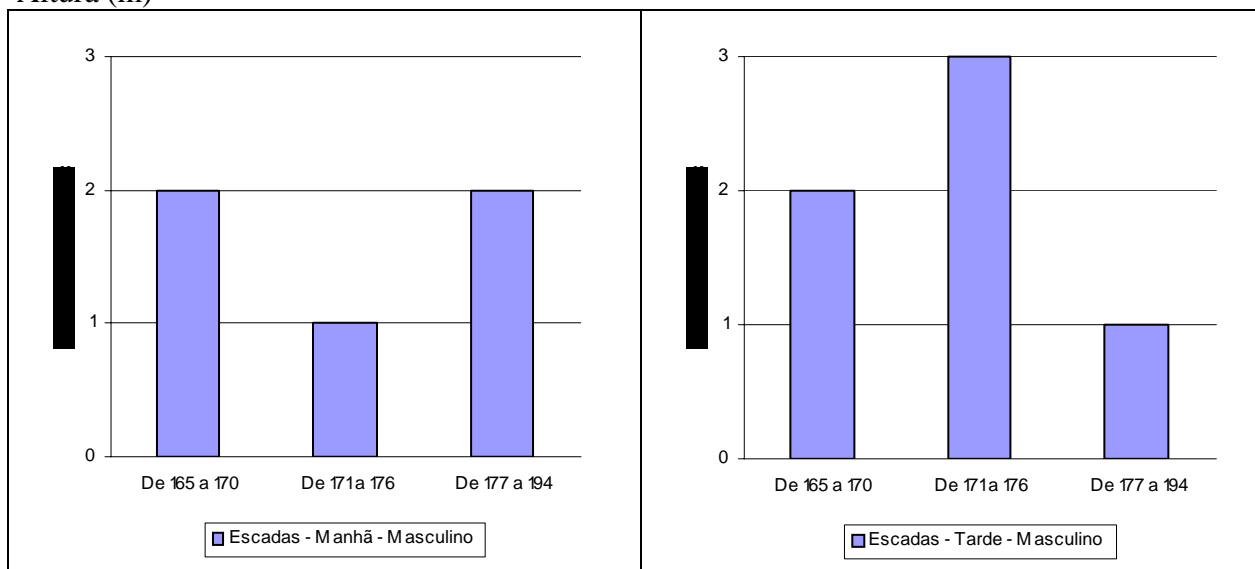


### Massa (kg)

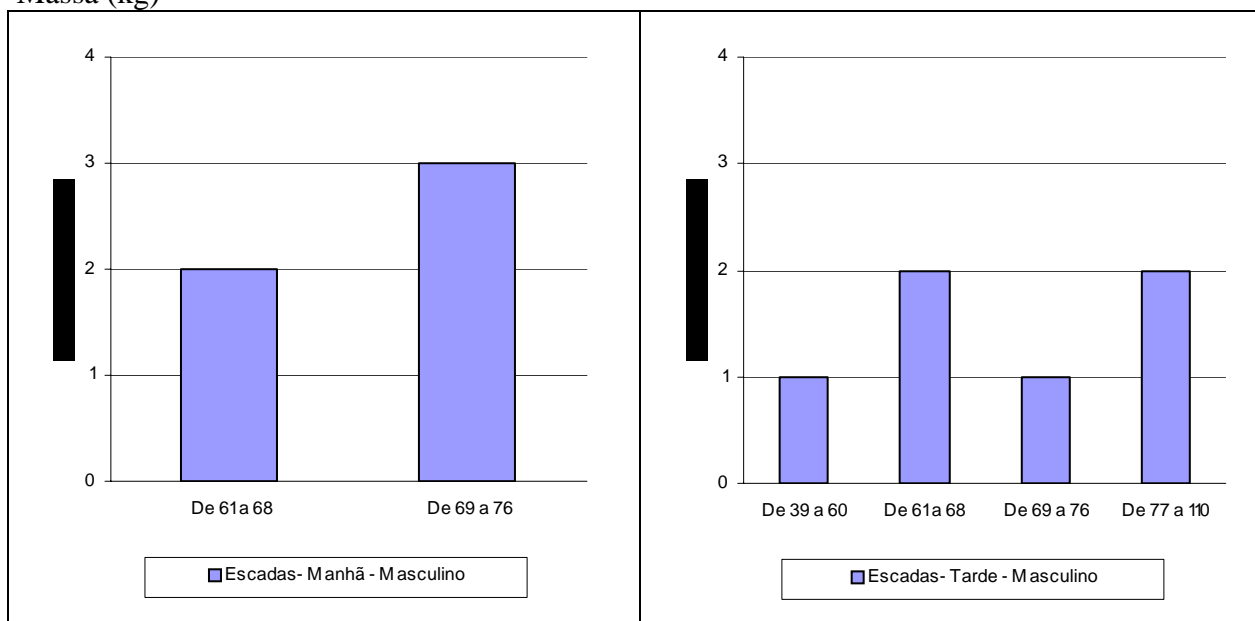


## SETOR S8 – TÁBUAS, ESCADAS e VARAIS

Altura (m)

