

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

LOUISI FRANCIS MOURA

**VERIFICAÇÃO DA EXISTÊNCIA DE IMPRECISÕES NOS VALORES
DO ÍNDICE DE ISOLAMENTO TÉRMICO DE VESTIMENTA DA
NORMA ISO 9920:2007**

DISSERTAÇÃO

**PONTA GROSSA
2012**

LOUISI FRANCIS MOURA

**VERIFICAÇÃO DA EXISTÊNCIA DE IMPRECIÇÕES NOS VALORES
DO ÍNDICE DE ISOLAMENTO TÉRMICO DE VESTIMENTA DA
NORMA ISO 9920:2007**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Augusto de Paula Xavier.

PONTA GROSSA

2012

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa
n.14/12

M929 Moura, Louisi Francis

Verificação da existência de imprecisões nos valores do índice de isolamento térmico de vestimenta da norma ISO 9920:2007 / Louisi Francis Moura. -- Ponta Grossa, 2012.

110 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Augusto de Paula Xavier

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

1. Conforto térmico. 2. Voto médio estimado. 3. Vestimentas - Isolamento térmico. I. Xavier, Antônio Augusto de Paula. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. III. Título.

CDD 670.42



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



FOLHA DE APROVAÇÃO

Título de Dissertação Nº 198/2012

**VERIFICAÇÃO DA EXISTÊNCIA DE IMPRECIÇÕES NOS VALORES DO ÍNDICE DE
ISOLAMENTO TÉRMICO DE VESTIMENTA DA NORMA ISO 9920:2007**

por

Louisi Francis Moura

Esta dissertação foi apresentada às **14 horas** de **02 de março de 2012** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, com área de concentração em Gestão Industrial, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli (UNESP)

Prof. Dr. Guataçara dos Santos Junior
(UTFPR)

Prof. Dr. Sani de Carvalho Rutz da Silva
(UTFPR)

Prof. Dr. Antonio Augusto de Paula
Xavier (UTFPR) - Orientador

Visto do Coordenador:

João Luiz Kovaleski (UTFPR)
Coordenador do PPGE

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar a oportunidade de realizar esse mestrado, força para resistir as dificuldades e a vontade de sempre aperfeiçoar meus talentos.

O meu “muito obrigado” ao professor Dr. Antônio Augusto de Paula Xavier por acreditar no meu potencial e selecionar meu projeto em meio a tantos outros; por ser atencioso, mesmo com a correria do dia a dia, como professor, orientador, colega e amigo.

Agradeço aos professores da banca pelas contribuições para o desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço também à UTFPR, campus Ponta Grossa, professores e técnicos, por me acolherem como aluna e professora nesses anos.

Agradeço a minha família, pai, mãe, irmã, pelo apoio e incentivo. Obrigada por vibrarem comigo cada conquista. Expresso aqui meu reconhecimento aos meus pais por investirem todos esses anos na minha carreira e no meu desenvolvimento pessoal.

Com muito carinho, agradeço ao Ronan, meu marido, por estar sempre ao meu lado, inclusive nos estudos, pois nunca me prejudicou tampouco atrapalhou. Pelo contrário, me apoiou, me incentivou e me ajudou. Obrigada por lutar junto comigo e não medir esforços para isso. Obrigada por considerar mais essa conquista como nossa conquista. *Obrigada, querido.*

RESUMO

MOURA, Louisi Francis. **Verificação da existência de imprecisões nos valores do índice de isolamento térmico de vestimenta da norma ISO 9920:2007**. 2012. 110 folhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

O vestuário é um dos itens considerados como equipamento de proteção individual para ambientes de trabalho. Entre vários aspectos, a roupa se caracteriza como isolante térmico interferindo, assim, na troca térmica do ser humano, entre o corpo e o ambiente. O corpo revestido pela vestimenta pode garantir que não haja troca térmica quando a necessidade é evitar a troca de calor com o ambiente. Porém, quando há essa necessidade, a vestimenta inadequada prejudica o balanço térmico. A Norma Internacional ISO 9920:2007 identifica os valores de isolamento térmico e resistência do vapor d'água das vestimentas. Esses valores, baseados em pesquisas em manequim estático e em condições padronizadas, são utilizados como Índice de Isolamento Térmico de Vestimentas como uma das variáveis que interferem no conforto térmico. Porém algumas pesquisas apontam que pode haver imprecisões nos valores tabelados pela ISO 9920, considerando que esta seja uma variável subjetiva podendo apresentar variabilidade muito maior nos padrões de ocupantes em situações reais comparando-as com as roupas padronizadas utilizadas em laboratórios, as quais têm a média de valores utilizada no cálculo do Voto Médio Estimado. Nesse contexto, essa pesquisa objetivou verificar a existência de imprecisões nos valores tabelados pela ISO 9920 do Índice de Isolamento Térmico da Vestimenta através de duas metodologias estatísticas propostas utilizando como banco de dados uma pesquisa de campo em ambiente industrial do setor metal-mecânico. Conclui-se que para esse ramo de atividade o modelo de conforto térmico apresentou-se eficiente. Entretanto, a variação do conjunto de vestimentas foi baixa, não sendo suficiente para gerar questionamentos quanto aos valores tabelados. Conclui-se também que as imprecisões significativas nos valores de Isolamento Térmico de Vestimenta e, discrepâncias entre o Voto Médio Estimado e as Sensações Térmicas Reais podem ser derivadas da não caracterização correta da roupa. Por isso, a complexidade do conjunto de vestimenta é fator relevante para o conforto térmico.

Palavras-chave: Conforto Térmico. Voto Médio Estimado. Isolamento Térmico de Vestimenta.

ABSTRACT

MOURA, Louisi Francis. **Checking for inaccuracies in the index values of clothing thermal insulation of the standard ISO 9920:2007**. 2012. 110 pages. Dissertation (Master's Degree in Production Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2012.

Clothing is one of those items considered as personal protective equipment for working environments. Among different features, clothing is characterized as thermal insulator interfering, therefore, in the thermal exchange between body and environment. The human body with the clothes on can assure it does not allow thermal exchange when it is necessary to avoid the heat exchange with the environment. However, when this exchange is needed, the inadequate clothing affects the thermal balance. The International Standard ISO 9920 identifies the set of garments with an adequate thermal insulation, considering the insulation itself and the water vapor resistance. The values established in the International Standard, based on researches on static mannequin and on standardized conditions, are used as index for Thermal Insulation of Clothing as one of the variables that affect the thermal comfort. Nevertheless, some studies point out that there may be inaccuracies in the values tabulated by ISO 9920, whereas this is a subjective variable and may have greater variability for the user patterns in real situations compared with the standardized clothes used in laboratories, which have the average values used calculated by the Predicted Mean Vote. In this context, this study had the objective of verifying the existence of inaccuracies in the values tabulated by ISO 9920 of the index of Thermal Insulation of Clothing through two statistical methodologies proposed, using as database a field research in an industrial environment of the metal-mechanic sector. It was concluded that the significant inaccuracies in the values of the clothing thermal insulation and the discrepancies between the Predicted Mean Vote and real thermal sensations can be derived from a lack of characterization of the clothes. Therefore, the garment complexity set is a relevant factor for the thermal comfort.

Key Words: Thermal Comfort. Predicted Mean Vote. Clothing Thermal Insulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Escala de 7 pontos.....	24
Figura 2: Manequim térmico usado para determinar o isolamento.....	31
Figura 3: Modelo do “micro-ambiente”	35
Figura 4: Fios de trama, urdume e ourela	40
Figura 5: Exemplos de entrelaçamento dos fios têxteis	42
Figura 6: Tipos de sarja para brim.....	42
Figura 7: Gráfico dos valores médios de sensação térmica relatada e PMV por hora de medição.....	45
Figura 8 - Confortímetro Sensus®	59
Figura 9: Análise de Regressão Linear entre Sensação e PMV 1.....	62
Figura 10: Dados da Análise de Regressão Múltipla.....	63
Figura 11: Dados de regressão entre S e PMV com I_{cl} incremento.....	65
Figura 12: Modelos variados de camiseta tradicional.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Recomendação de valores para uso do índice PMV.....	30
Tabela 2: Especificações técnicas	41
Tabela 3: Comparativo da Análise de Regressão dos índices de PMV calculados...	65
Tabela 4: Valores de Isolamento Térmico da peça de roupa	71

LISTA DE SIGLAS

ASHRAE	- <i>American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i>
NR	- Norma Regulamentadora
PMV	- <i>Predicted Mean Vote</i>
PPD	- <i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

A_{Du}	- Área da superfície corporal de DuBois [m ²]
C	- perda de calor sensível por convecção pela pele (W/m ²)
Clo	- índice de isolamento térmico expresso em valor de clo (<i>clothing</i>)
CO	- algodão
C_{res}	- perda de calor sensível por convecção pela respiração (W/m ²)
EPI	- Equipamento de Proteção Individual
E_{res}	- perda de calor latente por evaporação através da respiração (W/m ²)
E_{sk}	- perda de calor latente por difusão de suor pela pele (W/m ²)
f_{cl}	- Razão entre a área superficial do corpo vestido, pela área do corpo nu
h_c	- Coeficiente de transferência de calor por convecção, em W/m ² .°C
I_{cl}	- Resistência térmica das roupas, em m ² .°C/W
I_T	- Isolamento térmico total
L	- Carga térmica atuante sobre o corpo, (W/m ²)
M	- Taxa metabólica, (W/m ²)
Oz	- unidade de medida de onça
Pa	- Pressão parcial do vapor de água (kPa)
PES	- Poliéster

- Q_{res} - Perda total de calor através da respiração (W/m^2)
- Q_{sk} - Perda total de calor através da pele (W/m^2)
- R - Perda sensível de calor por radiação pela pele (W/m^2)
- R^2 - Coeficiente de determinação (Análise Estatística de Regressão)
- S - Sensação térmica real
- t_{ar} - Temperatura do ar, em $^{\circ}C$
- t_{cl} - Temperatura da superfície externa da roupa, em $^{\circ}C$
- t_{cl} - Temperatura superficial das roupas, em Clo
- t_r - Temperatura radiante média, em $^{\circ}C$
- t_{skm} - Temperatura média da pele, em $^{\circ}C$
- v_{ar} - Velocidade relativa do ar, em m/s
- W - Eficiência mecânica (W/m^2)
- $^{\circ}C$ - Graus Celsius

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivo Geral.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 O HOMEM ENQUANTO SER HOMOTÉRMICO	19
2.2 VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS EM CONFORTO TÉRMICO.....	21
2.3 MECANISMOS DE TROCA DE CALOR.....	22
2.4 MODELO DE FANGER.....	23
2.5 VOTO MÉDIO ESTIMADO	24
2.5.1 Interpretação do Voto Médio Estimado.....	26
2.6 A TERMORREGULAÇÃO HUMANA ATRAVÉS DAS VESTIMENTAS.....	32
2.6.1 Dificuldades para o conforto térmico.....	37
2.6.2 Fibras têxteis.....	39
2.7 NORMAS QUANTO AO ISOLAMENTO TÉRMICO DE VESTIMENTAS.....	43
2.7.1 Imprecisões no modelo do PMV	44
2.8 NORMAS REGULAMENTADORAS QUANTO ÀS VESTIMENTAS	47
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	57
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	57
3.2 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	58
3.2.1 Coleta de dados.....	58
3.2.2 Instrumento de coleta de dados.....	59
3.2.3 Tratamento dos dados	60
3.2.3.1 Metodologia 1.....	60
3.2.3.2 Metodologia 2.....	61
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.1 RESULTADOS.....	62
4.1.1 Metodologia 1	64
4.1.2 Metodologia 2	64
4.2 DISCUSSÃO.....	66
5 CONCLUSÃO.....	75
5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	77
APÊNDICE A - Questionário de Percepção e Preferência Térmica	83
APÊNDICE B - Dados das 67 medições da pesquisa de campo.....	85
APÊNDICE C - Dados de cálculo I_{cl} calculado	89

APÊNDICE D - Cálculo do PMV com I_{cl} predito.....	93
APÊNDICE E - Cálculo do PMV com I_{cl} predito.....	96
ANEXO A - Denominação e descrição das fibras têxteis e dos filamentos têxteis .	100
ANEXO B - Características das fibras têxteis.....	105
ANEXO C - Table A.1: Insulation values of typical clothing ensembles.....	109

1 INTRODUÇÃO

O uso do Equipamento de Proteção Individual (EPI) é regulamentado na Legislação Brasileira através das NR's (Normas Regulamentadoras). Entre vários itens considerados como EPI's encontra-se a roupa como proteção “contra riscos de origem térmica, mecânica, química, radioativa e meteorológica e umidade proveniente de operações com uso de água” (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2001, p. 5).

Em seus vários aspectos, a roupa se caracteriza como isolante térmico. Nesse sentido, ela interfere na troca térmica do organismo, entre o corpo e o ambiente. Essa característica a coloca como uma das seis variáveis que interferem no conforto térmico, a saber: velocidade do ar, temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa (variáveis ambientais), taxa metabólica e isolamento térmico da vestimenta (variáveis pessoais).

A equação do conforto térmico descreve uma combinação das variáveis de entrada (ambientais e pessoais), que resulta na sensação térmica neutra e prevê condições em que os indivíduos sintam-se termicamente neutros (CHARLES, 2003). Para a determinação do Voto Médio Estimado (PMV) e da Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD), também chamado de modelo PMV/PPD, é preciso o conhecimento dessas variáveis, ambientais e pessoais.

Entretanto, alguns autores questionam a eficiência deste modelo, pois seus cálculos parecem mais eficientes em laboratório, considerando atividade sedentária e roupas leves, do que em situações reais de trabalho (CHARLES, 2003); (OLESEN; PARSONS, 2002). Pode haver diferenças nas pesquisas em ambientes de laboratório climatizados e pesquisas de campo, pois diferenças de contexto social, expectativas e motivações podem afetar as respostas individuais quanto ao ambiente.

A vestimenta é um fator responsável pela alteração do conforto térmico (NICOL; HUMPHREYS, 2010). Se os ocupantes de um edifício, por exemplo, forem autorizados a se adaptar ao ambiente mediante a adaptação do vestuário eles poderiam tolerar condições ambientais fora das condições recomendadas no estado estacionário e, portanto, dos padrões de conforto térmico atuais (CARTNEY; NICOL, 2002). Imprecisões nos valores de Isolamento térmico de vestimenta constante nas

tabelas da Norma ISO 9920:2007 (*International Organization for Standardization*), quanto ao isolamento térmico e resistência do vapor d'água de vestimentas, passam a ser consideradas por alguns autores como Vanos et al (2010), Grandi (2006), Charles (2003) e, Oseland e Humphreys (1994). A baixa correlação entre a sensação térmica real e os índices de PMV em alguns casos pode ser atribuída às imprecisões das variáveis pessoais (taxa metabólica e isolamento térmico de vestimenta) (GRANDI, 2006). Quanto aos valores disponibilizados como índice de isolamento térmico das roupas “a ASHRAE, através de estudos realizados por McCullough e Jones, estima que a precisão do valor varie em torno de 25%” (XAVIER, 2000, p. 58).

Nesse contexto, esse trabalho objetivou realizar a verificação de existência de imprecisões nos valores do índice de Isolamento Térmico de Vestimenta da Norma ISO 9920:2007.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Tendo em vista a contextualização apresentada no tópico anterior, esse trabalho apresenta o seguinte problema de pesquisa: em que nível o Índice de Isolamento Térmico de Vestimenta constante nas tabelas da ISO 9920:2007 representa imprecisão no modelo do PMV/PPD?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar a existência de imprecisões nos valores do índice de Isolamento Térmico de Vestimenta da Norma ISO 9920:2007.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Obter as sensações reais e as sensações previstas através do modelo PMV/PPD, de trabalhadores em pesquisa de campo;
- Determinar o índice de Isolamento Térmico de Vestimenta (I_{cl} calculado) considerando o valor da Sensação térmica real dos trabalhadores;
- Comparar os valores tabelados do índice de Isolamento Térmico da vestimenta da Norma ISO 9920:2007 com os valores obtidos considerando a Sensação;
- Apontar possíveis causas na discrepância entre a Sensação e PMV que sejam relativos ao índice de Isolamento Térmico de Vestimenta para o modelo PMV/PPD.

1.3 JUSTIFICATIVA

A importância desse trabalho justifica-se pela representatividade da pesquisa no campo da Ergonomia e da Engenharia de Produção em reconhecer as limitações e características fisiológicas do ser humano e identificar aspectos que aliem saúde e segurança do trabalhador e a produtividade.

O avanço tecnológico tem proporcionado melhorias nos tecidos e modelagens das roupas, o que é positivo na tentativa em oferecer, entre outros aspectos, conforto térmico às pessoas.

Entretanto, identificar índices de conforto térmico a um grande número de pessoas é bastante complexo e caro. Em geral, utiliza-se experimentos em laboratórios destinados para a identificação das propriedades isolantes das vestimentas. Para a maioria dos estudos os custos não compensam medir diretamente o isolamento das roupas e, por isso, os pesquisadores geralmente utilizam uma estimativa de valores, fazendo uso de tabelas desenvolvidas a partir de estudos de isolamento térmico de vestimentas disponíveis em Normas como a ISO 9920:2007 (CHARLES, 2003).

A ISO 9920:2007 traz índices de isolamento térmico de vestimenta que podem auxiliar na identificação de conjunto de roupas. Porém, esses dados são simplistas, pois sua abrangência é restrita: materiais diferenciados, cores, variáveis ambientais diferentes e outros detalhes não são considerados. Isso pode levar a imprecisão no cálculo do modelo PMV/PPD.

Os estudos e informações quanto ao correto conjunto de vestimentas ao trabalhador em diferentes ambientes e sob variadas atividades ainda é limitado. Especificamente quanto a Legislação Brasileira, as NR's tratam da roupa como um EPI, mas não detalham quais materiais e os níveis de necessidade para cada tipo de risco que o trabalhador esteja exposto. Quanto ao conforto térmico e as vestimentas de trabalho, a Legislação precisa ser aprimorada, mas depende, dentre outros fatores, de estudos e desenvolvimento tecnológico voltado às roupas de proteção aos trabalhadores.

No passado, a roupa característica de climas frios era projetada de acordo com o efeito isolante do material, que, em alguns casos, levou a roupas muito volumosas, sem ser confortável no uso. Hoje, a tendência é a busca em oferecer roupas modernas com o uso combinado de materiais para permitir a renovação do ar que fica entre a pele e o tecido (BERGER; SARI, 2000).

Além disso, a subjetividade das pessoas afeta na preferência do conforto térmico e no uso de vestimentas. Dear e Brager (2002) explicam que além da influência das estações do ano, as mulheres apresentam maior variação no conjunto de roupas que os homens.

A complexidade dos materiais, cores, modelagens e outras variáveis das roupas caracteriza a importância desse trabalho na tentativa de identificar se o Índice de Isolamento Térmico de Vestimenta constante nas tabelas da ISO 9920 representa imprecisão no modelo do PMV/PPD.

Percebe-se também a importância de estudos voltados para a vestimenta haja vista a amplitude do mercado de confecção no Brasil. A matéria publicada pela ABIT (Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção) expôs a necessidade de investir em qualificação profissional no Brasil quanto ao estímulo de um design para roupa tanto de moda quanto de uniforme profissional, desenvolvendo uma política de desenvolvimento de produtos. Em 2010, a produção brasileira estava em 75% no território nacional, sendo 65% nas regiões sul e sudeste. Além disso, o Brasil destaca-se como um dos poucos países que agrega

toda a cadeia produtiva, ou seja, desde a produção do fio têxtil até o produto final (ABIT, 2010).

Segundo a ABRAFRAS (Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas) o setor têxtil brasileiro “é responsável por uma produção, entre fibras e multifilamentos artificiais e sintéticos, superior a 380 mil toneladas/ano [...] Esta produção resulta em um faturamento anual de US\$ 1,06 bilhão e gera empregos diretos para cerca de 9.000 pessoas” (ABRAFRAS, 2012, p.1). O setor de fibras têxteis é caracterizado por ser um dos setores industriais com necessidade intensiva de investimento em pesquisa e inovação, além de sofisticação tecnológica a fim de melhorar as operações industriais, as políticas de custos e preços frente a sua competitividade internacional.

Os dados disponibilizados por Pimentel (2006) mostram que em 2005, o número de empresas de confecção de vestuário estava em 30 mil, com uma geração de 1,65 milhão empregos diretos. Na indústria de transformação, o setor têxtil e de confecção classificou-se como o 2º maior empregador formal. Esse resultado colocou o país como 7º maior produtor têxtil do mundo, com uma produção de 7,2 bilhões de peças de vestuário por ano (PIMENTEL, 2006).

Este cenário nacional aponta a importância de estudos voltados ao vestuário a fim de intensificar o desenvolvimento tecnológico do setor. O avanço desses estudos pode proporcionar a elaboração de dados de conforto térmico que embasem o desenvolvimento tecnológico para vestimenta de trabalho, além de servir como informação para trabalhadores, empregadores e o aprimoramento da legislação que busca garantir saúde e segurança aos trabalhadores brasileiros.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em capítulos sendo iniciado com os tópicos referentes à introdução ao tema, problema de pesquisa, objetivos geral e específicos, além da justificativa da abordagem apresentada.

Na sequência, o Capítulo 2 discorre sobre a revisão teórica do tema, em geral, abordando o Conforto Térmico e as Vestimentas.

O Capítulo 3 refere-se aos procedimentos metodológicos utilizados para o alcance dos objetivos propostos: classificação da pesquisa, dados da pesquisa de campo, instrumentos de coleta de dados e o tratamento dos dados através das metodologias aplicadas.

No Capítulo 4 encontram-se os resultados e a discussão das metodologias aplicadas bem como o levantamento de variáveis que interferem no conforto térmico e que aumentam a complexidade do índice de isolamento térmico de vestimenta.

A conclusão da pesquisa é apresentada no Capítulo 5, seguida das referências bibliográficas que contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Capítulo 2 destina-se ao referencial teórico o qual aborda a descrição e as variáveis em Conforto Térmico, e as Vestimentas: sua influência para o ser humano, como é abordada na ISO 9920:2007 e na Legislação Brasileira.

2.1 O HOMEM ENQUANTO SER HOMOTÉRMICO

O ser humano tem como uma de suas características a sua temperatura interna em torno de 37°C (PREK, 2005). Quando ele se encontra em uma atividade considerada leve ou sedentária ou em repouso o corpo gera calor para sua sobrevivência.

Quando o ser humano encontra-se numa atividade que exija maior esforço físico, como a atividade industrial, por exemplo, a sua temperatura interna tende a aumentar. O calor então deve ser dissipado. Prek (2005), quanto a essa ação do mecanismo termorregulador do ser humano, explica que a relação entre os efeitos e a resultante de temperatura do corpo é afetada pelo meio (propriedades de transferência de calor e massa) e pelo nível de produção de calor, que depende da atividade.

Se o calor é dissipado para o ambiente, ocorre a troca térmica pelo mecanismo de troca por Convecção. Em suma, essa troca caracteriza-se pela presença de um corpo fluido (ar) e um corpo sólido (pele), em contato, com diferencial de temperatura: troca típica. Para o homem dissipar calor é preciso que a temperatura do ar seja inferior a 34°C, uma vez que essa é a temperatura da pele em situação normal. Outro mecanismo de calor típico do ser humano é a troca por Condução, simbolizado por “K”. Ela, em geral, se dá pela troca de calor da pele com a roupa. Sempre do corpo mais quente para o corpo mais frio. Pode-se concluir então que o corpo humano, através da pele troca calor por Condução, sendo da pele até a roupa, e por Convecção, sendo da roupa até o ar (CAMARGO, FURLAN, 2011).

A temperatura do ser humano é garantida pelo fluxo de calor produzido pelo corpo sendo de mesmo grau do calor cedido ao ambiente. Quando o sistema

termorregulador encontra-se em desequilíbrio passa a ser considerada a problemática do tempo de exposição que o corpo vai assegurar sua temperatura devido à tolerância ao frio e ao calor. (AZEVEDO; BARBOSA; SILVA, 2005).

Prek (2005) detalha a ação do mecanismo termorregulador do corpo humano: a regulação térmica do corpo humano é executada pelo fluxo regular do sangue. A distribuição regular do sangue no corpo é através da vasoconstrição e da vasodilatação ordenado de modo a controlar a temperatura da pele e aumentar ou diminuir a perda de calor com o ambiente, de acordo com a necessidade. Durante a atividade do corpo, o sangue carrega a produção extra de calor para a superfície do corpo onde o aumento de temperatura da pele troca calor por convecção e radiação.

Em um ambiente quente, a transferência de calor por convecção e radiação diminui devido à pequena diferença entre a temperatura da pele e do ambiente. Nesse caso, Prek (2005) explica que a perda de calor do corpo é controlada pela difusão da água e evaporação (calor latente). Por isso, a vasodilatação cutânea permite que o corpo reaja, deixando a pele quente a fim de propiciar a irradiação e a condução do calor.

