



INOVACÃO
TECNOLÓGICA
▲▼▲ NOS ▼▲▼
ESPORTES

LIVRO DE PESQUISAS AGRACIADAS

PRÊMIO
JOVEM
CIENTISTA

PRÊMIO
JOVEM
CIENTISTA

INOVACÃO
.....
TECNOLOGICA
▲ ▼ ▲ NOS ▼ ▲
ESPORTES
.....



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação



R344

Resultados do XXVII Prêmio Jovem Cientista. – Rio de Janeiro : Fundação Roberto Marinho, 2013.
314p. ; 23X28cm.

ISBN 978-85-7484-592-0

1. Prêmio Jovem Cientista (27 : Brasília : 2013).

1. Esportes – Brasil -Prêmios. 2. Pesquisa - Brasil –
Prêmios. 3. Inovações tecnológicas - Brasil - Prêmios.
CDD- 796.0981

JOSÉ CARLOS DOS SANTOS MACEDO

BIBLIOTECÁRIO

CRB7 N. 3575

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Presidente

Glaucius Oliva

Diretores

Liane Hentschke

Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo

Ernesto Costa de Paula

Serviço de Prêmios

Rita de Cássia da Silva

Gerdau

Diretor-Presidente (CEO)

André B. Gerdau Johannpeter

Presidente do Instituto Gerdau

Klaus Gerdau Johannpeter

Vice-Presidente do Instituto Gerdau

Beatriz Gerdau Johannpeter

Diretor do Instituto Gerdau

José Paulo Soares Martins

GE

Presidente e CEO GE América Latina

Reinaldo Garcia

Presidente e CEO da GE Brasil

Gilberto Peralta

Líder do Centro de Pesquisas da GE Brasil

Kenneth Herd

Diretor de Relações Institucionais GE América Latina

Alexandre Alfredo

Líder de Marca e Publicidade da GE América Latina

Graziella Ferrari

Fundação Roberto Marinho

Presidente

José Roberto Marinho

Secretário-Geral

Hugo Barreto

Superintendente Executivo

Nelson Savioli

Gerente de Desenvolvimento Institucional

Flávia Constant

Gerente de Meio Ambiente

Andrea Margit

Coordenador de Projetos

Felipe Fernandes

SUMÁRIO



LIVRO DE PESQUISAS

Apresentação	5
Comissões Julgadoras	7
Resultado da categoria Graduado	9
Resultado da categoria Estudante do Ensino Superior	166
Resultado da categoria Estudante do Ensino Médio	264
Resultado da categoria Mérito Institucional	300
Resultado da categoria Menção Honrosa	306
Parceiros	310

APRESENTAÇÃO



Copa 2014 e Jogos Olímpicos 2016: enquanto as notícias e as conversas de rua concentram-se na infraestrutura e nos prazos de entrega, a equipe do Prêmio Jovem Cientista foi aos centros de pesquisa e às escolas de ensino médio para estimular a discussão da Inovação Tecnológica nos Esportes.

Professores, estudantes e pesquisadores trabalharam as muitas facetas deste grande tema durante 2012, ampliando a pauta atual com ciência, conhecimento, ideias e soluções. Atingiram, com seu empenho, o principal propósito da parceria entre o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação Roberto Marinho, a Gerdau e a GE: despertar e reconhecer o interesse de jovens cientistas em enfrentar velhos desafios com novas respostas, sem deixar de lado a resolução de questões inéditas com critério, método e pesquisa.

Dentre as questões que funcionaram como base para o XXVI Prêmio Jovem Cientista estão, como esses grandes eventos ajudarão o País a desenvolver novas metodologias, tecnologias e produtos capazes de formar melhor, treinar melhor ou cuidar melhor dos atletas olímpicos ou paralímpicos? O cidadão, a pessoa com deficiência, as crianças, os sedentários e os idosos estarão mais motivados a praticar atividades físicas? E saberão como fazê-lo de maneira saudável, segura e criativa? Entenderemos com mais profundidade o impacto dos grandes eventos esportivos sobre as cidades, a economia ou o meio ambiente? O esporte pode ajudar a imprimir um espírito mais colaborativo e tolerante em nossa sociedade? Essas indagações mobilizaram pesquisadores e estudantes de todo o País, resultando em 2.070 projetos inscritos, dos quais 197 são de pesquisadores graduados; 105 de estudantes do ensino superior e 1.768 de estudantes do ensino médio.

As comissões julgadoras, formadas por profissionais reconhecidos por sua produção científica no tema desta edição, selecionaram os três melhores trabalhos nas categorias jovem pesquisador Graduado, Estudante do Ensino Superior e Estudante do Ensino Médio. Os prêmios contemplam tanto os orientandos como seus orientadores e ainda incluem bolsas de estudos do CNPq como incentivo aos jovens que desejam prosseguir na carreira de pesquisa.

Três outras premiações celebram o caráter colaborativo da aprendizagem: duas por Mérito Institucional – Ensino Superior e Ensino Médio –, que são atribuídas às instituições com maior número de trabalhos com mérito científico inscritos nesta edição, e uma Menção Honrosa, homenagem à obra de um doutor, cuja trajetória profissional tenha se destacado na formação de novos pesquisadores.

Os prêmios são entregues pela Presidente da República. A cerimônia, em Brasília, reúne autoridades e grandes nomes da ciência e da tecnologia do Brasil. É uma oportunidade ímpar para se refletir sobre o impacto do esporte na promoção do bem-estar, tanto dos esportistas de alto desempenho quanto dos amadores, e como instrumento social, para se criar cultura e fortalecer a cidadania.

COMISSÕES JULGADORAS



Comissão Julgadora das Categorias Graduação, Ensino Superior, do Mérito Institucional Ensino Superior e Menção Honrosa

Marcos Silva Palacios

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Presidente da Comissão

Leila Ribeiro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Sergio Teixeira da Fonseca

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Francisco de Assis Mendonça

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Roberto Carlos Burini

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp)

Vanessa Gomes da Silva

Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

Comissão Julgadora das Categorias Ensino Médio e do Mérito Institucional Ensino Médio

Khosrow Ghavami

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)
Presidente da Comissão

Alexandre Amorim dos Reis

Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc)

Jeferson Fagundes Loss

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Elizabeth Regina Loiola da Cruz

Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Linda Maria de Pontes Gondim

Universidade Federal do Ceará (UFC)



**CATEGORIA
ENSINO SUPERIOR**

RESULTADO DA CATEGORIA ENSINO SUPERIOR

1º LUGAR

PRISCILA ARIANE LOSCHI

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Materiais de mudança de fase aplicados ao design de tecidos inteligentes

2º LUGAR

HENRIQUE DOS SANTOS FELIPETTO

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Sistema de auxílio à navegação adaptado para o treinamento de atletas cegos em pista de atletismo

3º LUGAR

THIAGO TAVARES MAGALHÃES

Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro (Faeterj) / Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC-MCTI)

Predição da gravidade de lesões em atletas via programação genética



CATEGORIA ENSINO SUPERIOR

Materiais de mudança de fases aplicados no design de tecidos inteligentes

Autor

Priscila Ariane Loschi

Orientadora

Eliane Ayres

Instituição de Vínculo

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Instituição de Desenvolvimento da Pesquisa

Escola de Design





1. INTRODUÇÃO

Quando a temperatura do corpo se afasta mais de 3°C da sua temperatura ideal, o corpo humano não se sente confortável. A principal finalidade do design de vestuário é proteger a pele do usuário de aumentos ou quedas excessivas da temperatura. O ideal seria se, em alta temperatura, o excesso de calor produzido pela pessoa pudesse ser estocado no vestuário e, quando a temperatura começasse a cair, esse mesmo calor pudesse ser liberado. Materiais de mudança de fases (PCM) têm a função de regular as flutuações de temperatura. Eles absorvem ou liberam calor sem que sua temperatura sofra qualquer variação.

O PCM é uma substância com alto calor de fusão que, quando muda de fase em determinada temperatura, é capaz de armazenar ou liberar grande quantidade de energia [1]. Inicialmente, materiais desse tipo comportam-se como materiais de armazenagem convencionais sensíveis ao calor (SHS), isto é, à medida que há absorção de calor, a temperatura do material se eleva. Ao contrário do SHS, entretanto, quando PCMs alcançam a temperatura na qual ocorre a mudança de fases, absorvem grandes quantidades de calor à temperatura praticamente constante. O PCM continua a absorver calor sem variar a temperatura até que a mudança de fases tenha ocorrido completamente. Quando a temperatura ambiente nas vizinhanças do material cai, o PCM retorna ao estado inicial, liberando o calor latente armazenado.