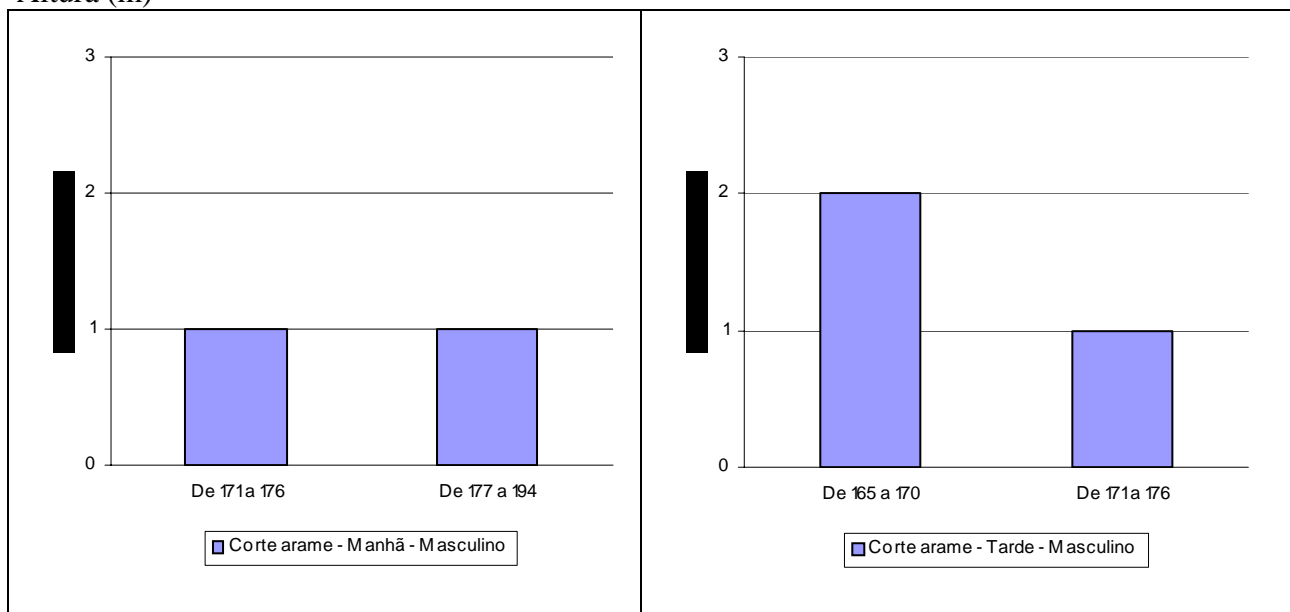


Massa (kg)

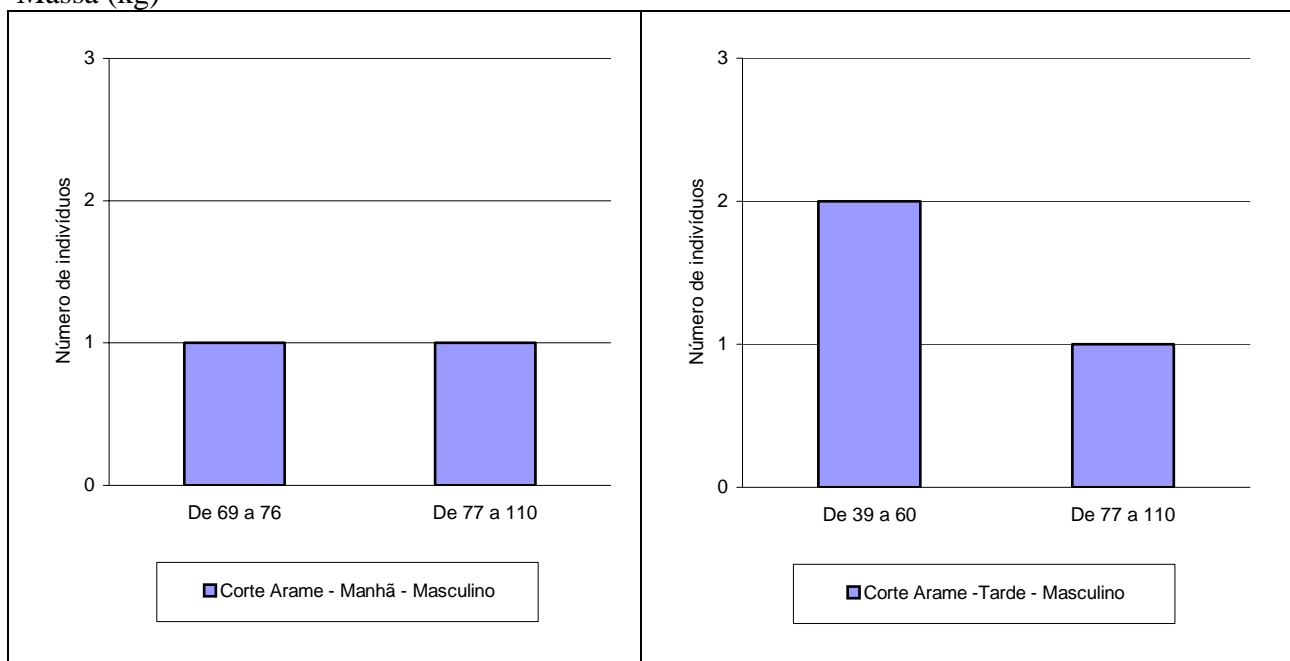


## SETOR S9 - CORTE E DOBRA DE ARAME

Altura (m)



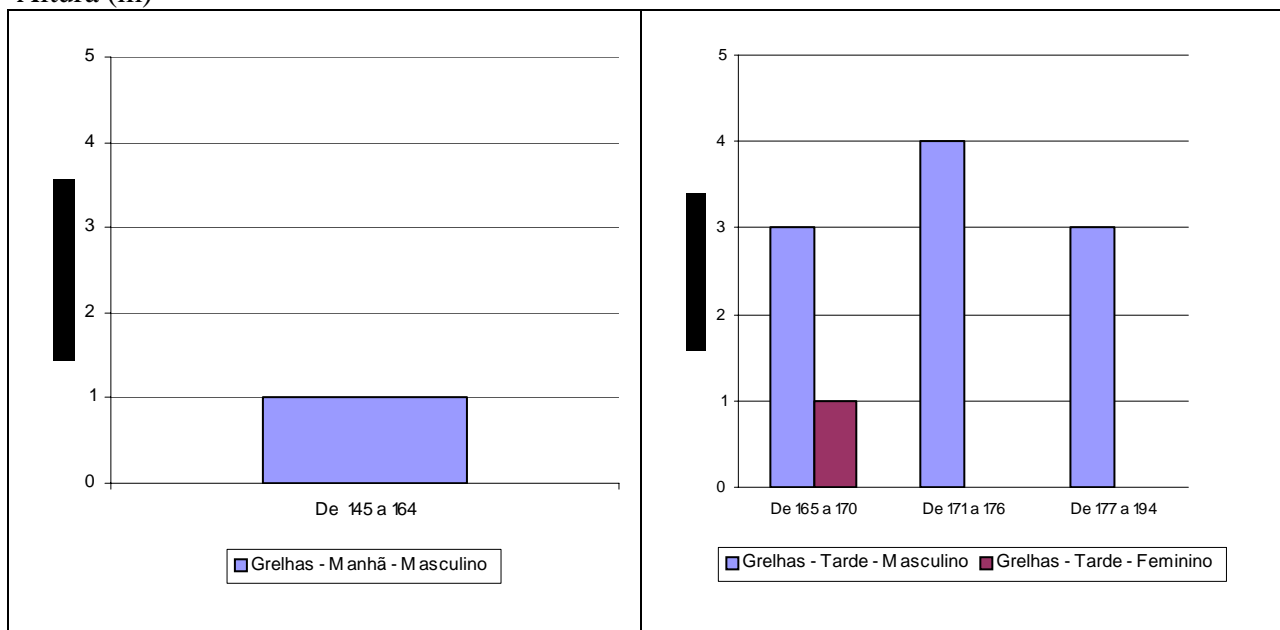
Massa (kg)