Os autores, Camargo e Furlan (2011, p. 282), quanto à eficiência dos mecanismos termorreguladores, explicam que:

quanto mais quente o ambiente ou quanto maior a carga de atividade executada, maior a produção de calor pelo corpo e/ou a carga de calor e, conseqüentemente, maior a elevação da temperatura corporal e a dificuldade do corpo em manter o equilíbrio térmico, visto que os mecanismos termorreguladores tornam-se menos precisos.

Nesse sentido, Grandi (2006, p.17) afirma que um “ambiente construído precisa resolver as questões de troca de térmica de seus ocupantes de maneira que os mecanismos termorreguladores [...] gastem o mínimo de energia” para não comprometer as atividades e a saúde. “Quando o corpo produz calor excessivo durante exercícios intensos, a temperatura retal pode aumentar temporariamente para 38,3 a 40°C” (CAMARGO; FURLAN, 2011, p. 282).

Quando em situação de stress térmico ao frio, a vasoconstrição faz com que o fluxo de sangue das artérias para as veias dirija-se às camadas mais profundas do corpo. Esse mecanismo é importante, pois garante a temperatura interna do corpo quando numa perda de calor decrescente em um ambiente frio.

A vasoconstrição caracteriza-se pela pele fria a fim de conservar o calor no organismo, por isso o fluxo de sangue para a pele é de 250 ml por minuto: 5% do débito cardíaco de dias quentes, quando o fluxo pode atingir a 1500 ml por minuto (WICZICK, 2008).

Quando em situação extrema de exposição ao frio, o ser humano tende a hipotermia, que acontece na situação de que a perda de calor é maior que o ganho. O sistema termorregulador deixa de funcionar.

Os sintomas de hipotermia são calafrios, tremor, rigidez, taquicardia (WICZICK, 2008). Mesmo os tremores, produzindo calor devido ao movimento, acabam gastando a pouca energia que ainda resta no corpo. Além desses fatores, a hipotermia pode atingir o sistema nervoso central, coração e a respiração.

Relacionar conforto térmico e a produtividade do trabalhador é complexo, pois necessitam de fatores que são relativos às pessoas devido à subjetividade do ser humano (WICZICK, 2008).

Nesse sentido, Grandi (2006, p.19) explica que as pesquisas “revelaram que o desempenho intelectual, manual e perceptivo do homem é, em geral, maior quando ele se encontra em condições de conforto térmico”. Como resultado na produtividade a autora explica que:

As temperaturas extremas, principalmente o frio, dificultam a concentração mental, porque a sensação de desconforto provoca distrações. As temperaturas elevadas, acima de 32°C, prejudicam a percepção de sinais. Além disso, as pessoas passam a tomar decisões mais arriscadas e isso pode diminuir a qualidade do trabalho e aumentar o risco de acidentes (GRANDI, 2006, p. 46).

Entendendo esse mecanismo e sua relevância, é justificável a importância de que as empresas, na busca em oferecer melhores condições de trabalho, precisam atentar a uma das variáveis pessoais mais complexas: isolamento térmico da roupa.

2.2 VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS EM CONFORTO TÉRMICO

As variáveis que interferem no conforto térmico são:

- Variáveis ambientais: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar, umidade relativa do ar;
- Variáveis pessoais: taxa metabólica, isolamento térmico da vestimenta.

A temperatura do ar, representada por " T_{ar} ", é a temperatura ao redor do corpo humano. A temperatura radiante média, representada por " T_{rm} ", é a temperatura considerada uniforme derivada da transferência do calor radiante do ser humano igualado à sua transferência de calor radiante no ambiente. A outra variável, velocidade do ar, é representada por " V_{ar} " e calculada em m/s (metros por segundo). A variável umidade relativa do ar, representada por " U_r ", refere-se à pressão do vapor de água no ar úmido (GRANDI, 2006).

Quanto às variáveis pessoais, pode-se dizer que a taxa metabólica, representada por " M " refere-se à taxa de produção de calor ou energia do organismo. Essa taxa varia de acordo com a atividade desempenhada. O isolamento térmico das vestimentas " I_{cl} " é responsável em determinar a resistência das roupas quanto às trocas de calor do corpo e o ambiente, pelo mecanismo da condução sendo esse calor chamado de calor sensível.

Grandi (2006) explica que a faixa de temperatura de conforto é muito variável, depende da roupa utilizada e o esforço físico. Posteriormente, pode-se considerar outras variáveis como a alimentação, época do ano, corpo, idade e hábitos.

2.3 MECANISMOS DE TROCA DE CALOR

Sendo homeotérmico, o organismo do ser humano mantém sua temperatura interna em 37°C. Quando há o aumento da temperatura interna o organismo reage, especificamente o seu sistema termorregulador, para dissipar o calor a fim de que haja novamente o equilíbrio, ou seja, que o ganho seja igual à perda.

Os mecanismos de troca de calor são basicamente quatro: condução, convecção, radiação e evaporação.

Também expressa por “K”, a troca de calor por condução ocorre entre dois corpos sólidos, estando em contato e com diferencial de temperatura. A troca se dá sempre do corpo mais quente para o corpo mais frio.

A troca de calor por convecção, expressa por “C”, ocorre entre um corpo sólido e um corpo fluido em contato e com diferencial de temperatura. Um exemplo de troca típica é da pele (corpo sólido) e o ar (fluido). A temperatura da pele é normalmente em torno de 34°C, assim é necessário que a temperatura do ar esteja inferior à da pele para que haja a troca de calor por convecção. Há dois tipos de troca de calor por convecção: natural e forçada. A troca de calor por convecção natural acontece com baixa movimentação, não há efeito catalisador do ar. A troca de calor por convecção forçada ocorre com variação do ar. Por isso a velocidade do ar é uma variável de interesse.

Quando o ser humano encontra-se em atividade, trabalho, por exemplo, há geração de calor, mesmo em atividade sedentária. Por isso, é importante cuidar da temperatura do ar, pois o corpo está em convecção pela pele.

A troca de calor por radiação, também expressa por “R”, ocorre entre dois corpos sólidos, porém não estando em contato como na troca de calor por condução, entretanto com uma “linha reta”, imaginária, que liga o corpo ao outro, também com diferencial de temperatura diferente de zero.

A troca de calor por evaporação é expressa por “E” e se dá pelo suor. Caso a umidade relativa do ar seja maior que a temperatura do suor, não há a evaporação. Esse detalhe é importante, pois o que refresca o corpo não é a presença do suor e quando este evapora. Por isso o meio é uma variável importante para haver neutralidade e conforto térmico.

2.4 MODELO DE FANGER

O modelo de Fanger foi desenvolvido em 1970 a partir de estudos em laboratório e câmara climática. Os participantes trajavam uma combinação de roupas padronizadas em atividades também padronizadas, mas expostos a diferentes temperaturas. Os participantes indicaram a sensação térmica utilizando uma escala de pontos (ASHRAE), como mostra a Figura 1:

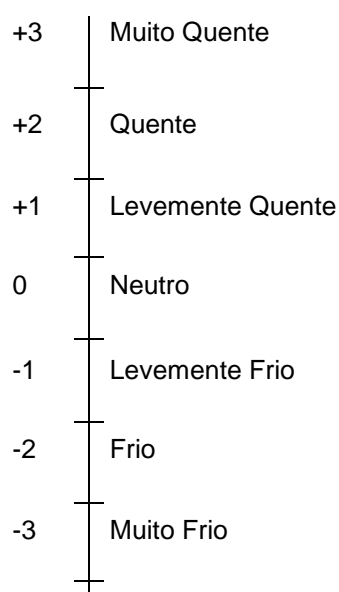


Figura 1: Escala de 7 pontos
Fonte: Olesen; Parsons, 2002.

Em outro momento, a pesquisa permitia que os participantes controlassem o ambiente térmico com fim de ajustar a temperatura que proporcionasse a sensação térmica “neutra”, o que equivale à sensação nem frio nem quente, ou ainda ao voto “0” na escala).

2.5 VOTO MÉDIO ESTIMADO

O modelo proposto por Fanger compreende o conforto térmico em dois índices: PMV (*Predicted Mean Vote*, também chamado Voto Médio Estimado) e PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied* ou Percentual de Pessoas Insatisfeitas). (PEREIRA; COUTINHO; SILVA, 2009; TREBIEN; MENDES; OLIVEIRA, 2007). Este modelo é utilizado em todo o mundo para prever e avaliar o conforto térmico, desde 1980, sendo reconhecido como padrão internacional (YAO; LI; LIU, 2009).

O modelo da Norma Internacional ISO 7730:2005, a partir dos estudos desenvolvidos por Fanger, compreende o corpo no ambiente em estado de equilíbrio térmico, ou seja, sem acúmulo de calor no seu interior. Essa condição diz respeito à neutralidade térmica.

O conforto térmico é subjetivo (TREBIEN; MENDES; OLIVEIRA, 2007). A ASHRAE 55-2004 define que o “conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. (WICZICK, 2008, p.13; YAO; LI; LIU, 2009).

Especificar um ambiente que satisfaça a todos quanto ao conforto térmico é impossível (VERGARA; LAMBERTS, 2001). Por isso, a neutralidade térmica, ou seja, nem quente nem frio, apesar de ser uma condição necessária, não é suficiente para que o ser humano esteja em conforto térmico (WICZICK, 2008).

A neutralidade térmica refere-se ao estado que a pessoa sente-se neutro quanto à temperatura do ambiente. Fisiologicamente, esta condição de neutralidade é definida como zona termoneutra (CAMARGO; FURLAN, 2011, p. 282).

Fanger estabeleceu três condições fisiológicas e ambientais necessárias para o estado de conforto térmico: estar em neutralidade térmica, a temperatura da pele e a taxa do suor nos limites de acordo com atividade desempenhada e também não estar sujeito a algum tipo de desconforto localizado – mãos, rosto, pés. (WICZICK, 2008; OLESEN; PARSONS, 2002).

Sendo assim, estudos sobre o conforto térmico buscam diagnosticar as condições ambientais que propiciem condições térmicas adequadas ao ser humano e suas atividades (PEREIRA; COUTINHO; SILVA, 2009). Nesse sentido, inúmeros modelos de diagnóstico têm sido desenvolvidos (BATIZ et al. 2008).

Pesquisas de Michael Humphreys, sobre modelos adaptativos, concluíram que as temperaturas preferidas são variáveis, correspondendo à média de temperatura ambiente. Fanger tem em seus estudos que a sensação térmica é relacionada à existência de equilíbrio térmico a partir da observação de um grande número de pessoas (YAO; LI; LIU, 2009). Suas pesquisas foram realizadas a partir de dados levantados de populações da Dinamarca e Estados Unidos da América, através de questionários sobre percepção térmica (BATIZ et al. 2008). Segundo Yao, Li e Liu (2009), ambos os métodos têm sido apoiado por um grande número de estudos de laboratório e de campo.

2.5.1 Interpretação do Voto Médio Estimado

Em neutralidade térmica o ganho de calor através da sua produção pelo metabolismo é igual à perda de calor através dos mecanismos de troca de calor pela respiração e pela pele (CAMARGO; FURLAN, 2011).

A neutralidade térmica diz respeito ao balanço de energia entre o ambiente e o corpo. O balanço térmico corresponde ao fato de que todo o calor gerado se dissipe na mesma proporção no ambiente (GRANDI, 2006). A equação do Balanço Térmico é assim representada:

$$M - W = Q_{SK} + Q_{RES} \quad [1]$$

Considerando:

$M =$ Taxa metabólica de produção de calor (W/m^2)

$W =$ Trabalho mecânico desenvolvido pelo corpo (W/m^2), em geral, nas atividades humanas considera-se esse trabalho como valor nulo.

$Q_{sk} =$ Taxa total de perda de calor pela pele (W/m^2). Também pode ser escrita: $Q_{sk} = E_{sk} + K_{cl}$

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

A pele e a respiração fazem parte dos mecanismos de troca de calor do organismo e são expressas por “ Q_{sk} ” para perda de calor pela pele e “ Q_{res} ” para perda de calor por evaporação. As perdas de calor podem ser por Condução (K), Convecção (C), Radiação (R) e pela Evaporação (E) apresentando a seguinte expressão quanto ao balanço de calor:

$$M - W = Q_{SK} + Q_{RES} = (C + R + E_{SK}) + (C_{RES} + E_{RES}) \quad [2]$$

Considerando:

$M =$ Taxa metabólica de produção de calor (W/m^2)

W = Trabalho mecânico desenvolvido pelo corpo (W/m^2), em geral, nas atividades humanas considera-se esse trabalho como valor nulo.

Q_{sk} = Taxa total de perda de calor pela pele (W/m^2). Também pode ser escrita: $Q_{sk} = E_{sk} + K_{cl}$

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

$C+R$ = Perda de calor sensível pela pele (W/m^2) - Convecção e radiação.

Considerando seu valor é igual a perda de calor por condução até a superfície externa das roupas.

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

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

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

A equação do Balanço Térmico formulada por Fanger correlaciona a sensação térmica dos indivíduos a partir de parâmetros ambientais e parâmetros individuais, a saber: temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar, umidade relativa, taxa metabólica e isolamento térmico da vestimenta (EGGERS et al. 2006; BATIZ et al. 2008).

As perdas parciais de calor pela pele, pela respiração e por condução através das roupas, podem ser expressas pelas equações empíricas a seguir:

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

$$E_{res} = 0,0173M(5,87 - p_a) \quad [4]$$

$$C_{res} = 0,0014M(34 - t_a) \quad [5]$$

$$K_{cl} = \frac{[35,7 - 0,028(M - W)] - t_{cl}}{0,155.I_{cl}} \quad [6]$$

$$R = 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] \quad [7]$$

$$C = f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \quad [8]$$

Ao substituir essas expressões na equação dupla do balanço térmico, o mesmo pode ser expresso em função das variáveis ambientais e pessoais, conforme equação a seguir:

$$\begin{aligned}
 & (M-W) - 3,05[5,73 - 0,007(M-W) - p_a] - 0,42[(M-W) - 58,15] - 0,0173M(5,87 - p_a) - \\
 & 0,0014M(34-t_a) = \\
 & = \frac{[35,7 - 0,028(M - W)] - t_{cl}}{0,155 \cdot I_{cl}} = \\
 & = 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \quad [9]
 \end{aligned}$$

Considerando:

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

W = Trabalho ou eficiência mecânica (W/m²)

p_a = Pressão de vapor no ar (kPa)

t_a = Temperatura do ar (°C)

t_{cl} = temperatura superficial das roupas (°C)

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

f_{cl} = Razão de área do corpo vestido e corpo nu (adimensional)

t_r = Temperatura radiante média (°C)

h_c = Coeficiente de convecção entre ar e roupas (W/m².°C)

A equação dupla, apresentada anteriormente, representa o balanço de calor entre o corpo e o ambiente. Dessa equação, a temperatura superficial das roupas é dada ao comparar a parte central com a direita da equação dupla:

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

Considerando:

$$h_c = 2,38 \cdot (t_{cl} - t_a)^{0,25} \quad \text{ou} \quad h_c = 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \quad (\text{utiliza-se o maior})$$

v_{ar} = velocidade relativa do ar, em m/s, dado por: v_{ar} = v_a + 0,0052(M-58)

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

$$f_{cl} = 1,05 + 0,1 \cdot I_{cl} \quad \text{para } I_{cl} > 0,5 \text{ clo.}$$

A expressão que representa o Balanço Térmico fica reescrita como mostra a seguir:

$$(M - W) - C_{RES} - E_{SK} - E_{RES} = K_{Cl} = C + R \quad [11]$$

A equação do conforto térmico descreve uma combinação das variáveis de entrada (ambientais e pessoais), que resulta na sensação térmica neutra e prevê condições em que os indivíduos sintam-se termicamente neutros (CHARLES, 2003). Oriunda da equação do balanço térmico, a equação de conforto térmico é representada (ISO 7730:2005):

$$M - 3,05 \cdot (5,73 - 0,007 \cdot M - p_a) - 0,42 \cdot (M - 58,15) - 0,0173 \cdot M \cdot (5,87 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) = 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \quad [12]$$

A equação do conforto térmico foi expandida, através das análises estatísticas e os resultados obtidos nas pesquisas de Fanger com o uso da escala de 7 pontos, gerando a equação do PMV (ou equação do Voto Médio Estimado), a fim de apontar a sensação real sentida por cada pessoa, como mostra a equação a seguir:

$$PMV = (0,303 e^{-0,036M} + 0,028) \cdot L \quad [13]$$

Considerando:

PMV = Voto Médio Estimado

M = Atividade desempenhada pelo indivíduo

L = Carga Térmica atuante sobre o corpo

Para a determinação do índice PMV, pode-se utilizar a equação a seguir considerando que as variáveis ambientais (temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa do ar, temperatura radiante média) sejam medidas conforme prevê a Norma Internacional ISO 7726 (quanto aos instrumentos e procedimentos de medição ergonômica), e a taxa metabólica e a resistência térmica das vestimentas sejam valores conhecidos previamente.

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot \{(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)\} \quad [14]$$

Considerando:

PMV = Voto médio estimado, ou sensação de conforto,

M = Taxa metabólica, em W/m^2 ,

W = Trabalho mecânico, em W/m^2 , sendo nulo para a maioria das atividades,

I_{cl} = Resistência térmica das roupas, em $m^2 \cdot ^\circ C/W$,

f_{cl} = Razão entre a área superficial do corpo vestido, pela área do corpo nu

t_a = Temperatura do ar, em $^\circ C$

t_r = Temperatura radiante média, em $^\circ C$

v_{ar} = Velocidade relativa do ar, em m/s

p_a = Pressão parcial do vapor de água, em Pa

h_c = Coeficiente de transferência de calor por convecção, em $W/m^2 \cdot ^\circ C$

t_{cl} = Temperatura superficial das roupas, em $^\circ C$

Recomenda-se o uso do índice PMV quando os valores das variáveis ambientais e pessoais apresentarem os valores conforme Tabela 1:

Tabela 1: Recomendação de valores para uso do índice PMV

VARIÁVEIS	VALORES
M	46 W/m^2 a 232 W/m^2 (0,8 met a 4 met)
I_{cl}	0 $m^2 \cdot ^\circ C/W$ a 0,310 $m^2 \cdot ^\circ C/W$ (0 clo a 2 clo)
t_{ar}	10 a 30 $^\circ C$
t_r	10 a 40 $^\circ C$
v_{ar}	0 m/s a 1 m/s
p_a	0 Pa a 2700 Pa

Fonte: Adaptado (ISO 7730:2005).

O índice PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) corresponde ao índice da porcentagem de pessoas não satisfeitas com as condições térmicas de um determinado ambiente. Este índice é relacionado com o índice PMV anteriormente citado. Para ser considerado confortável termicamente, o índice PPD não deve ultrapassar os 10%.

Em suas pesquisas, Humphreys observou que o modelo PMV foi mais preciso em estudos de laboratório considerando atividades sedentárias e roupas leves, mas que há maior discrepância nos dados entre o PMV e o voto médio real quando considerado roupas mais pesadas e níveis de atividade superior (CHARLES, 2003).

A Figura 2 mostra um manequim utilizado para pesquisas em laboratório. O manequim está com um conjunto de vestimentas leve: camiseta, calça e meias.



Figura 2: Manequim térmico usado para determinar o isolamento
Fonte: Teixeira et al., 2011, p. 3.

Como mostra a Figura 2, não considerou-se, por exemplo o calçado, item que em geral é utilizado pelos trabalhadores nos mais variados ramos de negócio.

Alguns ajustes foram propostos em pesquisas, como, por exemplo, a pesquisa desenvolvida por Tanabe (1992) em incluir 0,15 a 0,3 clo para medições ao considerar o uso de cadeira pelo indivíduo, a fim de aumentar a precisão dos índices. A pesquisa de Brager et al. (1994) reanalisou seus dados aumentando o

valor de clo para dar conta do isolamento da cadeira (0,15 clo), pois a tabela indicara 0,1 clo. Esse ajuste permitiu uma melhoria na correspondência estatística entre o PMV e a real sensação indicada.

Apesar desses ajustes, os valores de isolamento térmico de vestimenta utilizados nos estudos de conforto térmico continuam sendo baseados em estimativas. Tais estimativas não refletem diferenças entre as pessoas, mudanças de conjunto de roupas durante o dia, contexto, entre outras situações. Por isso, tomados em conjunto, os valores de isolamento térmico de vestimenta apresentam-se como uma fonte de incerteza para os cálculos de PMV e são suscetíveis de contribuir para a discrepância entre o previsto e a sensação térmica real.

2.6 A TERMORREGULAÇÃO HUMANA ATRAVÉS DAS VESTIMENTAS

A vestimenta pode ser indicada como um equipamento de proteção individual por inúmeras razões. Dentre elas, sua interferência na troca térmica do organismo.

Segundo Grandi (2006, p. 29), “a vestimenta é uma camada de isolamento entre o corpo e o ambiente”.

As trocas térmicas que o mecanismo termorregulador realiza são por vezes interferidas pelo uso de vestimenta. Existe um significativo espaço de ar entre a roupa e a superfície do corpo, principalmente quando há recobrimento total.

A roupa influencia diretamente na troca de calor por Condução. A troca de calor acontece da superfície externa da pele até a superfície externa da roupa. Depois desse processo o calor é dissipado por Convecção ao meio ambiente, pois a roupa atua como uma interface entre o corpo e o meio ambiente (VANOS et al, 2010).

A permeabilidade ao vapor d'água “consiste na passagem de água sob a forma de vapor pelo substrato têxtil e é uma das propriedades mais importantes de um tecido no que tange ao conforto fisiológico” (GASI; BITTENCOURT, 2010, p. 117). Ela é importante para o balanço térmico, pois a umidade gerada pelo suor da pele precisa evaporar e passar como valor pela estrutura fibrosa. Essa ação facilita a termorregulação e impede que o valor devido a transpiração fique retido entre a peça de roupa e a pele (GASI, BITTENCOURT, 2010).

No passado, a roupa característica de climas frios era projetada de acordo com efeito isolante do material, que, em alguns casos, levou a roupas muito volumosas, sem ser confortável no uso. Hoje, busca-se oferecer roupas modernas a partir de níveis iguais de isolamento derivadas de várias camadas de materiais mais finos, com o intuito de renovar o ar que fica entre a pele e o tecido. Os autores explicam que o modelo tradicional de roupa tem um comportamento estático, através de trocas secas, e um comportamento dinâmico. Ou seja, o primeiro comportamento, refere-se ao isolamento comum, quase constante, útil para as condições ambientais. O outro, dinâmico, pode ser rapidamente modulado através do abrir e fechar a roupa através de botões, punhos, gola, a fim de manter um equilíbrio com diferentes atividades e ventilação do ar. Essas duas formas de isolamento são necessárias para adaptar as pessoas ao seu contexto de vida (BERGER; SARI, 2000).

Malcolm et al. (2000) realizou um estudo para examinar a resposta fisiológica e psicofísica dos participantes em condições tropicais enquanto usavam dois modelos de jaquetas: simples e de chuva. Os participantes foram militares do Exército que andaram por 60 minutos. Os modelos das jaquetas foram o poncho e uma jaqueta de comprimento três-quartos. Os participantes completaram os ensaios, um em cada roupa em condições com vento e sem vento. A nota geral de conforto térmico foi relatada morna e quente, para jaqueta poncho e três-quartos respectivamente.

Todas as jaquetas em atividade física sob condições tropicais prejudicam a perda de calor e aumentam o estresse fisiológico, exceto o modelo poncho que restringe a perda de calor em relação aos outros modelos. Os modelos de jaqueta comum resultaram em aumento da temperatura corporal e diminuição do conforto térmico. Durante a atividade em condições de calor, movimento do corpo e correntes de vento, a roupa pode configurar uma ação de introduzir ar ambiente e facilitar a circulação interna, a convecção e a evaporação.

No entanto, em condições de calor úmido, como estavam presentes nesta pesquisa, o calor preso entre o poncho e a pele, apesar de ser propagada pela ação de bombeamento dos braços não contribuiu para a perda de calor adicional, mas sim resultou em aumento no armazenamento de calor do corpo (MALCOLM et al., 2000).

Os estudos de Ueda et al. (1996) analisaram as temperaturas de microclima devido às vestimentas. Foram pesquisados 5 crianças, 5 jovens e 5 idosos em

estado de conforto térmico, objetivando examinar as diferenças termorregulatórias relativas à idade relacionadas às temperaturas de microclimas pelas vestimentas. Os idosos ajustaram suas roupas de maneira similar, tanto em membros inferiores (coxas) quanto nos superiores (peito, costas e braços) para manter o conforto térmico enquanto crianças e jovens ajustavam apenas as roupas da parte superior do corpo (peito, costas e braços). Essas ações sugerem que a temperatura de microclimas devido às roupas pode ser derivada do decréscimo da termorregulação corporal pela idade (XAVIER, 2000).

