

## MANEQUIM TÉRMICO: FERRAMENTA PARA APRIMORAMENTO DAS ROUPAS QUANTO AO CONFORTO TÉRMICO

*Thermal manikin: a tool for improving apparel as to thermal comfort*

Camera, Tayane Caroline Fiametti; Mestranda; Universidade Federal do  
Paraná, tayanefcamera@gmail.com<sup>1</sup>

Schmid, Aloísio Leoni; Doutor; Universidade Federal do Paraná,  
aloisio.schmid@gmail.com<sup>2</sup>

**Resumo:** Este estudo teve como objetivo buscar trabalhos de pesquisa sobre o uso de manequins térmicos para aprimoramento do vestuário, com ênfase nas fibras naturais. Resultados mostram uma gama de estudos sobre sua aplicação para avaliação do desempenho térmico, porém poucos estudos sobre as características das fibras naturais. Utilizou-se como método a revisão sistemática da literatura e a pesquisa se deu no Portal de Periódicos da Capes, Scopus e Google Acadêmico. A revisão bibliográfica sistemática permitiu encontrar uma lacuna a respeito de estudos das características das fibras naturais em relação às fibras sintéticas, abrindo assim caminho para novos estudos.

**Palavras chave:** Manequim térmico, fibras naturais, vestuário.

**Abstract:** This study had the purpose of looking for research Works about the use of thermal manikins to improve apparel, with a stress on natural fibres. The results show a range of studies on its application in order to evaluate the thermal performance, but a few studies about natural fibers. As a method, the systematic literature review was adopted. The systematic literature review allowed authors to find a gap in the study of the properties of natural fibres, pointing at it as a promising field of investigation.

**Keywords:** Thermal manikin, natural fibers, apparel.

<sup>1</sup> Tecnóloga em Design de Moda pela UTFPR (2015), mestranda no Programa de Pós-Graduação em Design na Universidade Federal do Paraná.

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico pela UFPR (1990), mestre em Engenharia pela Universidade de Utsunomiya, Japão (1993) e doutor pela Universidade de Karlsruhe, Alemanha (1996), hoje KIT. Professor da UFPR desde 1997.

## Introdução

O conforto térmico é um fator biológico descrito por regras gerais, mas que comporta variações de caráter subjetivo e particular de cada indivíduo (FANGER, 1982). Dessa forma, estudar os fenômenos naturais que interferem no conforto térmico pode parecer um desafio. Graças à evolução da tecnologia, pode-se contar com ferramentas que facilitem esse estudo. Um exemplo de tecnologia é o manequim térmico.

O manequim térmico tem funções que reproduzem algumas reações fisiológicas de forma semelhante à do corpo humano, com a vantagem de permitir um controle preciso das reações, facilitando a realização de experimentos. Segundo os próprios fornecedores dessa tecnologia, as aplicações mais comuns do manequim térmico é nos testes de resistência térmica de tecidos a serem utilizados em poltronas de automóveis, construções e vestuário.

Pode ser observado durante a realização da busca para este artigo que atualmente são encontradas poucas pesquisas acadêmicas sobre manequim térmico na língua portuguesa, sendo estas publicadas no Brasil e em Portugal. Essa escassez aponta para uma grande lacuna no assunto, que pode orientar a produção de mais trabalhos acadêmicos a fim de preenchê-la.

O primeiro manequim produzido de que se tem conhecimento foi concebido na década de 1940 pelo Exército Americano. Os manequins térmicos podem ser divididos em três gerações. A primeira geração compreende os manequins estáticos e não transpiráveis. A segunda geração traz a inovação de simular os movimentos, porém sem transpiração e a terceira geração possui simulação de movimentos e transpiração. Os manequins térmicos, apesar da sua eficiência para avaliar propriedades térmicas do vestuário, ainda não são utilizados em grande escala devido ao seu alto custo (Fan et al., 2002).

O objetivo deste trabalho é investigar os estudos já existentes sobre desempenho térmico do vestuário utilizando o manequim térmico, através de uma revisão sistemática da literatura. Espera-se identificar abordagens e pontos em comum na aplicação dos experimentos, assim como encontrar lacunas no tema ainda não tratadas. Visando maior especificidade, foi dada prioridade para a busca de artigos sobre o manequim térmico com ênfase nas fibras naturais.

