

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR - MG

BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

ANA CAROLINA PIRES

**DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TIPO E COR DO TECIDO DA
VESTIMENTA NO CONFORTO TÉRMICO**

FORMIGA – MG

2017

ANA CAROLINA PIRES

DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TIPO E COR DO TECIDO DA
VESTIMENTA NO CONFORTO TÉRMICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Química do Centro Universitário de Formiga (UNIFOR – MG), como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Me. Emerson Paulino dos Reis.

FORMIGA – MG

2017

P667 Pires, Ana Carolina.
Determinação da influência do tipo e cor do tecido da vestimenta no conforto térmico / Ana Carolina Pires.– 2017.
99 f.

Orientador: Emerson Paulino dos Reis.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)-Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2017.

1. Conforto térmico. 2. Vestuário. 3. Transferência de calor. I. Título.

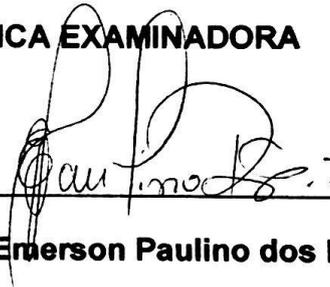
CDD 720.47

ANA CAROLINA PIRES

**DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TIPO E COR DO TECIDO DA
VESTIMENTA NO CONFORTO TÉRMICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Curso de Engenharia Química do Centro
Universitário de Formiga (UNIFOR – MG),
como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Química.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Emerson Paulino dos Reis

ORIENTADOR - UNIFOR – MG



Prof. Me. Antônio José dos Santos Júnior

UNIFOR – MG



Prof. Rosiene Gonzaga de Jesus Pimenta

UNIFOR – MG

Formiga, 25 de outubro de 2017

Dedico aos meus pais, meu irmão, meu namorado e minhas amigas que, com muito carinho e amor, me incentivaram constantemente.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de deixar registrado os meus mais sinceros agradecimentos a todas as pessoas abaixo citadas, que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho:

Ao meu Orientador, Prof. Me. Emerson Paulino dos Reis, pela total disponibilidade, apoio e dedicação prestada para a realização de cada etapa do trabalho.

Aos meus pais, Deise e Marcelo; meu irmão, Marco Túlio; meu namorado, Glauber Lopes e minhas amigas, por toda a confiança, compreensão, paciência e apoio emocional e incondicional recebido.

As minhas companheiras de turma e amigas, Ana Carolina Rangel, Gláucia Katiúscia, Laura Maria, Letícia Leonel, Marina do Couto e Tayane Cristina, com quem tive o prazer de conviver durante todos esses anos, muito obrigada por toda ajuda e irmandade.

RESUMO

Pesquisadores têm estudado a importância do estudo do conforto térmico para a saúde do homem tendo em vista que o mesmo influencia no bem-estar, concentração e capacidade física de um indivíduo quando submetido a condições de stress térmico. O presente trabalho busca determinar, por meio de um experimento, qual a relevância das características: natureza, cor, espessura e condutividade térmica dos tecidos para o conforto térmico. Para isso, foram utilizados quatro tipos diferentes de tecidos e um aparelho de propagação de calor. As espessuras dos tecidos foram medidas com um paquímetro digital. As temperaturas internas dos tecidos, a sentida pela pele, foram medidas quando os tecidos foram expostos a fonte de calor do aparelho de propagação. Posteriormente, criou-se um cenário hipotético onde os mesmo tecidos são expostos a irradiação solar das quatro estações da cidade de Formiga – MG, com o objetivo de obter novamente as temperaturas internas dos tecidos quando são submetidos a tais condições. Os resultados demonstram que o tecido Jeans Escuro apresentou a maior espessura e maior temperatura externa, e o tecido que apresentou maior temperatura interna foi o Malha Azul. Verifica-se que para a estação Verão, prefere-se o uso de roupas cuja diferença entre as temperaturas interna e externa do tecido seja pequena; já para a estação Inverno, há uma preferência por roupas cuja diferença de temperaturas seja grande. As conclusões alcançadas demonstram que as características dos tecidos influenciam diretamente no conforto térmico, provando a importância de analisá-las.

Palavras – chaves: Conforto Térmico. Vestuário. Transferência de Calor.

ABSTRACT

Researchers have studied the importance of the thermal comfort for human health since it influences on the well-being, concentration and physical capacity of an individual when subjected to thermal stress condition. The present work seeks to determine, through an experiment, the relevance of the following characteristics: nature, color, thickness and thermal conductivity of the fabrics for thermal comfort. For this, it was used four different kinds of fabrics and a heat propagation apparatus. The thickness of the tissues was measured with a digital caliper. The internal temperatures of the tissues, felt by the skin, were measured when the tissues were exposed to the heat source of the propagation apparatus. Subsequently, a hypothetical scenario was created where the same tissues are exposed to solar irradiation of the four stations of the city of Formiga - MG, with the objective of obtaining again, the internal temperatures of the tissues when they are submitted to such conditions. The results show that the Dark Jeans fabric had the highest thickness and the highest external temperature, and the fabric with the highest internal temperature was the Blue Mesh. It is verified that for the summer season, it is preferred the use of clothes with small difference between the internal and external temperatures of the fabric; for the winter season, it is preferred the use of clothes where this difference of temperatures is high. The conclusions reached demonstrate that the characteristics of the tissues influence directly the thermal comfort, proving the importance of analyzing them.

Keywords: Thermal Comfort. Clothing. Heat Transfer.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Zona de conforto térmico.	31
Figura 2 – Rendimento térmico: corpo humano.	34
Figura 3 – Área corporal em função de altura e do peso.	36
Figura 4 – Atividades humanas medidas em “met”.	37
Figura 5 – Exemplo de uma vestimenta para proteção.	55
Figura 6 – Orifícios na lateral da caixa.	61
Figura 7 – Varal para disposição dos tecidos.	62
Figura 8 – Suporte de tecido sob a plataforma do aparelho para meios de propagação de calor.	63
Figura 9 – Aparelho para meios de propagação de calor e suportes preparados para o experimento.	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Relação das temperaturas internas obtidas durante o experimento para todos os tipos e cores de tecidos.	76
Gráfico 2 - Valores de ΔT para todos os tipos e cores de tecidos para as quatro estações de Formiga – MG.	84

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 – Fatores que determinam no conforto térmico.....	32
Quadro 2 – Trocas de calor entre homem e o ambiente.....	44
Quadro 3 – Tipo, cor e composição dos tecidos utilizados no experimento.....	59

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Taxa de metabolismo para algumas atividades.	37
Tabela 2 – Índice de resistência térmica para algumas vestimentas segundo ISO 7730 (2005).....	40
Tabela 3 – Valores do isolamento térmico para conjuntos de roupas segundo Coutinho (2005).....	41
Tabela 4 – Espessuras medidas para o tecido de seda.	69
Tabela 5 – Espessuras medidas para o tecido de malha.....	70
Tabela 6 – Espessuras para o tecido de brim.	71
Tabela 7 – Espessuras para o tecido de jeans.....	72
Tabela 8 – Média e desvio padrão calculados para os dados medidos para obtenção da espessura do tecido.	73
Tabela 9 – Temperatura interna de cada tecido obtida ao final do experimento.	75
Tabela 10 – Valores das condutividades térmicas dos tecidos.	79
Tabela 11 – Temperaturas externas para todos os tipos e cores de tecidos do experimento.....	80
Tabela 12 – Valores de irradiação solar para as quatro estações do ano da cidade de Formiga – MG.	81
Tabela 13 – Valores de ΔT para todos os tipos e cores de tecidos para as quatro estações de Formiga – MG.	83

LISTAS DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

η – Eficiência mecânica do corpo

% – Porcentagem

φ – Umidade do ar

Σ – Somatório

ΔT – Diferença entre temperaturas

a.C – Antes de Cristo

A_{DU} – Área corporal de Dubois

A_{cl} – Área da vestimenta

ASHRAE – American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers

APUD – Expressão latina: “citado por”

cm - Centímetros

cm² - Centímetros cúbicos

CNTP – Condições normais de temperatura e pressão

CO₂ – Dióxido de carbono

C_{res} – Taxa de perda de calor convectivo na respiração

C – Taxa de perda de calor na pele por convecção

°C – Graus Celsius

Clo – Resistência térmica da vestimenta (m². °C/W)

DP – Desvio padrão

E_{dif} – Taxa de perda de calor por evaporação da água de difusão

E_s – Taxa de perda de calor por evaporação da transpiração

E_{res} – Taxa de perda de calor evaporativo na respiração

EQ. – Equação

f_{cl} – Fator de resistência térmica

FIG. – Figura

h_c – Coeficiente de convecção

ISO – Internacional Organization for Standardization

I_{cl} – Resistência térmica das roupas

K – Taxa de calor transmitido por condução

Kg – Quilograma

Kpa – Quilopascal

Km/h – Quilômetros por Hora

L/s – Litros por Segundos

M – Taxa de metabolismo

m – Metros

m^2 – Metros Quadrado

$m^2. ^\circ C/W$ – Metros Quadrado Celsius por Watt

Met – Taxa de metabolismo (W/m^2)

MG – Minas Gerais

$m^2.K/W$ – Metros Quadrado Kelvin por Watt

mm – Milímetros

m/s – Metros por Segundos

n – Número do conjunto de dados

O_2 – Oxigênio

$p.$ – Página da citação

PPD – Percentual de Pessoas Insatisfeitas

P_v – Pressão de vapor d' água do ar

PMV – Voto Médio Predito

q – Taxa de condução de calor (W)

R – Taxa de perda de calor na pele por radiação

RQ – Quociente respiratório

$TAB.$ – Tabela

T_a – Temperatura do ar ambiente

T_{cl} – Temperatura da vestimenta

T_{bs} – Temperatura de bulbo seco

T_g – Temperatura do globo

T_{rm} – Temperatura radiante média

V_{ar} – Velocidade de ar

V_{O_2} – Oxigênio consumido

W – Taxa de trabalho mecânico realizado

W/m^2 – Watt por Metros Quadrado

$W/m^2. ^\circ C$ – Watt por Metro Quadrado Celsius

$(W/m^2)/h$ – Watt por Metro por hora

$W/m^2.K$ – Watt por Metro Quadrado Kelvin

x – Valor do conjunto de dados

\bar{x} – Média aritmética

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	21
2.1. Objetivo geral.....	21
2.2. Objetivos específicos.....	21
3. JUSTIFICATIVA	22
4. REFERÊNCIAL TEÓRICO	23
4.1. Pesquisas sobre conforto térmico.....	23
4.2. Conforto térmico	28
4.3. Fatores que influenciam no conforto térmico.....	31
4.3.1. Parâmetros de conforto térmico de natureza ambiental	32
4.3.2. Parâmetros de conforto térmico de natureza pessoal.....	34
4.3.2.1. Metabolismo	34
4.3.2.2. Vestimenta.....	39
4.4. Transferência de calor e balanço térmico entre homem e ambiente	43
4.4.1. Trabalho Mecânico (W).....	46
4.4.2. Transferência de calor através do sistema respiratório	46
4.4.3. Transferência de calor através da pele	48
4.5. Funções da vestimenta	53
4.6. Tecidos	56
5. METODOLOGIA.....	58
5.1. Classificação da pesquisa.....	58
5.2. Amostra	59
5.3. Materiais Utilizados	60
5.4. Procedimentos.....	60

6. DESENVOLVIMENTO.....	66
6.1. Composição da amostra	66
6.1.1. Seda.....	66
6.1.2. Malha	67
6.1.3. Brim	68
6.1.4. Jeans	68
6.2. Espessura dos tecidos	69
6.3. Temperatura interna do tecido	74
6.4. Eficiência da lâmpada	77
6.5. Temperatura da vestimenta	78
6.6. Cenário hipotético	81
7. RESULTADO E DISCUSSÕES.....	86
8. CONCLUSÃO.....	89
REFERÊNCIAS.....	91
ANEXOS	97
ANEXO A	98
ANEXO B	99

1. INTRODUÇÃO

A saúde do homem tem recebido uma maior atenção, devido à evolução da humanidade. Quanto mais evoluídos os indivíduos, mais exigentes eles ficam em relação a tudo que os trazem sensação de bem-estar. O conforto térmico é um dos parâmetros que traz ao homem esta sensação, pois a saúde dele é fortemente influenciada pelo clima. (XAVIER, 1999).

Os estudos acerca do conforto térmico são relativamente recentes, além de precários e de difícil acesso. Na atualidade, o assunto tem recebido uma maior atenção, mas ainda se faz necessário o desenvolvimento de novas pesquisas, visto que o parâmetro do conforto térmico é subjetivo, sendo necessário considerar a adaptação e prática de vida da população. (ANDREASI, 2009).

As pesquisas sobre conforto térmico são divididas em pesquisas realizadas em câmaras climatizadas e em campo. Fanger¹ (1970 apud RUAS, 1999) é um dos pesquisadores mais conhecidos quando se trata de conforto térmico, ele desenvolveu estudos em câmaras climatizadas e estabeleceu o modelo PMV (Voto Médio Predito) e o PPD (Percentual de Pessoas Insatisfeitas). O modelo de Fanger é utilizado até hoje por outros Autores. Segundo Pinheiro (2011), alguns pesquisadores como Xavier, Araújo e Nicol também desenvolveram estudos sobre o assunto, porém, diferente de Fanger, realizaram as pesquisas em campo, ou seja, em situação real sem o controle das variáveis ambientais ou pessoais.

De acordo com ASHRAE (1992), conforto térmico é definido como um estado da mente que reflete satisfação com o ambiente térmico. Já ambiente térmico de acordo com Pinheiro (2011), é um conjunto das variáveis térmicas do ambiente que influenciam no organismo do indivíduo de forma direta ou indireta, assim afetando a saúde e bem-estar do mesmo.

O conforto térmico só acontece com o equilíbrio térmico entre o homem e o ambiente, se o sistema orgânico termorregulador do homem não consegue encontrar o equilíbrio, acontece o stress térmico. Esse fenômeno acontece com frequência em ambientes de trabalho, sendo alvo de diversos estudos. (SÁ, 1999).

¹ FANGER, P. O. **Thermal Comfort - Analysis and Application in Environmental Engineering**. Copenhagen, 1970. 244p.

Ainda de acordo com Sá (1999), o organismo do homem procura encontrar o equilíbrio térmico através das transferências de calor, as quais ocorrem por quatro mecanismos, sendo elas: convecção, radiação, evaporação e respiração. As transferências de calor por convecção e evaporação ocorrem tanto através da respiração quanto através da pele. A radiação ocorre somente através da pele, que é a transferência de calor da superfície da vestimenta para as superfícies próximas da mesma. Tem-se também a transferência de calor por condução, que consiste na passagem do calor da pele até a superfície externa da vestimenta, que influencia pouco no balanço térmico entre o homem e o ambiente.

Para estabelecer uma condição satisfatória térmica para um indivíduo, é necessário considerar alguns fatores ambientais e pessoais. Roriz² (1987 apud SILVA, 2015) diz que os fatores ambientais são aqueles medidos no local ou calculados a partir de equações, sendo eles: temperatura de bulbo seco, temperatura radiante média, velocidade do ar, umidade do ar. Os fatores pessoais, taxa de metabolismo e resistência da vestimenta, estão ligados diretamente ao indivíduo que se encontra no local das variáveis ambientais.

A taxa de metabolismo tem relação com a utilização de energia pelo corpo, assim quanto maior a atividade exercida pelo indivíduo, maior será a taxa de metabolismo e maior será o calor dissipado. A taxa de metabolismo é expressa em “met”, sendo que 1 met corresponde a 58,2 W/m². (BRODAY³, 2013 apud SILVA, 2015).

A vestimenta é considerada um fator de influência pessoal, pois funciona como uma resistência térmica para as trocas de calor que ocorrem na pele. Assim como a taxa de metabolismo, a vestimenta possui uma unidade própria, o clo, que corresponde a resistência térmica de 0,155 m².°C/W. (ISO 7730, 2005).

A vestimenta é um parâmetro que influencia diretamente no conforto térmico de um indivíduo, apesar de ser pouco abordado pelos pesquisadores que desenvolvem pesquisas a respeito de conforto térmico. A roupa, além de trazer ao

² RORIZ, M. **Zona de conforto térmico – um estudo comparativo de diferentes abordagens**, São Carlos, EESC/SAP, 1987.

³ BRODAY, E. E. **Análise comparativa entre os métodos de determinação da taxa metabólica visando o equilíbrio entre o homem e o ambiente**. Ponta Grossa: 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnologia Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

indivíduo um estado térmico agradável, possui outras funções, como a função moda, em que a roupa precisa fornecer ao usuário o conforto psicológico, estético e sensorial. Uma vestimenta que possui todos esses requisitos fornece ao usuário um conforto total (STALER⁴, 1997 apud ALENCAR; BOUERI, 2012). Para atender todos os requisitos citados, faz-se necessário conhecer bem o tecido de que é feita a roupa. A natureza, finura, cor, porosidade e a condutividade térmica são características físicas dos tecidos que podem interferir na satisfação do indivíduo que está em um determinado ambiente térmico.

⁴ SLATER, K. **Subjective Textile Testing**, Journal Textile Institute, v. 88, n. 2, p. 79 – 91, 1997.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral a determinação do grau de influência do tipo e cor do tecido da vestimenta para o conforto térmico através de um método experimental adaptativo.

2.2. Objetivos específicos

O presente trabalho tem como objetivos específicos:

- Caracterizar os diferentes parâmetros ambientais e pessoais que influenciam no conforto térmico;
- Definir as transferências de calor que ocorrem entre o homem e o ambiente;
- Abordar as funções da vestimenta;
- Analisar, através de um experimento, a influência do tipo do tecido nas transferências de calor entre a pele e o ambiente;
- Analisar se as características natureza, cor, espessura e condutividade térmica dos tecidos influenciam no conforto térmico do indivíduo.

3. JUSTIFICATIVA

Xavier⁵ (2000 apud SILVA, 2015) diz que o homem é parte essencial nos setores que abordam o conforto térmico, devido a influencia do mesmo no seu bem-estar. Sá (1999) e Lopes⁶ (2008, apud PINHEIRO, 2011) alertam para a importância do conforto térmico para a saúde do homem, visto que um indivíduo que se encontra em um ambiente térmico que não lhe proporciona conforto, pode vir a ter problemas com concentração e capacidade física.