A mudança de fases pode ocorrer nas seguintes formas: sólido-sólido, sólido-líquido, sólido-gás, líquido-gás e vice versa, sendo sólido-líquido a mais utilizada [1]. Para que um material possa ser empregado para armazenagem de calor latente (PCM) é preciso que possua propriedades: termodinâmicas, cinéticas e químicas bem específicas [1]. A Figura 1 representa os diferentes tipos de materiais que podem ser utilizados como PCMs.

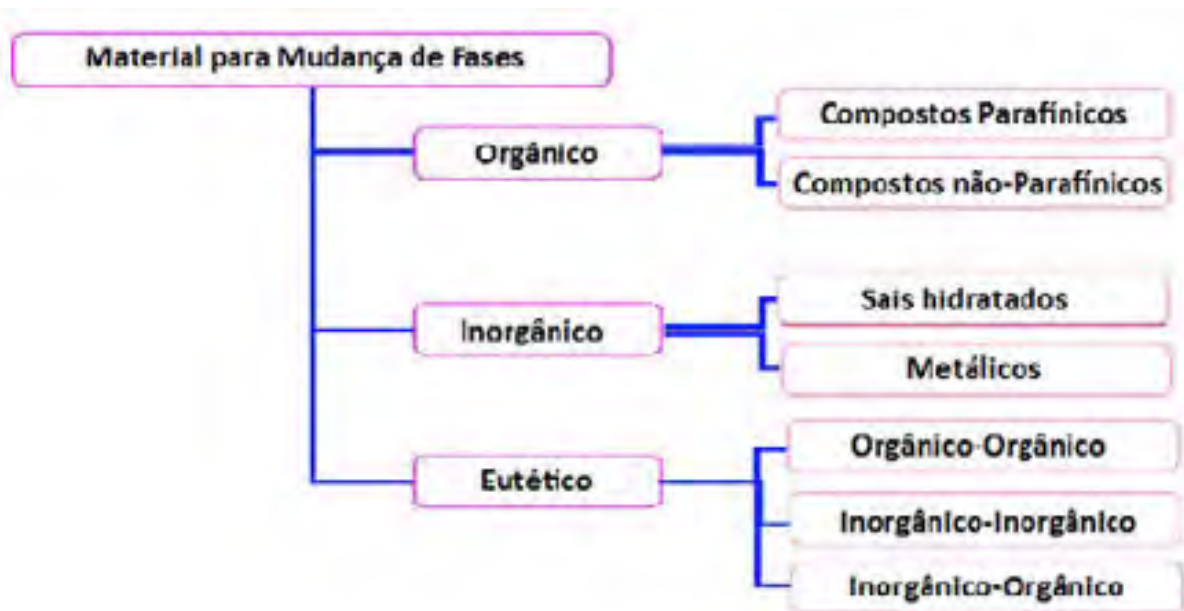


Figura 1. Classificação de PCMs Fonte: A. Sharma et al. (2009).

O termograma de aquecimento, obtido por meio de calorimetria exploratória diferencial para a fusão de um PCM, está ilustrado no esquema da Figura 2.

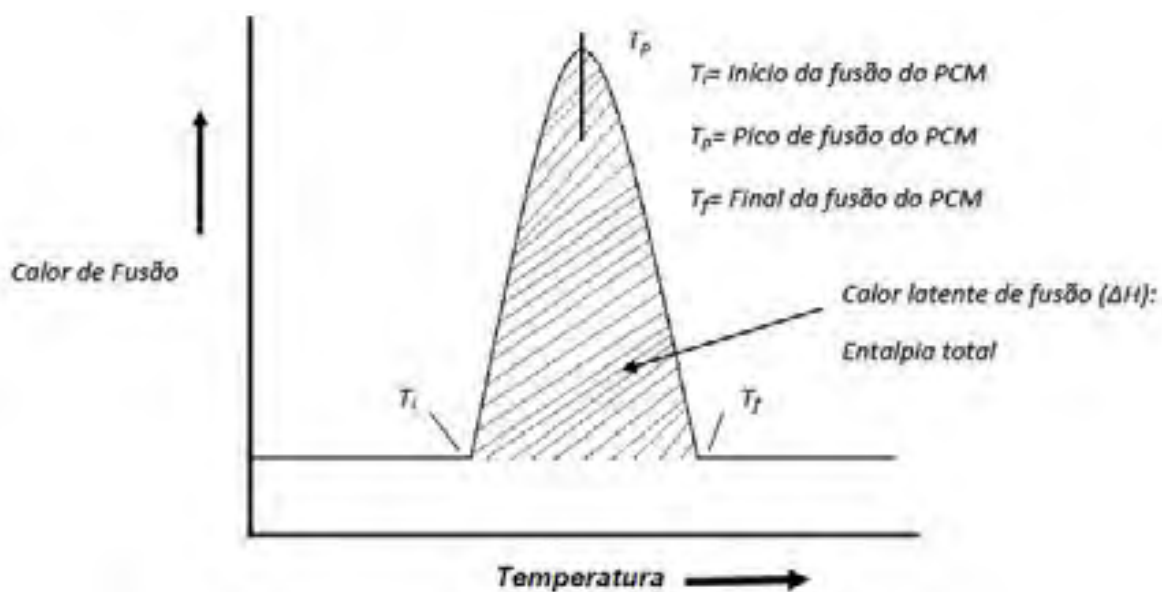


Figura 2. Esquema de termograma de DSC para aquecimento de PCM. Fonte: Mondal et al. (2008).

Os PCMs que mudam de fase em uma faixa de temperatura ligeiramente acima e abaixo da temperatura da pele humana são adequados para aplicação em têxteis. Essa propriedade é interessante para aplicação em tecidos termorreguláveis que podem ser utilizados em roupas apropriadas para diversas atividades esportivas. Neste caso, o tecido deve proporcionar o equilíbrio entre o calor gerado pelo corpo e o calor liberado para o ambiente enquanto se pratica a atividade física (Figura 3). Roupas para escalada, ciclismo e corrida são alguns exemplos dessa utilização.



Figura 3. Esquema ilustrativo da atuação de PCMs.

A incorporação de PCMs na matriz têxtil pode ser feita por meio da incorporação do PCM nas fibras têxteis, aplicação de um revestimento polimérico contendo o PCM no substrato têxtil ou recobrimento do substrato têxtil com um filme polimérico fino por meio de laminação [2].

Uma vez que o processo de mudança de fases é dinâmico, os materiais mudam constantemente de um estado para outro, dependendo do nível de atividade do corpo e da temperatura exterior. Portanto, qualquer que seja a técnica de incorporação na matriz têxtil, o PCM de transição de fases sólido líquido precisa, de alguma forma, de encapsulamento, para evitar o vazamento da forma líquida.

PCMs podem ser protegidos quando encapsulados em microcápsulas poliméricas com morfologia do tipo núcleo-casca (Figura 4).



Figura 4. Microcápsulas com morfologia tipo núcleo-casca. Material térmico dissolvido no núcleo.

Segundo Mondal (2008), os custos para o encapsulamento, a falta de estabilidade durante o uso e a dificuldade de incorporação das cápsulas na estrutura têxtil, além da redução do calor de fusão e condutividade térmica do PCM, foram citados como limitações. Além disso, tais cápsulas adicionam “peso morto” ao material ativo.

O polietileno glicol (PEG) é um dos materiais de mudança de fases (PCM) mais estudados. Ele possui temperatura de fusão que abrange uma faixa entre 3,20°C e 68,70°C, dependendo de sua massa molar, além de um valor alto de entalpia de mudança de fases [3]. Utilizando-se o PEG, pode-se preparar um PCM com transição de fases do tipo sólido-sólido. Quando comparados com PCMs sólido-líquido, PCMs sólido-sólido sofrem pequena variação de volume, não necessitam de selagem e não geram líquido ou gás.

Q. Cao et al. (2006) propuseram como alternativa ao encapsulamento do polietileno glicol (PEG) a utilização de um poliuretano hiper-ramificado, obtido com PEG, cuja transição de fases é do tipo sólido-sólido. Basicamente, os autores usaram como estratégia de síntese um pré-polímero à base de PEG e MDI, no qual fizeram a reação de extensão de cadeia com um poliéster hiper-ramificado. O bom resultado para o comportamento de armazenagem de energia do material obtido foi creditado à transição de fases reversível entre a fase amorfa e a fase cristalina dos segmentos macios de PEG. O segmento rígido do material, que serve de esqueleto, restringiu o movimento livre dos segmentos de PEG à temperatura mais alta. Portanto, o material conservou-se sólido durante a transição.