## Conforto térmico

O conforto térmico para um indivíduo pode ser compreendido como condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico (ASHRAE, 1966; ISO 7730, 2005). Logo, não é possível agradar totalmente um grupo de pessoas em relação ao conforto térmico em um mesmo ambiente, devido às condições biológicas e culturais de cada um. Neutralidade térmica é um termo utilizado para definir um estado onde uma pessoa não escolheria que o clima estivesse mais quente, nem menos (FANGER, 1982).

A sua importância está diretamente ligada ao bem-estar e à saúde do ser humano. Más condições térmicas atrapalham o desempenho do trabalhador e, no extremo, prejudicam sua saúde (FANGER, 1982).

Dois parâmetros podem resumir o conforto térmico de um indivíduo: a diferença de umidade entre sua pele e o meio ambiente – em que há perda de calor pela evaporação do suor – e diferença de temperatura entre a pele e o meio ambiente – em que a perda ou ganho de calor dá-se por condução, convecção ou radiação. São nomeados fluxo de calor latente e fluxo de calor aparente, respectivamente (XAVIER, 2000), e devem ser mantidos, primeiro, dentro de faixas adequadas; segundo, proporcional e inversamente proporcional à taxa metabólica, respectivamente (FANGER, 1982).

Apesar de se tratar de um conceito fácil de ser explicado, é difícil de ser mensurado (BRAGA, 2008). Dada a variação em cada indivíduo, seu estudo requer abordagem estatística.

## Manequim térmico

De acordo com Holmér (2004), o manequim térmico é uma ferramenta precisa e confiável para medição da temperatura para avaliação do conforto térmico se comparada com experimentos feitos com seres humanos, porém é de alto custo e difícil acesso. De fato, o que o manequim térmico mede é a taxa de perda de calor pelo corpo humano de acordo com o traje, ele não está suscetível a variáveis como o metabolismo ou a ingestão de alimentos que alterem o desempenho, e é capaz simular de forma fiel e avaliar a transpiração, os movimentos e a variação do calor em diferentes partes do corpo.

O primeiro manequim térmico de que se tem registro é datado de 1941, desenvolvido para analisar o vestuário militar por Harwood Belding. Possuía

apenas um filamento de cobre para aquecê-lo e um ventilador interno que distribuía o calor (Endrusick, 2003). Desde então vários modelos foram desenvolvidos, chegando à tecnologia atual em que possuem controle digital, simulação de movimentos e transpiração (figura 01). Com esses modelos de última geração é possível simular a influência de determinada peça do vestuário sobre o conforto térmico levando em conta a transpiração e a perda de temperatura pelo contato com o ar ocasionadas pelo movimento dos membros em uma corrida, por exemplo.



Figura 01: Manequim térmico com simulação de movimentos. Fonte: TexControl, 2016.

## Fibras têxteis

As fibras têxteis possuem diversas origens e construções para formar o tecido, assim cada combinação de matéria prima e construção resulta em um determinado produto com determinada particularidade.

Uma característica fundamental é o teor de ar na composição dos tecidos, que constitui a maior influência na sua condutividade térmica. “A resistência térmica de um determinado sistema têxtil depende, antes de mais nada, da espessura e da porosidade das camadas têxteis individuais” (FANGER, 1982). Quando a transpiração obstrui as cavidades de ar da fibra, a condução térmica fica dificultada.

Outra característica relevante das fibras para o desempenho térmico é o *regain*, que é a capacidade que cada fibra contém de reter água (AGUIAR NETO, 1996). A capacidade de troca de umidade das fibras está diretamente ligada ao conforto térmico, pois se uma alguma condição não permite que a transpiração do corpo evapore para o ambiente, isso causa desconforto (FROTA; SCHIFFER, 2001).

De acordo com a tabela abaixo é possível identificar diferentes *regains* das fibras têxteis. Pode-se concluir que as fibras derivadas do petróleo (poliéster, poliamida) possuem *regain* menor, enquanto as fibras de origem natural (algodão, linho, seda) ou sintética (produzida em laboratório a partir de matéria prima natural, como a viscose) apresentam maior *regain*.