Apesar da influência do conforto térmico para a saúde do homem, estudos sobre o assunto são pouco explorados e destacados pelos pesquisadores, devido a isso o presente trabalho procurou avaliar o conforto térmico através de um método experimental adaptativo. O experimento é voltado para a análise da transferência de calor que ocorre entre a pele/roupa e o ambiente, considerando a vestimenta como uma resistência térmica para a ocorrência da mesma. Além disso, o experimento procura, também, avaliar quais das características do tecido influenciam no conforto térmico proporcionado pela vestimenta.

Não se tem conhecimento de nenhum Autor que tenha realizado um estudo com método experimental apresentado neste trabalho, visto que a avaliação do conforto térmico deve ser realizada para cada região ou local onde se queira avaliá-lo, pois o mesmo se trata de um parâmetro subjetivo, em que fatores ambientais e pessoais interferem diretamente nos resultados obtidos.

⁵ XAVIER, A. A. P. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias.** Teoria física aliada a estudos de campo. Florianópolis. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2000.

⁶ LOPES, R. **Condições de Conforto Térmico na Construção de Edifícios.** Porto – Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.

4. REFERÊNCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será abordado as pesquisa já realizadas por alguns Autores sobre o conforto térmico e da dificuldade de se ter acessos a essas pesquisas, posteriormente os conceitos de conforto térmico serão abordados, bem como os fatores que influenciam na sua determinação. Por fim, apresentará as funções das vestimentas e descreverá as características dos tecidos que podem influenciar na transferência de calor entre a pele e a vestimenta.

4.1. Pesquisas sobre conforto térmico

Segundo Giovani⁷ (1976 apud ANDREASI, 2009), “é praticamente impossível que exista um índice ou norma universal de conforto térmico”. Deve ser desenvolvido um índice ou norma de conforto térmico para cada região, visto que a adaptação e a prática de vida da população devem ser levadas em consideração, pois afetam os resultados.

Segundo Frota e Schiffer (2007), com base em diferentes aspectos de conforto, foram desenvolvidos vários índices de conforto térmico, que podem ser classificados em:

- Índices biofísicos: baseados nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente;
- Índices fisiológicos: baseados nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar;
- Índices subjetivos: baseados nas sensações subjetivas do conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

⁷ GIVONI, B. **Climate and Architecture**. Applied Science Publishers Ltd, London, 1976.

Houghten e Yagloglou⁸ (1923 apud PINHEIRO, 2011) foram uns dos primeiros pesquisadores a realizar estudos em laboratório para delimitar uma “zona de conforto térmico”. Ambos chegaram à definição de Temperatura Efetiva, apresentada sob a forma de nomograma. Segundo Frota e Schiffer (2007, p. 27), Temperatura Efetiva é a “correlação entre as sensações de conforto e as condições de temperatura, umidade e velocidade do ar”.

“Em 1932, Vernon e Warner, apresentaram uma proposta de correção para o índice de Temperatura Efetiva, utilizando a temperatura do termômetro de globo em vez de temperatura seca do ar” (FROTA; SCHIFFER, 2007, p. 27). Segundo Vernon e Warner⁹ (1932 apud FROTA; SCHIFFER, 2007, p. 27), alterações na sensação de conforto aconteciam quando a temperatura seca do ar era inferior ou superior à temperatura média radiante. No ANEXO A, é apresentado o nomograma do índice de Temperatura Efetiva.

Segundo Pinheiro (2011, p. 8), “Olgay, foi o precursor em agrupar os resultados das várias áreas de estudo na tentativa de delimitar uma zona de conforto térmico”. Segundo Frota e Schiffer (2007), a carta bioclimática de Olgay (ANEXO B) é um índice biofísico, ou seja, seu desenvolvimento é baseado na troca de calor do homem com o ambiente. A carta é constituída pela zona de conforto na parte central, a ordenada pela temperatura de bulbo seco e a abscissa pela umidade relativa do ar.

[...] esses índices são desenvolvidos fixando um tipo de atividade e a vestimenta utilizada pelo indivíduo para, a partir daí, relacionar as variáveis do ambiente e reunir, sob a forma de cartas ou nomogramas, as diversas condições ambientais que proporcionam respostas iguais por parte dos indivíduos. (FROTA; SHIFFER, 2007, p. 25).

As pesquisas sobre conforto térmico podem ser divididas em dois grandes grupos, sendo eles: pesquisas realizadas em câmaras climatizadas e as em campo.

⁸ HOUGHTEN, F.C.; YAGLOU, C.P. **Determining lines to equal comfort, and determination of the comfort zone.** In: ASHVE Transactions, v.29, 1923.

⁹ VERNON, H. M.; WARNER, C. G. **The influence of the humidity of the air on capacity for work at high temperatures.** J. Hyg., v.32, 1932.

No final dos anos 60, num estudo desenvolvido em câmaras climatizadas na Dinamarca, Fanger (1970), correlacionou a sensação térmica das pessoas ao balanço térmico verificado entre o corpo humano e o meio ambiente ao redor. No final desse estudo, enunciou a clássica teoria conhecida como modelo do PMV (Predicted Mean Vote), onde a sensação térmica ou PMV é predito em função do balanço térmico ocorrido. (PINHEIRO, 2011, p. 8).

As pesquisas realizadas em câmaras climatizadas possuem métodos definidos por Fanger (1970 apud RUAS, 1999), sendo eles o PMV e o PPD. Segundo Pinheiro (2011, p. 16), “o PMV consiste num valor numérico que traduz a sensibilidade humana ao frio e ao calor. O PMV para conforto térmico é zero, para frio é negativo e para calor é positivo – Escala Sensação”. Como forma de complemento, foi criado o índice PPD, que deve ser menor que 10% para ambientes com ocupação humana serem considerados termicamente aceitáveis.

Na realização de pesquisas semelhante à de Fanger, os fatores ambientais e pessoais são manipulados pelo pesquisador, ou seja, acontece em ambientes controlados. Já as pesquisas de campo são realizadas por métodos adaptativos, realizadas em situação real, considera-se a interação do indivíduo com o meio ambiente. Outros fatores também são levados em consideração como a aclimatização, demografia (gênero, idade, classe social), contexto (composição da edificação, estação, clima) e cognição (atitudes, preferências e expectativas). (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Xavier, Araújo, Baker e Staandeven, Nicol, Humphreys, entre outros realizaram pesquisas de campo em diversas regiões do mundo, e os resultados desses estudos são diferentes daqueles encontrados por Fanger, pois são realizados em condições distintas dos estudos em câmaras climatizadas. (PINHEIRO, 2011).

Um dos principais pesquisadores do modelo adaptativo é Nicol¹⁰ (1993 apud PINHEIRO, 2011).

¹⁰ NICOL, J. F. **Thermal comfort – A handbook for Field studies toward an adaptive model.** University of East London. England. 1993.

Segundo Nicol (1993), a interação térmica entre a pessoa e o ambiente é altamente complexa [...] os processos internos pelos quais as pessoas produzem e respondem ao calor têm sido estudados por fisiologistas; os sentimentos conscientes das pessoas sobre o ambiente, por psicólogos; e os processos de transferência de calor entre o homem e o ambiente, por físicos. Ainda segundo Nicol, a estes três aspectos devem ser somados fatores sociais que determinam a maneira pela qual as pessoas reagem ao ambiente. (PINHEIRO, 2011, p. 8).

Segundo Lamberts et al. (2016), existem três categorias de adaptação, sendo elas:

- Ajustes comportamentais: são modificações conscientes ou inconscientes das pessoas; podem modificar o fluxo de calor e massas que controlam as trocas térmicas do corpo. Estes ajustes são divididos em subcategorias, conhecidos como os ajustes pessoais (roupa, atividade, postura), ajustes tecnológicos ou ambientais (abrir/fechar janelas, ligar ventiladores, usar óculos escuros) e os ajustes culturais.
- Ajustes fisiológicos: incluem todas as mudanças nas respostas fisiológicas das pessoas, que são resultados da exposição a fatores ambientais e térmicos, conduzindo a uma diminuição gradual na tensão criada por tal exposição. Tais mudanças podem ser divididas em: adaptação genética, que são alterações que tornaram parte da herança genética de um indivíduo ou grupo de pessoas; e a aclimatação, que são mudanças ligadas ao sistema termorregulador.
- Ajustes psicológicos: são percepções e reações das informações sensoriais. A percepção térmica é diretamente reduzida por sensações e expectativas ao clima interno. Esta forma de adaptação pode ser comparada à noção de “habituação”, que consiste na exposição repetida ou crônica que conduz a uma diminuição da intensidade da sensação evocada anteriormente.

Nos anos 90, houve a normatização dos estudos sobre conforto térmico através da ASHRAE 55 (1992) e da Norma ISO 7730 (1994) a respeito das pesquisas realizadas em câmaras climatizadas, em que se definiu o conforto térmico como uma “condição da mente de satisfação com o ambiente em que o indivíduo se

encontra”. Em 2010, “a nova versão da norma americana ASHRAE 55 apresenta um método opcional para determinação de condições térmicas aceitáveis em espaços naturalmente ventilados”. (LAMBERTS et al., 2016).

No exterior ainda existem algumas pesquisas a respeito da avaliação do conforto térmico, tanto as realizadas em câmaras climatizadas como em pesquisas realizadas em campo, porém no Brasil há uma precariedade sobre o assunto. Uma das primeiras pesquisas de campo realizadas no Brasil foi desenvolvida por Paulo Sá¹¹ (1934 apud OLIVEIRA; LABAKI, 2001), publicada em 1934 na Revista Brasileira de Engenharia.

Este primeiro estudo foi realizado com um grupo de alunos do próprio engenheiro, rapazes de 14 a 17 anos, onde em dias diferentes eram medidas simultaneamente a temperatura, a umidade e a velocidade do ar, juntamente com a elaboração de fichas individuais onde os alunos registravam a sensação de calor, numa escala de 1 a 7. (OLIVEIRA; LABAKI, 2001, p. 2).

“Em 1939, o engenheiro Benjamim Alves Ribeiro, iniciou sua pesquisa sobre conforto térmico no estado de São Paulo, através do método de votação individual” (OLIVEIRA; LABAKI, 2001, p. 3). A pesquisa foi realizada na estação fria do ano, e consistia em dispor pessoas em uma sala aproveitando as condições de clima do local. Em seguida, essas mesmas pessoas respondiam a um questionário que continha três itens, “estes itens são: A) sensação de calor do indivíduo em relação ao ambiente: 1 - frio desagradável, 2 - fresco agradável, 3 - agradável, 4 – quente agradável, 5 - quente desagradável; B) Vestuário: deficiente, normal, demasiado; C) Sente-se bem disposto?”. (OLIVEIRA; LABAKI, 2001, p. 3).

Em 1976, Landi iniciou a sua colaboração acerca do assunto de conforto térmico, avaliando a sensibilidade humana às variáveis ambientais e pessoais. Landi¹² (1976 apud ANDREASI, 2003, p. 7), “afirma que enquanto nas pesquisas em câmaras climáticas podem-se ter controle bastante preciso das condições

¹¹ SÁ, P. **Estudos para o estabelecimento de uma escala de temperaturas efetivas no Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia, 27, n.3, p.67 – 69, 1934.

¹² LANDI, F. R. **A adaptação térmica fisiológica do homem ao meio e a imprecisão das medidas das condições de conforto térmico.** São Paulo. Tese de Livre Docência da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, 1976.

ambientais, nas de campo estas não são alteradas e o comportamento humano é medido nas próprias condições de trabalho”, causando interferências devido às roupas e atividades físicas, resultando em dificuldades na definição de conforto.

[...] as roupas constituem o recurso mais econômico para as pessoas se adaptarem ao meio térmico ambiente e [...] efetivamente o recurso mais utilizado pelo homem, descreve a transferência de calor do corpo para o meio ambiente em três etapas: do interior do corpo para a pele, da pele para a superfície externa da roupa e da superfície externa da roupa para o ambiente exterior. (LANDI, 1976 apud ANDREASI, 2003, p. 8).

Alguns Autores como Roriz, Araújo e Xavier realizaram pesquisas em edificações de regiões específicas do Brasil através de modelos adaptativos e índices térmicos (ANDREASI, 2003). Segundo Xavier (2000 apud ANDREASI, 2009, p. 30), “era praticamente total a ausência de dados nacionais até meados de 1996, quando foram publicados os resultados de pesquisa efetuada por Araújo”. A precariedade de estudos acerca do assunto “conforto térmico”, além da dificuldade de acesso as obras existentes, ainda é uma situação que prevalece no Brasil.

4.2. Conforto térmico

Segundo Xavier (2000 apud SILVA 2015, p. 41) “a definição do termo “conforto” é intensamente abordada nos diversos setores no qual o “homem” é parte essencial, ao envolver vários parâmetros que procuram garantir o bem-estar do indivíduo em determinado ambiente”. O conforto térmico é um estado que expressa satisfação com o ambiente térmico e age nos sentidos do indivíduo.

A American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers – ASHRAE (1992) define conforto térmico como “um estado da mente que reflete satisfação com o ambiente térmico”. Seguindo o mesmo raciocínio, conforto térmico segundo a norma ISO 7730 (1994) é um “estado de alma que expressa satisfação com o ambiente térmico”. O conforto térmico influencia diretamente na situação emocional de um indivíduo, pois se o mesmo não estiver satisfeito com o ambiente em que se encontra, isso poderá acarretar em mudanças de humor, disposição, temperamento e ânimo.

Para haver conforto térmico é necessário existir o equilíbrio térmico no corpo humano, ou seja, o balanço térmico deve ser estável, o calor produzido pelo corpo do indivíduo deve ser igual ao calor perdido para o ambiente. Ruas (1999, p. 2) menciona, “o homem é um ser homotérmico, isto é, mantém, dentro de certos limites, a temperatura corporal interna relativamente constante independente da temperatura ambiente”. O homem possui um sistema orgânico, chamado termorregulador, que mantém sua temperatura interna em torno de $37^{\circ}\text{C} \pm 0,8^{\circ}\text{C}$, porém, às vezes, o corpo humano pode fugir do equilíbrio devido à condição térmica que se encontra.

Um ambiente neutro e confortável é um ambiente que permite que a produção de calor metabólico, se equilibre com as trocas de calor (perdas e/ou ganhos) provenientes do ar à volta do indivíduo. Fora desta situação de equilíbrio, podem existir situações adversas em que a troca de energia calorífica constitui um risco para a saúde da pessoa, pois mesmo tendo em conta os mecanismos de termorregulação do organismo, não conseguem manter a temperatura interna constante e adequada. Nestas situações pode-se falar de stress térmico, por calor ou frio. (PINHEIRO, 2011, p. 9).

Ruas (1999, p. 3) menciona que “quanto maior for o trabalho desse sistema para manter a temperatura interna do corpo, maior será a sensação de desconforto.” Quando as diferenças no balanço térmico do indivíduo são pequenas, o sistema termorregulador consegue fazer com que as perdas e ganhos se igualem, porém se as diferenças de calor produzido e perdido pelo corpo forem significativas, o sistema orgânico perde o controle, podendo levar à morte do indivíduo.

Considerando a influência do conforto térmico no bem estar do indivíduo, alguns Autores alertam para a importância do indivíduo de se sentir confortável termicamente no ambiente de trabalho visto que isso poderá acarretar no aumento da produtividade.

Em ambientes industriais é frequente a ocorrência de situações de “stress térmico”, nomeadamente devido a um calor excessivo. Nestas situações a concentração e a capacidade física dos trabalhadores são afetadas, o que naturalmente irá comprometer a produtividade da empresa e, não menos importante, irá criar condições favoráveis à ocorrência de acidentes de trabalho. (SÁ, 1999).

Devido à influência que o ambiente térmico detém sobre o ser humano, cedo se procurou analisar este fator como envolvente dos postos de trabalho e estudar a sua influência sobre os trabalhadores. As investigações efetuadas sobre o ambiente térmico nos locais de trabalho tiveram como abrangência dois campos distintos: a relação do ambiente térmico com a segurança do local de trabalho e a relação com a produtividade dos trabalhadores. (LOPES, 2008 apud PINHEIRO, 2011, p. 7).

Na melhoria das condições de trabalho, bem como na qualidade de vida, o ambiente térmico de trabalho desempenha um papel fundamental. O ambiente térmico pode ser definido como o conjunto das variáveis térmicas do posto de trabalho que influenciam o organismo do trabalhador, sendo assim um fator importante que intervém de forma direta ou indireta na saúde e bem-estar do mesmo e na realização das tarefas que lhe estão atribuídas. (MIGUEL¹³, 2010 apud PINHEIRO, 2011, p. 9).

O conforto térmico é uma sensação relativa, pois uma condição que é considerada confortável para uma pessoa pode não ser para outra, isso acontece devido a vários parâmetros que afetam a sensação de bem estar do indivíduo, devido a isso não é possível satisfazer a todos os indivíduos que se encontram em determinada condição térmica. Nesse caso, destaca-se a definição de Roriz (1987):

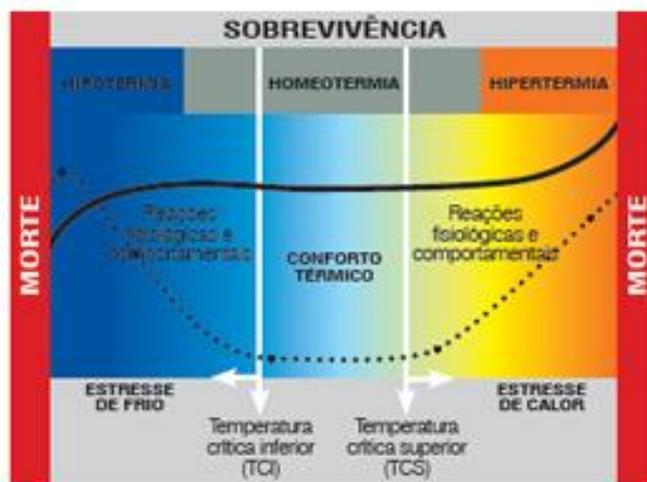
A condição de conforto térmico é obtida com efeito conjugado e simultâneo de um complexo conjunto de fatores objetivos, como elementos do clima (temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e radiação), a vestimenta, e outros fatores subjetivos como aclimatação, forma e volume do corpo, cor, metabolismo entre outros. O efeito conjugado destes parâmetros, quando produz sensações térmicas agradáveis, é denominado zona de conforto. (RORIZ¹⁴, 1987 apud SILVA, 2015, p. 41).