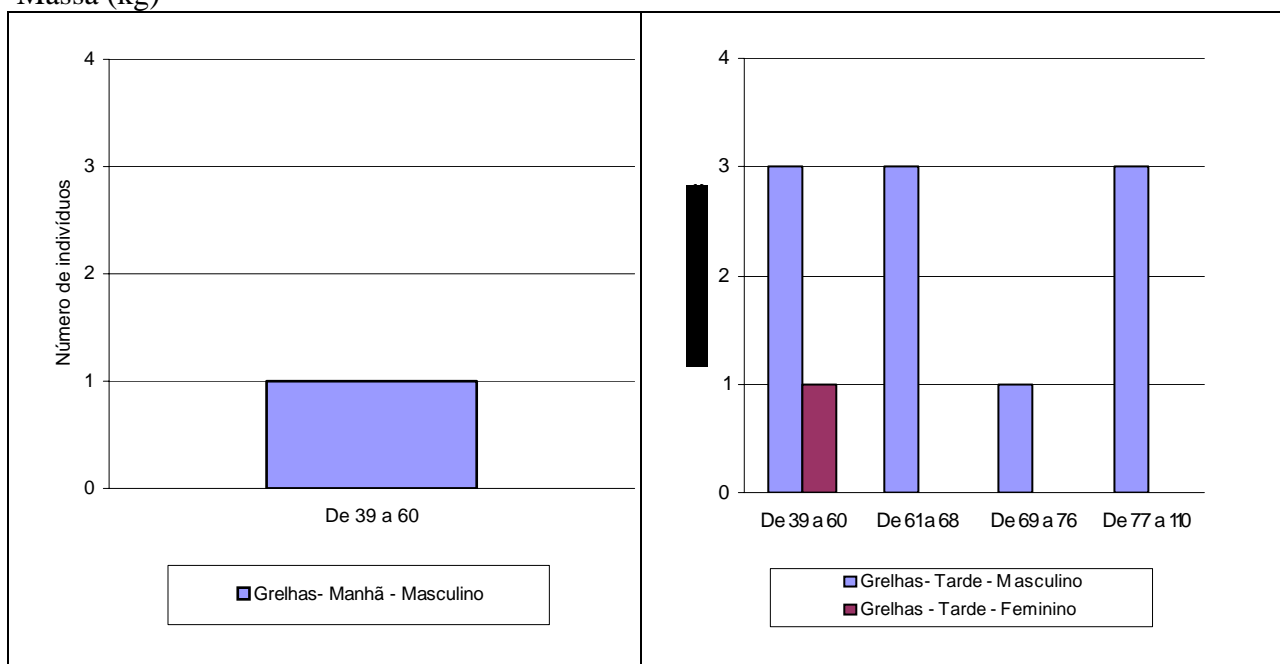


### SETOR S11 – ESPETOS e GRELHAS

Altura (m)

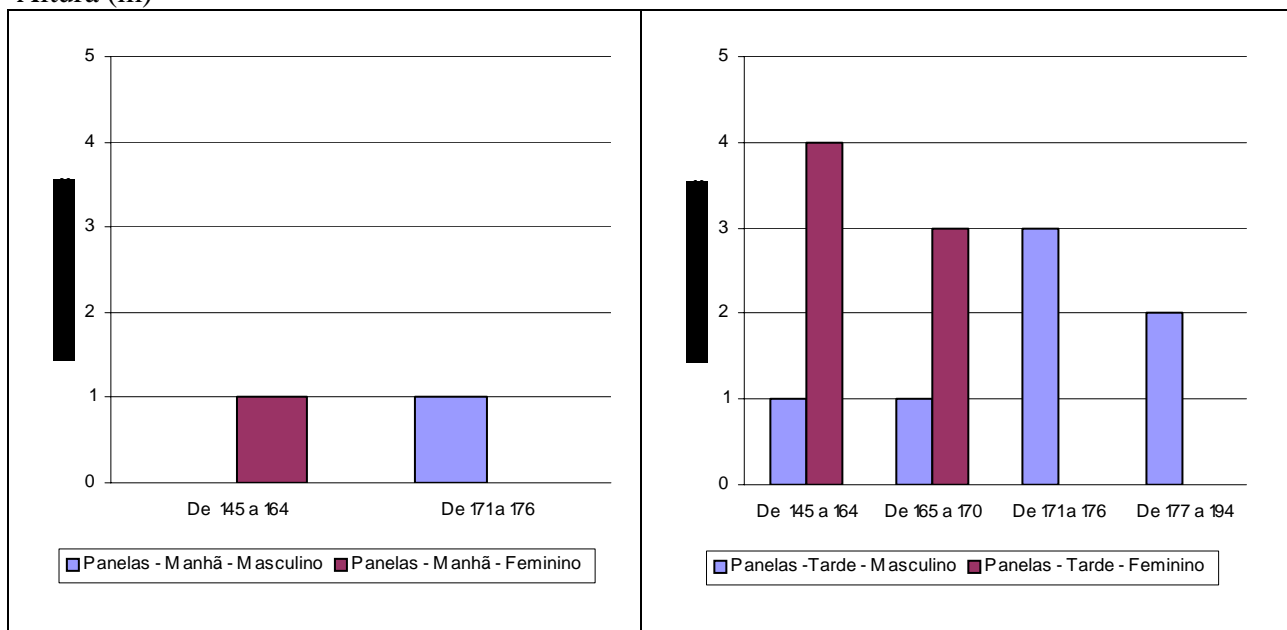


Massa (kg)