Em outro estudo, PEGs de diferentes massas molares foram impregnados em espuma comercial de poliuretano [5]. Neste processo, uma solução aquosa de PEG (30% em massa) foi misturada com solução aquosa de gliceraldeído (GA) (0,1 M), usado como ligante. A solução foi então gotejada sobre a amostra de espuma.

A análise de DSC dos compósitos PU-PEG revelou valores altos de entalpia em certos intervalos de temperatura, indicando que a capacidade de absorção/liberação de calor das espumas de poliuretano foi aumentada com a incorporação de PEG. A análise térmica também comprovou que os materiais desenvolvidos continham PCMs ativos. A imobilização do PEG no interior da espuma evitou vazamento da fase líquida e, por isso, os autores propõem o método como uma alternativa promissora para aplicações industriais.

A pesquisa de W. Wang et al. (2009) envolveu a preparação de um compósito PEG (10.000) / sílica.

As micrografias de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e de transmissão (MET) mostraram o PEG disperso na rede de dióxido de silício sólido. Os resultados indicaram que o compósito permanecia sólido para teor de dióxido de silício maior que 15%. Nesse caso, a sílica serviu de material de suporte para o PEG e proporcionou resistência estrutural suficiente para evitar que houvesse vazamento do PEG fundido.

Seguindo o mesmo princípio, J. Waschull e T. Gulemann (2007) também desenvolveram um compósito com PEG (3.400) e grãos de cerâmica porosa. A técnica consistiu em impregnar a cerâmica porosa com PEG e uma posterior selagem do grão. Os melhores resultados foram para o revestimento do grão com poliuretano obtido *in situ*, isto é, selagem do grão com poliisocianato que, ao reagir com o PEG, produz a selagem de poliuretano. A Figura 5 mostra o resultado obtido pelos autores com grão de corderita impregnado com PEG e selado com poliuretano.



Figura 5. Grãos de corderita: à esquerda, puro; no meio, impregnado com PEG; à direita, impregnado com PEG e revestido com poliuretano.

Fonte: J. Waschull e T. Gulemann (2007) e Q. Meng e J. Hu (2008) utilizaram a própria definição de elastômero de poliuretano (TPU) para produzir o dispositivo de armazenagem de calor à base de PEG.

O PEG 3400 foi usado para construir os segmentos macios de um poliuretano (PU). A transição de fases de tais segmentos, entre a fase amorfa e a fase cristalina, foi responsável pela armazenagem e liberação de calor do PEG-PU. Os segmentos rígidos do PU serviram de ligações cruzadas físicas que restringiram o movimento dos segmentos macios de PEG. Como resultado, mesmo a uma temperatura acima do ponto de fusão de PEG, o PEG-PU ainda se manteve sólido.

Chen et al. (2011) prepararam fibras ultrafinas de acetato de celulose (AC) e teores variados de PEG via eletrospinning. Neste caso, o AC atuou como material de suporte e matriz para a formação das fibras tendo o PEG como PCM. As imagens das fibras de CA/PEG eletrofiadas foram apresentadas pelos autores conforme a ilustração da Figura 6.

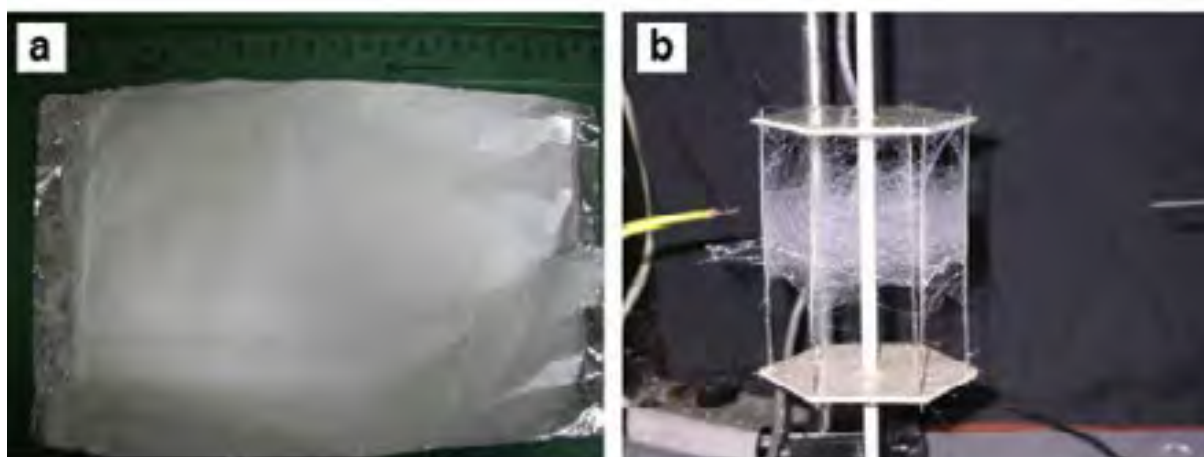


Figura 6. Imagem das fibras CA/PEG obtidas por eletrospinning coletadas por: (a) folha de alumínio e (b) tambor rotatório.

Sentürk et al. (2011) prepararam PCMs com a forma estabilizada, por meio do encapsulamento de PEG em matriz de celulose, agarose e quitosana, isto é, preparando blends de PEG com tais polímeros. De acordo com os autores, as blends conservaram suas formas quando o PCM sofreu a mudança de fase de sólido para líquido. Isto foi atribuído ao fato de o PEG estar ligado a cada um dos polímeros naturais usados por meio de ligações de hidrogênio.



O objetivo desta pesquisa é a produção de revestimento polimérico, com a utilização do PEG como material de mudança de fases (PCM) para aplicação em tecidos termorreguláveis que podem ser utilizados em roupas apropriadas para diversas atividades esportivas.

O revestimento polimérico desenvolvido foi baseado na formação de complexos entre PEG (600, 1000 e 1450) e o poli (ácido itacônico) (PIA). A associação entre ácidos policarboxílicos e polímeros não iônicos via ligações de hidrogênio resulta na formação de complexos poliméricos [11]. Os ácidos mais comuns para preparar tais complexos são o ácido acrílico e o ácido metacrílico [11].

A principal vantagem do uso do ácido itacônico (IA) para substituir os ácidos mencionados é o fato de que ele pode ser obtido a partir de fontes renováveis, isto é, a partir da fermentação de carboidratos, tais como melaço de cana e amido hidrolisado [12]. Além disso, o IA é conhecido por sua propriedade de melhorar a fixação de cores nas fibras têxteis.

Até onde sabemos, esta pesquisa é o primeiro exemplo de utilização destes complexos poliméricos para essa aplicação. Tais complexos são amplamente usados para aplicações farmacêuticas [11].



2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Polietileno glicol (Mn 600, 1000 e 1450) (PEG), ácido itacônico (IA), tetra etileno glicol dimetacrilato (TEGDMA) e persulfato de amônio (APS) foram adquiridos na Aldrich (Sigma-Aldrich, MO, USA). Os reagentes foram utilizados conforme recebidos, isto é, sem qualquer tratamento prévio de purificação.

2.2. Síntese do complexo

A síntese do complexo foi realizada pelo método “template”, no qual a polimerização do segundo monômero (PIA) ocorre na presença de um polímero pré-formado, que serve de matriz (PEG).

Os experimentos de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier foram realizados em um espectrofotômetro Nicolet modelo 6700. Os espectros foram obtidos com filmes secos, utilizando-se a técnica de ATR (reflexão total atenuada), em que as amostras foram pressionadas contra um cristal de ZnSe. Os espectros foram obtidos a partir de 32 varreduras com uma resolução de 4 cm⁻¹.

2.4. Termogravimetria (TG)

A termogravimetria (TG) foi realizada em uma termobalança Seiko-SII Nanotechnology Inc. modelo Exstar 7200, em atmosfera de nitrogênio com vazão de 20 ml min⁻¹. Foram utilizados pequenos pedaços dos filmes com cerca de 10 mg. O aquecimento foi efetuado a uma razão de 20°C min⁻¹ a partir da temperatura ambiente até 900°C.