A zona de conforto ou termoneutralidade é a faixa de temperatura na qual um corpo está disposto mantendo-se em sua temperatura ideal sem esforço interno significativo como pode ser visto na FIG. 1. (SÁ, 1999).

¹³ MIGUEL, A. R. 2010. **Manual de Higiene e Segurança do Trabalho**. Porto - Portugal: Porto Editora, 11ª Edição, 2010.

¹⁴ RORIZ, M. **Zona de conforto térmico – um estudo comparativo de diferentes abordagens**. São Carlos, EESC/SAP, 1987.

Figura 1 – Zona de conforto térmico.



Fonte: GESTÃO NO CAMPO, [2012].

Segundo Sá (1999), se o calor que geramos internamente for maior que o calor que conseguimos dissipar levando o corpo ao limite do aquecimento, à morte por hipertermia. Quando a morte é por hipotermia, acontece o oposto, o calor que é gerado pelo indivíduo é menor que o calor dissipado, levando o corpo à queda de temperatura.

4.3. Fatores que influenciam no conforto térmico

Roriz (1987 apud SILVA, 2015), cita que a determinação do conforto térmico é influenciada por alguns fatores objetivos e subjetivos, como elementos do clima, a vestimenta, aclimatização, forma e volume do corpo, cor, metabolismo entre outros. Tais fatores podem ser divididos em duas classes, uma de natureza ambiental e outra de natureza pessoal (QUADRO 1).

Quadro 1 – Fatores que determinam no conforto térmico.

NATUREZA	VARIÁVEIS
Ambiental	Temperatura de bulbo seco, T_{bs} (°C); Temperatura radiante média, T_{rm} (°C); Velocidade do ar, V_{ar} (m/s); Umidade do ar (φ).
Pessoal	Taxa de metabolismo, M (W/m ²); Resistência térmica das roupas utilizadas, I_{cl} (clo).

Fonte: SILVA, 2015, p. 42.

4.3.1. Parâmetros de conforto térmico de natureza ambiental

Os parâmetros de natureza ambiental são medidos diretamente no local ou calculados a partir de outras medidas (ISO 7726¹⁵, 1996 apud XAVIER, 1999). Seguem as definições dos parâmetros de natureza ambiental:

- Temperatura de bulbo seco (T_{bs}): também chamada de temperatura do ar, pois corresponde à temperatura da mistura de ar e vapor d'água, é medida por um termômetro convencional. (LOPES; SILVA; REZENDE, [2000]).

A temperatura do ar não é consequência da ação direta dos raios do sol. O processo ocorre indiretamente, a radiação solar atinge o solo, que absorve uma parte e reflete outra, sendo a parte absorvida transformada em calor o qual é transferido ao ar por convecção, portanto, aquecendo-o. (BRANGER; DEAR¹⁶, 1998 apud SILVA, 2015, p. 32).

¹⁵ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities**. ISO/DIS 7726. Genebra, 1996.

¹⁶ BRAGER, G. S.; DEAR, R. DE. Thermal adaptation in the built environment: a literature review. **Energy and Buildings**. v. 27, p. 83 – 96, 1998.

- Temperatura radiante média (T_{rm}): “é a temperatura de um ambiente imaginário isotérmico onde a troca de calor por radiação com a pessoa é igual à do ambiente real”. (ÇENGEL; GHAJAR, 2012).

Corresponde à temperatura média das superfícies opacas visíveis que participam no balanço radioativo com a superfície exterior do vestuário. Este termo é particularmente difícil de definir com exatidão quer pela dificuldade em corretamente avaliar os fatores, quer pela influência da componente refletiva. (PINHEIRO, 2011, p. 15).

- Velocidade do ar (V_{ar}): “favorece os processos de troca de calor do corpo com o ar ambiente através da convecção e da evaporação. Assim, a sensação térmica humana é determinada pela intensidade da ventilação” (CÂNDIDO et. al.¹⁷, 2014 apud SILVA, 2015, p. 44). A velocidade do ar interfere significativamente no conforto térmico do indivíduo, por dois motivos: a incidência do sopro sobre os mesmos e o ruído que produz. (SOLER & PALAU, [2006]).

Num local com pessoas normalmente vestidas, em repouso ou ocupadas com uma atividade ligeira e com uma temperatura entre 20 e 24 °C, um movimento de ar a uma velocidade compreendida entre 0,5 e 1 m/s proporciona-lhes uma sensação de frescura confortável, mas caso se trate de pessoas dedicadas a uma atividade dura, com grande esforço muscular, esta sensação de alívio não se produzirá até que se alcance uma velocidade de ar sobre as pessoas de 1,3 a 2,5 m/s. Ultrapassar esta velocidade provoca uma sensação desagradável e não de alívio, pelo que deve ser evitada. (SOLER & PALAU, [2006]).

- Umidade relativa do ar (φ): “corresponde à razão entre a massa de vapor d’água presente na mistura ar-vapor e a máxima massa de vapor que esta mistura pode suportar à mesma temperatura e pressão” (LOPES; SILVA; REZENDE, [2000]). Quanto maior a umidade relativa do ar, menor a eficiência da evaporação na remoção do calor. (LAMBERTS et al., 2016).

¹⁷ CÂNDIDO, C. M.; BITTENCOURT, L. S.; BATISTA, J. O. A utilização de captadores de vento para aumentar a ventilação natural em espaços de sala de aula. In: ENCAC 2003 – VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, Curitiba, 2003. **Anais ...** Curitiba: 2003.

4.3.2. Parâmetros de conforto térmico de natureza pessoal

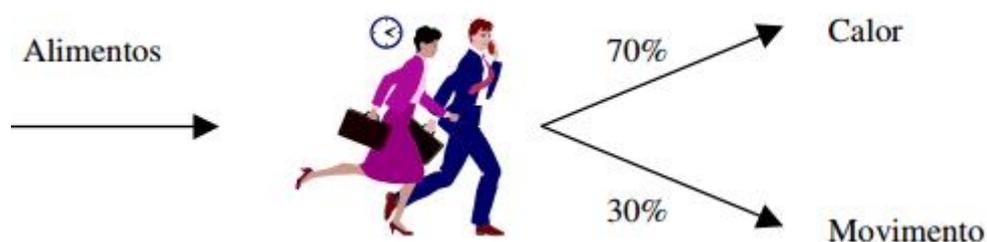
Como parâmetros de natureza pessoal, temos a taxa de metabolismo e a resistência térmica do vestuário, ambas estão ligadas diretamente ao indivíduo que se encontra num determinado ambiente térmico.

4.3.2.1. Metabolismo

“O conforto térmico está fortemente ligado ao balanço térmico da pessoa. Para que ocorra o balanço térmico, a produção de calor por processos metabólicos do corpo humano deve ser igual à perda de calor para o ambiente externo”. (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO¹⁸, 2010 apud SILVA, 2015, p. 47).

Segundo Sá (1999), a atividade metabólica é devida ao calor gerado internamente no corpo humano, qualquer mecanismo ou atividade gera calor, do bater do coração ao caminhar. O ser humano recebe energia química (alimentos), sendo 30% dessa energia transformada em trabalho e 70% dissipados em forma de calor (FIG. 2).

Figura 2 – Rendimento térmico: corpo humano.



Fonte: SÁ, 1999.

¹⁸ DJONGYANG, N.; TCHINDA, R.; NJOMO, D. Thermal comfort: A review paper. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 14, n. 9, p. 2626 – 2640, 2010. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032110002200>>.

“As perdas de calor ocorrem nas modalidades sensível e latente” (PARSONS¹⁹, 2000 apud SILVA, 2015, p. 48). Segundo Incropera e DeWitt (2003), o fluxo de calor sensível pode ser por condução, convecção e radiação.

Define-se condução como a transferência de calor por difusão referente ao transporte de energia num meio provocado por um gradiente de temperatura. A convecção é a transferência de energia pelo movimento de líquido ou gás em contato com a pele, seja ar ou água. A troca de calor por meio de radiação envolve a transferência de calor por ondas eletromagnéticas. (CORDEIRO et al., [2007]).

“No fluxo do calor latente, as formas conhecidas de troca são a condensação e a evaporação, cujos fluxos são causados por gradiente de pressão de vapor” (CORDEIRO et al., [2007]). Segundo Rosenberg et. al.²⁰ (1983 apud CORDEIRO et al., [2007]), a respiração também é uma perda de calor latente, visto que há um aumento da continuidade da respiração quando há aumento na produção de calor pelo corpo. As perdas de calor sensível diminuem quando a temperatura do corpo e do ambiente se aproximam, devido a isso, as perdas de calor latente aumentam com o intuito de manter a temperatura interna constante a partir da perda de calor por vias evaporativas.

O metabolismo corresponde à taxa de utilização de energia pelo corpo. O metabolismo subdivide-se metabolismo basal e de atividade. O metabolismo basal corresponde à taxa verificada durante o repouso absoluto, mas em vigília. O metabolismo de atividade está relacionado com o esforço físico, podendo ser 20 vezes superior ao metabolismo basal em atletas bem treinados. O resultado do balanço energético do corpo é a diferença entre o metabolismo e a transferência de calor do corpo para o ambiente. Para a mesma atividade, verifica-se que o metabolismo varia principalmente com área corporal pelo que é geralmente definido nas unidades W/m², tomando-se o valor de 1,8 m² como área corporal de um adulto. (PINHEIRO, 2011, p. 12).

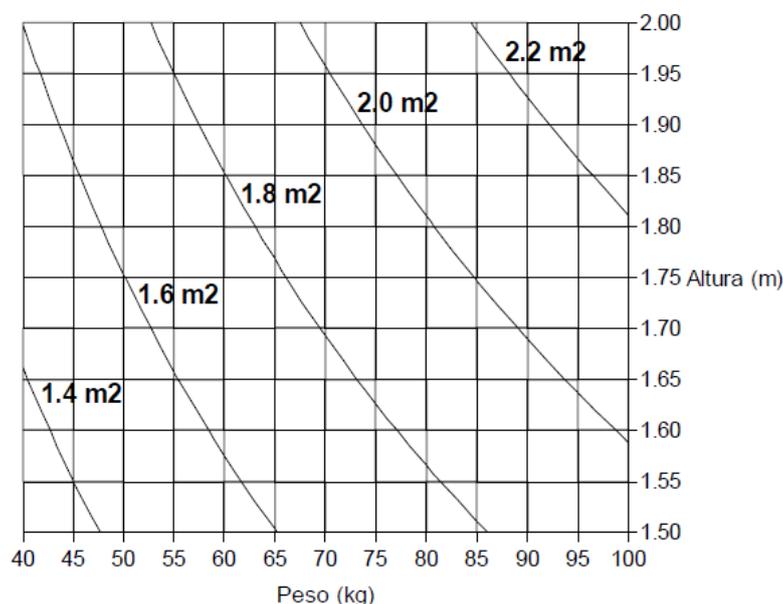
¹⁹ PARSONS, K. C. **Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models.** Applied Ergonomics, v. 31, n. 6, p. 581 – 594, dez. 2000.

²⁰ ROSENBERG, N.J.; **The biological environment.** New York, Wiley – Interscience Publication, p. 495, 1983.

Segundo Dubois e Dubois²¹ (1916 apud PINHEIRO 201, p. 12), “a área corporal (em m²) está correlacionada com a altura (em m) e com o peso (EQ. 1)” (FIG. 3).

$$\text{Área Dubois} = 0,202 \times \text{Altura}^{0,725} \times \text{Peso}^{0,425} \quad (1)$$

Figura 3 – Área corporal em função de altura e do peso.



Fonte: PINHEIRO, 2011, p.12.

Observa-se na TAB. 1, os valores da taxa de metabolismo para diferentes atividades.

²¹ DUBOIS, D.; DUBOIS, E.F. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. Arch Intern Med, 1916.

Tabela 1 – Taxa de metabolismo para algumas atividades.

ATIVIDADE	METABOLISMO (W/m ²)	METABOLISMO (met)
Reclinado	46	0,78
Sentado, relaxado	58	1,0
Atividades sedentárias (escritório, escola, etc.)	70	1,2
Fazendo compras, atividades laboratoriais	93	1,6
Trabalhos domésticos	116	1,9
Caminhando em local plano a 2 km/h	110	1,8
Caminhando em local plano a 3 km/h	140	2,3
Caminhando em local plano a 4 km/h	165	2,8
Caminhando em local plano a 5 km/h	200	3,4

Fonte: ISO 7730, 2005.

Verifica-se que quanto maior for o movimento que o indivíduo realiza, maior é o esforço e maior será a taxa de metabolismo, conforme pode ser observado na FIG. 4.

Figura 4 – Atividades humanas medidas em “met”.



Fonte: PINHEIRO, 2011, p.13.

Xavier (2000 apud ANDREASI, 2009) menciona que a taxa metabólica tem relação direta com as características de cada ser humano, visto que tais características podem resultar em diferentes valores de taxa metabólica para uma mesma atividade.

A taxa metabólica é maior no sexo masculino que no feminino, devido à ação dos hormônios sexuais androgênicos que estimulam os processos metabólicos mais intensamente que os estrógenos em mulheres. Também, os efeitos da taxa metabólica são maiores em crianças do que em pessoas com idade superior. (ANDREASI, 2009).

Pensando nisso, Xavier (2000 apud ANDREASI, 2009) realizou análises com 30 indivíduos exercendo atividade sedentária, assim pôde determinar a taxa metabólica a partir do consumo de oxigênio, levando-o a propor a EQ. 2:

$$\text{Taxa Metabólica} = 0,476 * \text{Idade} + 0,324 * \text{Massa Corporal} + 29,953 \quad (2)$$

A EQ. 2 é adequada para se estimar a taxa metabólica entre pessoas de ambos os sexos, com idades variando entre 18 a 50 anos, com massa corporal entre 50 e 90 kg e que estejam desempenhando atividade sedentária. Respeitando tais condições, é possível se obter um valor mais preciso para a taxa metabólica. (XAVIER, 2000 apud ANDREASI, 2009).

Outros autores como Humphreys (1996), Nicol (1996) e Dear (1998) diziam também, que não se deve generalizar a estimativa da taxa metabólica, pois além da interferência pelas características dos indivíduos podem existir influências psicológicas e sociológicas causadas pelo ambiente. (SILVA, 2015).

A taxa metabólica pode ser calculada também através da EQ. 3:

$$\text{Taxa Metabólica} = 5,88 (0,23 RQ + 0,77) V_{O_2} / A_{DU} \quad (3)$$

Onde:

RQ : quociente respiratório, obtido através da relação entre o volume de CO_2 e o de O_2 inspirado;

V_{O_2} : oxigênio consumido, nas CNTP, em L/s;

A_{DU} : área corporal de Dubois, m^2 .

Conforme estudo dos autores, a EQ.3 permite também obter valores de taxa metabólica com maior precisão, porém não é adequada para pesquisas de campo, sendo mais apropriada a utilização de tabelas, como a da ISO 7730 (2005).

4.3.2.2. Vestimenta

“A vestimenta oferece uma resistência térmica interposta entre o corpo e o meio. Assim, a vestimenta funciona como um isolante térmico nas trocas de calor por convecção, radiação e evaporação” (SILVA, 2015, p. 53). A roupa é um isolante térmico, pois mantém junto ao corpo uma camada de ar, quente ou frio, conforme a temperatura do ambiente em que o indivíduo se encontra. (PINHEIRO, 2011).

Assim como o Metabolismo, a Vestimenta ou Índice de Resistência Térmica (I_{cl}) possui uma unidade própria, o clo, que corresponde a resistência térmica de $0,155 m^2 \cdot ^\circ C/W$. (MIGUEL, 2010 apud PINHEIRO, 2011).

Essa taxa de transferência de calor através da roupa é realizada por condução, que depende da área superficial (m^2), do gradiente de temperatura ($^\circ C$) entre a pele e a superfície da roupa e a condutividade térmica ($W \cdot m^2 / ^\circ C$) da roupa. Sua representação convencional é “ I_{cl} ”, e é expresso em $m^2 \cdot K/W$ ou em “clo”, sendo que 1 clo equivale a $0,155 m^2 \cdot K/W$. (ANDREASI, 2009).

A quantificação da resistência térmica das roupas é um processo muito complexo, para isso existem tabelas. Na TAB. 2, têm-se os Índices de Resistências Térmicas para vestimentas segundo a ISO 7730 (2005).

Tabela 2 – Índice de resistência térmica para algumas vestimentas segundo ISO 7730 (2005).

VESTIMENTA	ÍNDICE DE RESISTÊNCIA TÉRMICA – I _{cl}
Meias	0,02
Meia calça grossa	0,10
Meia calça fina	0,03
Calcinha e sutiã	0,03
Cueca	0,03
Cuecão longo	0,10
Camiseta de baixo	0,09
Camiseta de baixo com mangas compridas	0,12
Camisa manga curta	0,15
Camisa fina mangas compridas	0,20
Camisa flanela manga comprida	0,30
Blusa com mangas compridas	0,15
Saia fina	0,15
Saia grossa	0,25
Vestido leve manga curta	0,20
Vestido grosso manga comprida	0,40
Suéter	0,28
Jaqueta	0,35
Bermuda	0,06
Calça fina	0,20
Calça média	0,25
Calça flanela	0,28
Botas	0,10
Sapatos	0,04

Fonte: ISO 7730, 2005.

A partir da tabela de Índices de Resistências Térmicas da ISO 7730 (2005), surgiram outras tabelas com combinações de vestimentas e os valores de seus isolamentos térmicos. Vê-se através da TAB.3 o Isolamento Térmico proporcionado por conjuntos de vestimentas segundo Coutinho. (SILVA, 2015).

Tabela 3 – Valores do isolamento térmico para conjuntos de roupas segundo Coutinho (2005).