Fibra	Regain
Algodão	8,5%
Linho	12%
Seda	11%
Viscose	13%
Poliéster	Menos de 1%
Poliamida	4,6%

Tabela 01: Percentual de *Regain* de algumas fibras. Fonte: Adaptado de AGUIAR NETO, 1996.

A característica do *regain* aliada à construção têxtil em cada fibra pode resultar em uma configuração diferente de termorregulação, mostrando-se adequada para algum tipo específico de clima. Por exemplo, para o usuário de uma região de clima quente e úmido, ou praticante de atividade física intensa, o vestuário “deve permitir a respirabilidade da pele e manter em equilíbrio a temperatura do corpo” (FILGUEIRAS, 2016, p.203).

## Método

O método utilizado para a realização desse trabalho foi de revisão bibliográfica sistemática conforme Morandi e Camargo (2015). Para este estudo as bases buscadas foram o Portal de Periódicos da Capes, Scopus e Google Acadêmico. A inclusão do Google Acadêmico deu-se pelos resultados escassos nas duas primeiras bases. A pergunta de pesquisa estabelecida foi: **Quais são os**

## trabalhos acadêmicos que abordam o conforto térmico das fibras naturais e sintéticas por meio de análise com manequim térmico?

As *strings* utilizadas na busca foram: “manequim térmico”, “*thermal manikin*” + “*apparel*” e “*thermal manikin*” + “*natural fiber*”. Em português foi usada apenas a *string* “manequim térmico” pelo volume pequeno de publicações encontradas. Na língua inglesa viu-se necessário usar *strings* mais elaboradas devido ao fato de os resultados exibirem um número muito grande de pesquisas, que incluíam trabalhos em outras áreas, como arquitetura e engenharia de automóvel. A seguir será apresentado o resultado da revisão bibliográfica sistemática realizada.

### Resultados e análise

Para responder à pergunta proposta para a revisão sistemática, foram escolhidas três *strings* de busca. São elas: “manequim térmico”, “*thermal manikin*” + “*apparel*” e “*thermal manikin*” + “*natural fiber*”. Essas *strings* foram inseridas como mecanismos de busca em três bases de dados: Portal de Periódicos da Capes, Scopus e Google Acadêmico. Os resultados da busca estão representados na tabela 02:

String	Base de dados	Resultados	Primeiro filtro	Segundo filtro
“Manequim térmico”	Periódicos Capes	3	1	1
“Manequim térmico”	Google Acadêmico	60	4	3
“ <i>Thermal manikin</i> ” + “ <i>apparel</i> ”	Periódicos Capes	53	6	1
“ <i>Thermal manikin</i> ” + “ <i>apparel</i> ”	Scopus	4	1	1
“ <i>Thermal manikin</i> ” + “ <i>natural fiber</i> ”	Periódicos Capes	1	1	1
“ <i>Thermal manikin</i> ” + “ <i>natural fiber</i> ”	Scopus	0	-	-
“ <i>Thermal manikin</i> ” + “ <i>natural fiber</i> ”	Google Acadêmico	47	2	2

Tabela 02: Strings e resultados da pesquisa. Fonte: dos autores, 2017.

Dentre os 9 trabalhos selecionados para análise, 3 eram dissertações de mestrado, em língua portuguesa. Os outros trabalhos eram artigos científicos. Não houve uma homogeneidade no tema dos trabalhos encontrados, mas eles de alguma forma abordam o tema e a pergunta proposta. A tabela 03 ilustra a variedade dos segmentos estudados nos trabalhos selecionados:

Autores	Tema
Marinho, M.. A. R. S. R.	Vestuário de isolamento térmico para utilização por praticantes de montanhismo e esportes outdoor.
Cubric, I. S.; Skenderi, Z.; Havenith, G.	Estudo da influência da matéria prima, fio e construção do tecido na resistência a evaporação
Gericke, A.; Van der Pol, J.	Estudo comparativo de conforto térmico entre a fibra de bambu, viscose e algodão
Neves, S. F.; Campos, J.B.L.M.; Mayor, Tiago Sotto	Estudo do impacto do vestuário multicamada com as trocas de calor do corpo - ambiente
Celcar, D.; Meinander, H.; Geršak, J.	Avaliação do conforto térmico das roupas executivas masculinas (terno) em diferentes condições ambientais
Davis, J. K.; Bishop, P. A.	Impacto das roupas em exercícios no calor
Santos, C. A. C.	Avaliação do desempenho térmico de meias utilizando manequim térmico transpirável
Braga, I. M S.	Otimização do vestuário cirúrgico priorizando o conforto térmico
Filgueiras, A. P. A.	Otimização do design de malhas funcionais para vestuário esportivo

Tabela 03: Temas abordados nos trabalhos encontrados. Fonte: dos autores, 2017.

Com exceção do trabalho de Davis e Bishop (2013), que se trata de uma revisão de literatura de outros trabalhos experimentais a respeito do conforto do vestuário esportivo, todos os trabalhos lidos tratam de experimentos com manequim térmico a fim de comprovar hipóteses levantadas sobre tipos de matérias primas para o vestuário. Sejam elas para avaliar uma vestimenta melhor apropriada para o frio (MARINHO 2013, SANTOS 2009), laborais (BRAGA 2008, CELCAR et al. 2008), para o calor e evaporação (NEVES et al. 2017, CUBRIC et al. 2013, GERICKE 2010) ou esportivas (FILGUEIRAS 2016, DAVIS et al. 2013). Para avaliar as diferentes condições ambientais em cada estudo, foi necessário seguir uma medida pré-determinada de temperatura e umidade, em um laboratório com clima controlado. Na tabela 04 é possível visualizar os climas simulados em cada estudo:

Autores	Temperatura	Umidade
Marinho, M.. A. R. S. R.	-20° C	*
Cubric, I. S.; Skenderi, Z.; Havenith, G.	35° C	40%
Gericke, A.; Van der Pol, J.	25° C	35%
Neves, S. F.; Campos, J.B.L.M.; Mayor, Tiago Sotto	20° C	40%
Celcar, D.; Meinander, H.; Geršak, J.	25° / 10° / -5° C	50% / 50% / *
Santos, C. A. C.	20° C	50%
Braga, I. M S.	22° C	50%
Filgueiras, A. P. A.	20° / 35° C	*
<b>* = não especificado</b>		

Tabela 04: Temperatura e umidade do ambiente controlado de cada experimento. Fonte: dos autores, 2017.

Entre os trabalhos encontrados na revisão sistemática, os que abordam temas mais próximos à pergunta da pesquisa são o trabalho de Cubric et al. (2013) e Gericke et al. (2010). Ambos os trabalhos analisam características de fibras naturais em relação ao conforto térmico, porém ambos estudos apresentaram conclusões incompletas devido aos dados dos experimentos serem insuficientes para provar as hipóteses de cada um. Dos trabalhos citados apenas um é desenvolvido para o usuário brasileiro, mais especificamente médicos do Hospital Monte Klinikum, em Fortaleza – Ceará. O estudo analisou as batas utilizadas e desenvolveu um novo modelo visando reforçar a proteção contra infecções hospitalares sem prejudicar o desempenho térmico do vestuário (Braga, 2008).

No trabalho de Santos (2009) é possível encontrar experimentos realizados para comparar a resistência térmica de meias, sendo algodão, lã e mista. A meia mista apresentou maior resistência térmica, seguida da lã e a menor resistência térmica foi da meia de algodão. O artigo de Celar et al. (2008), estuda a resistência térmica de ternos de lã e de PCM (phase change materials), o estudo encontrou algumas limitações na mensuração devido ao experimento ter sido realizado com várias camadas de roupas e não apresentar diferença significativa.

Pode-se observar que os resultados encontrados não são homogêneos, cada trabalho apresenta um tema diferente e também abordagem. Era esperado que a revisão apresentasse pesquisas próximas em relação ao clima do

experimento e segmento do vestuário, tal resultado mostra que o campo é pouco explorado e mais estudos podem se direcionar a diferentes segmentos e abordagens.