2.5. Calorimetria exploratória diferencial (DSC)

Os ensaios de calorimetria exploratória diferencial foram realizados utilizando-se um equipamento Seiko-SII Nanotechnology Inc. modelo Exstar 7200, sob atmosfera de nitrogênio com vazão de 50 ml min⁻¹. Pequenas amostras, com as mesmas características daquelas usadas para os ensaios de TG, foram pesadas em um cadinho de alumínio, o qual foi tampado. As amostras foram submetidas a um primeiro aquecimento até 100°C

(razão de aquecimento = $20^{\circ}\text{C min}^{-1}$) para eliminação de eventuais voláteis residuais. Em seguida, as amostras foram resfriadas até uma temperatura de aproximadamente -100°C . A partir desta temperatura, as amostras foram aquecidas até 200°C usando-se a mesma razão de aquecimento.

2.6. Termografia de infravermelho (IRT)

Foi usada uma câmera de visão térmica Thermocam Flir modelo P 640 High. Esse dispositivo permite obter imagens térmicas e visuais na faixa entre -20 e 250°C . As imagens foram interpretadas por meio do software CAMTM Quick Report 1.2 SP1 Flir Systems, 2009.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Complexos poliméricos formados por meio de ligações de hidrogênio podem ser obtidos misturando-se os dois polímeros em um solvente comum a ambos ou por um processo chamado reação de polimerização na matriz. Neste último, a polimerização de um polímero ocorre na presença de outro polímero pré-formado (matriz), adicionado ao sistema de reação. Esse foi o processo usado para obtenção dos complexos desta pesquisa, que visaram dar ao PEG, o material de mudança de fases escolhido para este estudo, uma forma estabilizada, para sua utilização na elaboração de tecidos termorreguláveis.

De acordo com Tomic et al. (2004), a formação do complexo entre PEG e PIA é atribuída às ligações de hidrogênio entre os grupos carboxila do PIA (doador de prótons) e os grupos éter do PEG (aceptor de prótons). O FTIR foi usado para identificar as ligações de hidrogênio presentes e caracterizar a formação dos complexos.

Os espectros de FTIR dos complexos PCM 600, PCM 1000 e PCM 1450 são apresentados na Figura 7. A primeira observação é que eles se mostraram idênticos, independente da massa molar do PEG usado. Desse resultado, pode-se inferir que a massa molar do PEG não tem influência na formação do complexo.

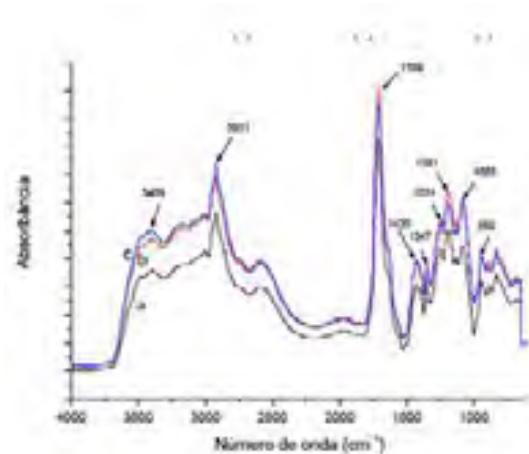


Figura 7. Espectros FTIR dos complexos obtidos: (a) PCM 600; (b) PCM 1000; (c) PCM 1450.

Segundo Krušić et al. (2004), os espectros de complexos interpolímeros apresentam deslocamentos nas posições das bandas em relação aos espectros dos homopolímeros. De acordo com eles, em decorrência das ligações de hidrogênio, as ligações covalentes,



tanto do doador como do aceptor de prótons, ficam mais fracas, ao passo que a barreira de energia para deformação angular aumenta.

Portanto, nos grupos envolvidos na formação de ligações de hidrogênio a frequência das vibrações de valência diminui com o aumento simultâneo na frequência das vibrações de deformação.

Devido à formação de ligações de hidrogênio fortes, os ácidos carboxílicos existem como dímeros. A grande contribuição da estrutura de ressonância iônica explica a força da ligação de hidrogênio, anormalmente alta. Isso faz com que a vibração de deformação axial da hidroxila livre (que ocorre mais ou menos em 3520 cm^{-1}) só seja observada em solução muito diluída em solventes apolares ou em fase vapor [14]. Devido a este fato, mesmo para o PIA puro, esta banda aparece deslocada para número de onda mais baixo e não se pode inferir a formação do complexo baseando-se apenas no deslocamento desta banda. Krušić et al. (2004) reportaram o valor de 3430 cm^{-1} para a absorção do grupo OH do PIA puro.

Na formação do complexo, a ligação de hidrogênio tem uma influência mais forte sobre o doador (neste caso, o O-H do políácido), e a absorção máxima da vibração de estiramento se desloca para número de onda mais baixo quando comparado com aquele relativo ao políácido puro [12].

Tomic et al. (2004) reportaram o valor de 3424 cm^{-1} para a absorção do grupo OH do complexo PEG/PIA. El-Hamshary (2007) reportou o valor de 3200 cm^{-1} para a mesma absorção no copolímero poli (acrilamida-co-ácido itacônico). Em vista disso, é razoável pensar que o valor encontrado no espectro da Figura 6 (3409 cm^{-1}) é indicativo da formação do complexo. A banda em 2921 cm^{-1} foi atribuída à deformação axial do grupo C-H [14].

A banda correspondente à absorção em 1709 cm^{-1} foi atribuída ao estiramento da carbonila dos grupos COOH [14]. O estiramento C-O se acopla com o dobramento do O-H resultando em duas bandas, uma em 1420 cm^{-1} e a segunda na faixa de $1300\text{--}1200\text{ cm}^{-1}$ [12]. A banda em 1420 cm^{-1} aparece bem acentuada nos espectros da Figura 6, além de absorções em 1251 e 1191 cm^{-1} .



A banda em 1347 cm^{-1} foi atribuída à deformação angular no plano do grupo C-O-H e ocorre na mesma região em que se observa a vibração de deformação angular simétrica no plano de CH₂, adjacente à carbonila [14].

Uma das bandas características do espectro dos dímeros dos ácidos carboxílicos provém da deformação angular fora do plano do grupo O-H em ligação de hidrogênio e aparece próxima a 920 cm^{-1} [14].

Na Figura 7, pode-se observar uma banda nessa região em 950 cm^{-1} .

A vibração mais característica do espectro dos éteres alifáticos é uma banda intensa, que ocorre entre 1150 e 1085 cm^{-1} , e acontece por causa da deformação axial assimétrica do grupo C-O-C [14]. Tal banda caracteriza a presença do PEG e aparece nos espectros da Figura 7 em 1082 cm^{-1} .

Os alquenos monosubstituídos, isto é, que contém grupos vinila, absorvem próximo a 1640 cm^{-1} [14]. A ausência de bandas nessa região indica o sucesso da reação de polimerização do ácido itacônico.

O estudo da estabilidade térmica é um fator importante para aplicação de PCMs. A termogravimetria (TG) foi utilizada para medir a estabilidade térmica dos complexos de PEG produzidos (forma estabilizada). As Figuras 8, 9 e 10 mostram as curvas termogravimétricas e suas derivadas para PCM 600, 1000 e 1450, respectivamente.

Conforme pode ser observado nas Figuras 8, 9 e 10, a degradação térmica dos complexos poliméricos ocorre em três estágios, apresenta uma massa residual em torno de 17% e está de acordo com a caracterização de formação de complexos de PEG com poliácidos, conforme relatado na literatura.

Tomic et al. (2004), por exemplo, relataram curvas de degradação térmica para complexos PEG/PIA em três estágios, com massa residual de 17% após $650\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Segundo esses autores, o PEG puro apresenta somente um estágio de degradação térmica, na faixa de temperatura entre 250°C e 450°C , com perda final de massa quase total. O PIA puro mostra quatro estágios de degradação na faixa de temperatura entre 50°C e 650°C , com massa residual de 24%. De acordo com eles, na região de temperatura entre 120°C e 270°C , foram detectados dois processos: o primeiro é atribuído à eliminação de água adsorvida ao polímero hidrofílico, e o segundo à formação do anel anidrido na cadeia de PIA.

Na região de temperatura entre 270°C e 450°C, foram percebidos dois estágios de degradação, provavelmente relacionados com processos de descarboxilação e carbonização.