VESTIMENTA	ISOLAMENTO TÉRMICO (clo)	ISOLAMENTO TÉRMICO (m ² .°C/W)
Cueca, camiseta sem manga, short, meias leves e sandálias.	0,18	0,028
Cueca, bermuda, camiseta de manga curta, sapatos.	0,26	0,040
Cueca, calça leve, camisa de manga curtas, meias e sapatos.	0,35	0,054
Cueca, calça leve, camisa leve de mangas compridas, meias e sapatos.	0,46	0,071
Cueca, calça leve, camisa leve de mangas compridas, meias, sapatos e paletó leve.	0,71	0,110
Calcinha, sutiã, sapatos, saia curta leve e blusa leve de mangas curtas.	0,25	0,039
Calcinha, sutiã, sapatos, bermuda e blusa leve de mangas curtas.	0,26	0,040
Calcinha, sutiã, sapatos, vestido leve sem mangas.	0,31	0,048
Calcinha, sutiã, sapatos, calça leve e blusa leve.	0,35	0,054
Calcinha, sutiã, meia calça, sapatos, vestido leve sem mangas.	0,41	0,063

Fonte: Coutinho²², 2005 apud Silva, 2015, p. 54.

Segundo a norma ASHRAE 55²³ (2004 apud ANDREASI, 2009), ao determinar o Índice de Resistência Térmica se faz necessário considerar que as

²² COUTINHO, A. S. **Conforto e Insalubridade Térmica em Ambiente de Trabalho**. 2ª ed. João Pessoa: Editora Universitária, 2005.

peças em movimento diminuem o isolamento das roupas devido ao fluxo do ar, para isso utiliza-se a EQ. 4 para o cálculo do Isolamento Térmico das roupas considerando que o indivíduo está em atividade.

$$I_{cl, active} = I_{cl} * \left(\frac{0,6+0,4}{M} \right) \quad 1,2 < M < 2 \text{ met} \quad (4)$$

Onde:

I_{cl} : isolamento da roupa considerando a pessoa sem atividade, clo;

M : taxa metabólica, met.

A vestimenta influencia diretamente nas trocas de calor na pele, pois aumenta a área superficial da pessoa, fazendo-se necessário uma correção na mesma, para isso aplica-se a EQ. 5, fator de resistência térmica segundo ISO 7933²⁴ (2004 apud ANDREASI, 2003).

$$f_{cl} = \frac{A_{cl}}{A_{Du}} \quad (5)$$

Onde:

f_{cl} : fator de resistência térmica;

A_{cl} : área da vestimenta, m²;

A_{Du} : área corporal de Dubois, m².

A área de Dubois pode ser calculada a partir da EQ. 1.

²³ ASHRAE Standard 55 – 2004 - AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. **Thermal environmental conditions for human occupancy.** Atlanta. USA.

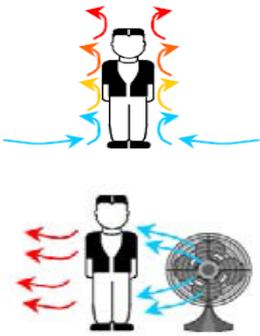
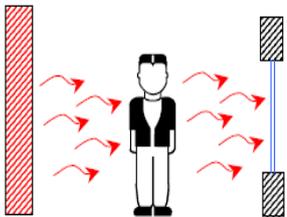
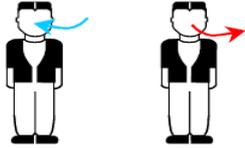
²⁴ ISO 7933 – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Hot environments – analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rates.** Geneva, 1989.

4.4. Transferência de calor e balanço térmico entre homem e ambiente

“O homem precisa ganhar ou liberar calor em quantidade suficiente para que sua temperatura interna se mantenha em torno de 37°C, porque é um ser homeotérmico” (SILVA, 2015, p. 48). A pele e o aparelho respiratório são os órgãos responsáveis por realizarem as trocas de calor do organismo humano, sendo a pele a que realiza a maior parte delas.

Segundo Sá (1999), o controle térmico depende das transferências de calor entre o homem e o ambiente, estas ocorrem por quatro mecanismos distintos enumerados no QUADRO 2.

Quadro 2 – Trocas de calor entre homem e o ambiente.

MECANISMO	ILUSTRAÇÃO
<p>Convecção: calor trocado para o ambiente devido à diferença de temperatura entre a nossa pele/roupa e o ar ambiente. Este é o mecanismo de troca de calor mais óbvio: já que todos sentiram a sensação de frio resultante da exposição a uma corrente de ar. Esta sensação resulta do brusco arrefecimento do nosso corpo devido à intensificação da dissipação de calor por convecção. As trocas de calor por convecção dependem da temperatura e da velocidade do ar e do tipo de roupa que trazemos vestida.</p>	
<p>Radiação: calor trocado diretamente entre a nossa pele/roupa e as superfícies que nos rodeiam devido às diferenças de temperatura entre a nossa pele/roupa e essas superfícies. O exemplo mais evidente de uma troca de calor radiativa é a sensação de calor que sentimos quando a radiação solar incide na nossa pele. As trocas de calor por radiação dependem da temperatura das superfícies que nos rodeiam e do tipo de roupa que trazemos vestida sendo independentes da temperatura do ar.</p>	
<p>Respiração: calor trocado com o ambiente devido à diferença de temperatura entre o ar que inspiramos e o ar que expiramos. As trocas de calor inerentes à respiração dependem da temperatura e umidade relativa exterior.</p>	
<p>Evaporação: calor dissipado para o ambiente pela evaporação de água à superfície da nossa pele. As trocas de calor por evaporação dependem da umidade relativa exterior: num meio muito úmido a água tem muita dificuldade em evaporar, diminuindo muito o potencial de dissipação de calor inerente à transpiração.</p>	

Fonte: Sá, 1999.

[...] embora os mecanismos de convecção, radiação e respiração resultem, em condições “normais”, na dissipação de calor, existem situações – temperaturas do ar e de superfície muito altas – em que estes mecanismos contribuem para o aquecimento do nosso corpo. Pelo contrário a evaporação é sempre um mecanismo de dissipação de calor: a água, ao evaporar absorve calor do nosso corpo contribuindo para o seu arrefecimento quaisquer que sejam as condições ambientais que nos rodeiam. (SÁ, 1999).

As transferências de calor que ocorrem na pele são: condução, convecção, radiação, evaporação e evaporação por difusão. Pelo aparelho respiratório, temos as trocas de calor por respiração e evaporação. (SILVA, 2015).

Lembrando que, segundo Incropera e DeWitt (2003, p. 36), condução “está relacionada ao transporte de energia em um meio devido ao gradiente de temperatura, e o mecanismo físico envolvido é a movimentação aleatória dos átomos ou atividade molecular”.

Segundo Ruas (1999, p. 9), “o equilíbrio térmico é essencial para a vida humana e é obtido quando a quantidade de calor produzida no corpo é igual à quantidade de calor cedida para o ambiente através da pele e da respiração”.

Existem dois modelos clássicos de balanços utilizados nos estudos a cerca de conforto térmico. Baseado nos estudos de Fanger (1970) tem-se o primeiro modelo, denominado como balanço energético em regime permanente, onde é considerado o corpo humano como único objeto de compartilhamento que troca calor com o meio. O segundo modelo, baseado na norma de ASHRAE (1997), é denominado como o modelo de dois pontos, isto é, considera que o corpo humano possui dois objetos de compartilhamento que troca calor com o ambiente, sendo um deles o interior do corpo e o outro a pele. (PINHEIRO, 2011).

Considerando o corpo humano em estado permanente, sabendo que todo calor produzido pelo organismo deve ser dissipado, temos o balanço térmico descrito na EQ. 6:

$$(M - W) = C_{res} + E_{res} + C + R + E_s + E_{dif} \quad (6)$$

Onde:

M : taxa de metabolismo, W/m²;

W : taxa de trabalho mecânico realizado, W/m²;

C_{res} : taxa de perda de calor convectivo na respiração, W/m²;

E_{res} : taxa de perda de calor evaporativo na respiração, W/m²;

C : taxa de perda de calor na pele por convecção, W/m²;

R : taxa de perda de calor na pele por radiação, W/m^2 ;

E_s : taxa de perda de calor por evaporação da transpiração, W/m^2 ;

E_{dif} : taxa de perda de calor por evaporação da água de difusão, W/m^2 .

4.4.1. Trabalho Mecânico (W)

O trabalho mecânico é a energia mecânica realizada pelos músculos para exercer algum esforço externo. Normalmente é expresso em termos de eficiência mecânica do corpo, conforme EQ. 7:

$$W = \eta * M \quad (7)$$

Onde:

W : taxa de trabalho mecânico realizado, W/m^2 ;

η : eficiência mecânica do corpo;

M : taxa de metabolismo, W/m^2 .

“O valor de η é no máximo, em condições ótimas, 24% e para a maioria das atividades está próximo a zero. Por isso o trabalho mecânico é normalmente considerado nulo e a taxa de metabolismo igual ao calor produzido” (RUAS, 1999, p. 10).

4.4.2. Transferência de calor através do sistema respiratório

As transferências de calor que acontece através do sistema respiratório são: a convecção e a evaporação, ou seja, um processo sensível e outro latente respectivamente. A convecção respiratória acontece, pois a temperatura do ar inspirado é diferente da temperatura do ar expirado.

Durante a respiração o ar é inspirado nas condições ambientes e expirado praticamente saturado e numa temperatura levemente inferior à temperatura interna do corpo. Esse aquecimento e umidificação do ar representam para o organismo a perda de calor sensível e latente. Essa perda é proporcional à quantidade de ar inalado, que por sua vez, depende da atividade física (taxa de metabolismo). (RUAS, 1999, p. 16).

Segundo Fanger (1970 apud SILVA, 2015), a convecção respiratória pode ser calculada a partir da EQ. 8:

$$C_{resp} = 0,0014 * M (34 - T_a) \quad (8)$$

Onde:

C_{resp} : convecção respiratória, W/m²;

T_a : temperatura do ar ambiente, °C;

M : taxa de metabolismo, W/m².

“O numero 34 representa o valor da temperatura média da pele em ambientes termicamente moderados, dada em °C”. (SILVA, 2015, p. 52).

Outro processo que causa a perda de calor pela respiração é a evaporação respiratória, isso se deve ao fato de que as mucosas do aparelho respiratório estar sempre mais úmido do que o ar inspirado. Segundo Fanger (1970 apud RUAS, 1999), a evaporação respiratória pode ser calculada a partir da EQ. 9:

$$E_{resp} = 0,0173 * M (5,897 - P_v) \quad (9)$$

Onde:

E_{resp} : evaporação respiratória, W/m²;

M : taxa de metabolismo, W/m²;

P_v : pressão de vapor d' água do ar, Kpa.

“O número 5,867 é o valor da pressão do vapor de água saturado à temperatura das mucosas do aparelho respiratório”. (SILVA, 2015, p. 52).

4.4.3. Transferência de calor através da pele

As transferências de calor através da pele ocorrem por dois processos sensíveis: convecção e radiação; e dois latentes: evaporação por transpiração e evaporação por difusão. A vestimenta funciona como um isolante entre a pele e o ar, devido a isso influencia significativamente nas transferências de calor através da pele, sendo necessário calcular o fator de resistência térmica utilizando a EQ. 5 deste trabalho.

O calor sensível da pele tem que passar pela roupa até chegar ao ambiente. Neste processo o calor tem que transpor duas etapas distintas e sucessivas: 1º) A transferência de calor da superfície da pele, atravessando a vestimenta, até a superfície externa da mesma; 2º) A transferência de calor da superfície da roupa para o ambiente. (RUAS, 1999, p. 11).

A primeira etapa citada por Ruas (1999) consiste na condução, que é transferência do calor da superfície da pele até a superfície externa da roupa, podendo ser calculada pela EQ. 10 a seguir:

$$K = \frac{[35,7 - 0,028 (M - W)] - T_{cl}}{0,1555 * I_{cl}} \quad (10)$$

Onde:

K : condução, W/m²;

M : taxa de metabolismo, W/m²;

W : trabalho mecânico realizado, W/m²;

T_{cl} : temperatura da vestimenta, °C;

I_{cl} : isolamento da roupa, clo.

A convecção faz parte da segunda etapa citada por Ruas (1999), é a troca de calor entre superfície da roupa e o ambiente, sendo calculada, segundo Fanger (1970 apud SILVA, 2015), através da EQ. 11:

$$C = f_{cl} * h_c (T_{cl} - T_a) \quad (11)$$

Onde:

C : convecção, W/m²;

f_{cl} : fator de resistência térmica;

h_c : coeficiente de convecção, W/m².°C;

T_{cl} : temperatura da vestimenta, °C;

T_a : temperatura do ar ambiente, °C.

O coeficiente de convecção (h_c) pode ser calculado a partir da EQ. 12 e 13, segundo a ISO 7730 (2005), devendo-se escolher o h_c de maior valor.

- Convecção natural: $h_c = 2,38 |T_{cl} - T_a|^{0,25}$ (12)

- Convecção forçada: $h_c = 12,1 V_{ar}^{0,5}$ (13)

Onde:

T_{cl} : temperatura da vestimenta, °C;

T_a : temperatura do ar ambiente, °C;

V_{ar} : velocidade do ar, m/s.

A velocidade do ar é em função da velocidade absoluta do ar e do movimento do corpo, sendo obtida pela EQ. 14:

$$V_{ar} = V + 0,0052 (M - 58) \quad (14)$$

Onde:

V_{ar} : velocidade do ar, m/s;

V : velocidade absoluta do ar, m/s;

M : taxa de metabolismo, W/m².

A radiação, incluída também na segunda etapa citada por Ruas (1999), é a troca de calor entre a superfície da roupa e as superfícies que rodeiam o indivíduo, sendo calculada pela EQ. 15, segundo norma ISO 7730 (2005).

$$R = 3,96 \times 10^{-8} * f_{cl} [(T_{cl} + 273)^4 - (T_{rm} + 273)^4] \quad (15)$$

Onde:

R : radiação, W/m²;

f_{cl} : fator de resistência térmica;

T_{cl} : temperatura da vestimenta, °C;

T_{rm} : temperatura média radiante, °C.

A temperatura média radiante (T_{rm}) pode ser calculada a partir das EQ. 16 e 17 a seguir.

- Convecção natural:

$$T_{rm} = \left[(T_g + 273)^4 + 0,4 \times 10^8 |T_g - T_{bs}|^{0,25} * (T_g - T_{bs}) \right]^{0,25} - 273 \quad (16)$$

- Convecção forçada:

$$T_{rm} = \left[(T_g + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 * V_{ar}^{0,6} (T_g - T_{bs}) \right]^{0,25} - 273 \quad (17)$$

Onde:

T_g : temperatura do globo, °C;

V_{ar} : velocidade do ar, m/s;

T_{bs} : temperatura de bulbo seco, °C.

A temperatura do globo é a temperatura obtida com o termômetro de globo. Este instrumento consiste em uma esfera oca, de cobre, pintada externamente com tinta preto fosco, tendo no seu centro o bulbo ou o sensor de um termômetro. Essa variável é importante para indicar o nível de troca de calor por radiação entre o ambiente e a pessoa. (SILVA, 2015, p. 43).

As perdas de calor latente na pele se dão por meio da evaporação por transpiração e por difusão.

Quando as condições ambientais fazem com que as perdas de calor do corpo humano por convecção e radiação não sejam suficientes para regular a sua temperatura interna, o organismo intensifica a atividade das glândulas sudoríparas e perde calor pela evaporação da umidade (suor) que se forma na pele. A explicação é simples: simultaneamente à transpiração ocorre à evaporação do suor, esse é um fenômeno endotérmico, isto é, para ocorrer precisa de calor cedido pelo corpo. De forma simplificada, pode-se dizer que um líquido evaporando sobre uma superfície quente extrai calor dessa superfície, resfriando-a. (RUAS, 1999a, p. 19).

Segundo Ruas (1999, p. 14), “a perda total por evaporação na pele é uma combinação da evaporação do suor segregado pelo mecanismo termorregulador e da água provinda da difusão natural através da pele” (EQ.18).

$$E_p = E_s + E_{dif} \quad (18)$$

Onde:

E_p : evaporação na pele, W/m²;

E_s : evaporação por suor, W/m²;

E_{dif} : evaporação por difusão natural, W/m².

Ou ainda pela EQ. 19, conforme Lamberts, Xavier e Goulart (2008):

$$E_p = 3,05 [5,73 - 0,007 (M - W) - P_v] + 0,42 (M - W) - 58,15 \quad (19)$$

Onde:

E_p : evaporação na pele, W/m²;

M : taxa de metabolismo, W/m²;

W : trabalho mecânico realizado, W/m²;

P_v : pressão de vapor d' água do ar, Kpa.

Substituindo as EQ. 8, 9, 10, 11, 15, 19 na EQ. 6 de balanço térmico entre o homem e o ambiente temos a seguir a EQ. 20:

$$M - W = 0,0014 * M (34 - T_a) + 0,0173 * M (5,897 - P_v) + f_{cl} * h_c (T_{cl} - T_a) + 3,96 \times 10^{-8} * f_{cl} [(T_{cl} + 273)^4 - (T_{rm} + 273)^4] + 3,05 [5,73 - 0,007 (M - W) - P_v] + 0,42 (M - W) - 58,15 \quad (20)$$

Onde:

M : taxa de metabolismo, W/m²;

W : trabalho mecânico realizado, W/m²;

T_a : temperatura do ar ambiente, °C;

P_v : pressão de vapor d' água do ar, Kpa;

T_{cl} : temperatura da vestimenta, °C;

I_{cl} : isolamento da roupa, clo;

f_{cl} : fator de resistência térmica;

h_c : coeficiente de convecção, W/m².°C;

T_{rm} : temperatura média radiante, °C.

Para conhecer o valor da temperatura da vestimenta, deve-se fazer uma interação entre dois membros.

4.5. Funções da vestimenta

A vestimenta é uma variável que interfere no conforto térmico do indivíduo, devido a isso existem alguns fatores que podem influenciar na satisfação do mesmo, como o ajuste da peça de roupa no corpo, o tipo da fibra, espessura e cor do tecido são fatores que precisam ser levados em consideração. (SILVA, 2015).

[...] quando ocorrem temperaturas elevadas recomenda-se usar roupas folgadas, pois permitem maior circulação de ar favorecendo a evaporação; e também optar por cores claras, pois refletem mais radiação do que as roupas escuras. Em condições de temperaturas baixas é aconselhável usar roupas justas, pois quando mais espesso for o ar aprisionado mais eficiente será o isolamento com o meio externo. (SILVA, 2015, p.53).