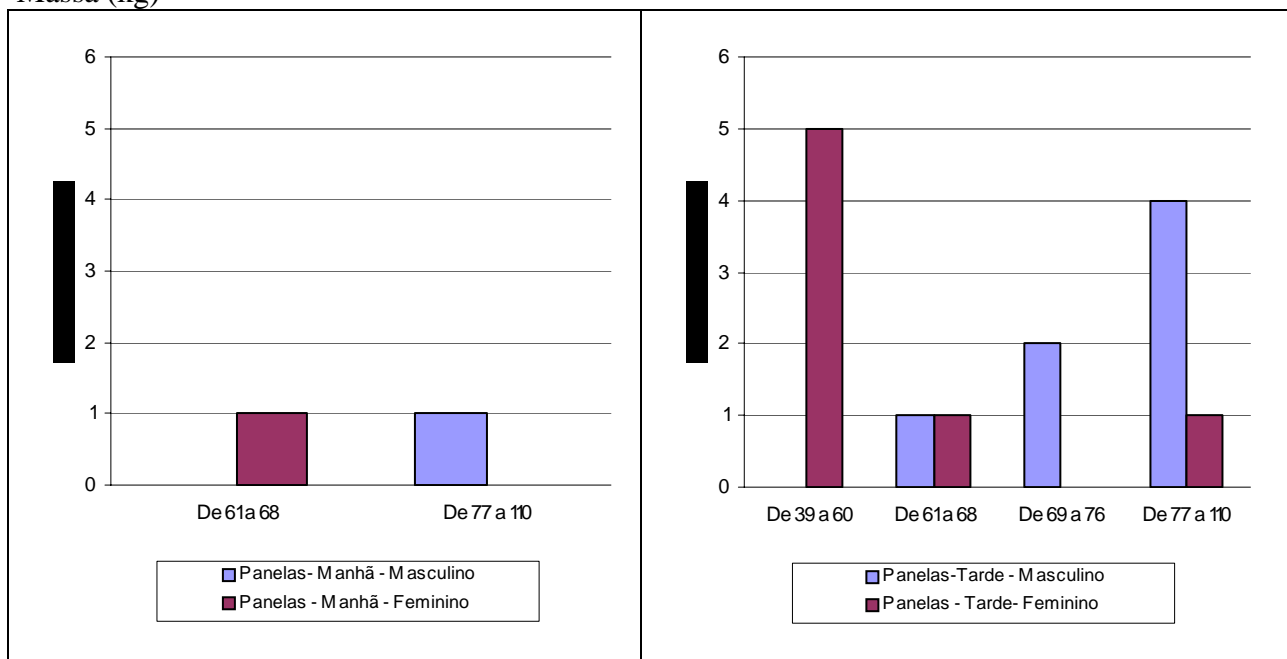


## SETOR S12 - PANELAS

Altura (m)

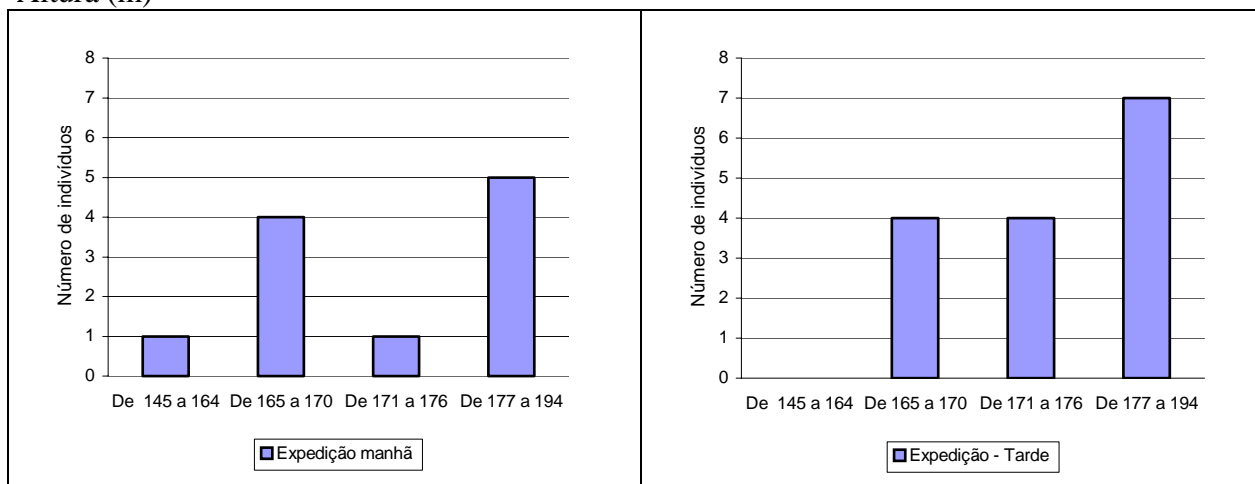


Massa (kg)