Em outra pesquisa, desenvolvida por Donato (1996) et al., avaliou-se a capacidade na predição do PMV, encontrando-se diferenças significativas entre o PMV calculado e as Sensações térmicas reais relatadas por crianças. A primeira diferença apontada foi em relação às vestimentas utilizadas, as quais apresentaram isolamento térmico médio de 0,9 clo, o que difere do valor recomendado para situações de inverno, como foi o caso da pesquisa. Quando o PMV apontava situação de conforto térmico, a Sensação relatada foi de desconforto sendo mais do que 10% de pessoas insatisfeitas, conforme espera o modelo do PMV/PPD (XAVIER, 2000).

Almeida e Veiga (2010) identificaram a carência de informações quanto ao uso de roupas de trabalho e apresentaram um modelo esquemático onde um indivíduo demonstra o uso de EPI com recobrimento total do corpo (em lavouras, por exemplo). A Figura 3 mostra na cor cinza o espaço gerado entre a roupa e a superfície corporal, o qual eles chamam de “micro-ambiente”. As setas representam a possível perda de calor pelo processo de Convecção.

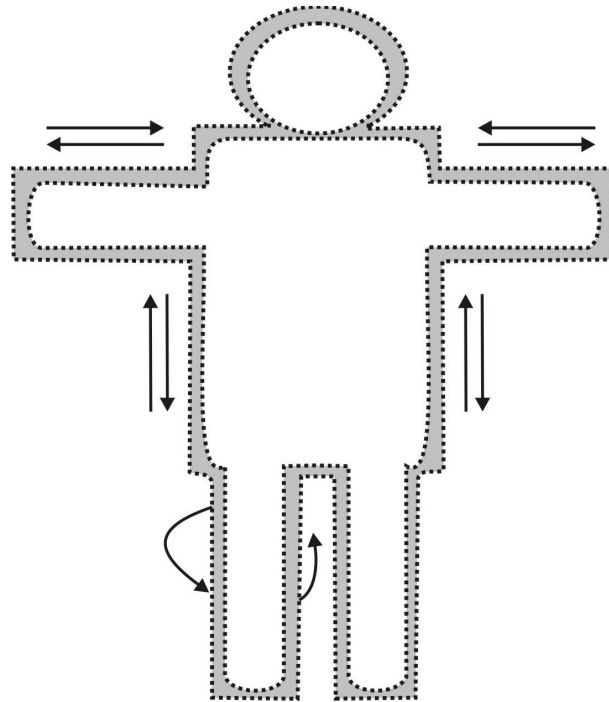


Figura 3: Modelo do “micro-ambiente”
Fonte: Adaptado de Almeida e Veiga (2010).

O modelo apresentado pela Figura 3 é significativo para compreender a ação da troca de calor. Entretanto, é importante que o conceito da equação do balanço térmico seja explícito para uma melhor compreensão da ação da roupa e do processo como um todo, como mostra a equação 15:

$$(M - W) - C_{RES} - E_{SK} - E_{RES} = K_{Cl} = C + R \quad [15]$$

Onde:

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

W = Trabalho mecânico desenvolvido pelo corpo (W/m^2), sendo que para a maioria das atividades humanas esse trabalho é nulo.

Q_{sk} = Taxa total de perda de calor pela pele (W/m^2). Igual a perda de calor pela evaporação pela pele mais a condução de calor da pele até a superfície externa das roupas, podendo ser escrita como: $Q_{sk} = E_{sk} + K_{cl}$

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

$C+R$ = Perda de calor sensível pela pele (W/m^2) - Convecção e radiação. Seu valor é igual a perda de calor por condução até a superfície externa das roupas.

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

C_{res} = Perda de calor sensível pela respiração, por convecção (W/m²)

E_{res} = Perda de calor latente pela respiração, por evaporação (W/m²).

A equação mostra que a produção de calor pelo organismo subtraído pela perda de calor por Convecção e Evaporação pela respiração e pela Evaporação da pele deve ser igual à perda de calor pela Condução. Essa é derivada da troca entre a superfície externa da pele até a superfície da roupa. Após essa troca de calor que ocorrerá a troca de calor por Convecção (como mostra o modelo de Almeida e Veiga) e a troca por Radiação.

O mecanismo termorregulador do ser humano não espera para agir. Ele constantemente trabalha para garantir o equilíbrio térmico que, devido às condições que o trabalhador esteja exposto, nem sempre alcança sua eficiência.

Assim, é dada importância da equação do balanço térmico e a interferência da roupa no processo de equilíbrio térmico. A equação deixa explícito que as vestimentas interferem no processo de troca de calor.

O corpo revestido pela vestimenta pode garantir que não haja troca de calor quando a necessidade é evitar a troca de calor com o ambiente. Entretanto, quando há essa necessidade, a vestimenta inadequada prejudica o balanço térmico.

Portanto, a roupa de trabalho precisa ser um agente que interfere positivamente na saúde do trabalhador.

O método que institui as propriedades isolantes da roupa é um processo demorado e detalhado, geralmente realizado em experimentos de laboratório destinados a esta finalidade. Como não é prático medir diretamente o isolamento das roupas na maioria dos estudos de conforto térmico, os pesquisadores geralmente utilizam uma estimativa de valores, fazendo uso de tabelas desenvolvidas a partir de estudos de isolamento térmico de vestimentas disponíveis em Normas como a ISO 9920:2007 (CHARLES, 2003).

A interpretação dos resultados que envolvem a discussão da sensibilidade do método para identificar as variáveis, como taxa metabólica e isolamento térmico de vestimenta, são difíceis de estimar e, na prática, podem variar (OLESEN; PARSONS, 2002; CHARLES, 2003).

Apesar disso, Charles (2003) indica que alguns pesquisadores utilizam um valor médio para todos os indivíduos, com base na temporada ou clima do local de estudo, além de conjuntos de roupas típicas para trabalho de escritório. Em um

estudo mais detalhado, é utilizada uma lista de verificação do vestuário que pode ser usada para selecionar um ou mais índices apropriados para o grupo, ou valores de “clo” para cada participante.

2.6.1 Dificuldades para o conforto térmico

Os estudos em ergonomia que abordam as vestimentas de trabalho e sua relação com o sistema termorregulador do ser humano ainda são escassos. Porém, algumas pesquisas apontam a necessidade de abordar esse assunto, pois encaixa-se diretamente em uma variável subjetiva quanto ao conforto térmico para as pessoas.

FELIX et al. (2010) apontam a dificuldade de proporcionar conforto térmico em ambiente cirúrgico, o qual, em geral, apresenta-se refrigerado. A pesquisa indica que proporcionar conforto térmico ao cirurgião e sua equipe médica está diretamente ligada com o sucesso nos procedimentos cirúrgicos. A pesquisa utilizou o método de Fanger e temperaturas equivalentes para avaliar as condições de conforto térmico nas salas de cirurgia.

Destaca-se que a pesquisa avaliou as condições de conforto térmico a partir de quatro membros da equipe, de diferentes funções: enfermeiro, cirurgião, instrumentador e anestesista. Estes apresentaram diferentes índices de isolamento térmico de roupa, tipo de atividade exercida e posição no interior da sala cirúrgica.

Devido à limitação de dados dos valores de isolamento térmico de vestimenta, os autores utilizaram os valores apresentados em pesquisas de Mora, English e Athinitis (2001), os quais apontam valores de isolamento total da roupa para cirurgiões e instrumentadores no valor de 0,86 clo e de 0,42 clo para enfermeiros e anestesistas, com a justificativa de que as roupas de trabalho em ambientes cirúrgicos são, em geral, relativamente padronizadas.

Todavia, na análise dos resultados obtidos com índice PMV com o método de Fanger e o índice a partir da sensação térmica real, os autores indicaram que as diferenças verificadas estão relacionadas com a dificuldade na determinação dos valores de isolamento térmico de vestimentas e taxa metabólica.

Entre outras considerações, os autores concluem os fatores pessoais: vestimenta e o nível de atividade, como a principal dificuldade em proporcionar

conforto térmico a uma equipe cirúrgica. Por isso, eles apontam que o conforto térmico do cirurgião deve ser priorizado já que este tem a maior responsabilidade na operação.

Nicol e Humphreys (2010) também apontam a vestimenta como um fator responsável pela alteração no conforto térmico. Segundo os autores, um problema para o cálculo da temperatura neutra em um ambiente variável, como um edifício naturalmente ventilado, deve-se ao fato de este apresentar-se como um alvo móvel. Ele está constantemente mudando porque as pessoas se adaptam ao ambiente em mudança. Nas ações dos indivíduos está a mudança no conjunto de vestimentas e na atitude quanto ao ambiente. Essas alterações podem prejudicar os índices de PMV correlacionados às sensações reais térmicas. Se os ocupantes de um edifício forem autorizados a se adaptar ao ambiente mediante a adaptação do vestuário eles poderiam tolerar condições ambientais fora das condições recomendadas no estado estacionário e, portanto, dos padrões de conforto térmico atuais (MC CARTNEY; NICOL, 2002).

Quanto à adaptabilidade das pessoas em edifícios com ventilação natural, Dear e Brager (2002) argumentam a possibilidade das pessoas poderem regular as condições térmicas de onde estiverem inseridas, através da abertura de janelas sendo necessário que as mesmas sejam de fácil acesso e operação. Além disso, devem ser capazes de adaptar-se livremente quanto às suas roupas.

O papel da roupa é óbvio como fator de influência no conforto térmico, uma vez que há uma variabilidade muito maior nos padrões de ocupantes em situações reais comparando-as com as roupas padronizadas que são utilizadas em laboratórios, as quais têm a média de valores de clo utilizados no cálculo do PMV. Se as pessoas vestem apenas para a moda, então diferenças aleatórias nas vestimentas são suscetíveis de aumentar as diferenças individuais e aumentar o número de insatisfeitos. Sabe-se, por exemplo, que mulheres apresentam maior variação de conjunto de roupas por estação que os homens, o que gera duas distintas sub populações em termos de isolamento térmico. As implicações dessas e outras questões comportamentais quanto às roupas para o gerenciamento do clima interno necessita de pesquisa adicional (DEAR; BRAGER, 2002).

2.6.2 Fibras têxteis

A Resolução CONMETRO / MDIC número 2 de 06/05/2008, atualmente em vigor, define:

Para efeito do presente Regulamento Técnico, define-se como *produto têxtil* aquele que é composto exclusivamente de fibras têxteis ou filamentos têxteis ou por ambos, em estado bruto, beneficiado ou semi-beneficiado, manufaturado ou semi-manufaturado, confeccionado ou semi-confeccionado.

1.1 Ademais são considerados como *produto têxtil* os seguintes:

- a) aqueles com 80%, no mínimo, de sua massa, constituídos por fibras têxteis ou filamentos têxteis ou ambos;
- b) os revestimentos de bens que não são têxteis. Estes revestimentos devem conter produtos têxteis, no mínimo, em 80% de massa. (INMETRO, 2008, p. 2)

Para fins de descrição, o Inmetro especifica que:

Fibra têxtil ou filamento têxtil é toda matéria natural, de origem vegetal, animal ou mineral, assim como toda matéria artificial ou sintética, que por sua alta relação entre seu comprimento e seu diâmetro, e ainda, por suas características de flexibilidade, suavidade, elasticidade, resistência, tenacidade e finura está apta as aplicações têxteis. (INMETRO, 2008, p. 2)

Esta Resolução (Anexo A) aponta as denominações e respectivas descrições de quais produtos são considerados como fibras têxteis.

Os tecidos são desenvolvidos com o uso dos fios têxteis. Esses fios são produzidos pelo processo de fiação que consiste em que as fibras sejam “abertas, limpas e orientadas em uma mesma direção, paralelizadas e torcidas de modo a se prenderem umas às outras por atrito” (PEREIRA, 2012, p. 4). Os tecidos então “são obtidos por duas formas de tecimento: entrelaçamento de dois fios a 90°, chamados trama (horizontal) e urdume (vertical), ou pelo entrelaçamento de um mesmo fio entre si a partir da elaboração de laços de união” (VIANA; NEIRA, 2010, p. 218). As bordas dos tecidos são chamadas de ourelas (PEREIRA, 2012), como mostra a Figura 4:

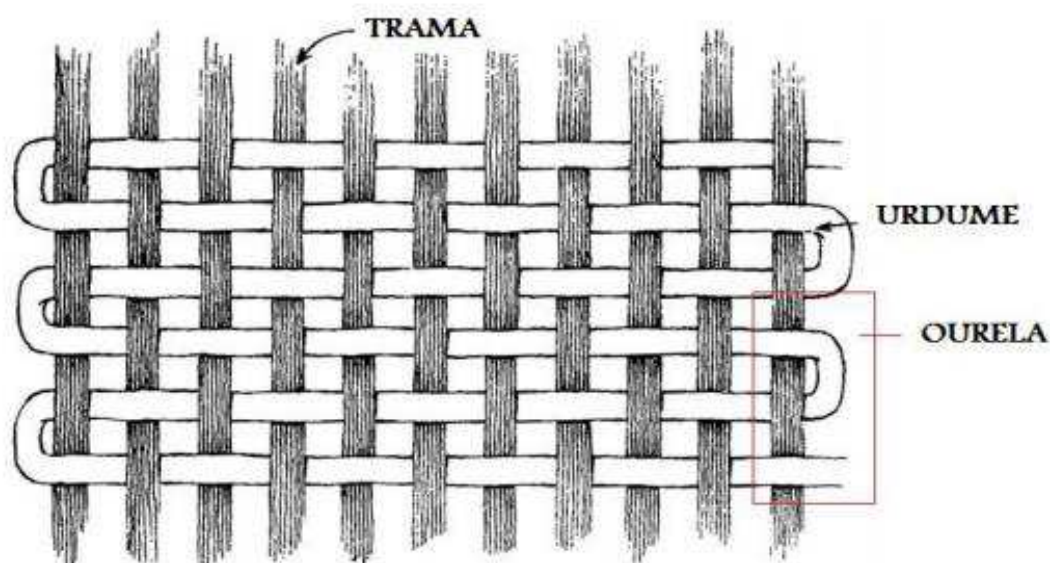


Figura 4: Fios de trama, urdume e orela
Fonte: Pereira, 2012, p. 35

A pesquisa das propriedades das fibras é importante para a funcionalidade da roupa. Os chamados fios ou tecidos inteligentes agregam tecnologia e ciência, e são capazes de oferecer “propriedades funcionais de desempenho, de bem-estar e de conforto” (GASI; BITTENCOURT, 2010, p. 114). No Anexo B apresenta-se uma tabela com a identificação das principais características de algumas fibras/fios têxteis.

A Norma ISO 9920:2007 não apresenta a variação das roupas quanto ao tecido para mesmos modelos, porém as duas tabelas anteriores apontam as diferenças que as fibras têxteis apresentam umas das outras, sendo perceptível a variação no isolamento térmico das roupas.

No caso de uniformes profissionais, existe uma série de produtos característicos para esse segmento. Os tecidos mais comuns são o brim, tergal e malhas.

Na Tabela 2 estão descritos as especificações técnicas e possíveis utilizações para vestuário de alguns tecidos:

Tabela 2: Especificações técnicas

ARTIGO	COMPOSIÇÃO	ARMAÇÃO	GRAMATURA	USO
Brim pesado	100% CO	Sarja 3x1	260 g/m ²	Calça, macacão, jaqueta
Brim leve	100% CO	Sarja 2x1	208 g/m ²	Camisa, jaleco, guarda-pó
<i>Unioffice</i> (nome comercial)	65% CO e 35% PES	Sarja 3x1	268 g/m ²	Calça, jaleco, guarda-pó
<i>Unioffice camisaria</i> (nome comercial)	62% CO e 38% PES	Sarja 2x1	163 g/m ²	Camisa social
Jeans 13oz	100% algodão	Sarja 3x1	432 g/m ²	Calça, macacão

Fonte: Adaptado (SANTANENSE WORKWEAR, 2010).

Ao analisar as fibras têxteis, identifica-se, por exemplo, que as fibras sintéticas como o poliéster (PES) tendem a apresentar tecidos mais leves ao toque, mas com a mesma resistência das fibras naturais.

O que difere também um tecido do outro, além da gramatura, é sua armação, ou seja, o modo como as fibras foram tecidas. A tela, caracterizada por ser 1x1, ou seja, trama e urdume são simples, apresentando um tecido plano e regular. É comum encontrar a tela em tecidos de camisa. A sarja é um ligamento mais complexo que a tela. Os tecidos desenvolvidos em sarja são utilizados principalmente em roupas profissionais, pois sua construção é forte (PEREIRA, 2012). A sarja tem sua trama (horizontal) e urdume (vertical) com repetições variadas: 3x1, 2x1, 8x1. O que irá diferenciar será quantas vezes será repetida cada diagonal de entrelaçamento, permitindo maior resiliência. Na Figura 5, é possível identificar a variação do entrelaçamento da sarja para outros tipos de ligamento de fios, como a tela e o cetim ou chamado raso:

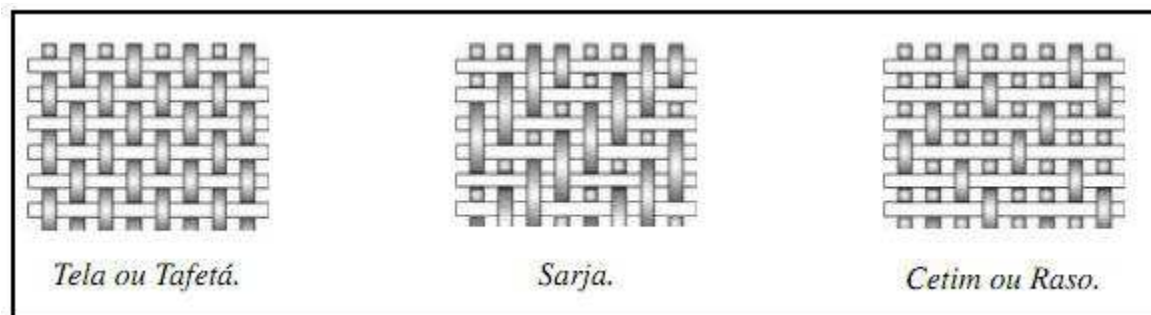


Figura 5: Exemplos de entrelaçamento dos fios têxteis
 Fonte: Pereira, 2012, p. 36.

No tecido jeans, a unidade de medida é pelo peso, mensurado em onça por jarda quadrada. A unidade, representada por “oz” representa a espessura do fio identificando assim a gramatura do tecido. Quanto maior o número, mais pesado é o tecido. Destaca-se a utilização do jeans em roupas profissionais “que, se atualmente é um importante item da moda, teve sua origem como vestimenta de garimpeiros” (PEREIRA, 2012, p. 68).

Outro tecido bastante popular e utilizado em roupas profissionais é o brim. (PEREIRA, 2012). Como apontado na Tabela 2, o brim pode apresentar seu entrelaçamento de fios em sarja 2x1 e 3x1, como mostra a Figura 6:

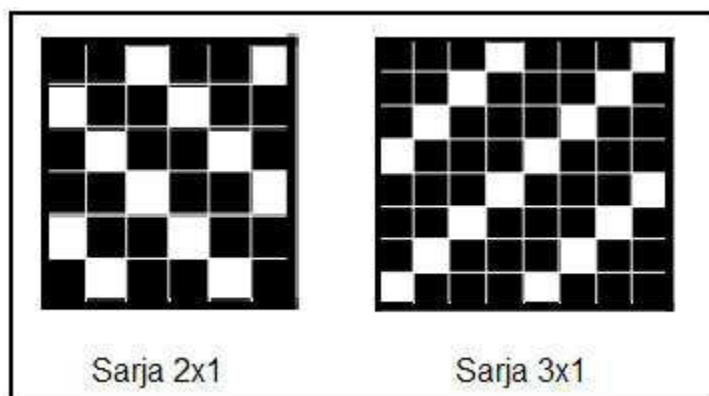


Figura 6: Tipos de sarja para brim
 Fonte: Pereira, 2012, p. 70.

Em geral, o brim é composto de 100% algodão puro ou, misturado a essa fibra, viscose com poliéster.

2.7 NORMAS QUANTO AO ISOLAMENTO TÉRMICO DE VESTIMENTAS

A ISO (*International Organization for Standardization*) 9920:2007 refere-se às estimativas de isolamento térmico e resistência quanto à evaporação das vestimentas, com base em valores já determinados de isolamento das roupas e tecidos, considerando a movimentação do corpo e influência da penetração de ar sob os indivíduos.

A importância deste documento pode ser atribuída a sua abordagem padronizada para pesquisadores do mundo todo para avaliar como um ser humano é afetado pelas roupas usadas em um dado ambiente. São descritas equações envolvendo interações do meio físico com o conjunto de roupas (VANOS et al, 2010).

O índice I_{cl} é uma unidade de medida que foi introduzida para facilitar a visualização do nível de vestimenta. Os valores referentes ao índice de isolamento térmico da vestimenta descritos na ISO 9920 tem sua variável expressa em “clo”. (GRANDI, 2006).

“O isolamento total da roupa pode ser expresso como a soma das contribuições dos artigos individuais de vestimenta utilizada” (GRANDI, 2006, p. 29). Os valores de isolamento e a resistência quanto à evaporação dos conjuntos de roupa foram medidos usando equipamentos como manequins térmicos.

Os dados apresentados foram obtidos na velocidade de ar abaixo de $0,2 \text{ m.s}^{-1}$ – dados para ambientes de escritório. Devido ao alto custo e especialização no manuseio dos equipamentos, a medição real provavelmente fica fora do alcance da maioria dos usuários. Nesse caso, os valores estimados de isolamento e evaporação das vestimentas devem seguir as cláusulas estimadas na Norma.

Os dados disponibilizados pela ISO 9920:2007 correspondem a valores de conjuntos de roupa e vestimenta isolada para que possa ser criado um conjunto completo conforme necessidade. Quando na comparação de dois conjuntos de vestimenta, um seja próximo ao outro, pequenas retificações podem ser feitas, adicionando ou diminuindo alguma peça de roupa para adquirir a melhor estimativa. Correções quanto ao movimento da velocidade de ar podem então ser aplicadas.

Segundo Vanos et al (2010), para uma pesquisa específica, essa ISO não considera a absorção da água pela roupa ou o conforto tátil. Também não lida com o

isolamento separado em diferentes partes do corpo relacionadas com o desconforto causado pela assimetria de uma roupa.

A ISO 9920:2007 apresenta tabelas em que são descritos conjuntos de roupa, a massa, razão da área do corpo vestido e corpo despido (representada por f_{cl}), Isolamento térmico das roupas (representada por I_{cl} e expressa em clo), e o Isolamento térmico total (I_T).

No Anexo A desta Norma, valores de I_{cl} e I_T (isolamento térmico total) são listados para a seleção dos conjuntos de roupa. Todos os dados foram obtidos através do manequim térmico em uma velocidade de ar inferior a $0,2 \text{ m.s}^{-1}$. Na primeira tabela dessa seção (Table A.1) é dada uma pequena descrição dos conjuntos de vestimentas (anexo C ao final deste trabalho).

Nas próximas seções, de 2 a 10, estão listados dados mais extensos que podem ser utilizados para ajustar uma determinada vestimenta comparando com outra. A massa total do vestuário descrito na Norma é baseada em roupas para uma pessoa considerada normal (tamanho na Europa para vestimenta masculina: 52) e não é incluído o calçado. Os números listados nas tabelas citadas possuem detalhamento no Anexo B da Norma, onde são descritos as roupas incluindo algumas figuras demonstrativas.

2.7.1 Imprecisões no modelo do PMV

Para a utilização do modelo do PMV é necessário o conhecimento antecipado ou ainda, a estimativa dos valores do isolamento térmico das vestimentas. Entretanto, esses valores, em geral identificados pela ISO 9920, são limitados considerando a grande variedade de vestimentas existentes (XAVIER, 2000). Nesse sentido, a variedade das roupas apresentam grandes imprecisões nas estimativas podendo chegar a 25% para o índice de isolamento térmico de vestimentas. Segundo o autor, o modelo do PMV não leva em consideração os mecanismos adaptativos, como alteração nos conjuntos de vestimentas pelas pessoas.

A pesquisa de Grandi (2006), em um Centro de Controle Operacional apontou baixa correlação entre as sensações relatadas e o índice PMV. As possíveis causas foram atribuídas às imprecisões nas variáveis M (taxa metabólica)

e I_{cl} (isolamento térmico de vestimentas) que tiveram seus valores tabelados.

Na empresa que fora aplicada a pesquisa, não existem imposições de roupas que não estejam relacionadas com as condições térmicas, diferente do que se espera em escritórios onde se usam ternos e camisas, caracterizando a variabilidade nos resultados como devido à adaptação das diferenças individuais. “No turno da madrugada, os operadores tendem a vestir roupas com maior isolamento que nos outros turnos de trabalho” (GRANDI, 2006, p. 88). No turno da tarde são utilizadas roupas com menor índice de isolamento térmico. “Esse comportamento não está de acordo com a temperatura média radiante que é mais baixa durante a tarde. Uma possível explicação é a influência da temperatura exterior, pois em geral, são esperadas temperaturas mais altas durante a tarde” (GRANDI, 2006, p. 88).