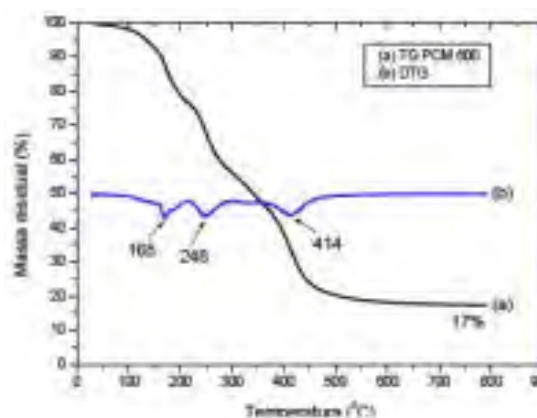


Figura 8. Curvas TG e DTG para PCM 600.

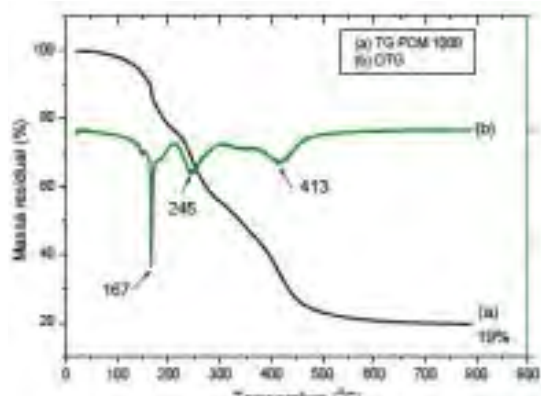


Figura 9. Curvas TG e DTG para PCM 1000.

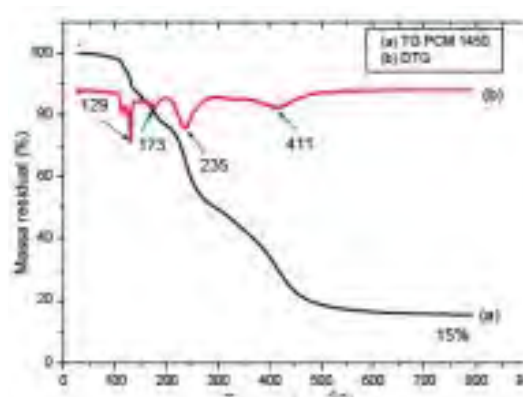


Figura 10. Curvas TG e DTG para PCM 1450.

A Figura 11 mostra as curvas de DSC dos três complexos obtidos e a Figura 12 apresenta a curva de DSC relativa ao aquecimento e ao resfriamento do PEG 1000.

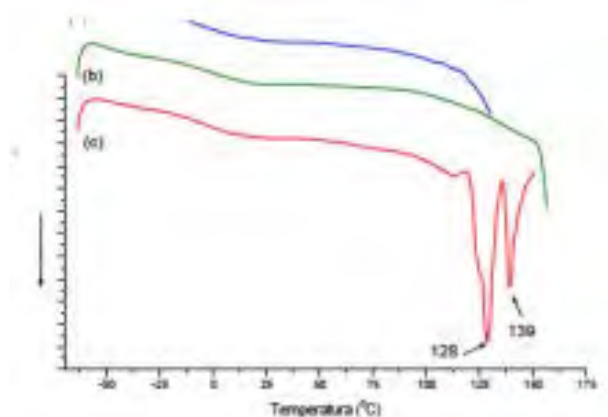


Figura 11. Curvas DSC para: (a) PCM 600; (b) PCM 1000 e (c) PCM 1450.

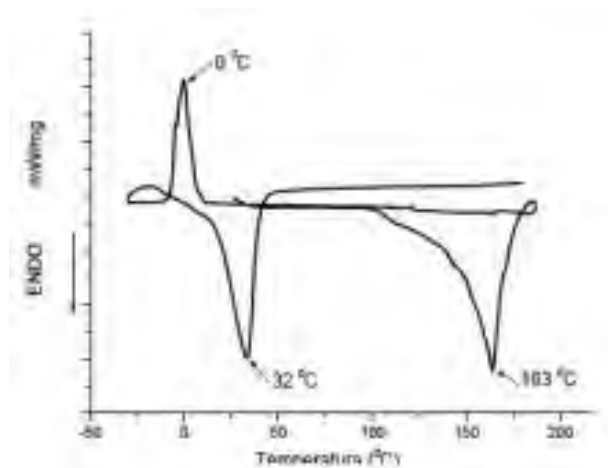


Figura 12. Curva DSC de aquecimento e resfriamento para PEG 1000 puro.

De acordo com a Figura 11, não foi possível detectar nenhuma transição térmica do PEG. Tal resultado pode ser indicativo da formação do complexo entre o PEG e o PIA. Os picos endotérmicos da Figura 11 sugerem picos de degradação do PIA.

De acordo com a literatura, a temperatura de fusão do PEG aumenta com o aumento da massa molar do PEG. Também o calor de fusão cresce com o aumento da massa molar do PEG (exceto para o PEG 20.000) [16]. A Tabela 2 ilustra esta tendência. Pode-se observar que o PEG 1000 exibe o ponto de fusão adequado para a aplicação em tecidos inteligentes.

PEG (massa molar)	Ponto de Fusão ($^{\circ}\text{C}$)	Calor de fusão (KJ/Kg)
400	3,20	91,40
600	22,20	108,40
1000	35,10	149,50
1500	46,50	176,30
2000	51,00	181,40
4000	59,70	189,70
6000	64,80	189,00
10000	66,00	189,60
20000	68,70	187,80

Fonte: Adaptado de Sarier e colaborador [17].

Tabela 2. Comportamento de mudança de fases do PEG, de acordo com sua massa molar Fonte: Adaptado de Sarier et al. (2012).

Alkan et al. (2012) utilizaram PEGs com diferentes massas molares para produzir formas estabilizadas de PCMs. Para isso, acoplaram o PEG com diferentes diisocianatos para obter poliuretanos.

Segundo os autores, as temperaturas de mudança de fases dos poliuretanos costumam ser mais baixas do que do PEG puro. Os segmentos próximos aos segmentos rígidos ficam confinados após a reação dos grupos hidroxila terminais do PEG com o diisocianato.

Consequentemente, o arranjo e a orientação das moléculas de PEG ficam parcialmente prejudicados e as regiões cristalinas se tornam menores. Esse fato faz com que o ponto de transição e a entalpia apresentem valores mais baixos [18].

Feng et al. (2012) produziram a forma estabilizada de PCMs de PEG usando carbono ativo mesoporoso (AC) como suporte. De acordo com eles, os poros muito pequenos



impedem a mobilidade das cadeias de PEG e a capacidade de armazenagem de calor latente fica menor. Nos poros muito grandes a força capilar não é suficiente para reter a forma líquida.

Segundo esses autores, geralmente, à medida que a massa molar do PEG aumenta, as cadeias de PEG encontram mais facilidade para se empacotar, formando cristais. Entretanto, quando a massa molar é muito alta ($M_w > 6000$), as cadeias de PEG tendem a se emaranhar, levando a um declínio na cristalinidade.

Em relação às curvas de DSC apresentadas pelos autores para as formas estabilizadas, cujo teor de PEG variava entre 30% e 70%, não foram observados picos endotérmicos ou exotérmicos para 30% de PEG. Conforme ressaltado pelos autores, tal resultado sugere que, quando o teor de PEG fica abaixo de 30% na forma estabilizada, ele não consegue se cristalizar.

Nesta pesquisa, o teor de PEG sobre o total PEG + PIA é de 36%, sugerindo que talvez esse teor de PEG esteja abaixo do requerido para que seja observada a cristalização. Também as ligações de hidrogênio decorrentes da formação do complexo podem estar limitando o movimento das cadeias e impedindo o empacotamento necessário para que ocorra a cristalização.

Por outro lado, é sabido que o PIA possui estabilidade térmica muito baixa. A temperatura de transição vítrea do PIA não pode ser medida porque sua degradação se inicia primeiro com amplos picos endotérmicos no termograma de DSC [12]. De acordo com estudos prévios [12], o primeiro processo de degradação do poli (ácido itacônico) é a formação de anidrido, com a eliminação de água a partir dos dois grupos carboxílicos.

Quando há a formação de complexos, os grupos carboxílicos estão envolvidos em ligações de hidrogênio. Por isso, a primeira etapa antes da formação de anidrido deverá ser a quebra de tais ligações de hidrogênio. Logo, é razoável pensar que o pico relativo à formação de anidrido deverá se apresentar deslocado para temperaturas mais altas, e o valor do deslocamento deverá ser proporcional à quantidade de ligações de hidrogênio formadas que deverão ser quebradas.