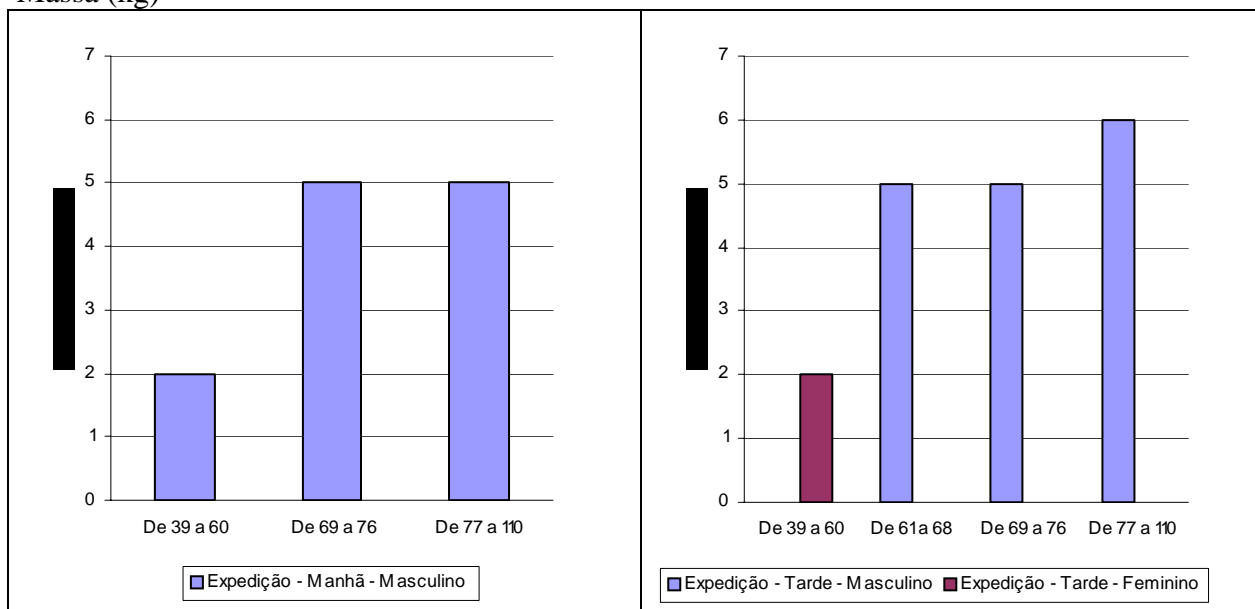


## SETOR S13 – ESTOQUES E EXPEDIÇÃO

Altura (m)

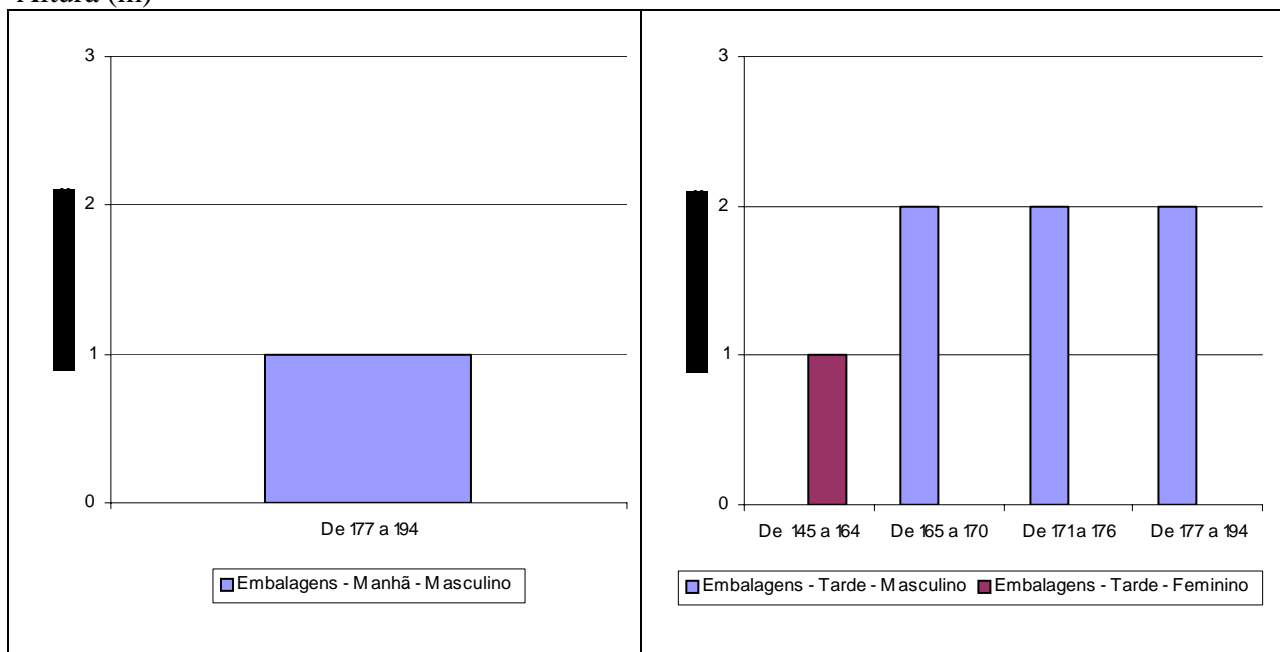


Massa (kg)