O Sol emite energia radiante através de ondas infravermelhas, quando essa energia radiante encontra um objeto parte dela é absorvida e parte é refletida. A parte absorvida aumenta a energia térmica do objeto. Se esse objeto é a pele ou a roupa de um indivíduo, ele irá sentir a radiação como calor. Devido a isso, quando o indivíduo se encontra em um ambiente com temperatura elevada, recomenda-se o uso de roupas de cores claras, que refletem melhor a radiação do que as roupas escuras, que possuem melhor absorção da radiação. (ABSORÇÃO..., [2011]).

Segundo Neves e Cunha²⁵ (2004 apud CORREIA, 2005), a vestimenta além de possui a função de manter o corpo num estado térmico aceitável, tem a função “moda”, ou seja, atender aos requisitos de design, cor e tamanho, os quais constituem o conforto psicológico.

A vestimenta em interação com a moda proporciona ao indivíduo o conforto psicológico, ou seja, o bem-estar por meio do uso de produtos de moda. A moda transforma-se em um princípio de qualificação ou desqualificação do indivíduo em meio ao seu convívio social. (SOUZA; HELD, 2011).

Segundo Alencar e Boueri (2012), “o conforto é uma das principais características avaliadas pelo consumidor no momento da decisão pela compra de um produto”. Esse comportamento é devido ao estilo de vida agitado do homem moderno, fazendo com que haja uma maior busca pelo bem-estar durante o dia.

Slater (1997 apud ALENCAR; BOUERI, 2012) diz que a “moda” leva em consideração quatro aspectos de conforto para a vestimenta, sendo eles:

- Conforto térmico: envolve a proteção dos indivíduos contra o frio e o calor, além de permitir a transferência de calor e vapor d’água através do tecido da vestimenta;
- Conforto sensorial de toque: envolve o conjunto de várias sensações neurais, quando um têxtil entra em contato direto com a pele. O contato pode ser estático ou dinâmico;
- Conforto ergonômico: capacidade que uma peça de vestuário tem de “vestir bem” e de permitir a liberdade dos movimentos do corpo;
- Conforto psicológico: percepção subjetiva da avaliação estética, com base na visão, toque, audição e olfato, que contribuem para o bem-estar total do portador.

Uma vestimenta que possui esses quatro aspectos fundamentais oferece ao usuário um conforto total.

²⁵ NEVES, M.; CUNHA, J. **Integrando o conforto e a estética no design de tecidos**. II SIENTEX – Simpósio Internacional de Engenharia Têxtil, Natal, Brasil, Setembro, 2004.

[...] o conforto tornou-se num dos aspectos mais importantes do vestuário, principalmente para produtos diretamente em contato com a pele, como roupa interior, calças, blusas, camisas, etc.. O conforto apercebido pelos portadores destes produtos depende, em grande parte, das propriedades sensoriais de toque e termofisiológicas dos tecidos, pelo que muitas são as propriedades físicas, térmicas e mecânicas a ter em consideração a quando do seu design. Para, além disso, as condições ambientais e o nível de atividade física dos utilizadores também influenciam a percepção do conforto do vestuário. (BROEGA; SILVA, 2008).

Além das funções, já citadas, destinadas a vestimenta, ainda existe outra que é sua funcionalidade. A funcionalidade da vestimenta possui grande importância, pois é onde se inclui a vestimenta apropriada para condições climáticas extremas, bem como, as vestimentas para proteção (FIG. 5), para trabalho e para algumas modalidades de esportes. (CORREIA, 2005).

Figura 5 – Exemplo de uma vestimenta para proteção.



Fonte: Bombeiro e Cia, 2009.

Correia (2005, p. 4) exemplifica, citando que “o vestuário da indústria química têm de proteger o indivíduo de vapores, líquidos e aerossóis, mas também devem

maximizar o calor dissipado para o meio ambiente, a fim de minimizar o calor imposto ao seu portador, proporcionando-lhe conforto térmico”.

“Assim, em termos conclusivos, poder-se-à dizer que conforto proporcionado pelo vestuário é função das especificações do tecido, que são tanto funcionais como estéticas” (NEVES; CUNHA²⁶, 2005 apud CORREIA, 2005).

4.6. Tecidos

A preocupação com a projeção de roupas confortáveis termicamente têm aumentado, visto que a principal função das vestimentas é proteger o homem das variações climáticas desde os tempos primórdios. As roupas são constituídas de tecidos, onde suas características influenciam diretamente no conforto térmico. (NUNES; FILGUEIRAS; FILHO, 1999).

O tecido têxtil é um material a base de fios de fibra natural, artificial ou sintética, que pode ser composto de diversas formas tornando-se cobertura para diversos tipos de aplicações, principalmente formando roupas e outras vestimentas de diversos usos. Pode ser usada basicamente como proteção para o frio dos humanos e animais [...] entre tantas outras aplicações. (SILVA, R., 2011).

Os tecidos são constituídos de fibras têxteis, que são classificadas de acordo com sua origem, podendo ser naturais ou não-naturais. Segundo Alcântara e Daltin (1995), “as fibras naturais podem ser de origem animal, vegetal ou mineral. As mais utilizadas são a lã, a seda, o algodão e o linho”.

As fibras não-naturais podem ser artificiais ou sintéticas. Os tecidos de fibras artificiais provem de fibras celulósicas ou proteínicas, as mais conhecidas são a viscose e o acetato, produzidos a partir da madeira. Já os tecidos constituídos de fibras sintéticas são produzidos a partir de produtos químicos das indústrias petroquímicas, onde as mais conhecidas são a poliamida, poliéster, acrílico, polipropileno, elastano e aramidas. (ALCÂNTARA; DALTIM, 1995).

²⁶ NEVES, M.; CUNHA, J. **Total design of function oriented têxtil product**. 5 th International Istanbul Textile Confere, Istanbul, Turquia, Maio, 2005.

As fibras possuem propriedades físicas, químicas e biológicas, que auxiliam na determinação de sua utilização. As características químicas se referem ao comportamento das fibras quando expostas a algum tratamento químico. As propriedades biológicas se referem à resistência das fibras aos insetos e microorganismos. As propriedades físicas são as que caracterizam as fibras de acordo com diversos aspectos. (KUASNE, 2008).

Segundo Gasi (2008), algumas características físicas das fibras têm influência direta no conforto térmico, sendo elas:

- Natureza: refere-se à classificação da matéria-prima;
- Finura: refere-se à espessura da fibra;
- Cor: refere-se à coloração da fibra;
- Porosidade: é a propriedade da fibra de absorver água (hidroscopicidade);
- Condutividade térmica: é a capacidade da fibra de conduzir calor.

5. METODOLOGIA

O objetivo deste capítulo é apresentar os procedimentos e métodos utilizados para a realização da pesquisa e do experimento. Apresentará, também, a caracterização da pesquisa, a lista dos equipamentos utilizados e a definição das amostras.

5.1. Classificação da pesquisa

Quanto à natureza da pesquisa, a mesma se classifica como básica, pois seu objetivo é a geração de conhecimentos para a sociedade científica, sem a pretensão de uma aplicação prática prevista. (FONTENELLES et al., 2009).

Quanto à forma de abordagem, a pesquisa se classifica como quantitativa, pois se utiliza de técnicas numéricas para gerar opiniões e informações sobre o conforto térmico, onde posteriormente os resultados são classificados e analisados. (FONTENELLES et al., 2009).

De acordo com os objetivos, pode ser classificada como descritiva e explicativa. Descritiva, porque descreve o conforto térmico e as influências das principais variáveis; bem como, explicativa, porque verifica qual a relação das características da vestimenta com o conforto térmico de um indivíduo. (GIL²⁷, 2010 apud TORRES, 2016).

Quanto aos métodos utilizados, a pesquisa pode ser classificada como sendo bibliográfica e laboratorial/experimental. O trabalho se classifica como pesquisa bibliográfica, porque se faz o uso de materiais já publicados em livros, teses, dissertações e artigos de periódicos para a melhor familiarização com o assunto da pesquisa. Ainda quanto aos métodos utilizados, a pesquisa pode ser classificada como laboratorial/experimental, pois busca identificar os fatores relacionados à vestimenta que influenciam no conforto térmico de um indivíduo através de um

²⁷ GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª ed. ed. [s. l.]. Atlas, 2010.

procedimento experimental adaptativo, realizado após o estudo bibliográfico com o intuito de fundamentar o trabalho em questão. (GIL, 2010 apud TORRES, 2016).

5.2. Amostra

Para a realização do experimento, foram selecionados quatro tipos diferentes de tecidos, sendo que cada um deles possui composições e cores diferentes. O QUADRO 3, apresenta quais os tipos e características dos tecidos selecionados para a realização do experimento.

Quadro 3 – Tipo, cor e composição dos tecidos utilizados no experimento.

TECIDOS		
TIPO	COR	COMPOSIÇÃO
Seda	- Branco; - Bege; - Cinza; - Azul.	- 100% poliéster; - 100% poliéster; - 100% poliéster; - 100% poliéster.
Malha	- Branco; - Azul; - Vermelho; - Preto.	- 58% poliéster, 25% viscose, 10% poliamida e 7% elastano; - 58% poliéster, 25% viscose, 10% poliamida e 7% elastano; - 58% poliéster, 25% viscose, 10% poliamida e 7% elastano; - 72% poliéster, 21% viscose e 7% elastano.
Brim	- Branco; - Preto; - Bege; - Verde.	- 90% algodão e 10% elastano; - 95 % algodão e 5% elastano; - 95 % algodão e 5% elastano; - 95 % algodão e 5% elastano.
Jeans	- Escuro; - Claro.	- 100% algodão; - 100% algodão.

Fonte: Arquivo pessoal.

5.3. Materiais Utilizados

Os recursos materiais utilizados para a realização do experimento para a coleta de dados são:

- Paquímetro;
- Régua;
- Tesoura;
- Aparelho para meios de propagação de calor, composto por: plataforma, chave geral, suporte vertical com manípulo M5, trocador de calor articulável com lâmpada;
- Termômetros químicos;
- Caixas de papelão;
- Fio de arame;
- Cronômetro.

5.4. Procedimentos

O experimento foi realizado no laboratório de Operações Unitárias do Centro Universitário de Formiga (UNIFOR – MG).

As amostras de tecidos foram preparadas, recortando-as de forma a possuírem uma área padrão de 101 cm². Em seguida, com o auxílio de um paquímetro digital, foi medida a espessura de cada tecido 10 vezes, com o objetivo de obter a dispersão dos dados colhidos. Para isso, utilizou-se a EQ. 21:

$$DP = \sqrt{\frac{\sum |x - \bar{x}|^2}{n-1}} \quad (21)$$

Onde:

DP : desvio padrão;

Σ : somatório;

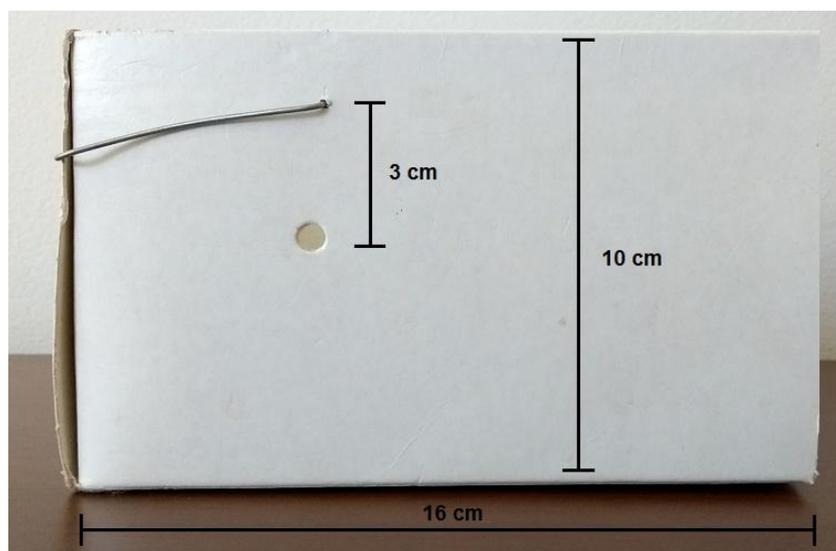
x : valor do conjunto de dados;

\bar{x} : média do conjunto de dados;

n : número de pontos de dados.

Em seguida, realizou-se um experimento para medir a temperatura interna da vestimenta, ou seja, a temperatura sentida pela pele. Para isso, foi iniciada a montagem de um suporte para os tecidos, com o intuito de tornar a prática mais dinâmica. Foi utilizada uma caixa de papelão com altura de 10 cm, largura de 15 cm e comprimento de 28,5 cm. A caixa foi cortada e seu comprimento passou a ser 16 cm. Após, foram feitos dois orifícios em cada uma das laterais da caixa com distância de 3 cm entre eles (FIG. 6). Isso foi feito de forma que os orifícios da lateral direita se encontrem com os da lateral esquerda.

Figura 6 – Orifícios na lateral da caixa.

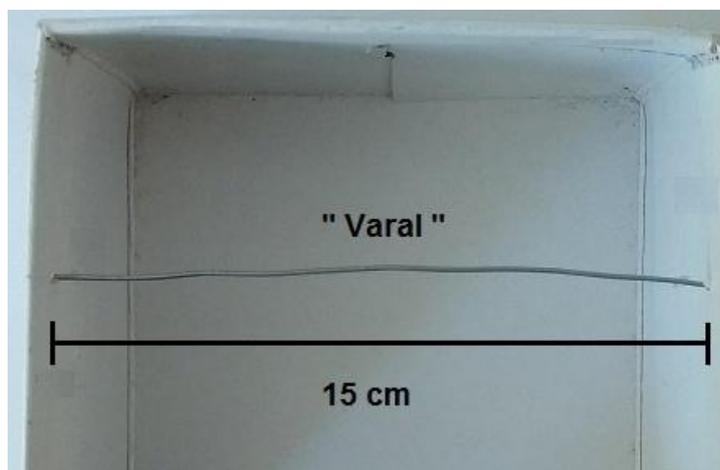


Fonte: Arquivo pessoal.

No furo superior, foi passado horizontalmente um fio de arame, formando assim um “varal” para a disposição dos tecidos (FIG. 7). Os outros dois orifícios

(inferiores) serão utilizados para passar os termômetros químicos, de forma que os mesmos fiquem em contato com a parte traseira dos tecidos no varal. O bulbo do termômetro ficara 4 cm para dentro do suporte.

Figura 7 – Varal para disposição dos tecidos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Para evitar o contato com os termômetros durante o experimento, desenvolveu-se um suporte conforme pode ser visto através da FIG. 9. No orifício feito no suporte foi encaixada a outra extremidade dos termômetros, de forma que eles fiquem ligados horizontalmente à caixa de suporte dos tecidos, evitando assim, que eles sejam tocados durante o experimento.

A plataforma com a fonte de calor (lâmpada de 60 Watt) ficou a 7,5 cm de distância do varal com os tecidos analisados conforme pode ser visto através da FIG. 8.

Figura 8 – Suporte de tecido sob a plataforma do aparelho para meios de propagação de calor.



Fonte: Arquivo pessoal.

Organizados os suportes e termômetros químicos sob a plataforma, o experimento foi iniciado. Para isso, colocaram-se os tecidos no “varal” de arame de forma que eles tocassem no bulbo dos termômetros, já inseridos no suporte com ambos em temperatura inicial de 20°C. A FIG. 9 apresenta o aparelho para meios de propagação de calor e os suportes devidamente organizados, prontos para o início do experimento, conforme descrito anteriormente.

Figura 9 – Aparelho para meios de propagação de calor e suportes preparados para o experimento.



Fonte: Arquivo pessoal.

Com os tecidos colocados no “varal”, a lâmpada da plataforma do aparelho de meios de propagação de calor foi ligada e o cronômetro foi acionado. A variação das temperaturas interna dos tecidos foi anotada de 20 em 20 segundos até a estabilização.

O procedimento descrito para a coleta de dados foi repetido para todas as amostras de tecidos.

Ao fim do experimento, os dados foram transferidos para o programa Microsoft Excel, onde se criou gráficos de linha para cada tipo de tecidos e cores com o propósito de organizar os dados, além de facilitar a visualização e a comparação dos mesmos.

A temperatura das vestimentas, ou seja, a temperatura da superfície da vestimenta que fica em exposição à fonte de calor foi encontrada através dos dados coletados e da utilização da EQ. 22.

$$q = \frac{K * A (T_{cl} - T_i)}{L} \quad (22)$$

Onde:

q : taxa de condução de calor, W;

K : condutividade térmica do tecido, W/m. °C;

A : área da vestimenta, m²;

T_{cl} : temperatura da vestimenta, °C;

T_i : temperatura interna da vestimenta, °C;

L : espessura do tecido da vestimenta, m;

O valor da taxa de calor conduzido através do tecido foi encontrado utilizando as EQ.s 23 e 24.

$$\text{Potência da lâmpada} * \text{Eficiência da lâmpada} = \text{Energia luminosa} \quad (23)$$

$$\text{Potência da lâmpada} - \text{Energia luminosa} = \text{Energia térmica} \quad (24)$$

Para analisar o fenômeno de condução de calor através de um tecido, estabeleceu-se um cenário hipotético.

- Cenário Hipotético: Uma pessoa com peso de 65 kg e altura de 1,65 m se encontra sentada em um ambiente com determinada temperatura. A pessoa utiliza uma camiseta de manga curta de área de 1,25 m². Pretende-se, considerando o estado permanente, obter a temperatura interna da vestimenta, quando exposta a irradiação solar média nas quatro estações da cidade de Formiga – MG.

O cenário hipotético foi analisado para cada tipo de tecido do experimento, considerando suas próprias características, sendo elas: natureza, cor, espessura e condutividade térmica.

6. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo, serão apresentados todos os conteúdos, gráficos, tabelas e equações criadas e usadas para exploração dos dados coletados no experimento, bem como alguns cálculos adicionais necessários para a determinação do conforto térmico proporcionado pela vestimenta.

6.1. Composição da amostra

A amostra do experimento são os tecidos. Foram selecionados os tipos de tecidos mais utilizados na confecção de roupas na cidade de Formiga – MG, sendo que para cada um deles foram escolhidas cores e composições diferentes.