Na Figura 7 é apresentada a diferença entre as sensações térmicas apontadas pelos pesquisados e o índice PMV calculado, mostrando que o valor da sensação tende a ser maior que o índice PMV, com exceção apenas no turno da madrugada.

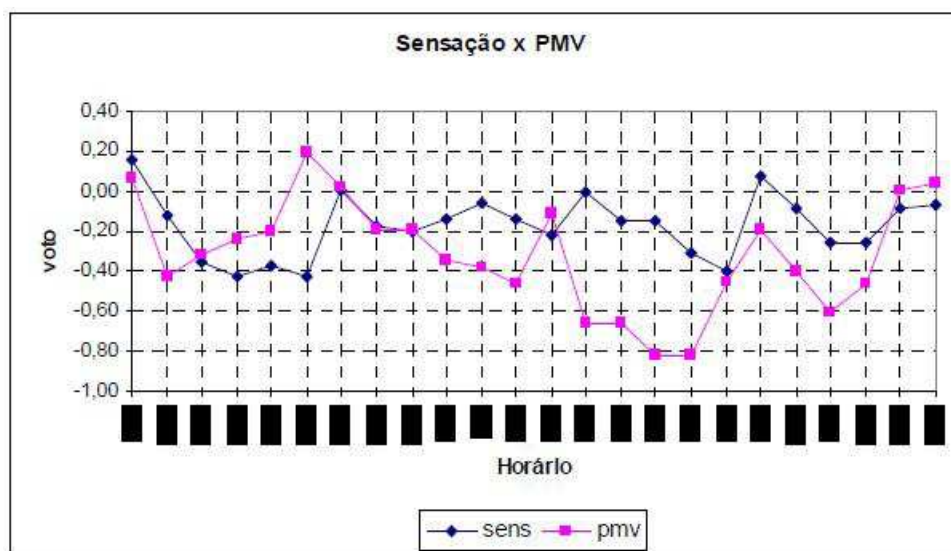


Figura 7: Gráfico dos valores médios de sensação térmica relatada e PMV por hora de medição
Fonte: Grandi, 2006, p. 96.

A pesquisa, que teve como um dos objetivos analisar quais variáveis, ambientais e pessoais, afetaram na sensação térmica, apontou como variáveis significativas ($p < 0,05$) as vestimentas, além da temperatura de bulbo seco,

temperatura radiante média, umidade relativa do ar interior, temperatura operativa e área superficial do corpo nu. “A taxa metabólica e as variáveis ambientais do ar exterior, temperatura e umidade relativa, não se mostraram significativas” (GRANDI, 2006, p. 99). Para essa conclusão foi utilizado o teste Anova não paramétrica Kruskal-Wallis.

Para Vanos et al. (2010) o fato dos valores de I_{cl} serem resultantes de medições em manequim estático e em condições padronizadas, ou seja, sem circulação de ar, é uma desvantagem significativa para as análises de conforto térmico, pois um padrão unidimensional é suscetível de estar em erro quando aplicado a velocidade de ar elevada. Os estudos de Nielsen (1990) mediram a carga de calor imposta pela radiação do sol ao ar livre em atividade de ciclismo, por 60 minutos vestindo roupa preta ou branca. A pesquisa apontou que a roupa preta resultou em 3-4°C maior na temperatura da pele: um aumento de 10 bpm em RH e aumento de 100 gh-1 na taxa de suor.

Segundo Charles (2003), alguns pesquisadores assumem um valor médio para todos os valores de “clo”, com base na temporada e clima do local de estudo, e conjunto de roupas típicas para vestimentas de escritório (tipicamente 0,35-0,6 clo no verão e 0,8-1,2 clo no inverno). Para mais detalhamento nos estudos é pedido para os indivíduos completarem uma lista de verificação de vestuário, que pode então ser usado para selecionar um ou mais valores de “clo” apropriados para o grupo, ou valores separados por participante.

Oseland e Humphreys (1994) observaram que estudos mostram bom valor de “clo” de acordo com manequins térmicos e seres humanos em atividades sedentárias, mas a correspondência diminui em outros níveis de atividade. Apesar de alguns estudos afirmarem que o movimento do corpo tem efeito mínimo sobre os valores de clo, Charles (2003) explica que os estudos com os seres humanos apontam efeitos. O corpo e o movimento do ar afetam o isolamento da roupa e, utilizando os dados da ISO 9920 para a avaliação do conforto térmico implicar-se-á em superestimação do isolamento real e a perda de calor será maior do que o sugerido pelos valores tabelados. Além disso, o autor explica que embora o conhecimento nessa área esteja em expansão, os valores de “clo” são relativamente simples e não refletem inteiramente os efeitos da postura, do material, corte da roupa, transferência de calor dinâmico ou variações da perda de calor pelo corpo todo.

Para Grandi (2006, p. 29) “a necessidade de especificar o valor do isolamento e permeabilidade das vestimentas é uma fonte de incerteza considerável no modelo físico de troca de calor humana”. Pode haver diferenças nas pesquisas em ambientes de laboratório climatizados e pesquisas de campo, pois diferenças de contexto social, expectativas e motivações podem afetar as respostas individuais quanto ao ambiente. Nessas circunstâncias, não é raro encontrar diferença entre o real e o previsto pelo PMV. “Assim é possível que a utilização do PMV como um índice de conforto térmico não reflita a realidade encontrada em medições de campo, onde estão as verdadeiras sensações de conforto térmico relatadas pelas pessoas analisadas” (GRANDI, 2006, p. 94).

Para Charles (2003), o PMV nem sempre é um bom modelo para identificação da sensação térmica real, particularmente em ambientes de estudo de campo. Discrepâncias entre o real e o predito na temperatura neutra refletem as dificuldades inerentes à obtenção exata de medidas de Isolamento térmico de vestimenta e Taxa Metabólica. Na maioria dos ajustes práticos, as pobres estimativas destas duas variáveis são suscetíveis de reduzir a precisão do índice PMV.

2.8 NORMAS REGULAMENTADORAS QUANTO ÀS VESTIMENTAS

O Brasil possui suas Normas Regulamentadoras (NR's) através do Ministério do Trabalho e Emprego, do Governo Federal, as quais estabelecem quais parâmetros as organizações devem adotar para a prevenção de acidentes e o monitoramento de riscos decorrentes da atividade exposta.

Uma das Normas, a NR 6, trata do Equipamento de Proteção Individual como dispositivo que oferece proteção a saúde e integridade física ao trabalhador.

A Portaria N.º 25, de 15 de outubro de 2001, do Ministério do Trabalho e Emprego e da Secretaria de Inspeção do Trabalho, expõe a Norma Regulamentadora 6 e determina: “considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho”. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2001. p. 1).

A Norma discorre parâmetros de fabricação, uso e dimensionamento dos equipamentos de proteção Individuais, bem como do treinamento para o uso correto, importação, cadastramento e restauração. Esse EPI deve ser disponibilizado pela empresa empregadora gratuitamente. (SOUZA; ARAÚJO; BENITO, 1999).

Obrigação da empresa em disponibilizar os equipamentos de proteção individual corretos, a norma especifica em quais circunstâncias essa determinação deve ser cumprida. São elas:

- a) sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças profissionais e do trabalho;
- b) enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas;
- e,
- c) para atender a situações de emergência (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2001, p. 1).

O empregador deve, portanto:

- 6.6.1 - Cabe ao empregador quanto ao EPI:
- a) adquirir o adequado ao risco de cada atividade;
 - b) exigir seu uso;
 - c) fornecer ao trabalhador somente o aprovado pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho;
 - d) orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado, guarda e conservação;
 - e) substituir imediatamente, quando danificado ou extraviado;
 - f) responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica; e,
 - g) comunicar ao MTE qualquer irregularidade observada. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2001, p. 2).

Assim como cada atividade desempenhada tem seus riscos, a NR 6 identifica que cada Equipamento de Proteção Individual deve ser disponibilizado conforme necessidade de proteção. São elas: cabeça, membros superiores, membros inferiores, contra quedas com diferença de nível, auditiva, tronco, corpo inteiro e pele.

Sarraf (2004), em sua pesquisa, identifica que os trabalhadores têm preocupação quanto ao seu bem estar, conforto e segurança quanto ao uso de vestimentas de trabalho. A pesquisa ainda mostrou que o item mais citado pelos trabalhadores é a necessidade da roupa quanto ao conforto térmico.

A norma, quanto aos empregados, determina:

Cabe ao empregado:

6.7.1 - Cabe ao empregado quanto ao EPI:

- a) usar, utilizando-o apenas para a finalidade a que se destina;
- b) responsabilizar-se pela guarda e conservação;
- c) comunicar ao empregador qualquer alteração que o torne impróprio para uso; e,
- d) cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2001, p. 2).

Apesar disso, a NR 6 não cita quanto ao material utilizado nas vestimentas. Por exemplo, quanto ao EPI que recobre o corpo todo, a norma especifica a necessidade do uso:

- a) vestimenta de segurança para proteção de todo o corpo contra respingos de produtos químicos;
- b) vestimenta de segurança para proteção de todo o corpo contra umidade proveniente de operações com água;
- c) vestimenta condutiva de segurança para proteção de todo o corpo contra choques elétricos. *(Incluída pela Portaria SIT n.º 108, de 30 de dezembro de 2004)* (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2001, p. 5).

Com esses dois exemplos pode-se perceber a falta de dados que exijam materiais corretos para a segurança do trabalhador com o uso do uniforme profissional como equipamento de proteção individual. Isso pode acarretar na falha de roupas profissionais ergonomicamente corretos e no excesso de preocupação com a estética na forma de propaganda e marketing da empresa.

Quanto ao Ministério do Trabalho e Emprego, a Norma Regulamentadora 6 determina:

6.11 - Da competência do Ministério do Trabalho e Emprego / MTE

6.11.1. Cabe ao órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho:

- a) cadastrar o fabricante ou importador de EPI;
- b) receber e examinar a documentação para emitir ou renovar o CA de EPI;
- c) estabelecer, quando necessário, os regulamentos técnicos para ensaios de EPI;
- d) emitir ou renovar o CA e o cadastro de fabricante ou importador;
- e) fiscalizar a qualidade do EPI;
- f) suspender o cadastramento da empresa fabricante ou importadora; e,
- g) cancelar o CA.

6.11.1.1. Sempre que julgar necessário o órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, poderá requisitar amostras de

EPI, identificadas com o nome do fabricante e o número de referência, além de outros requisitos.

6.11.2. Cabe ao órgão regional do MTE:

- a) fiscalizar e orientar quanto ao uso adequado e a qualidade do EPI;
- b) recolher amostras de EPI; e,
- c) aplicar, na sua esfera de competência, as penalidades cabíveis pelo descumprimento desta NR. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2001, p. 3).

Apesar da atuação que compete ao Ministério do Trabalho e Emprego pela Norma, percebe-se que os dados são imprecisos. A empresa fabricante do Equipamento de Proteção Individual deve providenciar os testes laboratoriais que comprovem a veracidade do material para a qual se destina o uso, solicitando o Certificado de Aprovação (CA). Esse certificado é verificado e atestado pelos órgãos do governo (SINMETRO).

Na falta de dados mais precisos, Gallois (2002, p. 58) rebate a Legislação quanto às vestimentas:

Não apresentam uma especificação de isolamento confiável, uma vez que não existem normas e tampouco análises técnicas para a certificação expedida (CA – certificado de aprovação), que é dada por declaração do fabricante (registrado com o Certificado de Registro de Fabricante – CRF). Consequentemente, uma série de patologias adversas, correlacionadas ao frio, são detectadas junto aos ambulatórios das empresas bem como em hospitais das regiões as quais preponderam estes tipos de atividades com frio intenso.

O que se percebe é que a empresa é responsável pelo certificado. O que a norma exige é que os órgãos do MTE fiscalizem como discriminados a seguir:

6.12. Fiscalização para verificação do cumprimento das exigências legais relativas ao EPI.

6.12.1. Por ocasião da fiscalização poderão ser recolhidas amostras de EPI, no fabricante ou importador e seus distribuidores ou revendedores, ou ainda, junto à empresa utilizadora, em número mínimo a ser estabelecido nas normas técnicas de ensaio, as quais serão encaminhadas, mediante ofício da autoridade regional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, a um laboratório credenciado junto ao MTE ou ao SINMETRO, capaz de realizar os respectivos laudos de ensaios, ensejando comunicação posterior ao órgão nacional competente.

6.12.2. O laboratório credenciado junto ao MTE ou ao SINMETRO, deverá elaborar laudo técnico, no prazo de 30 (trinta) dias a contar do recebimento das amostras, ressalvados os casos em que o laboratório justificar a necessidade de dilatação deste prazo, e encaminhá-lo ao órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, ficando reservado a parte interessada acompanhar a realização dos ensaios.

6.12.2.1. Se o laudo de ensaio concluir que o EPI analisado não atende aos requisitos mínimos especificados em normas técnicas, o órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho expedirá ato suspendendo a comercialização e a utilização do lote do equipamento referenciado, publicando a decisão no Diário Oficial da União - DOU. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2001, p. 3).

Os parâmetros uma vez identificados na Norma poderão servir como base para a identificação dos corretos uniformes quando da compra pelos empregadores e melhor detalhamento das exigências para a fiscalização. A falta de parâmetros detalhados permite brechas para que as falhas ocorram e não se garanta a real segurança do trabalhador.

Para a expedição do Certificado de Aprovação (CA) a norma estabelece uma série de requisitos os quais os fabricantes devem cumprir e também quanto a sua validade:

- a) de 5 (cinco) anos, para aqueles equipamentos com laudos de ensaio que não tenham sua conformidade avaliada no âmbito do SINMETRO;
- b) do prazo vinculado à avaliação da conformidade no âmbito do SINMETRO, quando for o caso;
- c) de 2 (dois) anos, para os EPI desenvolvidos até a data da publicação desta Norma, quando não existirem normas técnicas nacionais ou internacionais, oficialmente reconhecidas, ou laboratório capacitado para realização dos ensaios, sendo que nesses casos os EPI terão sua aprovação pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, mediante apresentação e análise do Termo de Responsabilidade Técnica e da especificação técnica de fabricação, podendo ser renovado até 2006, quando se expirarem os prazos concedidos; e,
- d) de 2 (dois) anos, renováveis por igual período, para os EPI desenvolvidos após a data da publicação desta NR, quando não existirem normas técnicas nacionais ou internacionais, oficialmente reconhecidas, ou laboratório capacitado para realização dos ensaios, caso em que os EPI serão aprovados pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, mediante apresentação e análise do Termo de Responsabilidade Técnica e da especificação técnica de fabricação (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2001, p. 3).

Ainda em relação ao Certificado de Aprovação, a Norma Regulamentadora 6, do MTE, determina que, para sua obtenção sejam atendimentos os seguintes critérios:

O requerimento para aprovação do EPI de fabricação nacional ou importado deverá ser formulado, solicitando a emissão ou renovação do CA e instruído com os seguintes documentos:

- a) memorial descritivo do EPI, incluindo o correspondente enquadramento no ANEXO I desta NR, suas características técnicas, materiais empregados na sua fabricação, uso a que se destina e suas restrições;
- b) cópia autenticada do relatório de ensaio, emitido por laboratório credenciado pelo órgão competente em matéria de segurança e saúde no trabalho ou do documento que comprove que o produto teve sua conformidade avaliada no âmbito do SINMETRO, ou, ainda, no caso de não haver laboratório credenciado capaz de elaborar o relatório de ensaio, do Termo de Responsabilidade Técnica, assinado pelo fabricante ou importador, e por um técnico registrado em Conselho Regional da Categoria;
- c) cópia autenticada e atualizada do comprovante de localização do estabelecimento, e,
- d) cópia autenticada do certificado de origem e declaração do fabricante estrangeiro autorizando o importador ou o fabricante nacional a comercializar o produto no Brasil, quando se tratar de EPI importado (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2001, P. 3).

Em 2009, uma nova portaria (PORTARIA N.º 121, DE 30 DE SETEMBRO DE 2009) descreve os princípios obrigatórios na concepção e fabricação de EPI:

- a) os EPI devem ser concebidos e fabricados de forma a propiciar dentro das condições normais das atividades o nível mais alto possível de proteção;
- b) a concepção dos EPI deve levar em consideração o conforto e a facilidade de uso por diferentes grupos de trabalhadores, em diferentes tipos de atividades e de condições ambientais;
- c) os EPI devem ser concebidos de maneira a propiciar o menor nível de desconforto possível;
- d) o EPI deve ser concebido de forma a não acarretar riscos adicionais ao usuário e não reduzir ou eliminar sentidos importantes para reconhecer e avaliar os riscos das atividades;
- e) todas as partes do EPI em contato com o usuário devem ser desprovidas de asperezas, saliências ou outras características capazes de provocar irritação ou ferimentos;
- f) os EPI devem adaptar-se à variabilidade de morfologias do usuário quanto a dimensões e regulagens, ser de fácil colocação e permitir uma completa liberdade de movimentos, sem comprometimento de gestos, posturas ou destreza;
- g) os EPI devem ser tão leves quanto possível, sem prejuízo de sua eficiência, e resistentes às condições ambientais previsíveis;
- h) EPI que se destinam a proteger simultaneamente contra vários riscos devem ser concebidos e fabricados de modo a satisfazerem as exigências específicas de cada um desses riscos e de possíveis sinergias entre eles;
- i) os materiais utilizados na fabricação não devem apresentar efeitos nocivos à saúde. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2009, p. 2)

Nessa nova portaria é percebido melhor detalhamento dos equipamentos de proteção de forma a propiciar melhores condições de uso para os trabalhadores.

Contudo, a falta de informações precisas ainda é perceptível e pode ser prejudicial, principalmente ao trabalhador que necessita do equipamento de proteção individual. Almeida e Veiga (2010) sustentam a necessidade de disponibilizar um EPI não apenas para tornar o ambiente seguro, e sim utilizar aquele que atende a necessidade da atividade. Porém, há grande necessidade de estudos na área de tecnologia para o desenvolvimento de EPI's adequados a cada ramo de atividade para que não haja generalização ao disponibilizá-los aos trabalhadores.

Os autores ainda destacam a falta de metodologias validáveis utilizadas no Brasil para EPI's quanto ao conforto térmico e a avaliação de permeabilidade, relacionando com a resposta orgânica dos trabalhadores:

Existe uma grande carência no método de avaliação da resposta orgânica ao estresse térmico provocado pela vestimenta associado à condição climática desfavorável ao resfriamento corporal necessário para que ocorra a termorregulação corporal. [...] A legislação é omissa no que diz respeito a parâmetros sobre a termorregulação corporal e o conforto térmico. A legislação deve ser aprimorada, incorporando aspectos da termorregulação. Mas, para isso deve ser acompanhada pelo desenvolvimento tecnológico relativo à vestimenta de proteção do trabalhador. Cada EPI deve ser desenvolvido para uma atividade específica e se possível para uma população específica. (ALMEIDA; VEIGA, 2010, p. 37).

A Norma Regulamentadora 6 normatiza os Equipamentos de Proteção Individual em geral quanto a agentes externos, porém, desconsidera efeitos como a termorregulação corporal. Sendo necessária a evaporação do suor para a termorregulação corporal, o EPI, quando recobre o corpo como um todo, tende a interferir negativamente nesse mecanismo termorregulador. (ALMEIDA; VEIGA, 2008).

Na portaria de 2009 (PORTARIA N.º 121, DE 30 DE SETEMBRO DE 2009), começa-se a perceber a importância dada pelas normas quanto ao isolamento térmico:

2.5. EPI destinados a proteger contra os efeitos do calor e chamas devem possuir capacidade de isolamento térmico e resistência mecânica compatíveis com as condições previsíveis de utilização.

2.5.1. Os materiais constitutivos e outros componentes destinados à proteção contra o calor proveniente de radiação e convecção devem apresentar resistência apropriada e grau de incombustibilidade suficientemente elevado para evitar qualquer risco de auto-inflamação nas condições previsíveis de utilização. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2009, p.2)

E quanto ao frio:

2.7. EPI destinados a proteger contra os efeitos do frio devem possuir isolamento térmico e resistência mecânica apropriados às condições previsíveis de utilização para as quais foram fabricados.

2.7.1. Os materiais e outros componentes flexíveis dos EPI destinados a intervenções dentro de ambientes frios devem conservar grau de flexibilidade apropriado, permitindo completa liberdade de movimentos, sem comprometimento de gestos, posturas ou destreza.

2.7.2. EPI de proteção contra o frio devem resistir à penetração de quaisquer líquidos, incluindo água, e não devem provocar lesões resultantes de contatos entre a sua superfície externa e o usuário. (*Redação alterada pela Portaria SIT n.º 145, de 28 de janeiro de 2010*).

2.7.3. Os fabricantes de vestimentas de proteção contra o frio devem comprovar ao DSST, por meio de laudos técnicos e ensaios efetuados por laboratório capacitado no Brasil, os requisitos de designação de tamanhos, de resistência à penetração de água e de resistência ao rasgamento. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2009, p.3)

A essa importância entre o calor e o homem, Azevedo, Barbosa e Silva (2005, p. 1) explicam que:

À medida que o índice de estresse térmico se eleva, acima da zona de conforto, pode suscitar mal estar psicológico, diminuição da capacidade de trabalho, transtornos fisiológicos, golpe de calor, esgotamento físico, borbulhagem na pele, fadiga cerebral, desidratação, sensação de fadiga, diminuição da destreza, descoordenação sensorial e motriz, incidência de doenças cardiovasculares, perturbações gastrointestinais etc.

Diante dessa série de possíveis incidências, especificamente quanto às vestimentas, os autores destacam que o conforto térmico varia em um mesmo ambiente, pois as pessoas sentem-se confortáveis com roupas diferentes (AZEVEDO; BARBOSA; SILVA, 2005). Por isso, Almeida e Veiga (2008) destacam que a avaliação do conforto térmico depende da avaliação do indivíduo, e esta é subjetiva.

A NR 15 estabelece limites de tolerância quanto à exposição ao calor. Segundo a norma, o trabalhador está sujeito a três principais fontes de calor no ambiente de trabalho sendo elas:

- Temperatura do ar, do vento e também umidade;
- radiação do sol e das máquinas;
- trabalho muscular.

Paralelo a isso, o ser humano perde calor por Convecção, Radiação e Evaporação. A Norma Regulamentadora 6 entende que há variação de pessoa para pessoa quanto ao equilíbrio térmico. Essas variáveis são quanto à estação, vestimentas, adaptação e stress ocupacional.

Se o indivíduo, na sua atividade de trabalho, recebe uma alta carga térmica sem controle adequado, o risco de ocorrer efeitos nocivos a saúde é alto. Por isso, é necessário que o ambiente de trabalho seja adequado ao indivíduo no sentido de garantir sua saúde. É importante salientar que a Norma Regulamentadora 6 cita a questão das vestimentas, as quais não devem limitar ou impedir o processo de transpiração natural, pois isso acarreta em fadiga térmica ao indivíduo.

O detalhamento da NR 15 (Atividades e Operações Insalubres) pode ser aliado a Norma Regulamentadora 6 quanto ao uso de Equipamentos de Proteção Individual, mas quanto ao uso de vestimenta de trabalho faltam informações mais completas (ALMEIDA; VEIGA, 2008).

O homem tem seu sistema termorregulador mais eficaz quanto ao calor do que ao frio. Sendo assim, é importante que o corpo esteja protegido do frio através de roupas isolantes ou permanecendo em ambientes com calefação. Em um ambiente frio e sem proteção necessária o corpo perde calor o que afeta o funcionamento dos órgãos internos quando há diminuição da temperatura interna.

Segundo Wiczick, (2008), tremor, volume das roupas e luvas podem afetar a eficiência do trabalhador. Acidentes podem ocorrer devido à redução da sensibilidade dos dedos e da flexibilidade nas articulações se as mãos, por exemplo, estiverem expostas a uma temperatura igual ou inferior a 15°C.

Como medida preventiva aos possíveis efeitos do frio sobre o homem, a Norma Regulamentadora 15 identifica a utilização de proteção individual e a limitação do tempo em atividade. “Em relação à proteção individual, o trabalhador deve estar provido de casaco adequado, gorro e calçado” (SOUZA; ARAÚJO; BENITO, 1999, p. 437). Quanto ao uniforme em geral, a norma especifica que deve cobrir o pescoço e a cabeça, além de assegurar ao máximo o isolamento. Quanto maior a velocidade do ar e menor a temperatura do ambiente, maior deverá ser o isolamento proporcionado pelas vestimentas a fim de garantir a proteção do indivíduo.

Sendo assim, destaca-se que outra medida para o isolamento térmico é a necessidade de que a vestimenta precisa estar seca, limpa e em estado de

conservação considerado bom e adequado, pois devido ao excesso de uso o material tende a perder sua eficácia como isolante (SOUZA; ARAÚJO; BENITO, 1999).