## Conclusões

A revisão realizada apontou a ausência de um estudo que compare fibras sintéticas e fibras naturais quanto ao desempenho térmico no mercado de roupa *street wear*, bem como o comportamento dessas fibras em diferentes temperaturas e taxas de umidade relativa do ar. Também é importante observar a escassez de trabalhos desenvolvidos no Brasil que abordem o uso do manequim térmico para avaliação do conforto térmico do vestuário. Acredita-se que a quantidade menor de artigos em língua portuguesa se dá pelo alto custo da ferramenta, junto à dificuldade de aquisição por se tratar de um produto importado.

A amplitude da revisão bibliográfica também é muito importante para tornar o estudo mais completo e robusto. A partir dessa pesquisa inicial, é possível dar continuidade às buscas, ampliando as *strings* e bases de dados para complementar a pesquisa apresentada e agregar mais informações sobre os experimentos.

## Referências

AGUIAR NETO, Pedro Pita. **Fibras Têxteis**: Volume 1. - Rio de Janeiro: SENAI-DN: SENAI-CETIQT: CNPq: IBICT: PEDCT: TIB, 1996. 341p.

BRAGA, Iara Mesquita da Silva. **Optimização do design do vestuário cirúrgico através do estudo do conforto termofisiológico**. 2008. Tese de Doutorado.

CELCAR, Damjana; MEINANDER, Harriet; GERŠAK, Jelka. Heat and moisture transmission properties of clothing systems evaluated by using a sweating thermal manikin under different environmental conditions. **International Journal of Clothing Science and Technology**, v. 20, n. 4, p. 240-252, 2008.

CUBRIC, Ivana Salopek; SKENDERI, Zenun; HAVENITH, George. Impact of raw material, yarn and fabric parameters, and finishing on water vapor resistance. **Textile research journal**, v. 83, n. 12, p. 1215-1228, 2013.

DAVIS, Jon-Kyle; BISHOP, Phillip A. Impact of clothing on exercise in the heat. **Sports medicine**, v. 43, n. 8, p. 695-706, 2013.

Endrusick, T. L. Stroschein, L. A., Gonzalez, Richard R. – Thermal manikin history: United States military use of thermal manikins in protective clothing research – **U.S. Army research institute of environmental medicine**, Biophysics and biomedical modeling division, 2003.

FAN, J., CHEN, Y.S., Measurement of clothing thermal insulation and moisture vapour resistance using a novel perspiring fabric thermal manikin. **Institute of Physics Publishing**,13,1115-1123, 2002.

FANGER, P.O. **Thermal Comfort** – Analysis na Applications in Evironmental Engineering. Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida. 1982.

FILGUEIRAS, Araguacy Paixão Almeida. **Optimização do design total de malhas multifuncionais para utilização em vestuário desportivo**. 2008.

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

GERICKE, Adine; VAN DER POL, Jani. A comparative study of regenerated bamboo, cotton and viscose rayon fabrics. Part 1: Selected comfort properties. **Journal of Family Ecology and Consumer Sciences/Tydskrif vir Gesinsekologie en Verbruikerswetenskappe**, v. 38, n. 1, 2010.

HOLMÉR, I., Thermal manikin history and applications. **European Journal Applied Physiology**, 92, 614-618 (2004).

MARINHO, Maria Augusta do Rosário da; ROLEIRA, Silva. **Estruturas têxteis de elevado isolamento térmico para condições extremas de frio**. 2013. Tese de Doutorado.

MORANDI, Maria Isabel Wolf Motta; CAMARGO, Luis Felipe Riehs. Revisão Sistemática da Literatura. In: DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015. Cap. 6. p. 141-172

NEVES, S. F.; CAMPOS, J. B. L. M.; MAYOR, T. S. Effects of clothing and fibres properties on the heat and mass transport, for different body heat/sweat releases. **Applied Thermal Engineering**, v. 117, p. 109-121, 2017.

SANTOS, Carla Alexandra Correia et al. **Desenvolvimento de metodologias para a avaliação do desempenho térmico de meias através da utilização de um manequim térmico transpirável**. 2013.