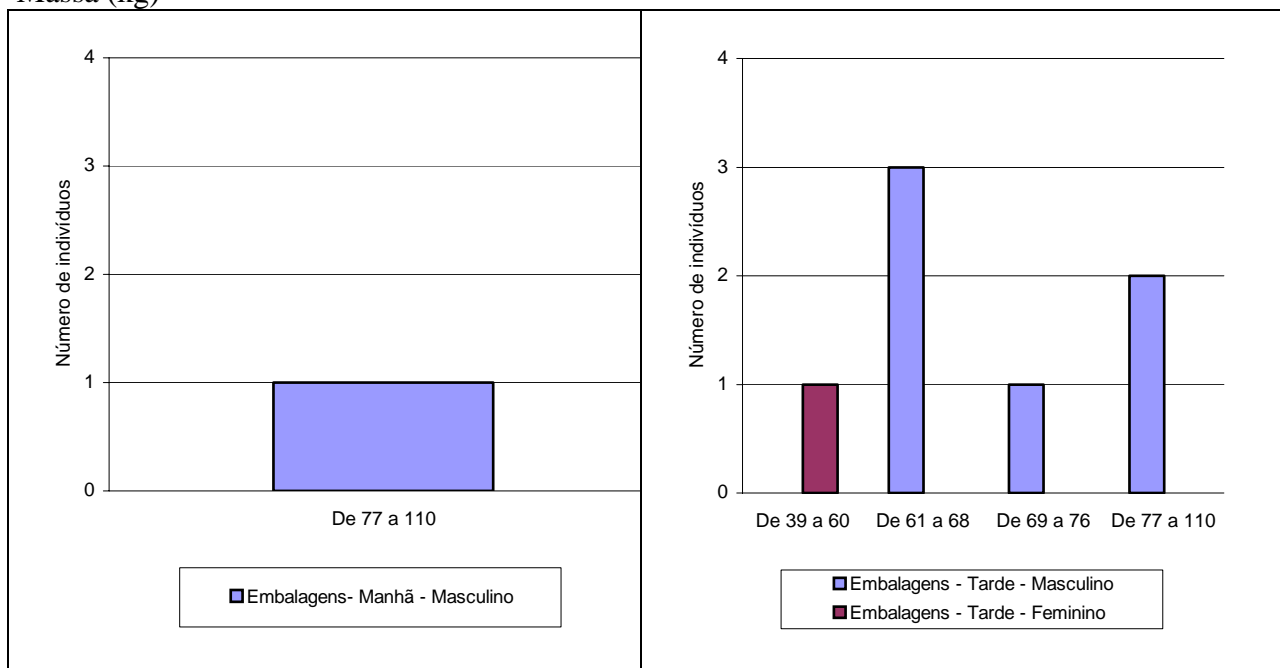


### SETOR S14 - EMBALAGENS PISCINAS

Altura (m)



Massa (kg)



## **ANEXOS**

**ANEXO A** – Modelo de Questionário

**ANEXO B** – Ábacos da temperatura efetiva

**ANEXO C** – Medidas da velocidade dos ventos

**ANEXO D** – Medida das variáveis ambientais

## ANEXO A – Modelo de Questionário

**Questionário de Sensação Térmica:**

Nome: \_\_\_\_\_ Empresa: \_\_\_\_\_ Setor \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ Local: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Sexo:  masc.  fem.

Roupa:  calça comprida  camiseta manga longa  jaqueta  avental  luva  
 bermuda  camiseta manga curta  guarda pó  sapato  meia

Atividade:  sentado  em pé  uma mão  duas mãos  corpo  
 um pé  dois pés  um braço  dois braços  sem atividade

1. Qual a sua sensação neste momento?

- muito quente
- quente
- morno
- levemente morno
- neutro
- levemente fresco
- fresco
- frio
- muito frio

2. Você acha este ambiente?

- confortável
- um pouco desconfortável
- desconfortável
- muito desconfortável
- extremamente desconfortável

3. Neste momento você prefere que este ambiente esteja:

- muito mais quente
- mais quente
- pouco mais quente
- nem mais quente nem mais frio
- pouco mais frio
- mais frio
- muito mais frio

4. Levando em conta apenas sua preferência pessoal você aceita ou rejeita as condições térmicas deste ambiente?

aceito  rejeito

5. Este ambiente, na sua opinião, em relação à temperatura é:

- perfeitamente tolerável
- um pouco difícil de tolerar
- difícil de tolerar
- muito difícil de tolerar
- intolerável

## ANEXO B – Ábacos da temperatura efetiva

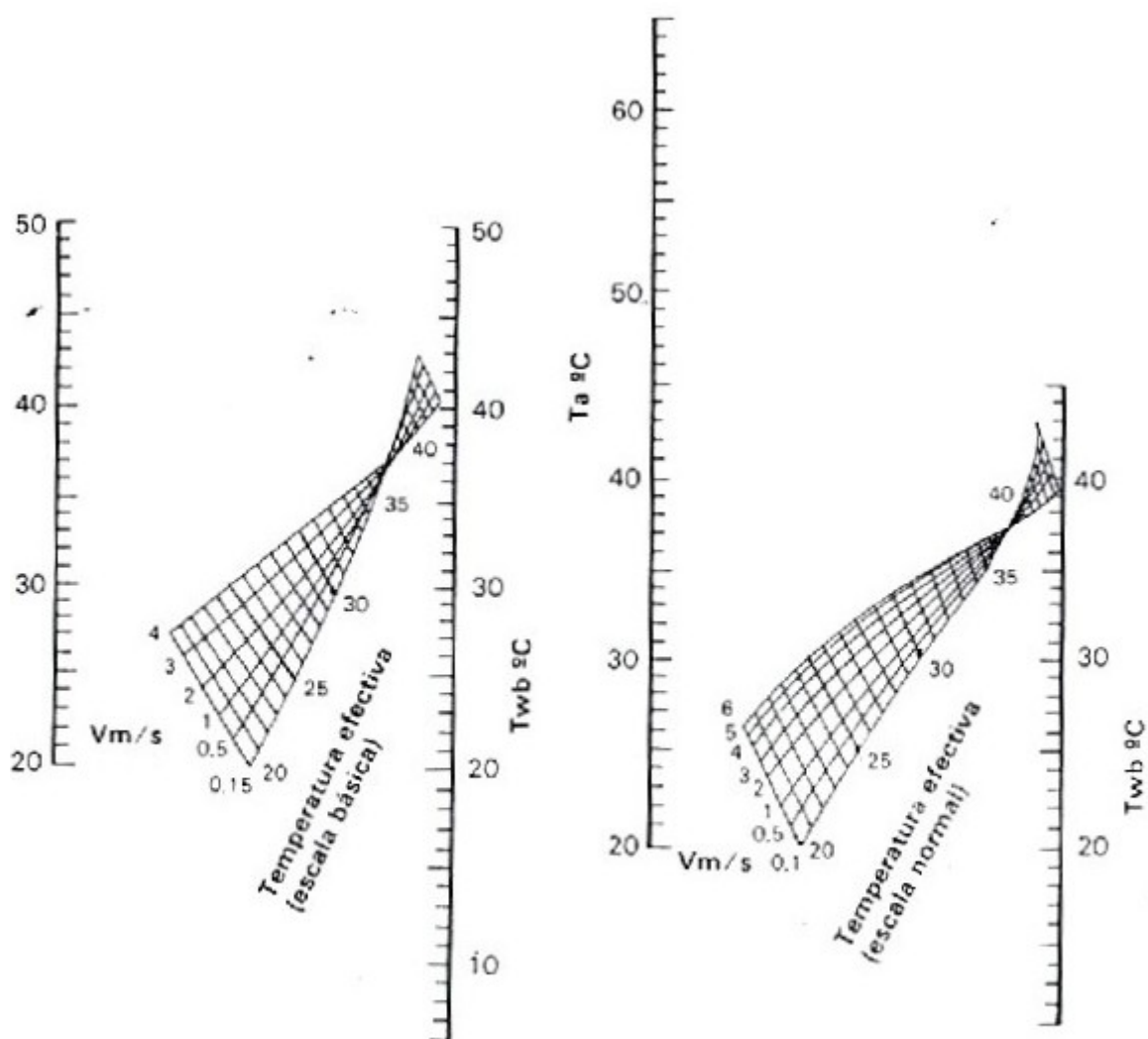


Figura 5.—Abacos de temperaturas efectivas ( $T_a$  = temperatura del aire;  $T_{wb}$  = temperatura húmeda;  $V$  = velocidad del aire). La escala normal es válida para los individuos vestidos normalmente; la escala basal es válida para los individuos con el torso desnudo (según KERSLAKE, 1972).