6.1.1. Seda

A seda é um dos tecidos mais conhecidos e caros do mundo, foi descoberta por uma imperatriz chinesa por volta do ano de 2.700 a.C., atualmente, devido a sua nobreza, o tecido tem sido muito utilizado para a moda festa. Maciez, resistência e brilho são algumas das características da seda, ela pode ser obtida de duas formas, através da fibra natural e da fibra artificial. A fibra natural é composta a partir dos casulos do bicho da seda ou lagartas da mariposa do bicho da seda, dando origem a valiosa seda 100% natural. Já seda artificial, geralmente é feita com viscose ou poliéster, ou seja, composta por fibras artificiais ou sintéticas, que são aquelas produzidas pelo homem.

As fibras artificiais são fabricadas a partir de produtos naturais através de processos mecânicos, como é o caso da viscose. Já as fibras sintéticas provem de matérias-primas de produtos químicos da indústria petroquímica, obtendo-se então o poliéster que também é usado para confeccionar a seda artificial. (FERREIRA, [2008]).

O poliéster é uma fibra sintética, criado por volta dos anos 50, muito utilizada para confecções de roupas esportivas por possuir uma ótima resistência, baixo encolhimento, resistência a amarrotamento e abrasão, baixa propagação de chamas e baixa absorção de umidade. A fibra artificial viscose também é muito utilizada para a confecção de roupas esportivas, porém possui uma qualidade melhor se comparada com a do poliéster. A viscose apresenta uma maior leveza, brilho e parece ser aveludada, tornando o contato do tecido com a pele mais agradável. (MADEIRA, [2011]).

A seda utilizada no experimento se trata de uma seda artificial composta 100% por fibras de poliéster.

6.1.2. Malha

Outro tecido bastante utilizado no mundo da moda e do vestuário é a malha, não se sabe ao certo quando elas surgiram, mas tem-se conhecimento de que 1.000 a. C. elas já existiam no Egito. A malha é composta por fios entrelaçados, onde, cada laçada que se forma passa dentro da laçada formada anteriormente, sem que haja um ponto fixo de ligações entre elas. Devido a isso, a malha é considerada um tecido versátil, pois possibilita a sua confecção com diversos tipos de fibras. Trata-se também de um tecido maleável, macio, leve, durável, elástico, que não desbota e possui uma ótima apresentação. (RUBBO, 2014).

Como apresentado anteriormente, a malha utilizada na realização do experimento é composta por poliéster, viscose, poliamida e elastano.

A poliamida se trata de uma fibra sintética com alta resistência, baixa absorção de umidade e toque agradável. A poliamida é similar ao poliéster, porém apresenta uma maior qualidade, que pode ser percebida ao toque, pois a poliamida possui um toque mais suave quando comparado ao toque no tecido feito de poliéster (LUSTOSA, [2014]).

O elastano também se trata de uma fibra sintética, derivada do petróleo, tem como característica principal a elasticidade, e devido a isso sendo muito utilizada para composição de vários tecidos. Destaca-se que nenhum tecido é composto por

100% de elastano, porém sua adição a formação de um tecido é capaz de modificar completamente o produto final. (BELOSO, 2014).

6.1.3. Brim

Outro tecido utilizado no experimento foi o brim, geralmente pode ser composto por algodão ou poliéster, podendo apresentar também, na sua composição, uma pequena quantidade de elastano com o intuito de trazer mais conforto. O tecido brim é considerado um tecido forte, pois apresentam ligamento em sarja, as chamadas estrias em diagonal. Devido a sua praticidade e resistência, o brim é muito utilizado na confecção de calças, bermudas, jaquetas e uniformes. (BENTO, 2012).

Os tecidos de brim utilizados no experimento, conforme apresentado anteriormente, são compostos por algodão e elastano.

6.1.4. Jeans

O algodão é uma fibra natural obtida do fruto de algumas espécies de plantas do gênero *Gossypium*, família *Malvaceae*, sendo uma das fibras mais resistentes e utilizadas na composição de tecidos (BRITANNICA ESCOLA, [2016]). O jeans é um dos tecidos compostos por algodão, podendo conter também poliéster e elastano na sua composição. O jeans é similar ao brim, possui ligamento em sarja e é utilizado também na confecção de calças, bermudas, jaquetas e uniformes. O tecido de jeans analisado no experimento em questão é composto por 100% de algodão, conforme apresentado anteriormente.

6.2. Espessura dos tecidos

A aferição das espessuras dos tecidos foi realizada com o auxílio de um paquímetro digital. Cada tecido foi medido 10 vezes, e com os dados coletados construíram-se as tabelas a seguir.

Tabela 4 – Espessuras medidas para o tecido de seda.

ESPESSURAS DO TECIDO DE SEDA (mm)			
BRANCO	AZUL	BEGE	CINZA
0,11	0,13	0,17	0,12
0,08	0,11	0,17	0,14
0,11	0,12	0,15	0,14
0,11	0,14	0,16	0,13
0,14	0,15	0,14	0,13
0,11	0,11	0,14	0,11
0,11	0,13	0,16	0,12
0,12	0,13	0,15	0,12
0,12	0,11	0,16	0,14
0,11	0,14	0,16	0,16

Fonte: Arquivo pessoal.

Na TAB. 4 é possível identificar que o tecido de seda branco obteve os menores valores de espessuras medidas, e que o tecido de seda bege obteve os maiores valores de espessuras medidas.

Tabela 5 – Espessuras medidas para o tecido de malha.

ESPESSURAS DO TECIDO DE MALHA (mm)			
BRANCO	AZUL	PRETO	VERMELHO
0,50	0,48	0,44	0,48
0,48	0,47	0,38	0,46
0,47	0,53	0,39	0,50
0,46	0,49	0,41	0,49
0,46	0,48	0,41	0,51
0,51	0,48	0,41	0,50
0,47	0,48	0,40	0,50
0,46	0,49	0,38	0,49
0,50	0,50	0,39	0,48
0,50	0,51	0,38	0,50

Fonte: Arquivo pessoal.

Na TAB. 5 vê-se que as maiores espessuras medidas foram para o tecido de malha azul e as menores espessuras medidas foram obtidas para a malha preta.

Tabela 6 – Espessuras para o tecido de brim.

ESPESSURAS DO TECIDO DE BRIM (mm)			
BRANCO	PRETO	BEGE	VERDE
0,41	0,50	0,50	0,47
0,43	0,50	0,47	0,47
0,42	0,49	0,48	0,51
0,39	0,51	0,50	0,46
0,40	0,51	0,48	0,47
0,39	0,50	0,49	0,49
0,41	0,49	0,49	0,50
0,39	0,50	0,50	0,47
0,41	0,51	0,48	0,46
0,42	0,52	0,49	0,50

Fonte: Arquivo pessoal.

O tecido brim preto obteve os maiores valores de espessuras medidas e o tecido brim branco obteve os menores valores de espessuras medidas, conforme TAB. 6.

Tabela 7 – Espessuras para o tecido de jeans.

ESPESSURAS DO TECIDO DE JEANS (mm)	
CLARO	ESCURO
0,69	0,90
0,67	0,91
0,66	0,91
0,69	0,92
0,70	0,91
0,69	0,91
0,70	0,91
0,70	0,91
0,69	0,92
0,68	0,93

Fonte: Arquivo pessoal.

Na TAB. 7 é possível observar que o jeans escuro obteve os maiores valores de espessuras medidas.

Utilizando a EQ. 21, foi calculado o desvio padrão com o intuito de obter o grau de variação do conjunto de dados medidos em relação à média. A TAB. 8 apresenta à média e o desvio padrão para os dados de cada tipo de tecido.

Tabela 8 – Média e desvio padrão calculados para os dados medidos para obtenção da espessura do tecido.

TECIDO	MÉDIA (mm)	DESVIO PADRÃO (mm)
SEDA BRANCA	0,112	0,01476
SEDA AZUL	0,127	0,01418
SEDA BEGE	0,156	0,01075
SEDA CINZA	0,131	0,01449
MALHA BRANCO	0,481	0,01969
MALHA AZUL	0,491	0,01792
MALHA VERMELHA	0,491	0,01912
MALHA PRETO	0,399	0,01449
BRIM BRANCO	0,407	0,01418
BRIM PRETO	0,503	0,0095
BRIM BEGE	0,488	0,01033
BRIM VERDE	0,480	0,01826
JEANS CLARO	0,687	0,01337
JEANS ESCURO	0,913	0,0082

Fonte: Arquivo pessoal.

Vêm-se na TAB. 8 que os resultados obtidos para o desvio padrão apresentaram baixos valores, indicando que a variação do conjunto de dados está próxima a média, ou seja, o conjunto de dados é homogêneo.

Ainda na TAB. 8 observa-se que entre todos os tecidos, o de maior espessura é o tecido jeans escuro e o de menor espessura é a seda branca. É possível observar também que há uma relação entre a composição do tecido com a espessura, um exemplo disso ocorre na composição da malha preta e do brim branco.

A malha preta possui uma composição diferente dos demais tecidos de malhas, pois não possui poliamida na sua constituição, devido a isso apresentou a menor espessura. A fibra de poliamida é melhor do que a fibra do poliéster, como já

citado anteriormente, por diversos fatores onde as características da poliamida se sobressaem em relação às do poliéster, apesar de ambas serem fibras sintéticas.

Outro exemplo dessa relação da composição com a espessura ocorre para o brim branco, que possui composição diferente dos demais tecidos de brim. O brim branco possui menor quantidade de algodão na composição, e conseqüentemente obteve a menor espessura entre os tecidos de brim, que apresentam maior quantidade de algodão.

6.3. Temperatura interna do tecido

Para a obtenção das temperaturas interna dos tecidos, ou seja, a temperatura sentida pela pele, quando submetidos a uma fonte de calor, foi realizado um experimento utilizando o aparelho para meios de propagação de calor e os suportes descritos no item Metodologia. Com os dados coletados na realização do experimento e com o auxílio do programa da Microsoft Excel, foram feitos os gráficos de linhas (GRAF. 1) e a TAB. 9 apresentados a seguir.

Tabela 9 – Temperatura interna de cada tecido obtida ao final do experimento.

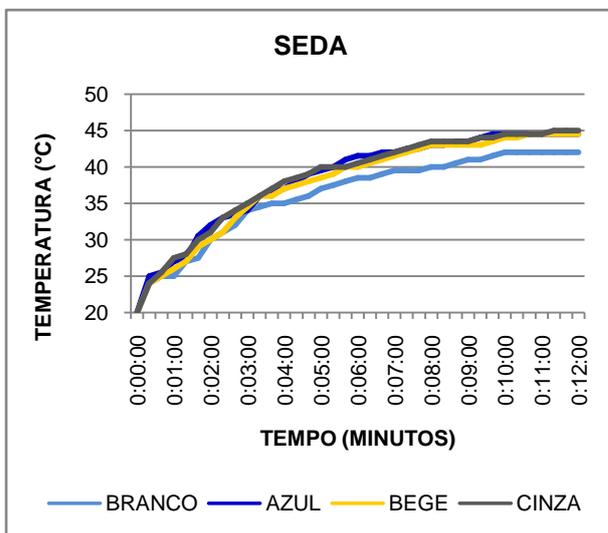
TEMPERATURA INTERNA FINAL DOS TECIDOS (T_i)	
SEDA	
Branco	42 °C
Bege	44,5 °C
Azul	44,5 °C
Cinza	45 °C
MALHA	
Branco	47 °C
Azul	50 °C
Vermelha	48,5 °C
Preta	50 °C
BRIM	
Branco	46 °C
Preto	46,5 °C
Bege	46 °C
Verde	46,5 °C
JEANS	
Claro	47,5 °C
Escuro	47,5 °C

Fonte: Arquivo pessoal.

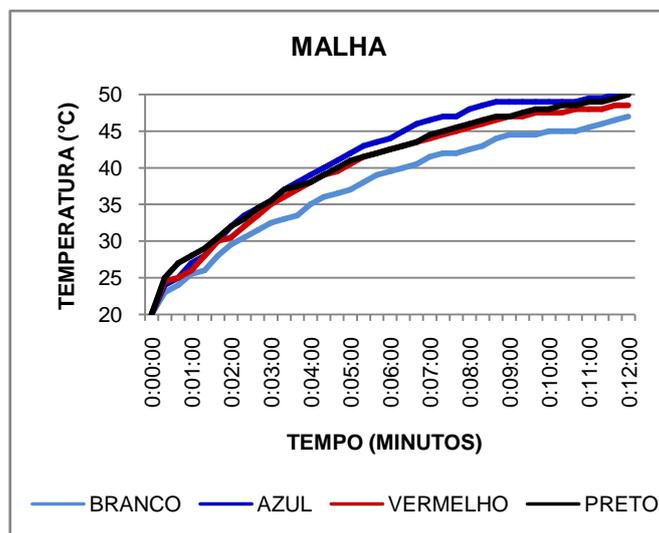
O GRAF. 1 apresenta as temperaturas anotadas (20s em 20s) durante todo o experimento, mostrando o desempenho para cada tipo e cor de tecido.

Gráfico 1 – Relação das temperaturas internas obtidas durante o experimento para todos os tipos e cores de tecidos.

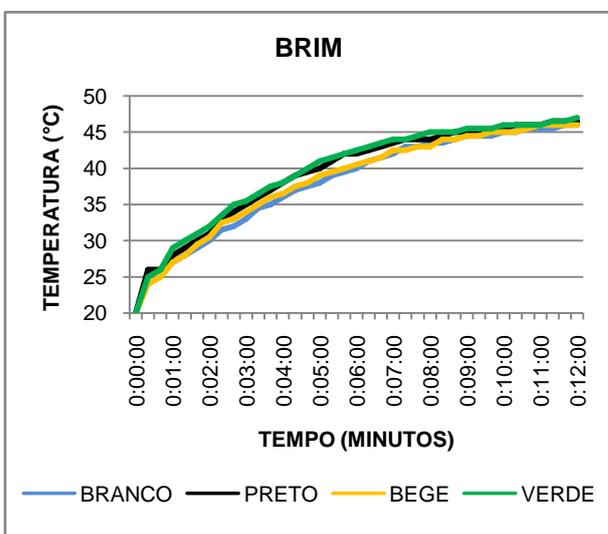
(A)



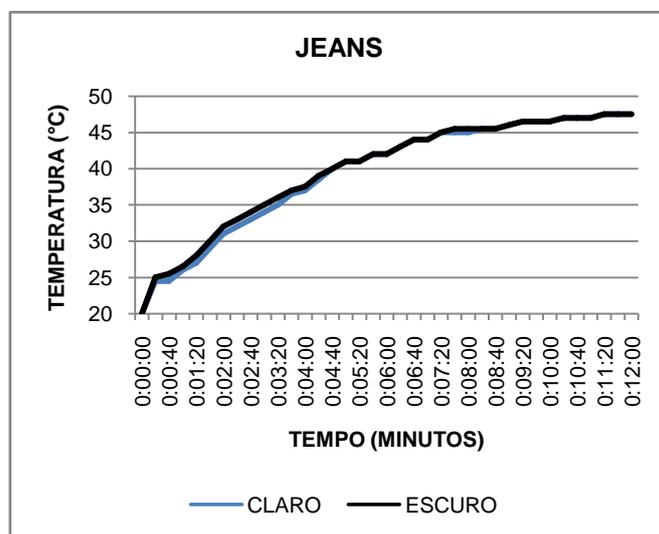
(B)



(C)



(D)



* (A) Temperaturas internas para as diferentes cores do tecido de Seda. (B) Temperaturas internas para as diferentes cores do tecido de Malha. (C) Temperaturas internas para as diferentes cores do tecido de Brim. (D) Temperaturas internas para as diferentes cores do tecido de Jeans.

Fonte: Arquivo pessoal.

Observa-se no GRAF. 1(A) que os tecidos de seda de cores cinza e azul obtiveram as maiores temperaturas internas e que o tecido de seda de cor branca obteve a menor temperatura interna do experimento.

No GRAF. 1(B) vê-se que a maior temperatura interna foi da malha azul e a menor temperatura interna foi da malha branca.

Vê-se no GRAF. 1(C) que a variação de temperaturas entre as cores dos tecidos de brim foi relativamente pequena, mas é possível observar que os tecidos de brim de cores verde e preto obtiveram as maiores temperaturas interna e o tecido de brim de cor branca obteve a menor temperatura interna.

No GRAF. 1(D) observa-se que o jeans escuro obteve a maior temperatura e o jeans escura a menor temperatura interna.

Com a análise desses gráficos verifica-se que tecidos de cores claras, como branco e amarelo, possuem menor temperatura interna, ou seja, absorvem menos calor. Já os tecidos de cores escuras, como preto e azul, absorvem mais calor e conseqüentemente apresentam maior temperatura interna.

É possível observar também que a absorção de calor do tecido depende da espessura e da composição do mesmo. Nota-se essa relação no GRAF. 1(B), em que a malha preta obteve menor temperatura interna do que a malha azul, isso se deve ao fato de que a malha preta possui a composição diferente e por isso menor espessura comparando-a as demais malhas, como explicitado anteriormente, interferindo na sua resistência térmica e na sua capacidade de absorver calor.

Portanto, se a malha preta tivesse a mesma composição da malha azul, conseqüentemente ela teria uma espessura maior, apresentaria uma maior temperatura interna, capacidade de absorção de calor e resistência térmica devido à cor.

6.4. Eficiência da lâmpada

A lâmpada incandescente é aquecida quando percorrida por uma corrente elétrica, devido a isso ocorre à transformação de energia elétrica em energia térmica, este fenômeno é conhecido como Efeito Joule. Segundo Moraes e Teixeira

(2006), o Efeito Joule ocorre devido o encontro dos elétrons da corrente elétrica com as partículas do condutor. Os elétrons sofrem colisões com átomos do condutor, parte da energia cinética do elétron é transferida para o átomo aumentando a agitação e conseqüentemente à temperatura.