No caso de complexos de poli (ácido itacônico e poliacrilamida (PIA/PAAm), o pico relativo à formação de anidrido se deslocou de 147°C para 164,7°C [12].

Em relação às curvas de DSC da Figura 11, observam-se picos endotérmicos que podem ser atribuídos ao processo de degradação do PIA no complexo. Entretanto, tais picos só são visíveis na curva referente ao PCM 1450. Para tentar visualizar possíveis picos também nos outros PCMs, foi realizado o tratamento matemático da curva de DSC (diferencial) (Figura 13).

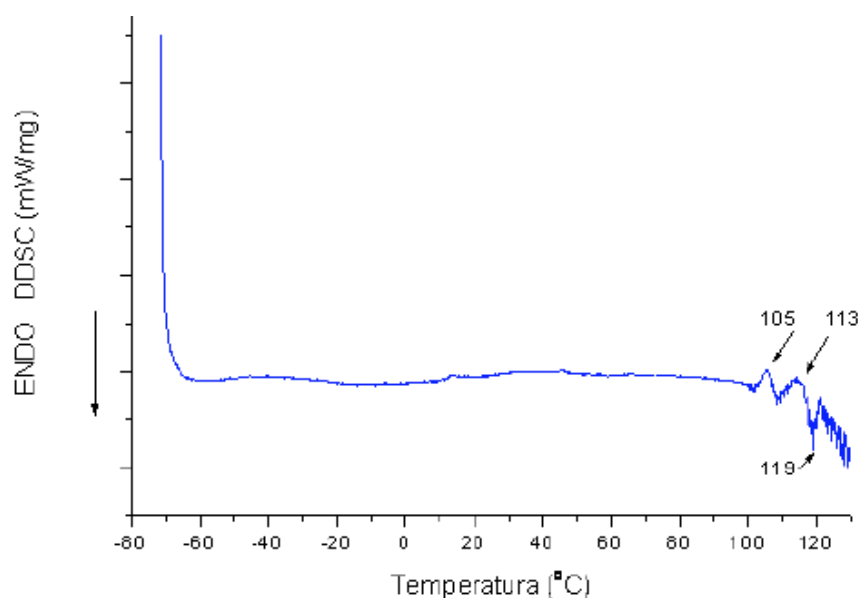


Figura 13. Diferencial da Curva DSC (DDSC) para PCM 600.

Diferenciando-se a curva DSC do PCM 600, foi possível observar um pequeno pico endotérmico, em torno de 119°C, indicativo de degradação do PIA, além de dois pequenos picos exotérmicos, provavelmente decorrentes de processos de decomposição.

Para examinar o efeito termorregulador das amostras de tecidos modificados, foi usada a técnica de termografia por infravermelho (IR), utilizando-se uma câmera termográfica (Figura 14). Os termovisores ou câmeras termográficas possibilitam adequar o campo de visão do aparelho às necessidades específicas de cada observação. Dessa forma, elas captam, por meio de lentes intercambiáveis, a radiação infravermelha que é emitida pelo objeto analisado e a decodificam, por meio de algoritmos, em cores. Das temperaturas mais altas para as mais baixas, as cores são branco, vermelho, amarelo, verde e azul.



Figura 14. Câmera de infravermelho (termovisor P640).
Fonte: Flir Systems (2009)

A termografia é um processo no qual as diferenças de temperatura podem ser mapeadas em uma imagem bidimensional. O processo detecta a radiação eletromagnética emitida por corpos ou líquidos que estão em temperaturas mais altas e é baseado na lei de Boltzmann. Essa lei estabelece que a radiação térmica emitida por um corpo é proporcional à quarta potência daquela emitida pelo corpo e à quarta potência daquela emitida nas suas vizinhanças [20]. Isso faz da termografia uma poderosa ferramenta para detectar pequenas diferenças na temperatura.

Existem três tipos de termografia: termografia de cristal líquido (LCT), termografia de infravermelho (IRT) e termografia de micro-ondas (MWT) [20]. A termografia LCT baseia-se no princípio de que certos compostos orgânicos são opticamente anisotrópicos na fase líquida, e que a variação de cor está associada à mudança de temperatura. Por outro lado, as termografias IRT e MWT permitem a observação e a detecção da luz emitida por objetos quentes nas regiões do infravermelho e micro-ondas do espectro eletromagnético, respectivamente.

Foram realizadas algumas experiências de termografia com a forma estabilizada produzida com PEG 1000 (PCM 1000), que sofre a mudança de fases na faixa adequada para aplicação em tecidos. A Figura 15 ilustra a termografia inicial das amostras de tecido utilizadas para os experimentos, isto é, amostras de tecido sem PCM (controle) e com PCM à temperatura ambiente.

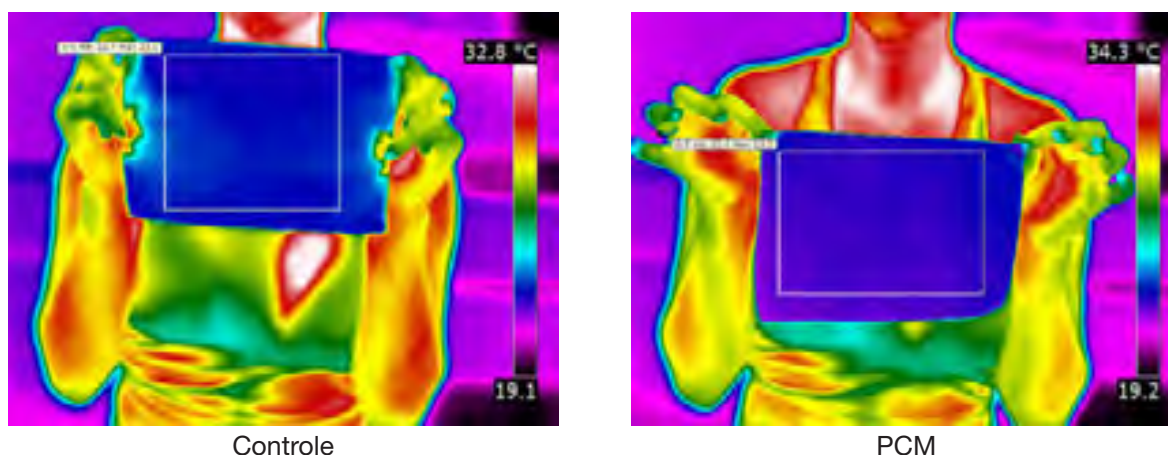


Figura 15. Imagens de termografia das amostras do tecido controle e com PCM 1000.

O primeiro experimento foi realizado colocando-se as duas amostras de tecido no interior de uma estufa de laboratório à temperatura de 60°C durante 5 min. Após esse tempo, as amostras foram retiradas para a temperatura ambiente e observou-se a diferença de comportamento entre o controle e o tecido com PCM. A Figura 16 mostra o momento em que as amostras foram retiradas do ambiente aquecido e colocadas em temperatura ambiente.

Conforme pode ser observado na Figura 16, o tecido com PCM possui grande capacidade de absorver calor.

Ao contrário do tecido controle, o tecido com PCM absorveu calor do ambiente (estufa) e mudou drasticamente a sua temperatura. Tal resultado demonstrou que o tecido não teve uma boa capacidade de regular sua temperatura interior à medida que a temperatura ambiente se altera. Ou seja, o tecido não foi capaz de estocar a energia térmica cedida pelo ambiente sem alterar a sua temperatura.

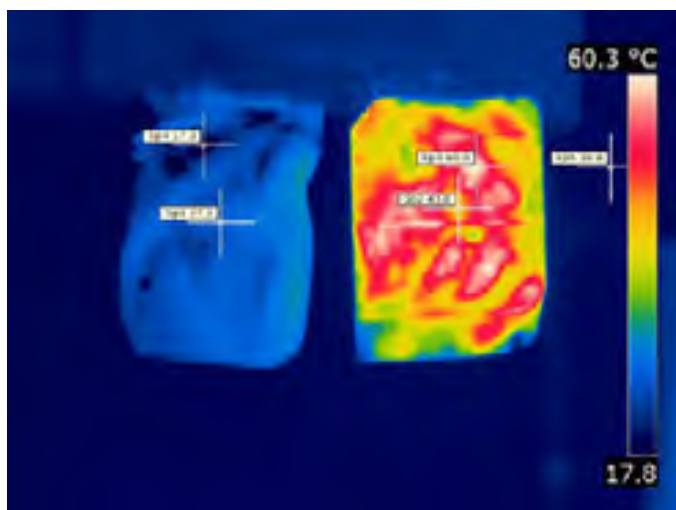


Figura 16. Imagens de termografia das amostras do tecido: (a) controle e (b) com PCM 1000.