ANEXO C – Medidas da velocidade dos ventos

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
 FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - LABORATÓRIO DE AGROMETEOROLOGIA  
 Dados Mensais Anuais - Estação Meteorológica de Taquari - RS  
 Período: 1970 - 1990

Velocidade do Vento Média (1970 - 1990): m/s		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
		3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
Direção Predominante do Vento (1970 - 1990)		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1970	SE	SE	NW	SE	SE	C	C	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1971	SE	SE	C	SE	SE	C	C	C	C	C	SE	SE	SE
1972	SE	SE	SE	SE	SE	C	NW	C	E	E	SE	SE	E
1973	SE	C	SE	C	C	C	C	C	C	SE	SE	SE	E
1974	SE	E	SE	C	C	NW	C	C	SE	SE	E	E	E
1975	SE	SE	SE	SE	SE	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
1976	SE	SE	SE	SE	SE	SE	W	C	SE	SE	SE	SE	SE
1977	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	NW	SE	SE	SE	SE	SE
1978	SE	SE	SE	SE	SE	C	C	E	E	SE	SE	SE	SE
1979	E	E	E	SE	SE	W	C	C	C	C	SE	SE	SE
1980	SE	SE	SE	C	C	C	C	C	C	SE	SE	SE	SE
1981	SE	SE	SE	SE	SE	C	C	C	C	C	SE	SE	SE
1982	SE	SE	SE	SE	SE	C	C	C	SE	SE	SE	SE	SE
1983	SE	C	SE	SE	SE	C	C	SE	C	SE	SE	SE	SE
1984	C	C	C	SE	SE	C	SE	C	SE	SE	SE	SE	SE
1985	E	E	E	C	C	C	C	C	C	SE	SE	E	E
1986	E	E	E	C	C	C	C	C	SE	SE	SE	E	SE
1987	SE	C	C	C	C	C	C	C	SE	SE	SE	SE	SE
1988	SE	SE	SE	SE	SE	C	C	C	SE	SE	SE	SE	SE
1989	SE	SE	SE	E	C	C	C	C	C	SE	SE	SE	SE
1990	SE	SE	SE	SE	C	C	C	C	SE	SE	SE	SE	SE

C = Calmaria

Estação Meteorológica: **Taquari**  
 Região Climática: **Depressão Central**  
 Altitude: **109m**

Latitude: **30° 20' 27"**  
 Longitude: **54° 19' 01"**





## ANEXO D – Medida das variáveis ambientais

## QUESTEMP15 WBGT Area Heat Stress Monitor

Software Version Number: 1.7

Serial Number: KL7020058

Name: MOR - Santa Cruz do Sul - RS

Location:

Date: 18/12/2002

Start Time = 13:26:20

End Time = 16:41:43

Total Run Time: 0:34:30

Alarm Level Setting - Sensor Set #1 WBGT Out: 199,9 degrees C

Sample Rate: 30 Seconds

WBGT Custom: 0,00 Wet Bulb + 0,00 Globe + 0,00 Dry Bulb

Units in degrees C

## Sensor Set #1

	High Temp.	Time	Low Temp.	Time	Ave Temp.
Wet Bulb	21,8	15:05:00	17,8	15:45:00	20,3
Dry Bulb	32,9	14:32:00	28,1	15:45:00	30,9
Globe	34,8	14:33:00	28,7	15:45:00	32,3
WBGT Indoor	25,4	14:33:00	21,0	15:45:00	23,9
WBGT Outdoor	25,2	14:32:00	21,0	15:45:00	23,7
WBGT Custom	6.552,5	00:00:00	6.552,5	13:26:00	0,0

Start Session #1: 13:26:20

Comment/Notes: Ponto 1/2 Entre Injetoras 1 e 2 (Injetora 1 considerada a mais próxima da parede; injetora 2 operando, inj. 3 parada, inj 4 parada). IBUTG médio: 23,0 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
13:26:20	19,7	29,0	30,8	23,0	22,8	0,0	
13:26:50	19,6	29,0	30,8	22,9	22,7	0,0	
13:27:20	19,7	29,1	30,7	23,0	22,8	0,0	
13:27:50	19,8	29,4	30,8	23,0	22,9	0,0	
13:28:20	19,8	29,6	30,7	23,1	23,0	0,0	
13:28:50	19,7	29,6	30,7	23,0	22,9	0,0	
13:29:20	19,6	29,4	30,9	23,0	22,8	0,0	

Start Session #2:

Comment/Notes: Ponto 2: Churrasqueiras. IBUTG médio 23,1 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
13:40:03	19,7	29,1	31,0	23,1	22,9	0,0	
13:40:33	19,7	29,2	31,0	23,1	22,9	0,0	
13:41:03	19,7	29,2	31,0	23,1	22,9	0,0	
13:41:33	19,7	29,0	31,1	23,1	22,9	0,0	
13:42:03	19,7	29,0	31,1	23,1	22,9	0,0	

Start Session #3:

Comment/Notes: Ponto 3: Solda Ponto. IBUTG médio: 23,0 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
13:58:44	19,3	29,9	31,5	23,0	22,8	0,0	
13:59:14	19,3	30,1	31,5	23,0	22,8	0,0	
13:59:44	19,5	30,1	31,5	23,1	23,0	0,0	
14:00:14	19,4	30,1	31,5	23,0	22,9	0,0	
14:00:44	19,4	30,0	31,6	23,1	22,9	0,0	
14:01:14	19,3	29,8	31,7	23,0	22,8	0,0	
14:01:44	19,2	29,7	31,6	22,9	22,7	0,0	