Quanto aos ambientes frios de trabalho, se o trabalho for considerado leve tiver a roupa protetora molhada ao longo das atividades, o material utilizado na parte externa da peça de roupa deve ser impermeável. Entretanto, se a atividade desempenhada for considerada pesada, a roupa deve ter material repelente à água e ser substituída caso venha a ser molhada. Caso a atividade de trabalho caracterizar-se por mudança de ambientes, de frio para quente, quente para frio, temperaturas normais para quentes, antes de o indivíduo adentrar ao recinto é necessária a verificação de um possível suor da pele. Se isso for identificado, faz-se necessária a troca imediata da vestimenta antes de entrar no ambiente frio.

Na falta de equipamento de proteção individual que não garanta adequada proteção ao frio favorecendo a hipotermia ou enregelamento, a atividade deve ser alterada, modificada ou até mesmo suspensa até que se apresente uma roupa adequada ou uma melhoria nas condições ambientais.

Estar exposto ao frio pode ser tão prejudicial ao ser humano que empregados novos não devem ser submetidos à mesma carga horária de um trabalhador regular até que se dê tempo suficiente para adaptação do indivíduo com as condições que o trabalho ofereça e as vestimentas adequadas para a sua proteção. Além disso, variáveis como peso e volume das roupas precisam ser analisadas junto à estimativa de desempenho e produtividade do trabalhador.

Em salas refrigeradas as roupas protetoras devem ser especiais para conter o vento e deve ser analisada e assim fornecida de acordo com a velocidade do ar.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse capítulo refere-se à classificação da pesquisa e às etapas que foram realizadas para atingir os objetivos propostos neste trabalho.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa bibliográfica, classificação da pesquisa quanto aos seus procedimentos técnicos, busca explicar problemas a partir de referencial teórico que fora publicada. É apresentado a termorregulação corporal do ser humano, as variáveis que interferem no conforto térmico, os mecanismos de troca de calor e o modelo PMV/PPD.

O trabalho também apresenta uma abordagem das Normas Regulamentadoras da Legislação Brasileira e da Norma ISO 9920:2007, as quais tratam de assuntos relativos às vestimentas do trabalhador, a saber:

- NR 6: Equipamentos de Proteção Individual - EPI;
- NR 15: Atividades e Operações Insalubres;
- ISO 9920:2007: Estimativa do isolamento térmico e resistência evaporativa de um conjunto de vestimentas.

A caracterização das roupas também é abordada nesta pesquisa, a fim de buscar variáveis que podem caracterizar imprecisões significativas em conforto térmico.

Quanto aos procedimentos técnicos, além da pesquisa bibliográfica, esse trabalho também utiliza como fonte de informação a pesquisa de campo.

A pesquisa caracteriza-se, quanto à abordagem do problema, predominantemente como quantitativa com abordagem estatística através do uso de recursos e técnicas estatísticas. A pesquisa também é considerada qualitativa, pois abrange interpretação dos pesquisadores quanto ao fenômeno.

3.2 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

As etapas desse trabalho compreendem:

- a) Levantamento de referencial teórico;
- b) Levantamento de dados coletados em pesquisa de campo quanto ao conforto térmico de trabalhadores;
- c) Análise do modelo de conforto térmico na indústria a partir de predição de Índices de Isolamento Térmico de Vestimenta obtidos através da Sensação térmica real;
- d) Identificação das características das roupas que podem influenciar no conforto térmico.

3.2.1 Coleta de dados

O banco de dados utilizado nesse trabalho é resultado de pesquisa realizada em ambiente industrial, do setor metal-mecânico. Os dados foram disponibilizados pela dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, de Norma de Melo Pinto, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, em 2011.

A coleta de dados foi realizada nos meses de maio, agosto e novembro de 2010, com os trabalhadores fabris em sua totalidade do sexo masculino, sendo efetuadas segundo as Normas ISO 8996 (2004); ISO 7730 (2005); ISO 9920 (2007). O questionário utilizado na pesquisa em cada medição encontra-se no Anexo A. Foram coletados 72 medições no total, sendo desconsiderados 5 valores por serem classificados como espúrios (valores inconsistentes ou falsos com a maioria dos dados de um conjunto), quanto às variáveis ambientais.

Consta no Apêndice B as 67 medições que constituem a amostra da pesquisa. Os dados apresentaram-se em distribuição normal no nível de confiança de 90% para o teste de Kolmogorov e Smirnov (PINTO, 2011). Consta no Apêndice B também, o índice PMV calculado a partir dos dados coletados na pesquisa através do programa Analysis 1.5. Os dados foram disponibilizados com 2 casas decimais.

3.2.2 Instrumento de coleta de dados

Os dados coletados na pesquisa são classificados em três categorias: variáveis ambientais, variáveis pessoais e variáveis subjetivas. A seguir, apresenta-se os instrumentos utilizados para cada categoria.

Para a obtenção das variáveis ambientais foram seguidas orientação da ISO 7726 (1996), que trata dos instrumentos e procedimento para coleta de dados em conforto térmico.

O equipamento utilizado foi o Confortímetro Sensu®, como mostra a Figura 8, a qual é propriedade do Laboratório de Ergonomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, (LabERGO). O equipamento, desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina, possui termômetro para o ar, termômetro de globo negro, anemômetro de haste quente e medidor de umidade relativa. O equipamento possui um tripé, para permitir seu uso em diversas alturas.



Figura 8 - Confortímetro Sensu®
Fonte: Pinto (2011)

O equipamento é programado para medir e armazenar os dados em intervalos de tempos regulares, sendo possível observar os valores adquiridos em tempo real ou através de gráficos estruturados pelo mesmo.

Para a obtenção das variáveis pessoais, Taxa metabólica e Isolamento térmico de vestimentas, foram utilizadas as normas ISO 8996:2004 (em função da atividade desempenhada) e ISO 9920:1995 respectivamente.

A pesquisa obteve as duas variáveis subjetivas, Sensação (S) e Preferência térmica (P), através de um questionário (APÊNDICE A) de percepção e preferência térmica normalizada pela ISO 10551:1995.

O questionário é composto por cinco perguntas objetivas, que incluem: dados do trabalhador (idade, massa, altura e sexo), vestimentas, sensação e preferência térmica no momento da medição.

3.2.3 Tratamento dos dados

A fim de verificar a existência de imprecisões nos valores de I_{cl} da ISO 9920:2007, foram realizadas duas metodologias descritas a seguir. Para tal, foram utilizadas planilhas eletrônicas e o programa *Statistic*. Para o cálculo do PMV, foi utilizado o software Analysis 1.5.

3.2.3.1 Metodologia 1

A primeira metodologia desenvolvida seguiu as seguintes etapas (com dados obtidos do Apêndice B):

a) Análise de Regressão Múltipla entre Sensação e variáveis (ambientais e pessoais), gerando a equação 16:

$$S = 0,01934.M + 0,06213.T_{ar} + 0,06787.T_{rm} - 0,00764.U_r - 0,14259.V_{ar} - 1,35179.I_{cl} - 2,61482 \quad [16]$$

a) Determinação do I_{cl} calculado através do isolamento da variável I_{cl} da equação 15, gerando a equação 17:

$$I_{cl \text{ calculado}} = - (0,73976.S) + 0,0143.M + 0,04596.T_{ar} + 0,0502.T_{rm} - (0,00562.U_r) - (0,10548.V_{ar}) - 1,9343389 \quad [17]$$

b) Análise de Regressão Linear entre I_{cl} calculado como variável dependente e I_{cl} tabelado como variável independente, gerando a equação 18, quanto ao I_{cl} predito:

$$I_{cl \text{ predito}} = 1,000314.I_{cl \text{ tabelado}} - 0,000242 \quad [18]$$

c) Cálculo do PMV utilizando o valor de I_{cl} predito;

d) Análise de Regressão Linear entre Sensação e PMV com I_{cl} predito.

3.2.3.2 Metodologia 2

Como segunda metodologia, as duas primeiras etapas da Metodologia 1 foram mantidas, seguindo de nova proposta como segue:

a) Análise de Regressão Múltipla entre Sensação e variáveis (ambientais e pessoais), gerando a equação 15:

$$S = 0,01934.M + 0,06213.T_{ar} + 0,06787.T_{rm} - 0,00764.U_r - 0,14259.V_{ar} - 1,35179.I_{cl} - 2,61482 \quad [19]$$

b) Determinação do $I_{cl \text{ calculado}}$, isolando o I_{cl} da equação 15, e calculando-o através da equação 16:

$$I_{cl \text{ calculado}} = - (0,73976.S) + 0,0143.M + 0,04596.T_{ar} + 0,0502.T_{rm} - (0,00562.U_r) - (0,10548.V_{ar}) - 1,9343389 \quad [20]$$

c) Subtração do valor de $I_{cl \text{ calculado}}$ do valor de $I_{cl \text{ tabelado}}$ para cada uma das 67 medições, resultando em uma média no valor de 0,05;

d) Novo cálculo do I_{cl} adicionando o valor de 0,05 considerando-o como um Incremento Numérico para fator de correção nos valores de I_{cl} tabelados;

e) Cálculo do PMV utilizando o novo valor de I_{cl} com o Incremento Numérico;

f) Análise de Regressão Linear entre Sensação e PMV obtido com o I_{cl} incremento.

Ao final, foram comparados os resultados para a identificação de qual metodologia proposta obteve melhor resultado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse tópico divide-se em duas partes. A primeira refere-se aos dados de operacionalização das metodologias propostas com o fim de verificar a existência de imprecisões nos valores de Isolamento térmico de vestimenta da ISO 9920:2007. Na sequência, apresenta-se a discussão dos resultados com o levantamento de variáveis que interferem na caracterização das roupas.

4.1 RESULTADOS

A Análise de Regressão Linear entre a Sensação e o valor obtido de PMV (identificado como PMV 1), através do programa *Statistica*, resultou em um coeficiente de 0,7748 (R^2 ajustado) conforme pode ser visto na Figura 9:

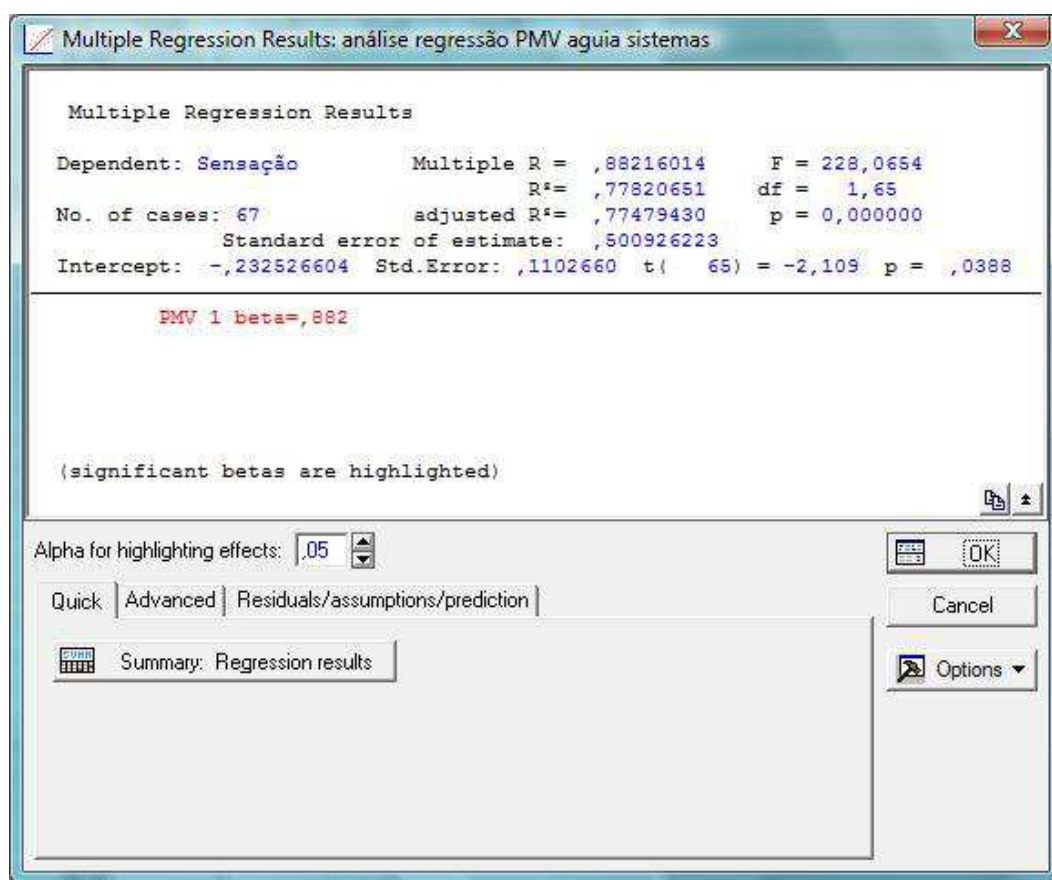


Figura 9: Análise de Regressão Linear entre Sensação e PMV 1
Fonte: Pesquisador.

A fim de melhorar esse índice, foi realizada a Análise de Regressão Múltipla das 67 medições (Apêndice B) sendo a variável dependente a Sensação (S) e as variáveis independentes sendo os valores de Isolamento Térmico da Vestimenta (I_{cl}), Taxa Metabólica (M), Temperatura do ar (T_{ar}), Temperatura radiante média (T_{rm}), Velocidade do ar (V_{ar}) e Umidade Relativa (U_r). Os valores encontrados, utilizando os dados da coluna B, como mostra a Figura 10, geraram a equação 21:

$$S = 0,01934.M + 0,06213.T_{ar} + 0,06787.T_{rm} - 0,00764.U_r - 0,14259.V_{ar} - 1,35179.I_{cl} - 2,61482 \quad [21]$$

Regression Summary for Dependent Variable: S (dados aguia 67)						
R= ,92556175 R ² = ,85666455 Adjusted R ² = ,84233100						
F(6,60)=59,766 p<0,0000 Std.Error of estimate: ,41914						
N=67	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(60)	p-level
Intercept			-2,61482	1,037763	-2,51967	0,014427
I_{cl}	-0,144419	0,063885	-1,35179	0,597977	-2,26060	0,027425
T_{ar}	0,279223	0,168766	0,06213	0,037551	1,65450	0,103249
T_{rm}	0,344786	0,161127	0,06787	0,031716	2,13984	0,036444
U_r	-0,099841	0,071220	-0,00764	0,005451	-1,40186	0,166109
V_{ar}	-0,035155	0,070060	-0,14259	0,284175	-0,50178	0,617657
M Tab	0,265803	0,062015	0,01934	0,004513	4,28608	0,000067

Figura 10: Dados da Análise de Regressão Múltipla
Fonte: Pesquisador.

A coluna B da Figura 10 destaca em vermelho as variáveis que tem significância no cálculo de Análise de Regressão Múltipla. Entretanto, as variáveis T_{ar} , U_r , V_{ar} teoricamente são variáveis significativas para o índice PMV (PEREIRA; COUTINHO; SILVA, 2009; CHARLES, 2003), não cabendo aqui excluí-los considerando que essa insignificância apresentou-se para o banco de dados utilizado nesta pesquisa.

Com a equação gerada pelos dados da Figura 10, foi isolada a variável I_{cl} , gerando a equação 22:

$$I_{cl \text{ calculado}} = - (0,73976.S) + 0,0143.M + 0,04596.T_{ar} + 0,0502.T_{rm} - (0,00562.U_r) - (0,10548.V_{ar}) - 1,9343389 \quad [22]$$

Com o cálculo da equação 22, foi obtido o valor de $I_{cl \text{ calculado}}$, como mostra a Apêndice C.

As próximas etapas foram realizadas sob duas metodologias descritas nos tópicos a seguir.

4.1.1 Metodologia 1

Como primeira proposta para melhoria da correlação entre PMV e S, foi realizada uma Análise de Regressão Linear entre o valor de $I_{cl \text{ calculado}}$ como variável dependente e $I_{cl \text{ tabelado}}$ como variável independente. O resultado foi a identificação do $I_{cl \text{ predito}}$ dado por função de $I_{cl \text{ tabelado}}$, como mostra a equação a seguir:

$$I_{cl \text{ predito}} = 1,000314 \cdot I_{cl \text{ tabelado}} - 0,000242 \quad [23]$$

O Apêndice D apresenta os resultados do cálculo do $I_{cl \text{ predito}}$ através da equação 23 e o respectivo cálculo do PMV.

Com o índice $I_{cl \text{ predito}}$, o novo cálculo do PMV apresentou os mesmos resultados do PMV 1 o qual utilizou o $I_{cl \text{ tabelado}}$. Portanto, a correlação entre S e PMV com o $I_{cl \text{ predito}}$ é de 0,7748.

4.1.2 Metodologia 2

Como segunda proposta, o valor de $I_{cl \text{ calculado}}$ foi subtraído do valor do $I_{cl \text{ tabelado}}$, para cada medição. A média dis valores dessa diferença foi de 0,05. Esse valor foi então adicionado ao valor do $I_{cl \text{ tabelado}}$, como um Incremento Numérico, considerando-o um Fator de Correção, resultando no $I_{cl \text{ incremento}}$. O PMV foi novamente calculado, utilizando os valores do $I_{cl \text{ incremento}}$. O Apêndice E apresenta esses resultados.

A correlação entre a Sensação e o PMV com $I_{cl \text{ incremento}}$ apresentou resultado de 0,7914 no R^2 ajustado, conforme mostra a Figura 11:

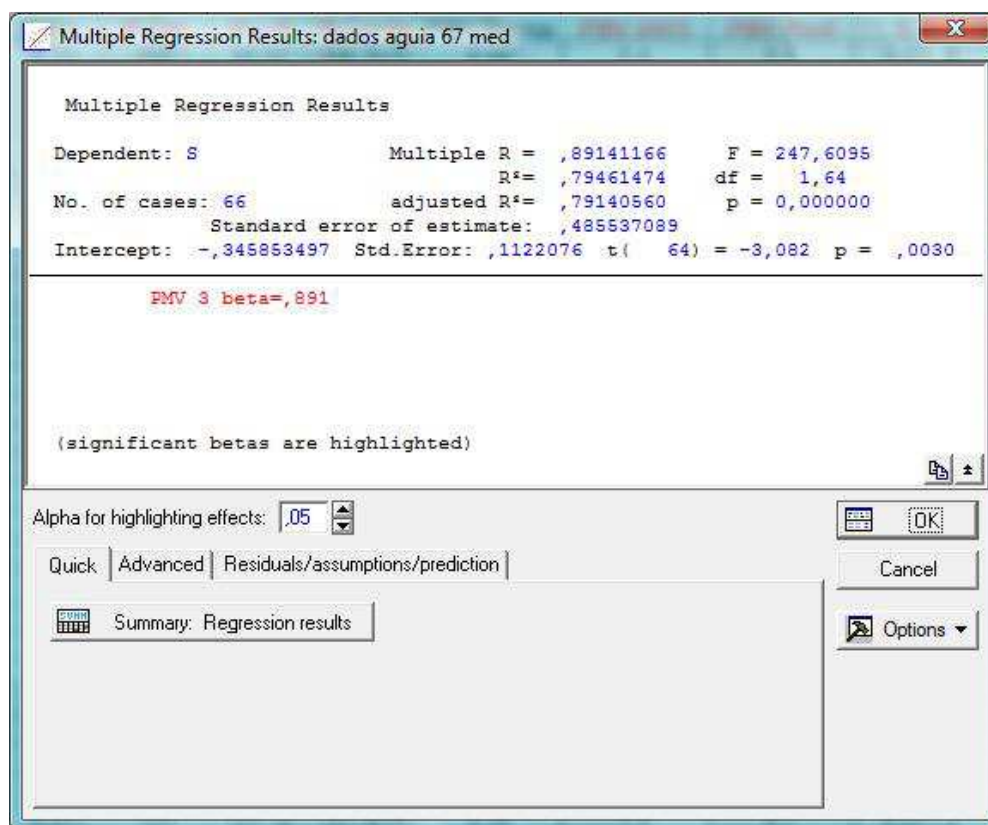


Figura 11: Dados de regressão entre S e PMV com I_{cl} incremento
Fonte: Pesquisador.

Ao aplicar o Incremento Numérico no valor médio de 0,05 nos valores de I_{cl} tabelado como fator de correção foi obtido um leve aumento na correlação entre Sensação e PMV, como mostra a Tabela 3:

Tabela 3: Comparativo da Análise de Regressão dos índices de PMV calculados

ÍNDICE PMV	R ² AJUSTADO
PMV 1	0,7748
PMV com I_{cl} predito	0,7748
PMV com I_{cl} incremento	0,7914

Fonte: Pesquisador.

A Tabela 3 mostra que o valor do R² ajustado do PMV com I_{cl} incremento foi de 0,7914, um valor de 0,0167 em relação ao PMV 1 e o PMV com I_{cl} predito, ou seja, uma melhoria de 2%.

4.2 DISCUSSÃO

Apesar da literatura apontar dúvidas quanto ao uso do índice do Voto Médio Estimado (PMV), o método se mostrou eficiente para o banco de dados utilizado nesse trabalho.

As duas metodologias propostas visaram a melhoria da correlação entre PMV e Sensação considerando que pode haver uma variação significativa entre pesquisas em laboratório e pesquisas de campo, como apontado nos itens 2.5 e 2.6 deste trabalho.

Entretanto, a primeira metodologia não apresentou variação nos valores considerando o cálculo do $I_{cl \text{ predito}}$. A segunda metodologia proposta, utilizando o cálculo do $I_{cl \text{ incremento}}$, apresentou um aumento na correlação no valor de 2%, porém sendo essa diferença insignificante para caracterizar uma melhoria de correlação.

O que pode caracterizar as imprecisões significativas nos valores de isolamento térmico das vestimentas apontadas na revisão de literatura e a não correlação de 100% no índice de PMV em relação a sensação térmica real apontada na pesquisa realizada na empresa, é a não caracterização correta da roupa devido a uma série de variáveis.

O tópico 2.6 a respeito da termorregulação corporal através das vestimentas aponta a influência da roupa e sua importância para o conforto térmico. O presente trabalho também apresenta a dificuldade de proporcionar conforto térmico aos trabalhadores (tópico 2.6.1).

Entre alguns exemplos, Felix et al (2010) apontam a dificuldade de proporcionar conforto térmico aos profissionais envolvidos em um ambiente cirúrgico. Os autores concluem os fatores pessoais: vestimenta e o nível de atividade, como a principal dificuldade em proporcionar conforto térmico a uma equipe cirúrgica. Por isso, eles apontam que o conforto térmico do cirurgião deve ser priorizado já que este tem a maior responsabilidade na operação.

Humphreys observou que o modelo PMV foi mais preciso em estudos de laboratório considerando atividades sedentárias e roupas leves, mas que há maior discrepância nos dados entre o PMV e o voto médio real quando considerado roupas mais pesadas e níveis de atividade superior (CHARLES, 2003).

O corpo revestido pela vestimenta pode garantir que não haja troca de calor quando a necessidade é evitar a troca de calor com o ambiente. Entretanto, quando há essa necessidade, a vestimenta inadequada prejudica o balanço térmico.

Ao analisar as fibras têxteis, como explica o tópico 2.6.2, identifica-se que as fibras sintéticas como o poliéster tendem a apresentar tecidos mais leves ao toque, mas com a mesma resistência das fibras naturais.

A interação devido ao contato entre a pele e a roupa pode desenvolver umidade, secreção e micose, por exemplo. Mas isso pode ser evitado com a utilização de fibras têxteis que apresentem um desempenho adequado para as necessidades do corpo que a roupa está em contato (SOUTINHO, 2006).

Existem tecidos tecnológicos que apresentam características especiais a fim de proporcionar conforto ou proteção para o usuário. Tecidos com tecnologia para secagem rápida têm sido cada vez mais comuns nas ofertas de roupa profissional. Esses tecidos têm apresentado composição de poliéster, a fim de administrar a temperatura e a umidade da pele para absorver o suor mais rápido que os tecidos comuns e transportá-lo para a camada exterior do tecido. Além disso, tecidos com algodão compacto têm sido oferecidos para climas tropicais. A principal característica desse tecido é que seu fio compacto apresenta maior regularidade que o fio de algodão comum. Sua composição é algodão e fios de poliéster microfilamentado.

Outra tendência no mercado é o tecido com proteção anti-estática. É composto por fios mistos e multifilamentos de poliéster além de aço inox a fim de apresentar um tecido que garanta uma condutividade de eletricidade estática em até 50 vezes maior que o fio de carbono apresenta. Por isso, tem sido usado em roupas de proteção quando na dissipação eletrostática na indústria de eletrônicos, por exemplo. Para empresas que precisam de uma proteção de repelência a líquidos e óleos, como é o caso de indústrias químicas e hospitais, o mercado também oferece tecidos com essa funcionalidade. Além da repelência, o tecido não provoca alergia, mantém a transpirabilidade do tecido e é atóxico. Sua composição é poliéster (TECELAGE M PANAMERICANA, 2011).