A lâmpada utilizada no experimento possui uma potência de 60 W, e apenas 8% da sua eficiência é transformado em energia luminosa, os outros 92% são irradiados em forma de calor (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, [2001]). A taxa de calor conduzido através dos tecidos expostos no varal do suporte foi calculada utilizando as EQ.s 23 e 24, solucionando-as temos:

$$\text{Potência da lâmpada} * \text{Eficiência da lâmpada} = 60 W * 0,08 = 4,8 W \quad (25)$$

$$\text{Potência da lâmpada} - \text{Energia luminosa} = 60 W - 4,8 W = 55,2 W (\text{Calor}) \quad (26)$$

Apenas 4,8 W são transformados em energia luminosa, os outros 55,2 W são irradiados em forma de calor para o meio.

6.5. Temperatura da vestimenta

As temperaturas externas dos tecidos, que é a temperatura da superfície que fica exposta a fonte de calor, foram obtidas utilizando a EQ. 22. Para isso, utilizaram-se os valores a seguir:

- Taxa de condução de calor: 55,2 W;
- Área de tecido em exposição à fonte de calor: 0,005 m²;
- Média das espessuras medidas para cada tipo de tecido: utilizado em metros;
- Condutividade térmica para cada tipo de tecido: utilizado em W/m.°C;
- Temperatura interna da vestimenta: utilizado em Celsius.

Os valores da condutividade térmica foram utilizados conforme a TAB. 10.

Tabela 10 – Valores das condutividades térmicas dos tecidos.

TECIDO	CONDUTIVIDADE TÉRMICA (W/m.°C)
Seda (sintético)	0,15
Malha (sintético)	0,13
Brim (natural)	0,06
Jeans (natural)	0,06

Fonte: Çengel; Ghajar, 2012.

As condutividades térmicas dos tecidos são de acordo com o tipo da fibra com que ele é feito. Os tecidos de Malha e Brim possuem em suas composições outros tipos de fibras, porém serão considerados como tecidos de fibra sintética e natural respectivamente, devido ser estas as fibras que correspondem à maior parte da composição do tecido.

A TAB. 11 apresenta os valores das temperaturas externas calculadas a partir da EQ. 22 para cada tipo e cor de tecido.

Tabela 11 – Temperaturas externas para todos os tipos e cores de tecidos do experimento.

TEMPERATURAS EXTERNAS DOS TECIDOS (T_{cl})	
SEDA	
Branco	45,2432 °C
Bege	49,9816 °C
Azul	48,8472 °C
Cinza	49,6416 °C
MALHA	
Branco	77,8480 °C
Azul	83,6972 °C
Vermelha	82,1972 °C
Preta	74,8843 °C
BRIM	
Branco	112,8880 °C
Preto	132,5520 °C
Bege	128,7921 °C
Verde	129,3200 °C
JEANS	
Claro	167,4080 °C
Escuro	208,9920 °C

Fonte: Arquivo pessoal.

Na TAB. 11, observa-se que os tecidos de cores escuras absorvem mais calor do que os tecidos de cores claras. Verifica-se também que os tecidos que possuem maior espessura apresentam maior resistência térmica, visto que eles apresentam as maiores temperaturas externas, porém a quantidade de calor que é conduzida pelo tecido é relativamente pequena, porque a diferença entre as temperaturas interna e externa dos tecidos é grande. Isso pode ser visualizado pelos resultados do tecido de seda branca e do jeans escuro.

A seda branca é um tecido que possui uma baixa resistência térmica, pois sua temperatura externa é 45,2°C e sua temperatura interna é 42°C, ou seja, quase todo o calor recebido na parte externa do tecido é absorvido para a parte interna do mesmo. O exemplo contrário disso tem-se para o jeans escuro que é um tecido que possui uma alta resistência térmica, ou seja, dificulta a troca de calor.

6.6. Cenário hipotético

Para auxiliar na interpretação da influência das características dos tecidos para o conforto térmico de um indivíduo, criou-se um cenário hipotético. Na simulação, criou-se uma situação próxima da real, que é a exposição de um indivíduo vestido a exposição da irradiação solar.

Os valores da irradiação solar utilizados para a realização dos cálculos são da cidade de Formiga – MG. Foram aplicados os valores de irradiação solar para as quatro estações do ano, conforme TAB. 12.

Tabela 12 – Valores de irradiação solar para as quatro estações do ano da cidade de Formiga – MG.

ESTAÇÃO	IRRADIAÇÃO SOLAR MÉDIA (W/m ²)/h
Verão	591,42
Outono	541,42
Inverno	317,58
Primavera	689,58

Fonte: SWERA, [2016].

Utilizando a EQ. 22, a média das espessuras de cada tecido e as condutividades térmicas apresentadas na TAB. 10, temos a diferença de temperaturas entre o lado externo e o lado interno da vestimenta.

$$\Delta T = (T_{cl} - T_i) \quad (27)$$

Onde:

ΔT : diferença de temperaturas entre o lado externo e interno da vestimenta;

T_{cl} : temperatura da vestimenta, °C;

T_i : temperatura interna da vestimenta, °C.

A TAB. 13 apresenta os valores obtidos para a diferença de temperaturas entre o lado externo e interno da vestimenta, quando a mesma é exposta as condições de irradiação solar das quatro estações do ano da cidade de Formiga – MG.

Tabela 13 – Valores de ΔT para todos os tipos e cores de tecidos para as quatro estações de Formiga – MG.

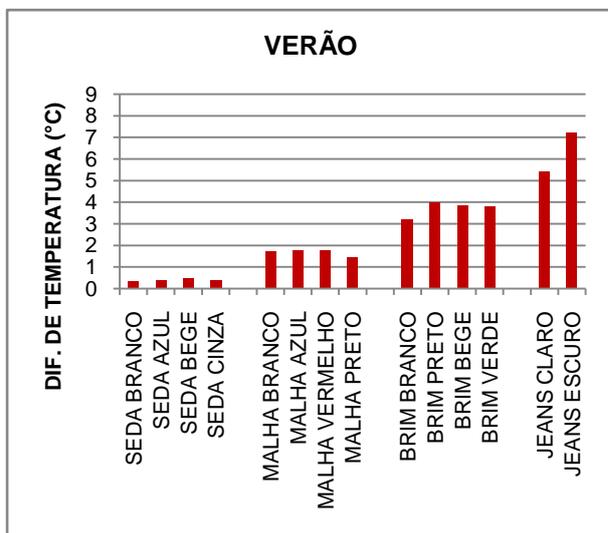
DIFERENÇA DE TEMPERATURAS ΔT (°C)				
TECIDO SEDA	VERÃO	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA
Branco	0,3533	0,3354	0,1897	0,4119
Bege	0,4920	0,4971	0,2642	0,5737
Azul	0,4006	0,3803	0,2151	0,4670
Cinza	0,4132	0,3922	0,2219	0,4818
TECIDO MALHA	VERÃO	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA
Branco	1,75	1,66	0,94	2,04
Azul	1,79	1,70	0,96	2,08
Vermelha	1,79	1,70	0,96	2,08
Preta	1,45	1,38	0,78	1,68
TECIDO BRIM	VERÃO	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA
Branco	3,20	3,05	1,72	3,74
Preto	3,97	3,77	2,13	4,63
Bege	3,84	3,65	2,06	4,49
Verde	3,79	3,59	2,03	4,41
TECIDO JEANS	VERÃO	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA
Claro	5,42	5,14	2,9	6,32
Escuro	7,20	6,83	3,87	8,39

Fonte: Arquivo pessoal.

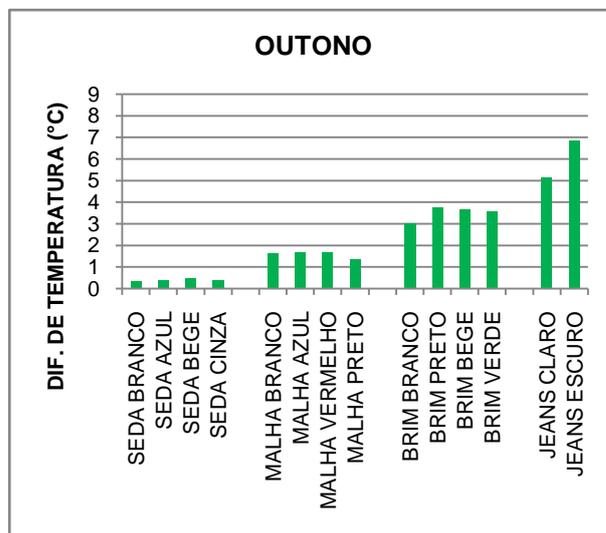
Para melhor visualização dos dados da TAB. 13, têm-se os gráficos a seguir.

Gráfico 2 - Valores de ΔT para todos os tipos e cores de tecidos para as quatro estações de Formiga – MG.

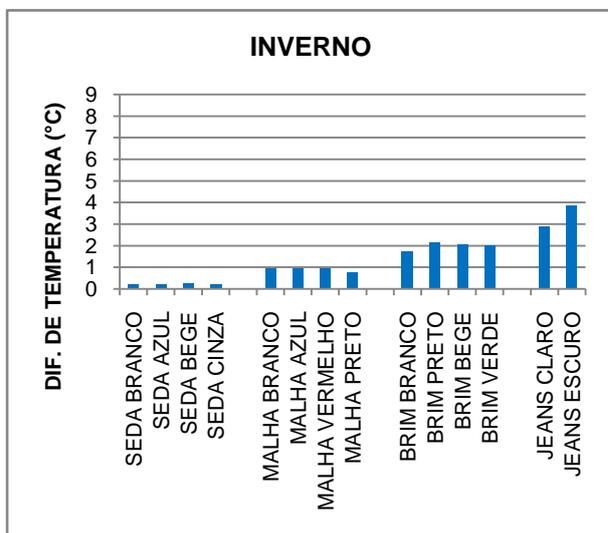
(A)



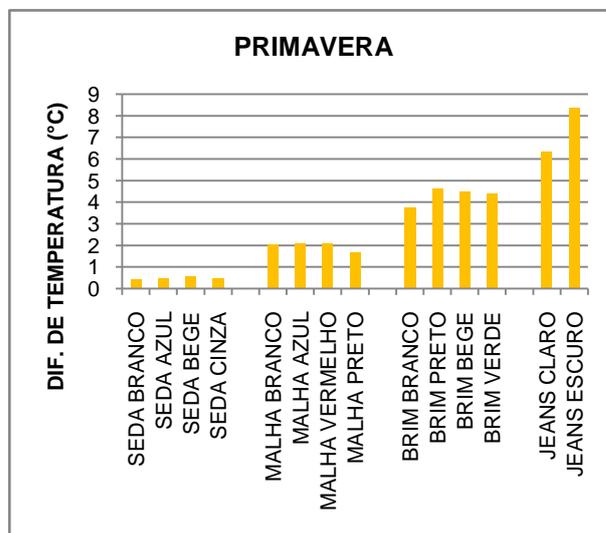
(B)



(C)



(D)



* (A) Valores de ΔT para todos os tipos e cores de tecido no Verão. (B) Valores de ΔT para todos os tipos e cores de tecido no Outono. (C) Valores de ΔT para todos os tipos e cores de tecido no Inverno. (D) Valores de ΔT para todos os tipos e cores de tecido na Primavera.

Fonte: Arquivo pessoal.

Para estações com altos valores de irradiação solar, como verão e primavera, é adequado o uso de roupas que sejam feitas de tecidos que possibilitem que a diferença entre as temperaturas externa e interna do tecido seja pequena.

Portanto, através dos GRAF.s 2(A) e 2(D), vê-se que para as estações do verão e primavera de Formiga – MG é adequando o uso de roupas que sejam feitas de tecidos que possua características iguais ou similares a seda, dando preferência a cores clara, como o branco.

A irradiação para a estação do outono de Formiga – MG difere-se pouco da irradiação do verão, então se vê pelo GRAF. 2(B) que o uso de roupas feitas de tecido de seda branca seria o adequado, visto que tal vestimenta proporcionaria ao indivíduo maior conforto térmico para as condições da estação do outono.

Para estações com baixos valores de irradiação solar, como o inverno, é adequando o uso de roupas que sejam feitas de tecidos que possibilitem que a diferença entre as temperaturas externa e interna do tecido seja grande, desta forma mantém o indivíduo que a usa aquecido.

Observa-se pelo GRAF. 2(C) que para o inverno de Formiga – MG, um indivíduo irá se sentir confortável termicamente utilizando uma roupa que seja feita do tecido jeans escuro.

7. RESULTADO E DISCUSSÕES

Este capítulo retrata a análise e discussão dos resultados obtidos, os quais respondem aos objetivos geral e específicos propostos pela pesquisa. O objetivo da pesquisa é analisar a influência das características do tecido na transferência de calor entre a pele e o ambiente e para o conforto térmico de um indivíduo.

Para isso, realizou-se o experimento onde se submetia uma pequena área de tecido a uma fonte de calor, considerando o sentido da transferência de calor de “fora para dentro”, isto é, quanto de calor da parte externa da vestimenta (exposta ao ambiente) passa para a parte interna da mesma (em contato com a pele). Através deste experimento obtiveram-se os valores das temperaturas interna e externa da vestimenta para todos os tipos e cores de tecidos selecionados.

Outra forma de obter resultados para a pesquisa foi por meio de simulação. Criou-se um cenário hipotético, considerando as mesmas condições do experimento, porém de uma forma realista utilizando os valores de irradiação solar para as quatro estações do ano da cidade de Formiga – MG.

Desta forma obtiveram-se resultados suficientes para alcançar o objetivo da pesquisa. As características dos tecidos analisadas são: natureza, cor, espessura e condutividade térmica. Todas as características citadas influenciam de alguma forma no conforto térmico.

A interferência no conforto térmico quanto à natureza do tecido depende da composição do mesmo, pois tecidos que são constituídos de fibras que apresentam características superiores em relação às outras, possui uma maior retenção de calor. Por exemplo, a poliamida e o poliéster são fibras sintéticas, porém as características da fibra poliamida se sobressaem quando comparada as características do poliéster, desde o toque, brilho, absorção de umidade e resistência térmica. Portanto, um tecido que possui fibras de poliamida em sua composição irá reter maior quantidade de calor do que um tecido feito de poliéster. O tecido de poliamida apresentará as melhores características estéticas e o poliéster proporcionará ao indivíduo o conforto térmico, devido a essa questão as roupas não são feitas de qualquer tipo de tecido, pois é necessário se atentar para a função da roupa e as características das fibras do tecido.

A composição do tecido é diretamente proporcional a espessura, ou seja, quanto melhor é a fibra ou maior a quantidade de fibras existentes no tecido maior será a sua espessura. Como exemplo disto, tem-se a comparação entre as composições da malha azul e da malha preta, tratam-se do mesmo tecido, porém com composições diferentes.

A malha azul apresenta em sua composição uma parcela de poliamida e uma quantidade maior de viscose se comparada com a malha preta, que não possui a poliamida e a quantidade de viscose é menor em sua composição. Devido a isso, a malha azul possui maior espessura do que a malha preta. Em termos de conforto térmico, a malha preta proporcionará ao indivíduo um conforto maior, pois sua composição apresenta menor quantidade de fibras, sendo que a maior parte da sua composição é constituída de poliéster que é uma fibra inferior a poliamida e a viscose.

Quanto à cor do tecido, observa-se pelos resultados do experimento e da simulação que tecidos de cores escuras absorvem maior quantidade de calor do que tecidos de cores claras, devido a isso quando um indivíduo estiver exposto a uma fonte de calor é adequado o uso de roupas de cores claras para um maior conforto térmico.

Quanto à espessura do tecido, verifica-se que a espessura, além de ser diretamente proporcional a composição do tecido, é diretamente proporcional a diferença de temperatura entre a parte externa e interna do tecido. Tecidos que possuem uma maior espessura possuem maiores temperaturas externas, porém a quantidade de calor que é conduzido através do tecido é pequena, conforme pode ser visto na TAB. 9 e 11 apresentadas anteriormente.

Quanto à condutividade térmica do tecido, observa-se que quanto maior é a condutividade do tecido maior será a transferência de calor e conseqüentemente menor será a diferença de temperatura entre na parte externa e interna do tecido.

Através da simulação, verifica-se que para as estações com alta irradiação solar, verão e primavera, é adequado o uso de tecidos que apresentam menores diferenças entre as temperaturas externa e interna da vestimenta, menores espessuras, sejam de cores claras e possuam alta condutividade térmica. Para as estações verão e primavera da cidade de Formiga, é adequado o uso de tecidos

similares ou iguais a seda branca, conforme foi apresentado nos GRAF. 2(A) e GRAF. 2(B), pois é o tecido que irá trazer maior conforto térmico em tais condições.

No inverno de Formiga a irradiação solar é baixa, devido a isso se torna adequado o uso de roupas com tecidos que apresentam maiores diferenças entre as temperaturas externa e interna da vestimenta, maiores espessuras, sejam de cores escuras e possuam baixa condutividade térmica. O GRAF. 2(C) mostra que um indivíduo irá se sentir mais confortável termicamente, considerando as condições do inverno da cidade de Formiga, se o mesmo utilizar uma vestimenta feita com o tecido de jeans escuro.

8. CONCLUSÃO

No capítulo referente à revisão bibliográfica, procurou-se apresentar e caracterizar os parâmetros ambientais e pessoais que influenciam no conforto térmico, definir as transferências de calor que ocorre entre o homem e o ambiente, além de abordar as funções da vestimenta. Apresentaram-se os principais tipos de estudos, bem como resultados significativos com relação ao assunto, tão escasso na literatura. Os tipos de estudos são classificados em pesquisas de campo e pesquisas em câmaras climatizadas, que embora sejam diferentes em sua metodologia, buscam o avanço do conhecimento a respeito do assunto, a fim de propiciar conforto térmico às pessoas.

Usando a metodologia de trabalho definida no Capítulo 3, e tendo em conta os objetivos previamente definidos, procurou-se analisar quais das características dos tecidos influenciam diretamente no conforto térmico. A busca pelos resultados foi dividida em duas etapas, a primeira foi feita experimentalmente e a segunda por simulação.

As características dos tecidos analisadas são natureza, cor, espessura e condutividade térmica. Conhecendo as características citadas e correlacionando com os fenômenos de transferência de calor, ver-se a importância do estudo em questão, visto que um influencia no outro.