**Start Session #4:**

Comment/Notes: Ponto 4: Corte Tubos. IBUTG médio: 23,4 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
14:13:42	19,8	29,8	31,6	23,3	23,2	0,0	
14:14:12	19,9	29,9	31,5	23,4	23,2	0,0	
14:14:42	19,9	29,8	31,6	23,4	23,2	0,0	

**Start Session #5:**

Comment/Notes: Ponto 5: Pintura. IBUTG médio: 25,3

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
14:32:04	21,2	32,8	34,4	25,2	25,0	0,0	
14:32:34	21,3	32,8	34,6	25,3	25,1	0,0	
14:33:04	21,4	32,8	34,7	25,4	25,2	0,0	
14:33:34	21,5	32,8	34,7	25,5	25,3	0,0	
14:34:04	21,4	32,9	34,7	25,4	25,2	0,0	
14:34:34	21,4	32,9	34,7	25,4	25,2	0,0	

**Start Session #6:**

Comment/Notes: Ponto 6: Centro setor Piscinas. IBUTG médio: 24,6 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
14:48:53	21,2	31,9	33,3	24,8	24,7	0,0	
14:49:23	20,9	31,9	33,0	24,5	24,4	0,0	
14:49:53	20,9	32,0	33,2	24,6	24,5	0,0	
14:50:23	20,9	32,0	33,2	24,6	24,5	0,0	
14:50:53	20,8	31,9	33,3	24,5	24,4	0,0	
14:51:23	20,8	31,9	33,3	24,5	24,4	0,0	

**Start Session #7:**

Comment/Notes: Ponto 7: Cadeiras. IBUTG médio: 25,3 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
15:03:16	21,6	31,9	33,8	25,3	25,1	0,0	
15:03:46	21,6	31,9	33,8	25,3	25,1	0,0	
15:04:16	21,6	31,9	33,8	25,3	25,1	0,0	
15:04:46	21,6	31,8	33,9	25,3	25,1	0,0	
15:05:16	21,6	31,9	33,8	25,3	25,1	0,0	
15:05:46	21,8	31,9	33,7	25,4	25,2	0,0	

**Start Session #8:**

Comment/Notes: Ponto 8: Tábuas, Escadas e Varais. IBUTG médio: 24,5 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
15:17:19	20,9	31,3	32,7	24,4	24,3	0,0	
15:17:49	20,9	31,5	32,6	24,4	24,3	0,0	
15:18:19	20,9	31,5	32,7	24,4	24,3	0,0	
15:18:49	20,9	31,5	32,7	24,4	24,3	0,0	
15:19:19	21,1	31,5	32,7	24,6	24,5	0,0	

**Start Session #9:**

Comment/Notes: Ponto 9: Solda Arame. IBUTG médio: 23,8 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
15:29:41	20,2	31,2	31,6	23,6	23,6	0,0	
15:30:11	20,4	31,2	31,7	23,8	23,7	0,0	
15:30:41	20,5	31,2	31,9	23,9	23,9	0,0	
15:31:11	20,5	31,3	31,8	23,9	23,8	0,0	

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
15:31:41	20,4	31,3	31,8	23,8	23,8	0,0	
15:32:11	20,3	31,0	31,9	23,8	23,7	0,0	
15:32:41	20,2	30,8	32,0	23,7	23,6	0,0	
15:33:11	20,2	31,0	31,9	23,7	23,6	0,0	

**Start Session #10:**

Comment/Notes: Ponto 10: Área externa, próximo a uma das entradas, na sombra. IBUTG médio: 21,1. Temp. média bulbo seco: 28,1 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
15:45:04	17,9	28,2	28,0	21,2	21,1	0,0	
15:45:34	17,8	28,1	28,8	21,1	21,0	0,0	

**Start Session #11:**

Comment/Notes: Ponto 11: Espetos e Grelhas. IBUTG médio: 23,8 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
15:57:07	20,1	31,5	32,6	23,9	23,7	0,0	
15:57:37	20,1	31,5	32,6	23,9	23,7	0,0	
15:58:07	20,1	31,5	32,6	23,9	23,7	0,0	
15:58:37	20,1	31,5	32,6	23,9	23,7	0,0	
15:59:07	20,0	31,4	32,6	23,8	23,7	0,0	
15:59:37	20,0	31,4	32,6	23,8	23,7	0,0	
16:00:07	20,1	31,5	32,6	23,9	23,7	0,0	

**Start Session #12:**

Comment/Notes: Ponto 12: Painéis (setor parado). IBUTG médio: 23,9 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
16:12:05	20,1	31,2	32,8	23,9	23,8	0,0	
16:12:35	20,1	31,2	32,8	23,9	23,8	0,0	
16:13:05	20,1	31,2	32,8	23,9	23,8	0,0	
16:13:35	20,1	31,2	32,7	23,9	23,7	0,0	

**Start Session #13:**

Comment/Notes: Ponto 13: Estocagem. IBUTG médio: 24,2 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
16:25:37	20,9	30,1	31,5	24,1	23,9	0,0	
16:26:07	21,1	30,0	31,5	24,2	24,1	0,0	
16:26:37	21,1	30,0	31,5	24,2	24,1	0,0	
16:27:07	21,1	29,8	31,6	24,3	24,1	0,0	

**Start Session #14:**

Comment/Notes: Ponto 14: Linha de Embalagem de Piscinas. IBUTG médio: 24,2 oC.

Time	Wet Bulb	Dry Bulb	Globe	WBGT Indoor	WBGT Outdoor	WBGT Custom	Alarm
16:38:12	20,6	31,7	32,8	24,3	24,1	0,0	
16:39:42	20,5	31,7	32,8	24,2	24,1	0,0	
16:40:12	20,4	31,7	32,9	24,1	24,0	0,0	
16:40:42	20,4	31,7	32,9	24,1	24,0	0,0	
16:41:12	20,5	31,8	33,0	24,3	24,1	0,0	