Os tecidos anti-microbianos também surgiram no mercado. No início, foram desenvolvidos para o combate de infecções hospitalares. Porém, sua aceitabilidade foi tamanha que seu uso foi ampliado para o vestuário de moda. Outros tecidos foram desenvolvidos e identificados para o mercado da roupa profissional como os

tecidos com fios técnicos para a termorregulação e com proteção contra a proliferação de bactérias, os quais exigem conforto, calor e proteção. (SOUTINHO, 2006).

Como o custo das fibras com agregado tecnológico tem custo superior ao convencional é conveniente que a utilização nos tecidos seja racionalizada com a quantidade no mínimo possível, mas que garanta o desempenho almejado. (SOUTINHO, 2006).

Com o objetivo de analisar os diferentes componentes que relacionam-se ao conforto térmico, Teixeira et al. (2011) apresentaram o desenvolvimento de algumas malhas de função multifuncional que foram testadas em laboratórios. As malhas foram aplicadas como forro de bota de caminhada e na fabricação de camiseta. Também foi realizado teste em manequim térmico para a medição do I_{cl} .

O primeiro passo no desenvolvimento da malha funcional, foi a escolha das matérias-primas a utilizar na sua produção. O desempenho da malha foi obtido através de uma malha de estrutura de dupla face em combinação com uma correcta selecção dos materiais utilizados. Desta forma, uma fibra hidrófila foi colocada numa face e uma fibra hidrofóba na outra face. Algodão (CO), milho (ácido poliláctico - PLA), soja (SPF) e bambu (BAM), foram seleccionados como fibras hidrófilas; polipropileno (PP) e poliéster (PES) foram seleccionados como fibras hidrofóbas (TEIXEIRA et al., 2011, p. 2)

Foram produzidas 24 amostras e identificadas características como permeabilidade ao ar, ao vapor d'água, resistência térmica e capilaridade. Dentre os resultados encontrados:

A combinação PLA/PES se mostra mais adequada a um clima frio em função do seu isolamento térmico, enquanto a estrutura 1 em bambu seria a escolhida para um clima quente pois em oposição apresenta um baixo valor de isolamento térmico e boa capilaridade (TEIXEIRA et al., 2011, p.3).

As combinações de PLA/PP e BAM/PES (milho e polipropileno, e bambu e poliéster, respectivamente) foram utilizadas para a fabricação das camisetas.

Para a identificação do isolamento térmico total, a camiseta foi testada em um manequim térmico, que esteve vestido de uma calça simples e meias para caracterizar um conjunto de vestimenta comum. O teste comparativo apontou que o

isolamento térmico é mais alto na combinação PLA/PP, seguido da combinação BAM/PP, e por último, ou seja, com menor isolamento térmico, a camiseta de composição 100% algodão.

Os autores concluem que “a avaliação do (des)conforto térmico no vestuário só é possível se for feita uma abordagem multidisciplinar” (TEIXEIRA et al., 2011, P.6).

O papel da roupa é óbvio como fator de influência no conforto térmico, uma vez que há uma variabilidade muito maior nos padrões de ocupantes em situações reais comparando-as com as roupas padronizadas que são utilizadas em laboratórios, as quais têm a média de valores de clo utilizados no cálculo do PMV. Se as pessoas vestem apenas para a moda, então diferenças aleatórias nas vestimentas são suscetíveis de aumentar as diferenças individuais e aumentar o número de insatisfeitos.

Sabe-se, por exemplo, que mulheres apresentam maior variação de conjunto de roupas por estação que os homens, o que gera duas distintas sub populações em termos de isolamento térmico. As implicações dessas e outras questões comportamentais quanto às roupas para o gerenciamento do clima interno necessita de pesquisa adicional (DEAR; BRAGER, 2002).

Além da composição dos tecidos utilizados nas roupas, há uma série de opções disponibilizadas pela indústria da moda. A modelagem das roupas é bastante variada e, aliada à diversificação dos tecidos, tem apresentado uma variação muito grande nos conjuntos de vestimenta. Uma simples camiseta de malha de algodão pode ser diversificada com o uso combinado com outros tecidos ou acessórios aplicados à peça. A modelagem da camiseta pode variar como mostra a Figura 12:

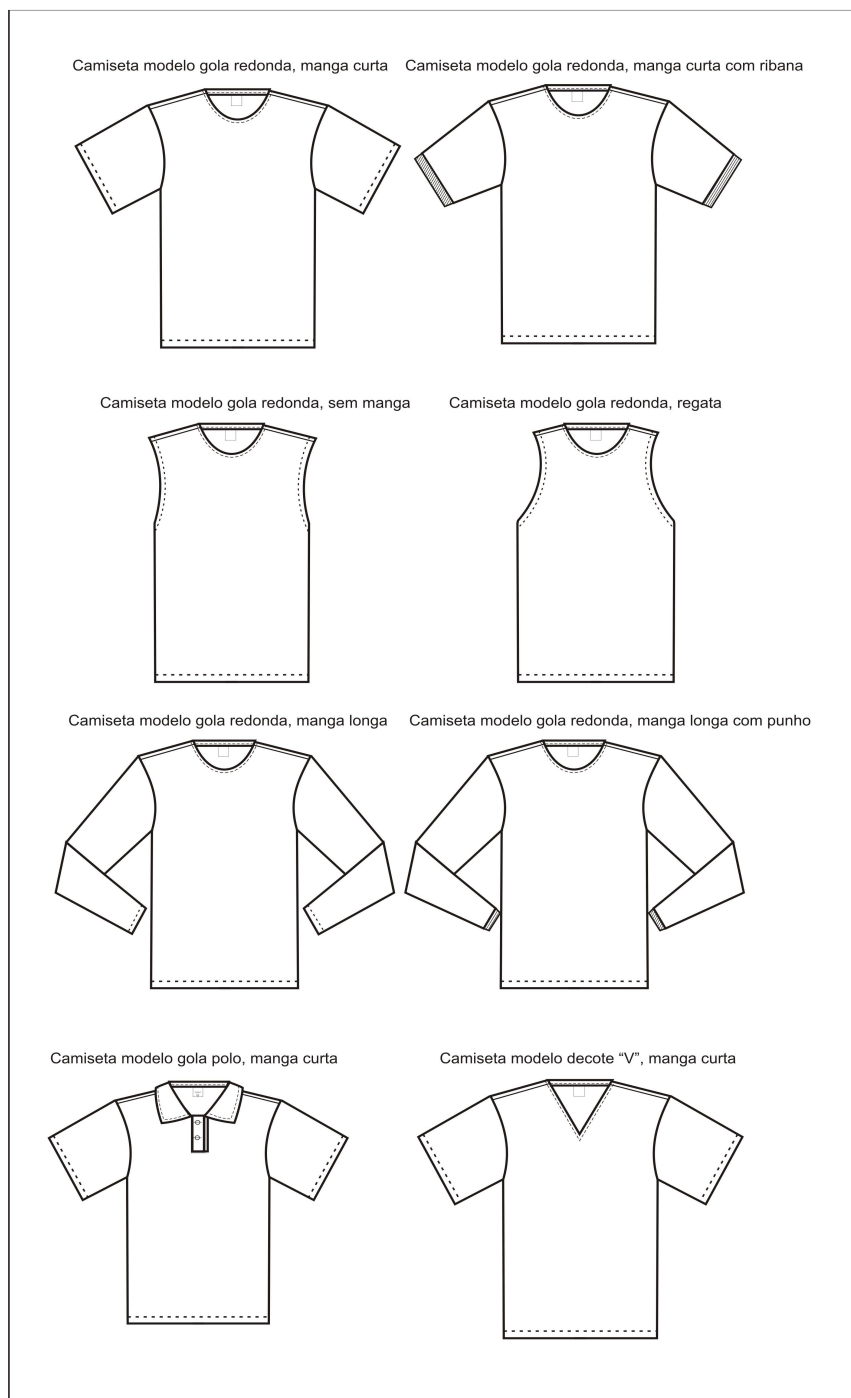


Figura 12: Modelos variados de camiseta tradicional
Fonte: Pesquisador.

O quadro poderia ser maior se fossem considerados também o modelo de camiseta gola polo e decote "V" manga longa, com ou sem punho, comprimento mais curto e com bolsos, gola careca e gola canoa. Maior ainda seria se fossem considerados os modelos femininos, com assimetria, mangas $\frac{3}{4}$, $\frac{7}{8}$ e outras variações.

Apesar disso, não são verificadas essas diferenças na Norma ISO 9920:2007. Nesse sentido, a dificuldade em caracterizar o modelo da roupa é fator que pode alterar a identificação do seu índice de isolamento térmico. Por mais que haja uma caracterização da modelagem, seus dados não são suficientes, como mostra a Tabela 4:

Tabela 4: Valores de Isolamento Térmico da peça de roupa

PEÇA DE ROUPA	I_{cl} em “clo”
Camisas, blusas	
Manga curta	0,15
Leve, manga longa	0,2
Normal, manga longa	0,25
Camisa flanelada, manga longa	0,3
Blusa leve, manga longa	0,15
Calças	
Curta	0,06
Leve	0,2
Normal	0,25
Flanelada	0,28
Vestidos, saias	
Saia leve de verão	0,15
Saia grossa de inverno	0,25
Vestido leve, manga curta	0,2
Vestido de inverno, manga longa	0,4
Tailleur	0,55
Jaquetas	
Jaqueta leve de verão	0,25
Jaqueta	0,35
Guarda-pó	0,3
Roupa do tronco	
Casaco / Sobretudo	0,6
Jaqueta	0,55
Jaqueta modelo parca	0,7
Macacão	0,55

Fonte: Adaptado, ISO 9920:2007.

Se comparadas a Tabela 10 e a Figura 11 pode-se notar que a variação das camisetas tradicionais não é detalhada na Norma. Vestidos, casacos e outros podem apresentar variações significativas por modelagem e tecidos. Até mesmo um casaco sobretudo que, via de regra, é utilizado no inverno, pode ser confeccionado

em tecidos pesados como em leves, caso o interesse seja mais na moda do que na proteção ao frio.

Como explicado anteriormente, um tecido apresenta um isolamento térmico diferente quando sua composição muda, ou até mesmo o modo como o tecido foi produzido (a armação ou tecelagem).

Essa diversidade de opções em malhas, tecidos, modelagens é responsável pela variação da moda e no gosto das pessoas. Conseqüentemente, a variação nas peças de roupa irá apresentar um diferente índice de isolamento térmico se comparado ao seu modelo básico, como exemplificado na camiseta.

Os estudos de Teixeira et al (2011) ao desenvolver camisetas com diferentes composições de malha foram utilizados em manequim térmico para a identificação do conforto térmico. Como já explicado em tópicos anteriores, há chances que essa mesma camiseta altere o que se considere como “conforto térmico” quando utilizada por pessoas em situações reais e em diversificados ambientes e atividades desenvolvidas.

Além disso, a camiseta do estudo foi utilizada em laboratório pelo manequim juntamente com calça simples e meias. Em situações reais, as pessoas irão utilizar calçados, os quais irão apresentar variação de isolamento térmico e de transpiração. Até mesmo as meias apresentam variações de composição, gramatura e tamanho (como é o caso do cano alto e curto). A calça também poderá apresentar variação, tanto em modelagem como em composição do tecido.

O tópico 2.8, quanto às Normas Brasileiras que tratam da vestimenta como um equipamento de proteção individual, aponta que, especificamente quanto às vestimentas, o conforto térmico varia em um mesmo ambiente, pois as pessoas sentem-se confortáveis com roupas diferentes (AZEVEDO; BARBOSA; SILVA, 2005). Almeida e Veiga (2008) destacam que a avaliação do conforto térmico depende da avaliação do indivíduo, e esta é subjetiva. Porém, quanto ao uso de vestimenta de trabalho faltam informações mais completas.

O homem tem seu sistema termorregulador mais eficaz quanto ao calor do que ao frio. Sendo assim, é importante que o corpo esteja protegido do frio através de roupas isolantes ou permanecendo em ambientes com calefação. Em um ambiente frio e sem proteção necessária o corpo perde calor o que afeta o funcionamento dos órgãos internos quando há diminuição da temperatura interna.

Segundo Wiczick, (2008), tremor, volume das roupas e luvas podem afetar a

eficiência do trabalhador. Acidentes podem ocorrer devido à redução da sensibilidade dos dedos e da flexibilidade nas articulações se as mãos, por exemplo, estiverem expostas a uma temperatura igual ou inferior a 15°C.

Como não há legislação que especifique como devem ser os uniformes profissionais para cada situação de trabalho, baixo ou alto risco, não é comum a exigência da disponibilidade dos uniformes aos trabalhadores pelos empregadores. Apesar disso, o avanço da tecnologia tem proporcionado que o conhecimento seja aplicado também no desenvolvimento de tecidos tecnológicos. Como abordado anteriormente. Entretanto, o avanço da tecnologia precisa de investimento financeiro, e isso reflete no preço final do produto, nesse caso, na roupa do trabalhador.

Na falta de uma cobrança mais específica quanto aos uniformes proporcionados aos trabalhadores, não se tem a garantia que os tecidos tecnológicos irão ser utilizados nas peças do vestuário, pois tende-se a buscar preço baixo devido a alta rotatividade no uso de equipamentos de proteção individual.

Em ambientes de trabalho considerado frio, por exemplo, existe um risco alto à saúde do trabalhador, e, nesse caso, a legislação especifica que:

2.7. EPI destinados a proteger contra os efeitos do frio devem possuir isolamento térmico e resistência mecânica apropriados às condições previsíveis de utilização para as quais foram fabricados.

2.7.1. Os materiais e outros componentes flexíveis dos EPI destinados a intervenções dentro de ambientes frios devem conservar grau de flexibilidade apropriado, permitindo completa liberdade de movimentos, sem comprometimento de gestos, posturas ou destreza.

2.7.2. EPI de proteção contra o frio devem resistir à penetração de quaisquer líquidos, incluindo água, e não devem provocar lesões resultantes de contatos entre a sua superfície externa e o usuário. (*Redação alterada pela Portaria SIT n.º 145, de 28 de janeiro de 2010*).

2.7.3. Os fabricantes de vestimentas de proteção contra o frio devem comprovar ao DSST, por meio de laudos técnicos e ensaios efetuados por laboratório capacitado no Brasil, os requisitos de designação de tamanhos, de resistência à penetração de água e de resistência ao rasgamento. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2009, p.3)

Porém, é importante que sejam especificados e detalhados os equipamentos de proteção individual (incluindo as vestimentas) tanto para alto risco à saúde e conforto do trabalhador (como estresse térmico) como para baixo risco. Apesar das atividades em escritório, por exemplo, caracterizarem uma atividade sedentária, é importante que os trabalhadores tenham um ambiente favorável ao bem estar e

sintam-se confortáveis para que essas variáveis: velocidade do ar, umidade do ar, temperatura do ar e radiante média, taxa metabólica e isolamento térmico da vestimenta, interfiram no bom rendimento e produtividade de cada um.

O avanço nos estudos de conforto térmico para os trabalhadores, especificamente quanto às vestimentas, é importante para que as informações quanto ao conforto térmico sejam divulgadas para os empregadores e funcionários possibilitando um acesso rápido e fácil às informações e, na falta do uso adequado, a cobrança por parte dos órgãos de fiscalização.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho atingiu seu objetivo em verificar a existência de imprecisões nos valores do Índice de Isolamento Térmico de Vestimenta constante na Norma ISO 9920.

O trabalho utilizou de um banco de dados para a obtenção de Sensações térmicas Reais de Trabalhadores em atividade industrial e as Sensações Preditas através do modelo PMV/PPD. Por isso, foi possível realizar os procedimentos estatísticos propostos, atingindo os demais objetivos específicos da pesquisa.

A pesquisa apontou que os dados de Sensação Predita através do modelo PMV/PPD em relação aos dados obtidos de Sensação Térmica Real dos trabalhadores mostrou-se suficiente, com um índice de correlação no valor de 0,7748.

A fim de melhorar esse índice, foi realizada Análise de Regressão Múltipla da Sensação e das Variáveis Ambientais (temperatura do ar, velocidade do ar, temperatura radiante média e umidade relativa) e Pessoais (taxa metabólica e isolamento térmico de vestimenta). Assim, foi possível determinar o I_{cl} calculado, o qual considera, portanto, a sensação térmica real dos trabalhadores.

Na sequência, foi utilizada uma metodologia a fim de comparar os valores tabelados de I_{cl} pela Norma ISO 9920 com os valores obtidos considerando a Sensação, o qual determinou o I_{cl} predito. Porém, sua variação não se mostrou significativa, apontando os mesmo valores para o PMV.

Como segunda metodologia, foi utilizada a equação do I_{cl} calculado, o qual considera a Sensação, para identificar um Incremento Numérico como Fator de Correção através do cálculo da diferença entre I_{cl} calculado e I_{cl} tabelado. Seu valor médio foi utilizado como incremento numérico para cada valor de I_{cl} tabelado. Depois disso, um novo cálculo do PMV foi realizado, resultando em uma leve melhoria na correlação entre Sensação e PMV com I_{cl} incremento, no valor de 0,7914, ou seja, o valor de 0,016 em relação ao PMV 1 e o PMV com I_{cl} predito, sendo uma melhoria de quase 3%.

Apesar disso, conclui-se que apesar da literatura apontar dúvidas quanto ao uso do índice do Voto Médio Estimado (PMV), o método se mostrou eficiente para esse banco de dados. Porém, os dados da pesquisa de campo utilizada mostraram

que houve pouca variação nas vestimentas dos trabalhadores nos setores pesquisados. Sendo assim, não significa que não possa haver variação na identificação dos Índices de Isolamento Térmico das Vestimentas conforme discussão anterior. A variabilidade das roupas sendo baixa, devido à uniformização das vestimentas, acarretou em uma baixa variabilidade no I_{cl} , não sendo suficiente para gerar questionamento quanto à veracidade dos valores tabelados pela ISO 9920:2007.

Este trabalho também apontou possíveis causas na discrepância entre Sensação e PMV que sejam inerentes ao I_{cl} . A pesquisa percorreu sobre a complexidade do conjunto de vestimentas para o conforto térmico, por isso, a caracterização da roupa é fator relevante para a identificação do correto isolamento térmico por ela oferecido. Variáveis como modelagem, fibras têxteis e tecelagem são fatores físicos que interferem diretamente na termorregulação corporal. As fibras comuns, como o algodão, estão tendo fibras tecnológicas agregadas a tecelagem, apresentando novas alternativas para o vestuário. Além disso, o trabalho mostrou que há grande variabilidade no conjunto de vestimentas entre homem e mulher, inclusive quanto ao ambiente frequentado e a época do ano.

Grande é a variedade da modelagem das roupas. Porém, esse trabalho apontou que a ISO 9920:2007 não engloba toda a diversificação proporcionada pela indústria de moda e confecção: tanto na modelagem quanto nas fibras têxteis. Apesar da pesquisa de campo utilizada nesse trabalho apresentar pouca variação nas vestimentas dos funcionários, a falta dos dados mais detalhados pela ISO 9920:2007 pode ter afetado a correta classificação das roupas para o posterior cálculo do índice PMV.

Esse trabalho mostrou que é grande a variedade de tecidos tecnológicos para os trabalhadores, com os quais pode-se oferecer mais conforto. Porém, esse avanço tecnológico tem seu custo acrescido no produto final, o que pode intimidar a compra, mas não tira sua relevância e importância ao ser humano.

Por isso a necessidade de garantir saúde e segurança ao trabalhador deve ser preocupação da empresa empregadora e também do governo em exigir que os EPI's sejam devidamente disponibilizados e utilizados.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se a aplicação do estudo em conforto térmico considerando:

- Pesquisa de campo com o detalhamento da roupa utilizada pelos entrevistados exclusivamente pelo pesquisador para que o parâmetro e interpretação de classificação sejam únicos;
- Aplicar as metodologias propostas em pesquisas de campo onde o conjunto de vestimentas não seja uniformizado;
- Pesquisa de campo em ambiente industrial com público misto: homens e mulheres.

REFERÊNCIAS

ABIT. **Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção**. Debate enfoca a indústria têxtil e de confecção brasileira no cenário internacional. Disponível em <http://www.abit.org.br/site/noticia_detalhe.asp?controle=2&id_menu=20&idioma=PT&id_noticia=2819&tipo=2&>, 2010;

ABRAFRAS. **Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas**. Indústria de Fibras. Disponível em <http://www.abrafras.org.br/abrafras/industrias.html>, 2012;

ALMEIDA, R. A. C. S.; VEIGA, M. M. **Aspectos relevantes na termorregulação corporal no uso de equipamentos de proteção individual**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008;

----- Processo de trabalho rural e EPI's: discussão sobre termorregulação corporal. **Revista P&D em Engenharia de Produção**. Volume 08 n. 02 (2010) p.29-39. <Disponível eletronicamente em www.revista-ped.unifei.edu.br>;

AZEVEDO, L. G.; BARBOSA, E. A.; SILVA, L. B. **Avaliação das condições de conforto e percepção térmica no posto de trabalho da cozinha de um restaurante do tipo industrial**. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2005;

BATIZ, E. C.; ET AL. **Influência do conforto térmico na atenção e memória em estudantes universitários**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008;

BERGER, X.; SARI, H. A new dynamic clothing model. Part 1: heat and mass transfer. **International Journal of Science**, 39, 2000, p.635-645;

CAMARGO, M. G.; FURLAN, M. M. D. P. Respostas fisiológicas do corpo às temperaturas elevadas: Exercício, Extremos de Temperatura e Doenças Térmicas. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 4, n. 2, mai/ago 2011;

CHARLES, K.E. **Fanger's Thermal Comfort and Draught Models**. Institute for Research in Construction National Research Council of Canada, 2003;

DE DEAR, R. J.; BRAGER, G. S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings. **Energy and Buildings**. 2002, p. 549-561;

EGGERS, E. ET. AL. **Avaliação do Conforto Térmico de Estudantes do Ensino Fundamental na Região Noroeste do RS.** CRICTE, 2006;

FELIX, V. B. et. al. Avaliação de conforto térmico em ambientes cirúrgicos utilizando método de Fanger e temperaturas equivalentes. **Ambiente Construído (Online)**. Vol.10 n.º 4, Porto Alegre, Oct./Dec. 2010. <disponível em www.scielo.br>;

GALLOIS, N. S. P. **Análise das condições de stress e conforto térmico sob baixas temperaturas em indústrias frigoríficas de Santa Catarina.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002;

GASI, F.; BITTENCOURT, E. Estudo das propriedades de conforto em tecidos de malha das fibras sintéticas de poliéster e poliamida 6.6: permeabilidade ao vapor, transporte de umidade e proteção ultravioleta. **Revista de Design, Inovação e Gestão Estratégica**. ISSN 2179-1679. Senai v. 1, n. 1, 2010.

GRANDI, M. S. **Avaliação da percepção da sensação térmica em uma sala de controle.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, 2006;

Ideias de Novos Negócios – Indústria de Confeção. Disponível em <<http://www.sodinheiro.info/ideias-de-novos-negocios/ideias-de-novosnegociosindustria-de-confeccao.php>>;

INMETRO. **Regulamento Técnico Mercosul. Etiquetagem de Produtos Têxteis.** MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL– CONMETRO. Resolução n. 02 de 6 de maio de 2008;

ISO 7730:2005 - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions of thermal comfort.** 2005.