Conforme mostrado na Tabela 2, o PEG 1000 funde em 35°C e absorve 150 KJ Kg⁻¹ de calor enquanto funde. Fica claro que o calor cedido ao tecido com PCM ultrapassou a capacidade de estocagem de calor do PEG 1000, e que o excesso foi usado para aumentar a sua temperatura. Na revisão feita por Sarier et al. (2012), foi apresentado um resultado similar no qual os autores citados reportaram microcápsulas de poliestireno contendo cera de parafina como PCM. Tais microcápsulas foram aplicadas por meio da técnica de revestimento do tecido, assim como a presente pesquisa. Conforme a Figura 17, o tecido com PCM, dos referidos autores, também apresentou aumento da temperatura em relação ao tecido controle.

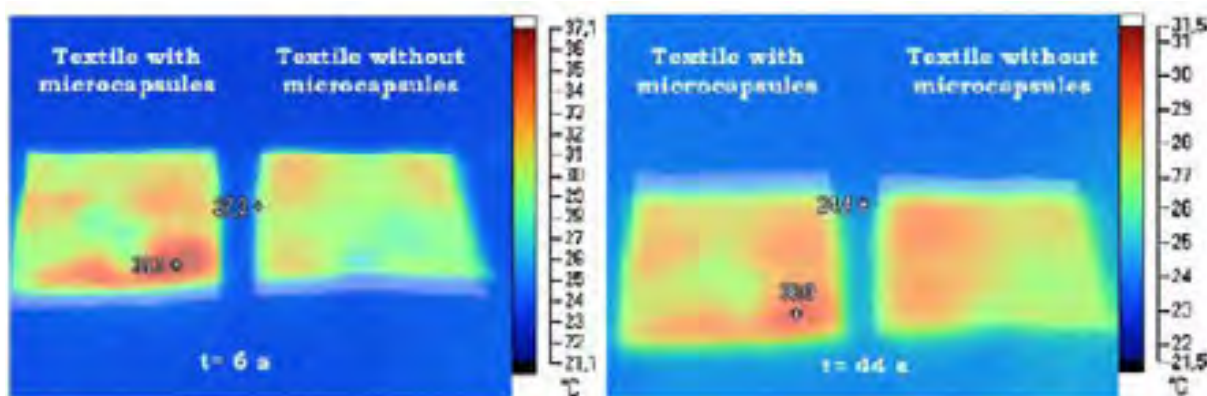


Figura 17. Imagens de termografia apresentadas por Sarier et al. (2012).

fases, a condutividade térmica é um dos parâmetros mais importantes para um PCM aplicado em armazenamento de energia. Segundo eles, a maioria dos PCMs orgânicos tem baixa condutividade térmica, fato que acarreta a redução das taxas de armazenagem e a liberação de calor durante os processos de fusão e solidificação dos PCMs, restringindo seu limite de aplicabilidade prática. Por outro lado, o microencapsulamento de PCMs também pode causar resistência ao calor, entre outros inconvenientes.

Tais observações sugerem que o sistema proposto, de complexar o PEG com um polímero, tem potencial para funcionar como PCM. No entanto, estudos adicionais ainda precisam ser realizados para que se possa controlar suas variáveis.

A Figura 18 ilustra uma sequência de termografias que registrou o comportamento das amostras durante o resfriamento da temperatura ambiente após a retirada das mesmas da estufa.

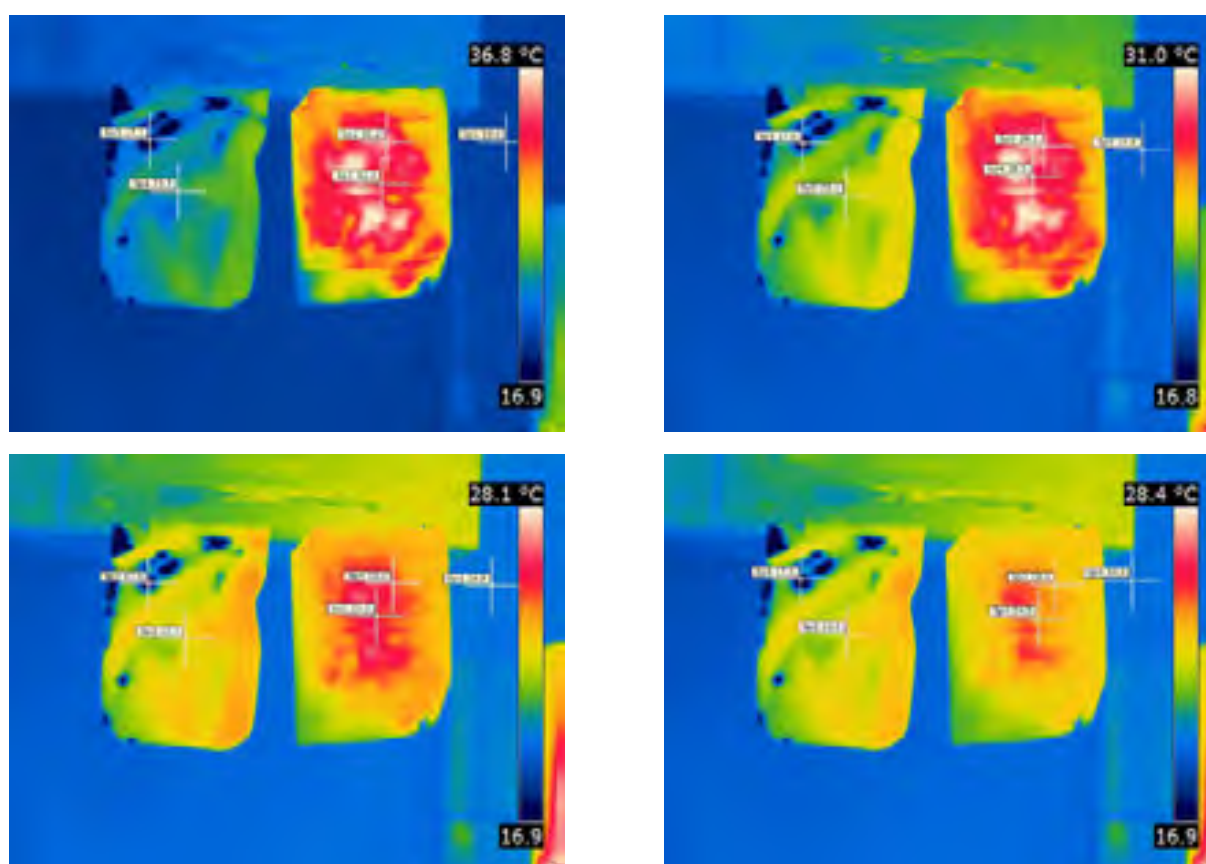


Figura 18. Imagens de termografia da sequência do resfriamento após a saída das amostras da estufa.

É nítida a diferença de comportamento entre as duas amostras. A amostra com PCM 1000 absorveu e transferiu calor rapidamente para o ambiente. Já a amostra de tecido controle manteve as características isolantes do algodão, apresentando uma transferência de calor mais equilibrada tanto na absorção de calor dentro da estufa quanto na perda de calor para o ambiente ao sair da estufa.

Para observar melhor o comportamento das amostras de tecido, foi realizado um experimento no qual elas foram colocadas em um refrigerador por cinco minutos e retiradas para a temperatura ambiente. A Figura 19 mostra o momento em que as amostras foram retiradas do ambiente frio e colocadas em temperatura ambiente.