Através do experimento realizado e da simulação de um cenário hipotético, observa-se que o tecido jeans escuro apresentou a maior espessura e maior temperatura externa, e o tecido malha azul apresentou a maior temperatura interna. Conclui-se que para maior conforto térmico na estação verão da cidade de Formiga, prefere-se uso de roupas com tecido que apresentam menor diferença entre as temperaturas interna e externa; já para obter o conforto térmico na estação inverno da cidade de Formiga, prefere-se o uso de roupas com tecido que apresentam uma grande diferença entre essas temperaturas. Portanto, o uso de roupas com tecido igual ou similar ao tecido seda branca pra o verão e roupas com tecido igual ou similar ao tecido jeans escuro para o inverno.

O trabalho obteve resultados satisfatórios, demonstrando a importância de analisar o tipo do tecido da vestimenta para o conforto térmico, que possui uma

grande relevância para o bem estar do homem. Alguns pesquisadores já haviam abordado essa questão da importância do conforto térmico para a saúde do homem, visto que um stress térmico pode causar perda concentração e da capacidade física.

Apesar de o trabalho apresentar resultados satisfatórios, o estudo não se assume conclusivo para os assuntos que o mesmo aborda, pois o conforto térmico é um parâmetro subjetivo podendo ser analisado de diversas formas. O trabalho em questão pode ser utilizado como base para novos estudos.

REFERÊNCIAS

ABSORÇÃO e reflexão da energia radiante. Educar Brasil. [2011]. Disponível em: < <http://www.conteudoseducar.com.br/conteudos/arquivos/2325.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2017.

ALCÂNTARA, M. R.; DALTIM, D. **A química do processo têxtil.** Química nova. São Paulo, 11 p. out., 1995. Disponível em: < http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1996/vol19n3/v19_n3_17.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2017.

ALENCAR, C. O. C.; BOUERI, J. **O conforto no vestuário: uma análise da relação entre conforto e moda.** Colóquio de Moda. São Paulo, n. 8, 8 p. set., 2012. Disponível em: < http://www.coloquiomoda.com.br/anais/anais/8-Coloquio-de-Moda_2012/GT04/COMUNICACAO-ORAL/103160_O_Conforto_no_Vestuário.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2017.

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

ANDREASI, W. A. **Tópicos avançados em conforto térmico.** 2003. 116 p. Tese (Pós-graduação em construção civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

ASHRAE STANDARD. American National Standard. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** Atlanta, 1992.

ASHRAE STANDARD. American National Standard. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** Atlanta, 1997.

ASHRAE STANDARD. American National Standard. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** Atlanta, 2010.

BELOSO, T. **As inúmeras vantagens do elastano.** Audaces. São Paulo, 2016. Disponível em: < <http://www.audaces.com/as-inumeras-vantagens-do-elastano/>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

BENTO, L. **Moda – Entenda a diferença entre Brim, Gabardine e Sarjas. Recanto das letras.** Goiás: Goiânia, 2012. Disponível em: < <http://www.recantodasletras.com.br/artigos/4040692>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

BOMBEIRO E CIA. **Uniformes e epis para bombeiros**. 2009. Disponível em: <<http://bombeiroecia.blogspot.com.br/2009/04/uniformes-e-epis-para-bombeiros.html>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

BRITANNICA ESCOLA. CAPES. **Algodão**. Disponível em: <<http://escola.britannica.com.br/levels/fundamental/article/algod%C3%A3o/481063>>. Acesso em: 24 jun. 2017.

BROEGA, A. C.; SILVA, M. E. C. **O conforto total do vestuário para os cinco sentidos. Portugal**. 10 p. 2008. Disponível em: <http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/encuentro2007/02_auspicios_publicaciones/actas_diseno/articulos_pdf/A6012.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2017.

CORDEIRO, M. B. **Mecanismos termorregulatórios**. Rio de Janeiro, [2007]. Disponível em: <<http://www.uff.br/webvideoquest/TM/LM9.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

CORREIA, E. L. S. **Modelo térmico aplicado à caracterização do conforto proporcionado pelo vestuário**. 2005. 63 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Humana) – Universidade do Minho. Portugal, 2005.

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. 4. ed. Rio Grande do Sul: AMGH, 2012.

FERREIRA, R. **A seda – história, características e obtenção**. Meu estilo: fashion bubbles. São Paulo, [2008]. Disponível em: <<http://www.fashionbubbles.com/estilo/a-seda/>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

FONTENELES, et al. **Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para elaboração de um protocolo de pesquisa**. Pará: Belém, 2009.

FROTA, A. B.; SCHIFFER R. S. **Manual de conforto térmico**. 8. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2007.

GASI, F. **Avaliação da eficácia de materiais têxteis na atividade física**. 2008. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas. São Paulo: Campinas, 2008.

GESTÃO NO CAMPO. Biblioteca. Artigos. **Zona de conforto térmico**. [2012]. Disponível em: <<http://www.gestaonocampo.com.br/biblioteca/httpwww-nftalliance-com-brzona-de-conforto-termico/>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

INTERNATIONAL STANDARD. ISO 7730: **Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**. Switzerland, 2005.

INTERNATIONAL STANDARD. ISO 7730: **Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**. Switzerland, 1994.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Eficiência energética**. [2001]. Disponível em: <http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia>. Acesso em: 27 ago. 2017.

KUASNE, A. **Fibras Têxteis**. Concurso têxtil em malharia e confecção do centro federal de educação tecnológica de Santa Catarina unidade de Araranguá. Araranguá, 90 p., 2008. Disponível em: <https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/8/88/Apostila_fibras.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2017.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Conforto Ambiental. In: _____. **Eficiência energética na arquitetura**. 3 ed. Rio de Janeiro. Ministério de Minas e Energia, 2014. cap. 2, p. 43 – 64. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Livro%20-%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

LAMBERTS, R. et al. **Desempenho térmico de edificações**. 8. ed. Santa Catarina: Florianópolis. 2016. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf>. Acesso em: 01 maio 2017.

LAMBERTS, R. et al. **Conforto e stress térmico**. Santa Catarina: Florianópolis. 2008. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/Apconforto.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2017.

LOPES, R. P.; SILVA, J. S.; REZENDE, R. C. **Princípios básicos de psicometria**. Viçosa, [2000]. Disponível em: <<ftp://ftp.ufv.br/dea/ Disciplinas/Evandro/Eng671/Aulas/Aula03-1-Principios%20basicos%20de%20psicometria.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

LUSTOSA, D. **A tecnologia dos tecidos: poliéster X poliamida**. Webrun. São Paulo, [2014]. Disponível em: <<https://www.webrun.com.br/blog/a-tecnologia-dos-tecidos-parte-2-poliester-x-poliamida/>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

MADEIRA. **FAQ: O grande significado das pequenas diferenças: poliéster ou viscose?** Portugal, [2011]. Disponível em: <<http://www.madeira-pt.com/faq/madeira-faqs/>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

MORAIS, M. B. S. A.; TEIXEIRA, R. M. R. **Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio**. 2006. Tese (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

NUNES, F. R. M.; FILGUEIRAS, A. P. A.; FILHO, F. R. M.N. **As fibras têxteis e sua influência na proteção térmica das pessoas**. Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica. São Paulo, n. 15, 9 p. nov., 1999. Disponível em: <<http://www.abcm.org.br/anais/cobem/1999/pdf/AACDBF.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

OLIVEIRA, M. C. A.; LABAKI, L. C. **Os primeiros estudos sobre conforto térmico no Brasil: a contribuição de Paulo Sá**. In: ENCAC – ENCONTRO NACIONAL E LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO TÉRMICO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 6., 2001, São Paulo: São Pedro, nov., 2001. Os primeiros... São Paulo: Universidade Estadual de Campinas, 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Lucila_Labaki/publication/268292085_OS_PRIMEIROS_ESTUDOS SOBRE CONFORTO TERMICO NO BRASIL A CONTRIBUICAO DE PAULO SA/links/54d92b0c0cf2970e4e7ae557/OS-PRIMEIROS-ESTUDOS-SOBRE-CONFORTO-TERMICO-NO-BRASIL-A-CONTRIBUICAO-DE-PAULO-SA.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2017.

PINHEIRO, I. P. T. **Conforto térmico e bem-estar numa superfície comercial isolada**. 2011. 227 p. Tese (Mestrado Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal, 2011.

RUAS, A. C. **Avaliação de conforto térmico: contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. 1999. 90 p. Ministério do Trabalho – FUNDACENTRO. São Paulo: São Paulo, 1999a.

RUAS, A. C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho. 1999.** 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. São Paulo: Campinas. 1999.

RUBBO, R. **Tecidos de malha por trama.** Santa Catarina, 2014. Disponível em: <<http://www.audaces.com/tecidos-de-malha-por-trama-caracteristicas-e-estrutura/>>. Acesso em: 22 maio 2017.

SÁ, R. **Introdução ao “stress” térmico em ambientes quentes.** TECNOMETAL, n. 124, set./out., 1999. Disponível em: < <http://www.factor-segur.pt/wp-content/uploads/2014/11/Introducao-Stress-termico.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

SILVA, N. L. **Análise dos parâmetros de conforto térmico em habitações populares de um conjunto em João Pessoa/PB.** 2015. 151 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2015.

SILVA, R. **Tecnologia têxtil – tipos de tecidos e principais bases para tecidos planos. 2011.** Disponível em: < <http://regisdesigner.blogspot.com.br/2011/03/tecnologia-textil-tipos-de-tecidos-e.html>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

SOLER & PALAU. Fichas técnicas. **Velocidade do ar.** [2006]. Disponível em: <http://www.solerpalau.pt/formacion_01_30.html>. Acesso em: 11 abr. 2017.

SOUZA, T.; HELD, M. S. B. **A estética como conforto psicológico na moda.** Colóquio de Moda. São Paulo, n. 7, 9 p. set., 2011. Disponível em: < http://www.coloquiomoda.com.br/anais/anais/7-Coloquio-de-Moda_2011/GT03/Comunicacao-Oral/CO_89359A_estetica_como_conforto_psicologico_na_moda.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2017.

SWERA. **Direct Normal Irradiance.** [2016]. Disponível em: < <https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=c9FGLx%255Bv%255D%3Dt%26om7n4n%255Bv%255D%3Dt%26om7n4n%255Bd%255D%3D1&bL=groad&cE=0&IR=0&mC=-20.388399919020113%2C-45.29937744140625&zL=10>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

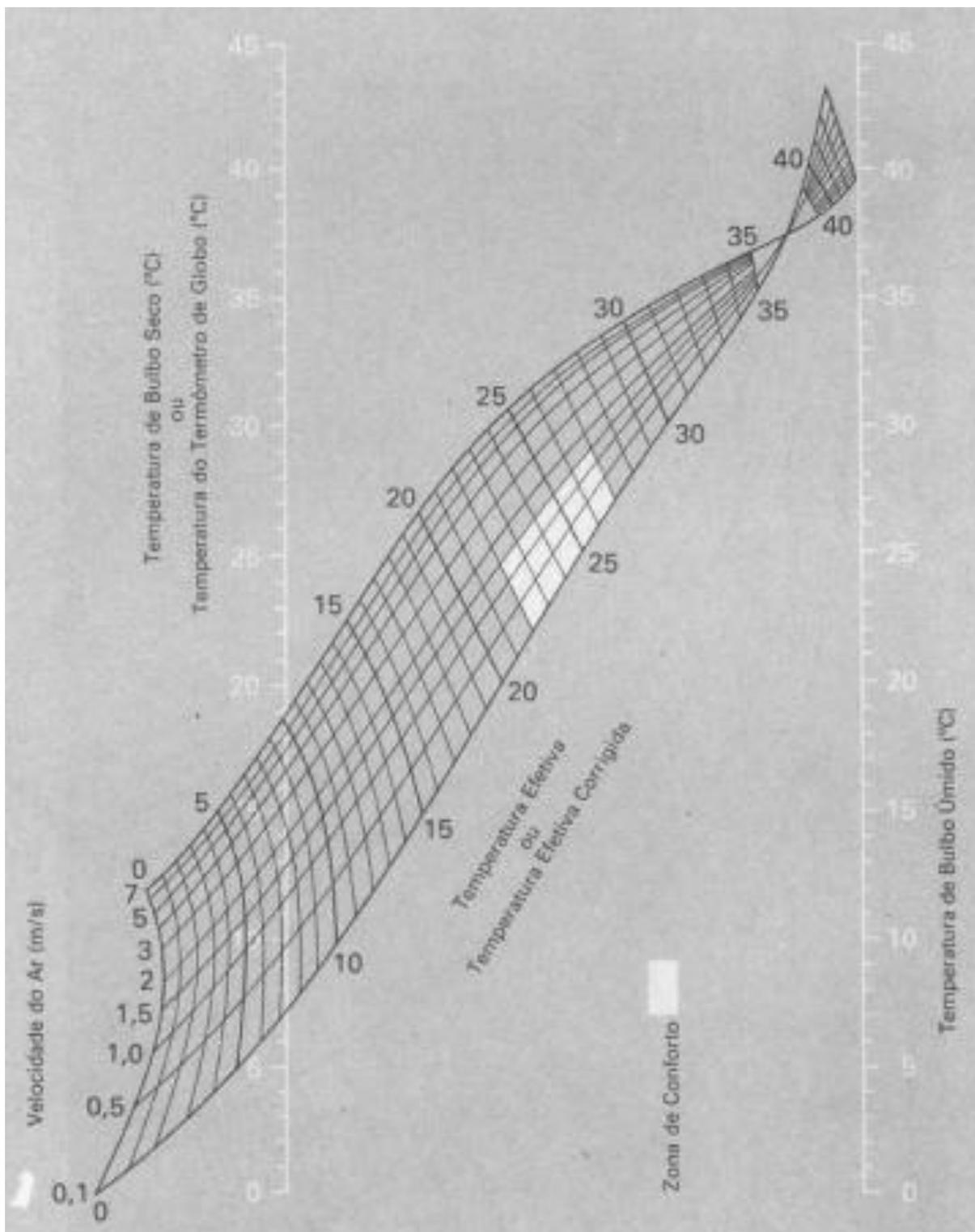
TORRES, M. G. L. **Conforto térmico e desempenho nos ambientes de ensino com inovações tecnológicas – estudo de multicaseos no nordeste brasileiro.** João Pessoa, 2016.

XAVIER, A. A. P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis.** 1999. 209 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

ANEXOS

ANEXO A

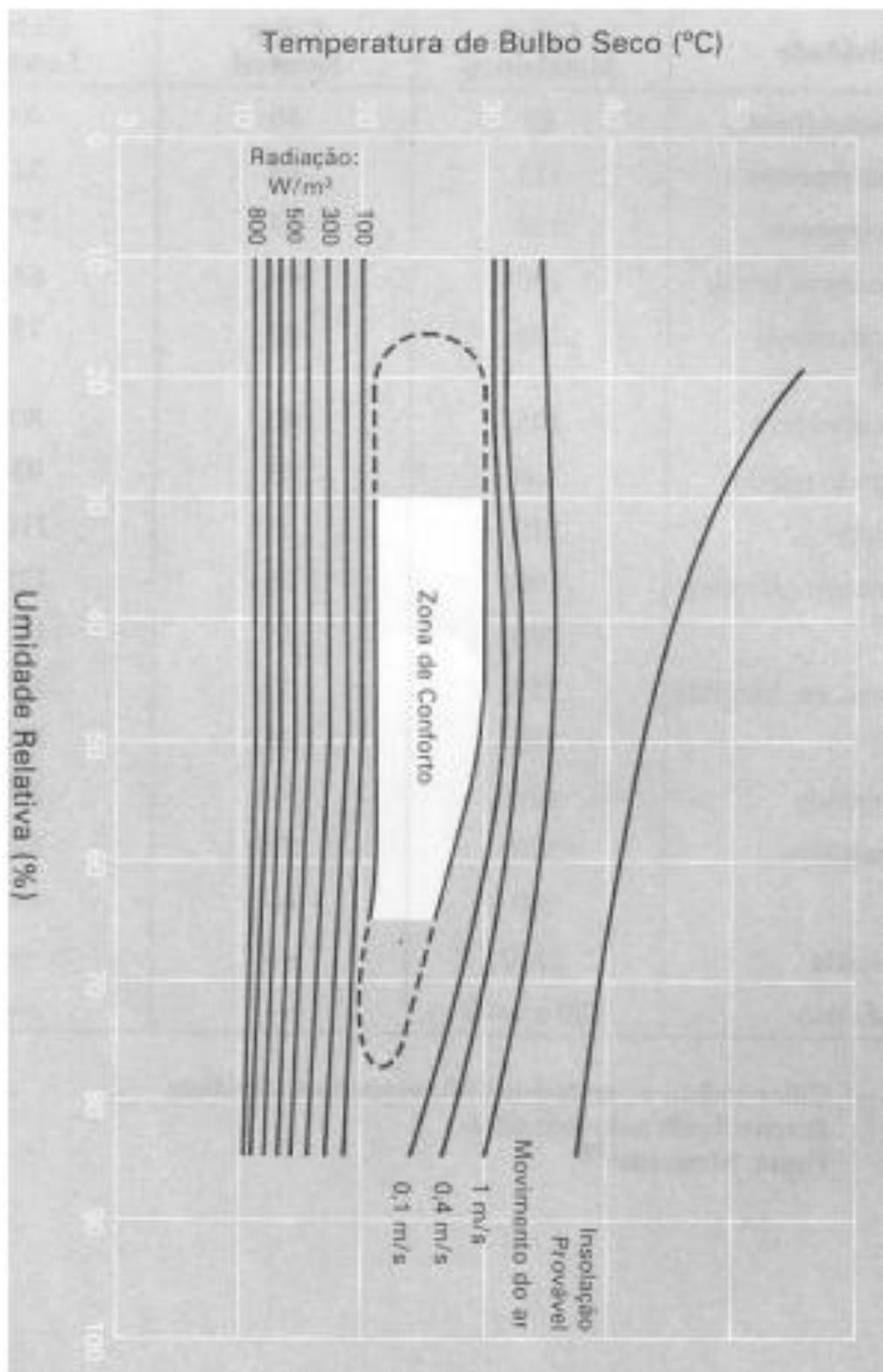
I – Nomograma de Temperatura Efetiva para pessoas normalmente vestidas, em trabalho leve.



Fonte: FROTA; SHIFFER, 2007.

ANEXO B

II – Carta Bioclimática para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 “clo”.



Fonte: FROTA; SHIFFER, 2007.