ISO 9920:2007 - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of thermal environment – estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble.** 2007;

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto Térmico e Stress Térmico.** Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Universidade Federal de Santa Catarina, 2002;

LEITE, E. S. C. M. **Stress Térmico por calor – Estudo Comparativo dos Métodos e Normas de Quantificação**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002;

MALCOLM, S. et al. A thermal assessment of army wet weather jacktes. **International Journal of Industrial Ergonomics**. Elsevier, 2000;

MC CARTNEY, K. J.; NICOL, J. F. Developing an adaptive control algorithm for Europe. **Energy and Buildings**, **34**. 2002, p. 623-635;

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Normas Regulamentadoras – NR 6**. <Disponível em http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_06.pdf>;

----- **Portaria n.º 121, de 30 de setembro de 2009** <Disponível em <http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/2010>>;

NICOL, F. HUMPHREYS, M. Derivation of the adaptive equations for thermal comfort in free-running buildings in European standard EN15251. **Building and Environment**. Volume 45, 2010;

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

PEREIRA, D. A. M.; COUTINHO, A. S.; SILVA, L. B. **Análise das condições de conforto térmico e da inércia térmica a que professores das escolas municipais de João Pessoa – PB estão submetidos**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, Bahia, 2009;

PEREIRA, G. S. **Introdução à tecnologia têxtil**. CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA. Unidade de Ensino de Araranguá. Disponível em <http://api.ning.com/files/S0D4VIM6yH7AB*TXErL3E92JR317uNHY9nGKgjSCM3hrjkFNrNuUJkQd8eBRzN-xKb8UYIFmgxyGjOCQIG0ro-cArxi1SVGI/ApostilhaTcnica.pdf>, 2012;

PIMENTEL, F. **A cadeia têxtil e de confecção: panorama atual**. ABIT. Curitiba. Disponível em [http://www.fiepr.org.br/fiepr/conselhos/vestuario/uploadAddress/Apresentação%20ABIT%20-%20Fernando%20Pimentel%20\(02-08-06\).pdf](http://www.fiepr.org.br/fiepr/conselhos/vestuario/uploadAddress/Apresentação%20ABIT%20-%20Fernando%20Pimentel%20(02-08-06).pdf), 2006;

PINTO, N. M. **Condições e parâmetros para a determinação de conforto térmico em ambientes industriais do ramo metal mecânico**. 107 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

PREK, M. Thermodynamic analysis of human heat and mass transfer and their impact on thermal comfort. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, 48. Elsevier, 2005;

SANTANENSE WORWEAR. **Catálogo de tecidos**. 2010;

SARRAF, R. A. **Aspectos Ergonômicos em Uniformes de Trabalho**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção com Ênfase em Ergonomia. Programa Mestrado Profissional em Engenharia; Escola de Engenharia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004;

SOUTINHO, H. F. C. **Design funcional de vestuário interior**. Dissertação de Mestrado em Design e Marketing. Universidade do Minho, 2006;

SOUZA, C. R. C.; ARAÚJO, G. M.; BENITO, J. **Normas Regulamentadoras Comentadas: Legislação de Segurança e Medicina do Trabalho**. 1999;

TECELAGEM PANAMERICANA. **Catálogo de tecidos**, 2011;

TEIXEIRA, S. F. C. F.; LEÃO, C. P.; AREZES, P.; NEVES, M. M. **Testes de conforto térmico aplicados a uma malha multifuncional desenvolvida com novos materiais**. CIBIM 10, Porto, Portugal, 2011;

TREBIEN, R.; MENDES, N.; OLIVEIRA, G. H. C. Sensibilidade do índice PMV e regiões de conforto visando ao aperfeiçoamento de climatizadores. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, 2007;

VANOS, J. K. et al. Review of the physiology of human thermal comfort while exercising in urban landscapes and implications for bioclimatic design. **International Journal of Biometeorol**. 2010, p. 319-334;

VERGARA, L. G. L.; LAMBERTS, R. **Influência das taxas metabólicas no conforto térmico da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Universitário de Florianópolis**. ENCAC, São Paulo, 2001;

VIANA, F.; NEIRA, L. G. Princípios gerais de conservação têxtil. **Revista CPC**. São Paulo, n. 10, p. 206-233, maio/out 2010;

XAVIER, A. A. P. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias, baseada nos mecanismos físicos de troca de calor e em medições efetuadas em campo**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000;

WICZICK, R. M. **Diagnóstico da incidência de doenças associadas a LER/DORT em trabalhadores de câmaras frigoríficas de Curitiba e região metropolitana**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Ponta Grossa, 2008;

YAO, R.; LI, B.; LIU, J. A theoretical adaptive model of thermal comfort – Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV). **Building and Environment**. Volume 44, 2009.

APÊNDICE A - Questionário de Percepção e Preferência Térmica

QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO E PREFERÊNCIA TÉRMICA – ISO 10551(1995)

SETOR: _____

Quesito 1) Dados do trabalhador:

Idade:..... Altura:..... Peso:..... Sexo:..... Data:.....

Quesito 2) Marque as vestimentas que está utilizando: (Tabela conforme ISO 9920/95)

Roupas de baixo e Acessórios		Blusa leve fina, manga curta	
Sapato com sola fina		Camiseta	
Sapato com sola grossa		Calças	
Botinas		Calça curta (bermuda)	
Meia soquete fina		Calça tecido fino	
Meia soquete grossa		Calça jeans	
Meia até o joelho		Calça grossa, de lã ou flanela	
Meia de nylon longa fina		Vestidos e Saias	
Meia calça com pernas longas		Saia leve, de verão	
Meia calça com pernas curtas		Saia pesada, de inverno	
Cueca		Vestido de verão, mangas curtas	
Calcinha		Vestido de inverno, manga longa	
Soutien		Vestido completo, fechado	
Camiseta de baixo		Casacos e Suéteres	
Camiseta de baixo manga longa		Colete sem mangas fino	
Gravata		Colete sem mangas grosso	
Camisas e Blusas		Suéter manga longa fino	
Camisa de manga curta		Suéter manga longa grosso	
Camisa manga longa tecido fino		Jaqueta leve	
Camisa manga longa normal		Jaqueta/japona, normal	
Camisa de flanela ou moleton		Paletó	
Blusa leve fina, manga longa		Paletó de verão, blazer	

Houve alguma mudança de vestimentas entre um horário e outro? Qual?

Quesito 3) “Com relação a sua sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento?”

Com muito calor				
Com calor				
Levemente com calor				
Neutro				
Levemente com frio				
Com frio				
Com muito frio				

Quesito 4) “De que maneira você se encontra nesse momento?”

Confortável				
Levemente inconfortável				
Inconfortável				
Muito inconfortável				

Quesito 5) “Como você preferia estar se sentindo agora?”

Bem mais aquecido				
Mais aquecido				
Um pouco mais aquecido				
Assim mesmo				
Um pouco mais refrescado				
Mais refrescado				
Bem mais refrescado				

APÊNDICE B - Dados das 67 medições da pesquisa de campo

Medição	S	I_{cl} (clo)	M (met)	T_{ar} (°C)	T_{rm} (°C)	V_{ar} (m/s)	U_R (%)	PMV
1	-0,7	1,17	105,00	18,97	19,02	0,28	85,40	0,4
2	0,3	1,13	129,00	18,93	19,11	0,42	85,70	0,7
3	0,3	1,09	123,00	19,30	19,55	0,42	87,83	0,7
4	0,5	1,03	132,00	20,19	20,62	0,49	77,95	0,9
5	-1,0	1,23	108,75	14,42	15,37	0,42	76,60	-0,1
6	-0,8	1,23	112,50	15,62	16,52	0,46	68,90	0
7	0,5	1,05	126,88	17,59	18,40	0,45	60,03	0,3
8	1,4	1,01	135,63	17,59	18,01	0,48	60,65	0,4
9	0,3	1,07	126,67	19,04	23,15	0,62	55,00	0,6
10	0,8	1,02	126,67	21,17	25,36	0,63	46,97	0,9
11	2,3	0,97	105,83	23,49	27,16	0,58	44,83	0,9
12	2,8	0,92	143,33	27,56	30,86	0,83	39,12	2
13	1,2	1,12	127,00	21,40	24,54	0,63	65,00	1
14	1,8	1,12	120,00	23,22	26,14	0,54	57,89	1,2
15	1,2	1,09	105,00	22,15	27,35	0,69	59,10	0,8
16	1,6	0,97	131,00	25,46	28,14	0,86	56,28	1,6
17	0,3	0,92	122,14	19,10	19,23	0,36	60,10	0,3
18	0,6	0,92	127,14	19,19	19,26	0,40	50,63	0,4
19	1,3	0,88	136,43	20,99	21,13	0,49	69,42	0,8
20	1,9	0,88	139,29	23,20	23,48	0,47	65,15	1,3
21	-0,4	1,15	112,50	17,45	17,48	0,39	60,47	0,2
22	1,5	1,08	150,00	22,06	22,62	0,54	52,40	1,4
23	1,4	0,98	146,25	22,70	23,22	0,55	53,98	1,3
24	0,6	0,98	127,50	23,44	23,54	0,78	60,34	1,1
25	-1,3	1,21	106,07	15,30	15,91	0,46	62,00	-0,1
26	0,1	1,18	127,50	17,04	18,33	0,59	56,96	0,4
27	0,6	1,04	123,46	19,99	23,10	0,65	49,49	0,6
28	1,1	1,00	152,14	20,50	22,65	0,73	48,89	1,1
29	-1,4	1,22	111,43	13,10	14,18	0,53	70,00	-0,3
30	-0,4	1,26	126,43	17,15	18,50	0,59	61,56	0,5
31	1,4	1,19	145,71	19,87	23,18	0,94	65,58	1,1
32	1,4	1,12	152,14	21,28	25,10	1,02	67,89	1,4
33	1,7	0,90	136,67	21,90	25,76	0,66	51,00	1,1
34	2,0	0,90	141,67	26,57	27,89	1,63	47,09	1,7

Medição	S	I_{cl} (clo)	M (met)	T_{ar} (°C)	T_{rm} (°C)	V_{ar} (m/s)	U_R (%)	PMV
35	1,0	0,90	131,00	20,10	23,15	1,24	59,00	0,5
36	2,0	0,90	139,00	24,98	27,78	0,79	44,31	1,5
37	2,8	0,83	115,00	30,01	33,80	0,82	32,89	2
38	2,2	0,97	141,00	32,16	34,50	0,83	32,43	2,7
39	0,1	0,93	128,57	18,80	18,12	0,68	55,00	0,3
40	1,1	0,89	135,00	24,03	24,37	0,47	48,95	1,3
41	2,6	0,89	153,57	28,90	30,12	0,71	54,44	2,4
42	2,3	0,89	153,57	29,43	30,53	0,83	36,75	2,4
43	0,8	0,94	130,00	18,00	18,55	0,41	65,00	0,3
44	1,8	0,94	140,38	26,17	26,62	0,69	46,09	1,7
45	2,6	0,94	155,63	31,15	32,53	1,23	28,97	2,7
46	2,0	0,94	145,63	30,82	31,42	0,99	32,69	2,4
47	0,3	0,94	122,14	18,92	24,54	0,50	80,53	0,6
48	0,2	0,94	117,86	19,37	24,54	0,50	79,32	0,6
49	0,8	0,99	130,71	21,19	24,54	0,49	75,66	1,1
50	0,8	0,97	132,86	22,85	24,54	0,49	64,51	1,2
51	0,0	1,06	112,50	17,44	18,85	0,60	82,80	0,1
52	0,5	0,96	127,50	20,16	22,46	0,70	72,47	0,7
53	1,6	1,00	150,00	24,07	28,48	0,88	53,72	1,7
54	2,0	1,00	157,50	26,49	28,71	0,82	47,16	2,1
55	1,3	0,85	128,33	23,02	27,45	0,98	61,96	1,1
56	2,2	0,81	122,00	28,37	32,18	1,01	47,74	1,9
57	2,8	0,77	118,33	32,42	36,43	1,25	29,79	2,5
58	1,4	0,86	129,00	23,05	29,11	1,05	58,64	1,1
59	2,2	0,80	135,00	30,57	36,36	1,25	38,37	2,5
60	0,4	1,00	124,44	24,39	24,51	0,50	68,97	1,3
61	1,8	0,96	132,22	26,90	27,74	0,63	60,34	1,8
62	2,9	1,00	162,22	29,13	30,33	0,91	53,04	2,6
63	2,8	1,00	162,22	29,53	30,18	0,87	50,09	2,6
64	0,7	1,01	129,29	23,08	30,67	0,48	66,75	1,5
65	1,9	1,01	140,71	26,13	27,14	0,60	60,95	1,8
66	2,7	1,01	157,86	29,94	31,49	0,84	53,97	2,7
67	1,7	1,01	140,00	29,62	30,67	0,83	54,43	2,4

Fonte: Adaptado, Pinto (2011).

**Legenda: S = sensação térmica real; I_{cl} = Isolamento térmico das vestimentas;
M = Taxa metabólica; T_{ar} = Temperatura do ar; T_{rm} = Temperatura radiante média;
 V_{ar} =Velocidade do ar; U_R = Umidade relativa do ar; PMV = Voto Médio Estimado**

APÊNDICE C - Dados de cálculo I_{cl} calculado

S	PMV	I_{cl}	M	T_{ar}	T_{rm}	V_{ar}	U_R	I_{cl} calculado
-0,7	0,4	1,17	105,00	18,97	19,02	0,28	85,40	1,38
0,3	0,7	1,13	129,00	18,93	19,11	0,42	85,70	1,02
0,3	0,7	1,09	123,00	19,30	19,55	0,42	87,83	0,91
0,5	0,9	1,03	132,00	20,19	20,62	0,49	77,95	1,03
-1,0	-0,1	1,23	108,75	14,42	15,37	0,42	76,60	1,32
-0,8	0	1,23	112,50	15,62	16,52	0,46	68,90	1,34
0,5	0,3	1,05	126,88	17,59	18,40	0,45	60,03	0,86
1,4	0,4	1,01	135,63	17,59	18,01	0,48	60,65	0,31
0,3	0,6	1,07	126,67	19,04	23,15	0,62	55,00	1,29
0,8	0,9	1,02	126,67	21,17	25,36	0,63	46,97	1,18
2,3	0,9	0,97	105,83	23,49	27,16	0,58	44,83	-0,02
2,8	2	0,92	143,33	27,56	30,86	0,83	39,12	0,53
1,2	1	1,12	127,00	21,40	24,54	0,63	65,00	0,78
1,8	1,2	1,12	120,00	23,22	26,14	0,54	57,89	0,45
1,2	0,8	1,09	105,00	22,15	27,35	0,69	59,10	0,66
1,6	1,6	0,97	131,00	25,46	28,14	0,86	56,28	0,93
0,3	0,3	0,92	122,14	19,10	19,23	0,36	60,10	1,07
0,6	0,4	0,92	127,14	19,19	19,26	0,40	50,63	0,98
1,3	0,8	0,88	136,43	20,99	21,13	0,49	69,42	0,65
1,9	1,3	0,88	139,29	23,20	23,48	0,47	65,15	0,51
-0,4	0,2	1,15	112,50	17,45	17,48	0,39	60,47	1,25
1,5	1,4	1,08	150,00	22,06	22,62	0,54	52,40	0,90
1,4	1,3	0,98	146,25	22,70	23,22	0,55	53,98	0,99
0,6	1,1	0,98	127,50	23,44	23,54	0,78	60,34	1,26
-1,3	-0,1	1,21	106,07	15,30	15,91	0,46	62,00	1,64
0,1	0,4	1,18	127,50	17,04	18,33	0,59	56,96	1,16
0,6	0,6	1,04	123,46	19,99	23,10	0,65	49,49	1,14

S	PMV	I _{cl}	M	T _{ar}	T _{rm}	V _{ar}	U _R	I _{cl} calculado
1,1	1,1	1,00	152,14	20,50	22,65	0,73	48,89	1,18
-1,4	-0,3	1,22	111,43	13,10	14,18	0,53	70,00	1,58
-0,4	0,5	1,26	126,43	17,15	18,50	0,59	61,56	1,50
1,4	1,1	1,19	145,71	19,87	23,18	0,94	65,58	0,70
1,4	1,4	1,12	152,14	21,28	25,10	1,02	67,89	0,93
1,7	1,1	0,90	136,67	21,90	25,76	0,66	51,00	0,73
2,0	1,7	0,90	141,67	26,57	27,89	1,63	47,09	0,80
1,0	0,5	0,90	131,00	20,10	23,15	1,24	59,00	0,82
2,0	1,5	0,90	139,00	24,98	27,78	0,79	44,31	0,78
2,8	2	0,83	115,00	30,01	33,80	0,82	32,89	0,44
2,2	2,7	0,97	141,00	32,16	34,50	0,83	32,43	1,39
0,1	0,3	0,93	128,57	18,80	18,12	0,68	55,00	1,19
1,1	1,3	0,89	135,00	24,03	24,37	0,47	48,95	1,15
2,6	2,4	0,89	153,57	28,90	30,12	0,71	54,44	0,82
2,3	2,4	0,89	153,57	29,43	30,53	0,83	36,75	1,16
0,8	0,3	0,94	130,00	18,00	18,55	0,41	65,00	0,72
1,8	1,7	0,94	140,38	26,17	26,62	0,69	46,09	0,99
2,6	2,7	0,94	155,63	31,15	32,53	1,23	28,97	1,12
2,0	2,4	0,94	145,63	30,82	31,42	0,99	32,69	1,38
0,3	0,6	0,94	122,14	18,92	24,54	0,50	80,53	1,19
0,2	0,6	0,94	117,86	19,37	24,54	0,50	79,32	1,22
0,8	1,1	0,99	130,71	21,19	24,54	0,49	75,66	1,08
0,8	1,2	0,97	132,86	22,85	24,54	0,49	64,51	1,25
0,0	0,1	1,06	112,50	17,44	18,85	0,60	82,80	0,89
0,5	0,7	0,96	127,50	20,16	22,46	0,70	72,47	1,09
1,6	1,7	1,00	150,00	24,07	28,48	0,88	53,72	1,15
2,0	2,1	1,00	157,50	26,49	28,71	0,82	47,16	1,15
1,3	1,1	0,85	128,33	23,02	27,45	0,98	61,96	0,90

S	PMV	I_{cl}	M	T_{ar}	T_{rm}	V_{ar}	U_R	I_{cl} calculado
2,2	1,9	0,81	122,00	28,37	32,18	1,01	47,74	0,75
2,8	2,5	0,77	118,33	32,42	36,43	1,25	29,79	0,68
1,4	1,1	0,86	129,00	23,05	29,11	1,05	58,64	0,95
2,2	2,5	0,80	135,00	30,57	36,36	1,25	38,37	1,25
0,4	1,3	1,00	124,44	24,39	24,51	0,50	68,97	1,43
1,8	1,8	0,96	132,22	26,90	27,74	0,63	60,34	0,86
2,9	2,6	1,00	162,22	29,13	30,33	0,91	53,04	0,71
2,8	2,6	1,00	162,22	29,53	30,18	0,87	50,09	0,83
0,7	1,5	1,01	129,29	23,08	30,67	0,48	66,75	1,56
1,9	1,8	1,01	140,71	26,13	27,14	0,60	60,95	0,86
2,7	2,7	1,01	157,86	29,94	31,49	0,84	53,97	0,88
1,7	2,4	1,01	140,00	29,62	30,67	0,83	54,43	1,31

Fonte: Pesquisador.

APÊNDICE D - Cálculo do PMV com I_{cl} predito

S	PMV	I _{cl}	M	T _{ar}	T _{rm}	V _{ar}	U _R	I _{cl} calculado	I _{cl} predito	PMV com I _{cl} predito
-0,7	0,4	1,17	105,00	18,97	19,02	0,28	85,40	1,38	1,17	0,4
0,3	0,7	1,13	129,00	18,93	19,11	0,42	85,70	1,02	1,13	0,7
0,3	0,7	1,09	123,00	19,30	19,55	0,42	87,83	0,91	1,09	0,7
0,5	0,9	1,03	132,00	20,19	20,62	0,49	77,95	1,03	1,03	0,9
-1,0	-0,1	1,23	108,75	14,42	15,37	0,42	76,60	1,32	1,23	-0,1
-0,8	0	1,23	112,50	15,62	16,52	0,46	68,90	1,34	1,23	0
0,5	0,3	1,05	126,88	17,59	18,40	0,45	60,03	0,86	1,05	0,3
1,4	0,4	1,01	135,63	17,59	18,01	0,48	60,65	0,31	1,01	0,4
0,3	0,6	1,07	126,67	19,04	23,15	0,62	55,00	1,29	1,07	0,6
0,8	0,9	1,02	126,67	21,17	25,36	0,63	46,97	1,18	1,02	0,9
2,3	0,9	0,97	105,83	23,49	27,16	0,58	44,83	-0,02	0,97	0,9
2,8	2	0,92	143,33	27,56	30,86	0,83	39,12	0,53	0,92	2
1,2	1	1,12	127,00	21,40	24,54	0,63	65,00	0,78	1,12	1
1,8	1,2	1,12	120,00	23,22	26,14	0,54	57,89	0,45	1,12	1,2
1,2	0,8	1,09	105,00	22,15	27,35	0,69	59,10	0,66	1,09	0,8
1,6	1,6	0,97	131,00	25,46	28,14	0,86	56,28	0,93	0,97	1,6
0,3	0,3	0,92	122,14	19,10	19,23	0,36	60,10	1,07	0,92	0,3
0,6	0,4	0,92	127,14	19,19	19,26	0,40	50,63	0,98	0,92	0,4
1,3	0,8	0,88	136,43	20,99	21,13	0,49	69,42	0,65	0,88	0,8
1,9	1,3	0,88	139,29	23,20	23,48	0,47	65,15	0,51	0,88	1,3
-0,4	0,2	1,15	112,50	17,45	17,48	0,39	60,47	1,25	1,15	0,2
1,5	1,4	1,08	150,00	22,06	22,62	0,54	52,40	0,90	1,08	1,4
1,4	1,3	0,98	146,25	22,70	23,22	0,55	53,98	0,99	0,98	1,3
0,6	1,1	0,98	127,50	23,44	23,54	0,78	60,34	1,26	0,98	1,1
-1,3	-0,1	1,21	106,07	15,30	15,91	0,46	62,00	1,64	1,21	-0,1
0,1	0,4	1,18	127,50	17,04	18,33	0,59	56,96	1,16	1,18	0,4
0,6	0,6	1,04	123,46	19,99	23,10	0,65	49,49	1,14	1,04	0,6
1,1	1,1	1,00	152,14	20,50	22,65	0,73	48,89	1,18	1,00	1,1
-1,4	-0,3	1,22	111,43	13,10	14,18	0,53	70,00	1,58	1,22	-0,3
-0,4	0,5	1,26	126,43	17,15	18,50	0,59	61,56	1,50	1,26	0,5
1,4	1,1	1,19	145,71	19,87	23,18	0,94	65,58	0,70	1,19	1,1
1,4	1,4	1,12	152,14	21,28	25,10	1,02	67,89	0,93	1,12	1,4
1,7	1,1	0,90	136,67	21,90	25,76	0,66	51,00	0,73	0,90	1,1
2,0	1,7	0,90	141,67	26,57	27,89	1,63	47,09	0,80	0,90	1,7

S	PMV	I _{cl}	M	T _{ar}	T _{rm}	V _{ar}	U _R	I _{cl} calculado	I _{cl} predito	PMV com I _{cl} predito
1,0	0,5	0,90	131,00	20,10	23,15	1,24	59,00	0,82	0,90	0,5
2,0	1,5	0,90	139,00	24,98	27,78	0,79	44,31	0,78	0,90	1,5
2,8	2	0,83	115,00	30,01	33,80	0,82	32,89	0,44	0,83	2
2,2	2,7	0,97	141,00	32,16	34,50	0,83	32,43	1,39	0,97	2,7
0,1	0,3	0,93	128,57	18,80	18,12	0,68	55,00	1,19	0,93	0,3
1,1	1,3	0,89	135,00	24,03	24,37	0,47	48,95	1,15	0,89	1,3
2,6	2,4	0,89	153,57	28,90	30,12	0,71	54,44	0,82	0,89	2,4
2,3	2,4	0,89	153,57	29,43	30,53	0,83	36,75	1,16	0,89	2,4
0,8	0,3	0,94	130,00	18,00	18,55	0,41	65,00	0,72	0,94	0,3
1,8	1,7	0,94	140,38	26,17	26,62	0,69	46,09	0,99	0,94	1,7
2,6	2,7	0,94	155,63	31,15	32,53	1,23	28,97	1,12	0,94	2,7
2,0	2,4	0,94	145,63	30,82	31,42	0,99	32,69	1,38	0,94	2,4
0,3	0,6	0,94	122,14	18,92	24,54	0,50	80,53	1,19	0,94	0,6
0,2	0,6	0,94	117,86	19,37	24,54	0,50	79,32	1,22	0,94	0,6
0,8	1,1	0,99	130,71	21,19	24,54	0,49	75,66	1,08	0,99	1,1
0,8	1,2	0,97	132,86	22,85	24,54	0,49	64,51	1,25	0,97	1,2
0,0	0,1	1,06	112,50	17,44	18,85	0,60	82,80	0,89	1,06	0,1
0,5	0,7	0,96	127,50	20,16	22,46	0,70	72,47	1,09	0,96	0,7
1,6	1,7	1,00	150,00	24,07	28,48	0,88	53,72	1,15	1,00	1,7
2,0	2,1	1,00	157,50	26,49	28,71	0,82	47,16	1,15	1,00	2,1
1,3	1,1	0,85	128,33	23,02	27,45	0,98	61,96	0,90	0,85	1,1
2,2	1,9	0,81	122,00	28,37	32,18	1,01	47,74	0,75	0,81	1,9
2,8	2,5	0,77	118,33	32,42	36,43	1,25	29,79	0,68	0,77	2,5
1,4	1,1	0,86	129,00	23,05	29,11	1,05	58,64	0,95	0,86	1,1
2,2	2,5	0,80	135,00	30,57	36,36	1,25	38,37	1,25	0,80	2,5
0,4	1,3	1,00	124,44	24,39	24,51	0,50	68,97	1,43	1,00	1,3
1,8	1,8	0,96	132,22	26,90	27,74	0,63	60,34	0,86	0,96	1,8
2,9	2,6	1,00	162,22	29,13	30,33	0,91	53,04	0,71	1,00	2,6
2,8	2,6	1,00	162,22	29,53	30,18	0,87	50,09	0,83	1,00	2,6
0,7	1,5	1,01	129,29	23,08	30,67	0,48	66,75	1,56	1,01	1,5
1,9	1,8	1,01	140,71	26,13	27,14	0,60	60,95	0,86	1,01	1,8
2,7	2,7	1,01	157,86	29,94	31,49	0,84	53,97	0,88	1,01	2,7
1,7	2,4	1,01	140,00	29,62	30,67	0,83	54,43	1,31	1,01	2,4

Fonte: Pesquisador.

APÊNDICE E - Cálculo do PMV com I_{cl} predito

S	PMV	I_{cl}	M	T_{ar}	T_{rm}	V_{ar}	U_R	I_{cl} calculado	Diferença entre I_{cl} calculado e I_{cl} tabelado	I_{cl} incremento	PMV com I_{cl} incremento
-0,7	0,4	1,17	105,00	18,97	19,02	0,28	85,40	1,38	0,21	1,22	0,5
0,3	0,7	1,13	129,00	18,93	19,11	0,42	85,70	1,02	-0,11	1,18	0,8
0,3	0,7	1,09	123,00	19,30	19,55	0,42	87,83	0,91	-0,18	1,14	0,7
0,5	0,9	1,03	132,00	20,19	20,62	0,49	77,95	1,03	0,01	1,08	0,9
-1,0	-0,1	1,23	108,75	14,42	15,37	0,42	76,60	1,32	0,09	1,28	0
-0,8	0	1,23	112,50	15,62	16,52	0,46	68,90	1,34	0,11	1,28	0,1
0,5	0,3	1,05	126,88	17,59	18,40	0,45	60,03	0,86	-0,19	1,10	0,4
1,4	0,4	1,01	135,63	17,59	18,01	0,48	60,65	0,31	-0,70	1,06	0,5
0,3	0,6	1,07	126,67	19,04	23,15	0,62	55,00	1,29	0,22	1,12	0,7
0,8	0,9	1,02	126,67	21,17	25,36	0,63	46,97	1,18	0,16	1,07	0,9
2,3	0,9	0,97	105,83	23,49	27,16	0,58	44,83	-0,02	-0,99	1,02	0,9
2,8	2	0,92	143,33	27,56	30,86	0,83	39,12	0,53	-0,39	0,97	2,1
1,2	1	1,12	127,00	21,40	24,54	0,63	65,00	0,78	-0,34	1,17	1,1
1,8	1,2	1,12	120,00	23,22	26,14	0,54	57,89	0,45	-0,67	1,17	1,2
1,2	0,8	1,09	105,00	22,15	27,35	0,69	59,10	0,66	-0,43	1,14	0,9
1,6	1,6	0,97	131,00	25,46	28,14	0,86	56,28	0,93	-0,04	1,02	1,6
0,3	0,3	0,92	122,14	19,10	19,23	0,36	60,10	1,07	0,15	0,97	0,4
0,6	0,4	0,92	127,14	19,19	19,26	0,40	50,63	0,98	0,06	0,97	0,5
1,3	0,8	0,88	136,43	20,99	21,13	0,49	69,42	0,65	-0,23	0,93	0,9
1,9	1,3	0,88	139,29	23,20	23,48	0,47	65,15	0,51	-0,37	0,93	1,3
-0,4	0,2	1,15	112,50	17,45	17,48	0,39	60,47	1,25	0,10	1,20	0,2
1,5	1,4	1,08	150,00	22,06	22,62	0,54	52,40	0,90	-0,18	1,13	1,4
1,4	1,3	0,98	146,25	22,70	23,22	0,55	53,98	0,99	0,00	1,03	1,4
0,6	1,1	0,98	127,50	23,44	23,54	0,78	60,34	1,26	0,28	1,03	1,1
-1,3	-0,1	1,21	106,07	15,30	15,91	0,46	62,00	1,64	0,43	1,26	0

S	PMV	I_{cl}	M	T_{ar}	T_{rm}	V_{ar}	U_R	I_{cl} calculado	Diferença entre I_{cl} calculado e I_{cl} tabelado	I_{cl} incremento	PMV com I_{cl} incremento
0,1	0,4	1,18	127,50	17,04	18,33	0,59	56,96	1,16	-0,02	1,23	0,4
0,6	0,6	1,04	123,46	19,99	23,10	0,65	49,49	1,14	0,09	1,09	0,7
1,1	1,1	1,00	152,14	20,50	22,65	0,73	48,89	1,18	0,18	1,05	1,1
-1,4	-0,3	1,22	111,43	13,10	14,18	0,53	70,00	1,58	0,36	1,27	-0,2
-0,4	0,5	1,26	126,43	17,15	18,50	0,59	61,56	1,50	0,24	1,31	0,6
1,4	1,1	1,19	145,71	19,87	23,18	0,94	65,58	0,70	-0,49	1,24	1,2
1,4	1,4	1,12	152,14	21,28	25,10	1,02	67,89	0,93	-0,19	1,17	1,4
1,7	1,1	0,90	136,67	21,90	25,76	0,66	51,00	0,73	-0,16	0,95	1,1
2,0	1,7	0,90	141,67	26,57	27,89	1,63	47,09	0,80	-0,11	0,95	1,8
1,0	0,5	0,90	131,00	20,10	23,15	1,24	59,00	0,82	-0,08	0,95	0,6
2,0	1,5	0,90	139,00	24,98	27,78	0,79	44,31	0,78	-0,12	0,95	1,6
2,8	2	0,83	115,00	30,01	33,80	0,82	32,89	0,44	-0,39	0,88	2,1
2,2	2,7	0,97	141,00	32,16	34,50	0,83	32,43	1,39	0,42	1,02	2,7
0,1	0,3	0,93	128,57	18,80	18,12	0,68	55,00	1,19	0,26	0,98	0,3
1,1	1,3	0,89	135,00	24,03	24,37	0,47	48,95	1,15	0,26	0,94	1,3
2,6	2,4	0,89	153,57	28,90	30,12	0,71	54,44	0,82	-0,07	0,94	2,5
2,3	2,4	0,89	153,57	29,43	30,53	0,83	36,75	1,16	0,27	0,94	2,3
0,8	0,3	0,94	130,00	18,00	18,55	0,41	65,00	0,72	-0,22	0,99	0,5
1,8	1,7	0,94	140,38	26,17	26,62	0,69	46,09	0,99	0,05	0,99	1,7
2,6	2,7	0,94	155,63	31,15	32,53	1,23	28,97	1,12	0,19	0,99	2,6
2,0	2,4	0,94	145,63	30,82	31,42	0,99	32,69	1,38	0,44	0,99	2,4
0,3	0,6	0,94	122,14	18,92	24,54	0,50	80,53	1,19	0,25	0,99	0,6
0,2	0,6	0,94	117,86	19,37	24,54	0,50	79,32	1,22	0,28	0,99	0,6
0,8	1,1	0,99	130,71	21,19	24,54	0,49	75,66	1,08	0,09	1,04	1,1
0,8	1,2	0,97	132,86	22,85	24,54	0,49	64,51	1,25	0,28	1,02	1,1
0,0	0,1	1,06	112,50	17,44	18,85	0,60	82,80	0,89	-0,17	1,11	0,1

S	PMV	I _{cl}	M	T _{ar}	T _{rm}	V _{ar}	U _R	I _{cl} calculado	Diferença entre I _{cl} calculado e I _{cl} tabelado	I _{cl} incremento	PMV com I _{cl} incremento
0,5	0,7	0,96	127,50	20,16	22,46	0,70	72,47	1,09	0,13	1,01	0,7
1,6	1,7	1,00	150,00	24,07	28,48	0,88	53,72	1,15	0,15	1,05	1,7
2,0	2,1	1,00	157,50	26,49	28,71	0,82	47,16	1,15	0,15	1,05	2
1,3	1,1	0,85	128,33	23,02	27,45	0,98	61,96	0,90	0,05	0,90	1,1
2,2	1,9	0,81	122,00	28,37	32,18	1,01	47,74	0,75	-0,06	0,86	1,9
2,8	2,5	0,77	118,33	32,42	36,43	1,25	29,79	0,68	-0,09	0,82	2,5
1,4	1,1	0,86	129,00	23,05	29,11	1,05	58,64	0,95	0,09	0,91	1,2
2,2	2,5	0,80	135,00	30,57	36,36	1,25	38,37	1,25	0,45	0,85	2,4
0,4	1,3	1,00	124,44	24,39	24,51	0,50	68,97	1,43	0,43	1,05	1,3
1,8	1,8	0,96	132,22	26,90	27,74	0,63	60,34	0,86	-0,10	1,01	1,8
2,9	2,6	1,00	162,22	29,13	30,33	0,91	53,04	0,71	-0,29	1,05	2,6
2,8	2,6	1,00	162,22	29,53	30,18	0,87	50,09	0,83	-0,17	1,05	2,6
0,7	1,5	1,01	129,29	23,08	30,67	0,48	66,75	1,56	0,55	1,06	1,5
1,9	1,8	1,01	140,71	26,13	27,14	0,60	60,95	0,86	-0,15	1,06	1,9
2,7	2,7	1,01	157,86	29,94	31,49	0,84	53,97	0,88	-0,13	1,06	2,7
1,7	2,4	1,01	140,00	29,62	30,67	0,83	54,43	1,31	0,30	1,06	2,3

Fonte: Pesquisador.

ANEXO A - Denominação e descrição das fibras têxteis e dos filamentos têxteis

N.º	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO DAS FIBRAS E FILAMENTOS
01	Lã	Fibra proveniente do tosqueio de ovinos. (<i>Ovis Aries</i>).
02	Alpaca, Lhama, Camelo, Cabra, Cachemir, Mohair, Angorá, Vicunha, Iaque, Guanaco, Castor, Lontra, precedidos ou não pela expressão: "Pelo de"	Fibra proveniente do tosqueio dos animais: alpaca, lhama, camelo, cabra, cabra de Cachemir, cabra de Angorá (Mohair), coelho de Angorá (angorá), vicunha, iaque, guanaco, castor, lontra.
03	"Pêlo de" ou "crina de" com indicação da espécie animal	Pêlo de outros animais não mencionados nos itens 1 e 2.
04	Seda	Fibra proveniente exclusivamente das larvas de insetos sericígenos.
04	Algodão	Fibra proveniente das sementes de planta de algodão. (<i>Gossypium sp.</i>)
06	Capoque	Fibra proveniente do interior do fruto do Kapoc (<i>Ceiba pentandra</i>).
07	Linho	Fibra proveniente do líber do talo do linho (<i>Linum usitatissimum</i>).
08	Cânhamo	Fibra proveniente do líber do talo do Cânhamo (<i>Cannabis sativa</i>).
09	Juta	Fibra proveniente do líber do talo da planta do gênero <i>corchórus</i> , espécies <i>olitorius</i> e <i>capsularis</i> .
10	Abacá	Fibra proveniente das vagens das folhas da <i>Musa textilis</i> .
11	Alfa	Fibra proveniente das folhas da <i>Stipa tenacissima</i> .
12	Coco	Fibra proveniente do fruto do <i>Cocos nucifera</i> .
13	Retam7a ou Giesta	Fibra proveniente do líber do talo do <i>Cytisus scoparius</i> ou do <i>Spartum junceum</i> ou de ambos.
14	Kenaf ou Papoula de São Francisco	Fibra proveniente do líber do talo do <i>Hibiscus cannabinus</i> .
15	Rami	Fibra proveniente do líber do talo da <i>Boehmeria nivea</i> e da <i>Boehmeria tenacissima</i> .
16	Sisal	Fibra proveniente das folhas do <i>Agave sisalana</i> .
17	Sunn (Bis Sunn)	Fibra proveniente do líber do talo da <i>Crotalaria juncea</i> .
18	Anidex	Fibra formada de macromoléculas lineares que apresentam em sua cadeia uma ou mais ésteres de álcool monohidrico e ácido acrílico, em, pelo menos 50% em massa (Continuação da tabela)
19	Henequen (Ter Henequen)	Fibra proveniente do líber do talo do <i>Agave fourcroides</i> .

20	Maguey (Quarter Maguey)	Fibra proveniente e do líber do talo do <i>Agave cantala</i> .
21	Malva	Fibra proveniente da <i>Hibiscus sylvestres</i> .
22	Caruá (Caroá)	Fibra proveniente da <i>Neoglazovia variegata</i> .
23	Guaxima	Fibra proveniente da <i>Abutilon hirsutum</i> .
24	Tucum	Fibra proveniente do fruto da <i>Tucumã bactris</i> .
25	Pita (Piteira)	O mesmo que <i>Agave Americana</i> .
26	Acetato	Fibra de acetato de celulosa na qual entre 92% e 74% dos grupos hidróxilos estão acetilados.
27	Alginato	Fibra obtida a partir de sais metálicos do ácido algínico.
28	Cupramonio (Cupro)	Fibra de celulose regenerada obtida pelo procedimento cuproamoniaco.
29	Modal	Fibra de celulose regenerada obtida pelos processos que permitam alta tenacidade e alto módulo de elasticidade em estado úmido. Estas fibras devem ser capazes de resistir quando estão úmidas uma carga de 22,5 g aproximadamente por Tex. Abaixo desta carga, o alongamento no estado úmido não deve ser superior a 15%.
30	Protéica	Fibras obtidas a partir de substâncias protéicas naturais regeneradas e estabilizadas sob a ação de agentes químicos.
31	Triacetato	Fibra de acetato de celulosa do qual pelo menos 92% dos grupos hidroxilas estão acetilados.
32	Viscose (a) Poderá ser adicionada, entre parênteses, a matéria prima celulósica utilizada para a obtenção do filamento como: Viscose (bambu), viscose (eucalipto), etc.	Fibra de celulose regenerada obtida mediante o procedimento viscoso para o filamento e para a fibra descontínua.
33	Acrílico (a)	Fibra formada de macromoléculas lineares que apresentam em sua cadeia acrilonitrilo, pelo menos, 85% em massa.
34	Clorofibra	Fibra formada por macromoléculas lineares que apresentam em sua cadeia monômera de vinil ou cloro de vinil, em mais de 50% em massa.
35	Fluorofibra	Fibra formada de macromoléculas lineares, obtidas a partir de monômeros alifáticos fluorocarbonados.
36	Aramida	Fibra em que a substância constituinte é uma poliamida sintética de cadeia, em que no mínimo 85% das ligações de amidas são feitas diretamente a dois anéis aromáticos e

(Continuação da tabela)

		cujo número de conexões imidas, nos casos que estas existam, não podem exceder ao das conexões amidas.
37	Poliamida	Fibra formada de macromoléculas lineares sintéticas que têm em sua cadeia a repetição de grupos funcionais amidas unidos em, no mínimo, 85% a radicais alifáticos, aromáticos ou ambos.
38	Poliéster	Fibra formada de macromoléculas lineares que apresentam e sua cadeia um ester de um diol ácido tereftálico, pelo menos, em 85% em massa.
39	Poliétileno	Fibra formada de macromoléculas lineares saturadas de hidrocarbonetos alifáticos não substituídos.
40	Polipropileno	Fibra formada de macromoléculas lineares de hidrocarbonetos alifáticos saturados, donde um de cada dois átomos de carbono, tem um grupo metil, não substituído em posição isotáctica sem substituições ulteriores.
41	Policarbamida	Fibra formada de macromoléculas lineares que apresentam na cadeia a repetição do grupo funcional uréia.
42	Poliuretano	Fibra formada de macromoléculas lineares que apresentam na cadeia a repetição do grupamento funcional uretana.
43	Vinilal	Fibra formada de macromoléculas lineares cuja cadeia é constituída de álcool polivinílico com nível de acetilação.
44	Trivinil	Fibra formada de um terpolímero de acrilonitrilo, de um monômero vinílico clorado e um terceiro monômero vinílico, do qual nenhum representa mais de 50% da composição, em massa.
45	Elastodieno	Fibra elástica composta de polisopropeno natural ou sintético ou composta por um ou mais dienos polimerizados com ou sem monômeros vinílicos. Esta fibra elástica quando é estirada três vezes sua longitude inicial, recupera rapidamente quando desaparece a solitação
46	Elastano	Fibra elástica constituída de poliuretano segmentado em pelo menos 85% de massa. Esta fibra elástica quando é estirada três vezes sua longitude inicial, recupera rapidamente quando desaparece a solitação.
47	Vidro Têxtil	Fibra constituída de vidro.
48	O nome correspondente do material do qual está composta a fibra, por exemplo: Metal (metálica, metalizada), amianto, papel, precedidos ou não da palavra "fio de" ou "fibra de".	Fibras obtidas a partir de outros produtos naturais, artificiais ou sintéticos não mencionados especificamente na presente lista.
49	Modacrílico	Fibra formada de macromoléculas lineares que apresentam na cadeia uma estrutura acrilonitrílica, entre 50% e 85% em

(Continuação da tabela)

		massa.
50	Liocel	Fibra celulósica regenerada obtida por um método de dissolução em um solvente orgânico e fiado, sem formação de derivados.
51	Polinósico (a)	Fibra cortada ou filamento contínuo, de elevada tenacidade, formados de macromoléculas lineares de celulose regenerada.
52	Polilático	Fibra manufaturada em que a substância que forma a fibra está composta por unidades de éster de ácido láctico derivado de açúcares naturais, em, pelo menos 85% em massa.
53	Carbono	Fibra obtida por pirólisis, até a carbonização, de fibras sintéticas.
54	Bambu natural	Fibra proveniente do <i>Dendrocalamus giganteus</i>
55	Lastol	Fibra elástica, de ligações cruzadas, com 98% de seu peso composto de etileno e outra unidade de olefina.

Fonte: Inmetro (2008, p. 8)

ANEXO B - Características das fibras têxteis

FIBRA TÊXTIL	TIPO DE FIBRA	CARACTERÍSTICAS
Lã	Natural	<p>Fibra Proteica; quente e confortável, excelente isolante térmico; quanto ao toque não é suave; estrutura volumosa; resistente ao amassamento; absorve bem a transpiração e a umidade; amarela e desbota quando exposta ao sol; baixa resistência ao atrito; atacada por traças, insetos e fungos; não resiste a produtos químicos; exige precauções durante a conservação.</p>
Seda	Natural	<p>Fibra Proteica; muito macia, leve, toque “seco” e confortável; não provoca irritações na pele; baixa resistência; desbota se exposta ao sol e a transpiração; aparência brilhante; não resiste a produtos químicos; atacada por traças e insetos; exige muitos cuidados na lavagem e tratamento.</p>
Algodão	Natural	<p>Fibra celulósica; podem apresentar tamanhos variados de fibras; macio e confortável; durável; resistente ao uso, à lavagem, à traça e insetos; lava-se com facilidade; tem tendência a encolher e a amarrotar; atacado por fungos; queima com facilidade, carboniza; não resiste a produtos químicos.</p>
Linho	Natural	<p>Fibra celulósica; irregulares; toque áspero e rígido; muito resistente e confortável; lava-se com facilidade; encolhe e amarrota com facilidade; atacado por fungos; queima com facilidade.</p>
Viscose	Não Natural	<p>Macia e agradável para o verão; absorve bem a umidade e a transpiração; resiste bem à luz e às traças; torna-se pouco resistente quando molhadas; encolhe e amarrota com facilidade;</p>

(Continuação da tabela)

		sensível ao ácido acético; amarela e desbota com a transpiração; queima com facilidade;
Poliamida	Não natural	Leve e macia; alta resistência e baixo peso; não encolhe e nem deforma; resistente ao uso, aos fungos e às traças; de fácil tratamento e seca rapidamente; sensível à luz; tem tendência a reter poeira e sujeira; mancha com facilidade; tato suave e sedoso; não absorve umidade; aquece pouco; favorece a transpiração do corpo; encolhe com o calor; não resiste a produtos químicos;
Poliéster	Não natural	Boa resistência à luz e ao uso; não enruga; boa elasticidade; resiste a maior parte dos produtos químicos; de fácil tratamento e seca rapidamente; áspero; tem tendência a formar “bolinhas” com o uso; desbota quando exposto ao sol: encolhe com o calor.
Acrílico	Não natural	Macio, leve e quente; não enruga; boa resistência à luz, às traças e a maior parte dos produtos químicos; não encolhe; de fácil tratamento; forma “bolinhas” com o uso; sensível ao calor e a produtos químicos; queima com facilidade.
SUPLEX ® fibra DuPont Sudamerica S/A	Não natural	É indicado para tecidos esportivos, visto que alia as propriedades das malhas de algodão, confere maciez e flexibilidade a peças confeccionadas, em adição a durabilidade e resistência do nylon (poliamida). Devido ao sistema de texturização a ar, desenvolve um toque parecido com o do algodão, aliado a vantagens das fibras sintéticas; tecido que proporciona conforto, resistência, caimento e possui uma secagem relativamente mais rápida que outros tecidos.
TACTEL ® fibra DuPont Sudamerica S/A	Não natural	Tecido 100% poliamida é um tipo de microfibra o qual sua estrutura possui fios texturizados a ar que o capacita ser de alta secagem e alta transpiração. A fibra possui padrão internacional de qualidade

		dos fios DuPont. O tactel é um tecido que não retém o suor e seca rapidamente quando exposto ao sol.
Tencel: nome fantasia da fibra liocel	Natural	Fibra celulósica proveniente da polpa de madeira de árvores que são constantemente replantadas e o processo químico utiliza um solvente totalmente reciclável, por isso chama-se de uma fibra Ecologicamente Correta. O liocel representa a grande novidade entre as matérias primas têxteis, possibilita um tecido que alia a resistência do algodão, o toque e a maciez da seda e o perfeito caimento e frescor das fibras celulósicas.

Fonte: Adaptado de Viana; Neira (2010); (<http://www.sodineiro.info/>)

ANEXO C - Table A.1: Insulation values of typical clothing ensembles

Annex A (normative)

Thermal insulation values for clothing ensembles

See Tables A.1 to A.10.

Table A.1 — Insulation values of typical clothing ensembles

Work clothing	I_{cl}		Daily wear clothing	I_{cl}	
	clo	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$		clo	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
Underpants, boiler suit, socks, shoes	0,7	0,11	Panties, T-shirt, shorts, light socks, sandals	0,3	0,05
Underpants, shirt, trousers, socks, shoes	0,75	0,115	Panties, petticoat, stockings, light dress with sleeves, sandals	0,45	0,07
Underpants, shirt, boiler suit, socks, shoes	0,8	0,125	Underpants, shirt with short sleeves, light trousers, light socks, shoes	0,5	0,08
Underpants, shirt, trousers, jacket, socks, shoes	0,85	0,135	Panties, stockings, shirt with short sleeves, skirt, sandals	0,55	0,085
Underpants, shirt, trousers, smock, socks, shoes	0,9	0,14	Underpants, shirt, light-weight trousers, socks, shoes	0,6	0,095
Underwear with short sleeves and legs, shirt, trousers, jacket, socks, shoes	1	0,155	Panties, petticoat, stockings, dress, shoes	0,7	0,105
Underwear with short legs and sleeves, shirt, trousers, boiler suit, socks, shoes	1,1	0,17	Underwear, shirt, trousers, socks, shoes	0,7	0,11
Underwear with long legs and sleeves, thermo jacket, trousers, socks, shoes	1,2	0,185	Underwear, track suit (sweater and trousers), long socks, runners	0,75	0,115
Underwear with short sleeves and legs, shirt, trousers, jacket, thermo jacket, socks, shoes	1,25	0,19	Panties, petticoat, shirt, skirt, thick knee socks, shoes	0,8	0,12
Underwear with short sleeves and legs, boiler suit, thermo jacket and trousers, socks, shoes	1,4	0,22	Panties, shirt, skirt, roundneck sweater, thick knee socks, shoes	0,9	0,14
Underwear with short sleeves and legs, shirt, trousers, jacket, thermo jacket and trousers, socks, shoes	1,55	0,225	Underpants, singlet with short sleeves, shirt, trousers, V-neck sweater, socks, shoes	0,95	0,145
Underwear with short sleeves and legs, shirt, trousers, jacket, heavy quilted outer jacket and overalls, socks, shoes	1,85	0,285	Panties, shirt, trousers, jacket, socks, shoes	1	0,155
Underwear with short sleeves and legs, shirt, trousers, jacket, heavy quilted outer jacket and overalls, socks, shoes, cap, gloves	2	0,31	Panties, stockings, shirt, skirt, vest, jacket	1	0,155
Underwear with long sleeves and legs, thermo jacket and trousers, thermo jacket and trousers, socks, shoes	2,2	0,34	Panties, stockings, blouse, long skirt, jacket, shoes	1,1	0,17
Underwear with long sleeves and legs, thermo jacket and trousers, parka with heavy quilting, overalls with heavy quilting, socks, shoes, cap, gloves	2,55	0,395	Underwear, singlet with short sleeves, shirt, trousers, jacket, socks, shoes	1,1	0,17
			Underwear, singlet with short sleeves, shirt, trousers, vest, jacket, socks, shoes	1,15	0,18
			Underwear with long sleeves and legs, shirt, trousers, V-neck sweater, jacket, socks, shoes	1,3	0,2
			Underwear with short sleeves and legs, shirt, trousers, vest, jacket, coat, socks, shoes	1,5	0,23