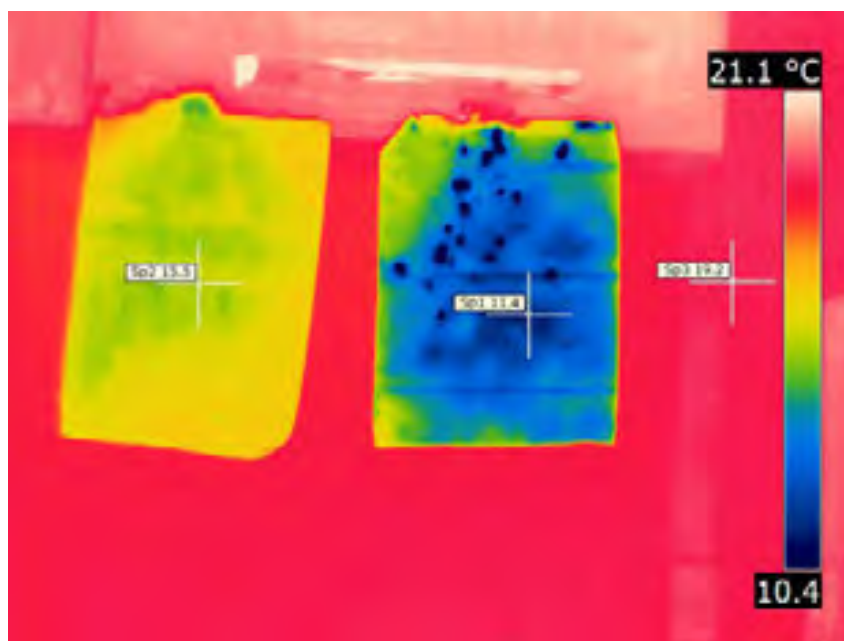


Figura 19. Imagens de termografia das amostras do tecido controle (a) e com PCM 1000



Como pode ser observado, ao contrário do tecido controle, o tecido com PCM perdeu calor para o ambiente (refrigerador) e mudou drasticamente a sua temperatura. Novamente, o tecido com PCM demonstrou não ter uma boa capacidade de regular sua temperatura interior à medida que a temperatura ambiente se altera. Ou seja, o tecido não foi capaz de liberar a energia térmica para o ambiente sem alterar a sua temperatura.

A Figura 20 ilustra uma sequência de termografias que registrou o comportamento das amostras durante o aquecimento na temperatura ambiente, após saírem do refrigerador. A diferença de comportamento entre as duas amostras se manteve durante o aquecimento. A amostra com PCM 1000 perdeu calor rapidamente no refrigerador e absorveu calor rapidamente do ambiente. Já a amostra de tecido controle perdeu bem menos calor no refrigerador e, ao sair para temperatura ambiente, foi absorvendo calor de maneira mais controlada do que a amostra de tecido com PCM.

A amostra de controle comportou-se conforme o esperado tanto durante o aquecimento como no resfriamento. Tecidos tradicionais tais como algodão, lã, linho e poliéster, entre outros, são isolantes térmicos passivos [17]. Tal comportamento não está relacionado com as fibras propriamente ditas e sim com as bolsas de ar presentes entre as fibras, já que o ar remanescente funciona como um excelente isolante devido a sua baixa condutividade térmica.

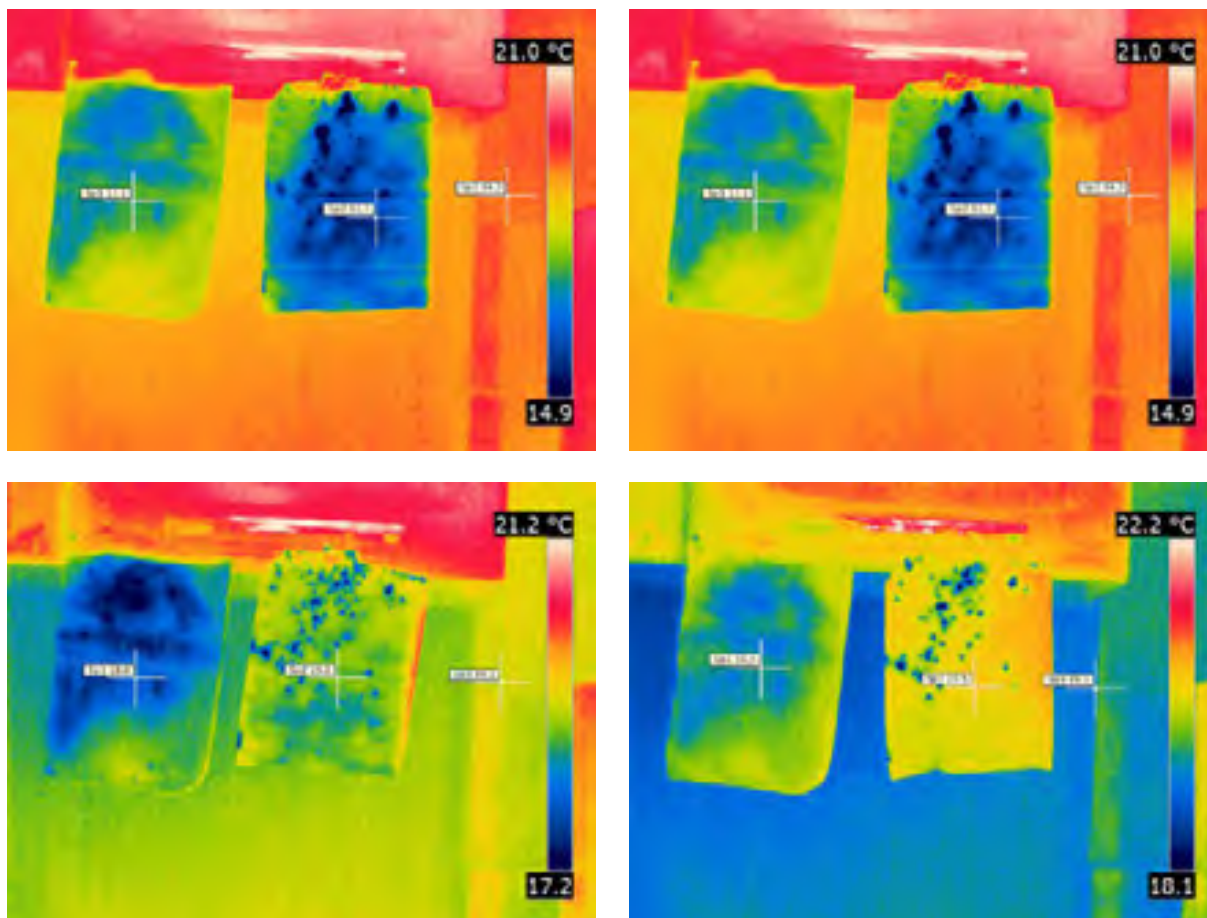


Figura 20. Imagens de termografia da sequência do aquecimento após a saída das amostras do refrigerador.

Quando um tecido é incorporado com materiais termicamente ativos, tais como os PCMs, devem fornecer um aumento extra da capacidade térmica, além daquela já existente devido ao isolamento térmico passivo da própria fibra. Sarier et al. (2012) ressaltam que tais materiais devem absorver calor do corpo humano ou do ambiente durante altos graus de atividade física e/ou condições climáticas quentes. Da mesma forma, devem redistribuir e liberar calor em ambientes frios. Devem, portanto, agir como tampões contra as variações de temperatura.

Foram realizados experimentos com termografia para verificar o comportamento do tecido com PCM 1000 quando em contato com a pele. A Figura 21 mostra o início do experimento, com o usuário em repouso, à sombra.

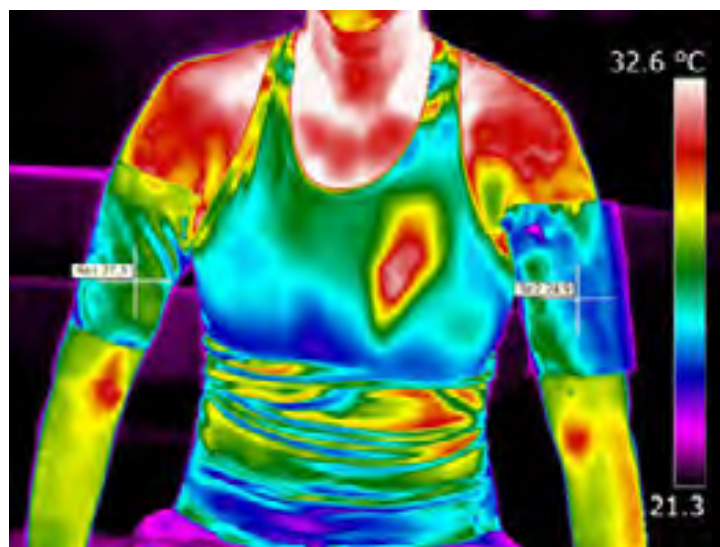


Figura 21. Imagem de termografia do início do experimento com usuário: braço esquerdo (tecido com PCM) e braço direito (tecido controle).

A diferença de temperatura inicial entre os dois tecidos em contato com a pele foi atribuída à posição do usuário em relação ao vento. À medida que o tempo de contato dos tecidos com a pele aumenta, a temperatura tende a se estabilizar, conforme mostra a Figura 22.

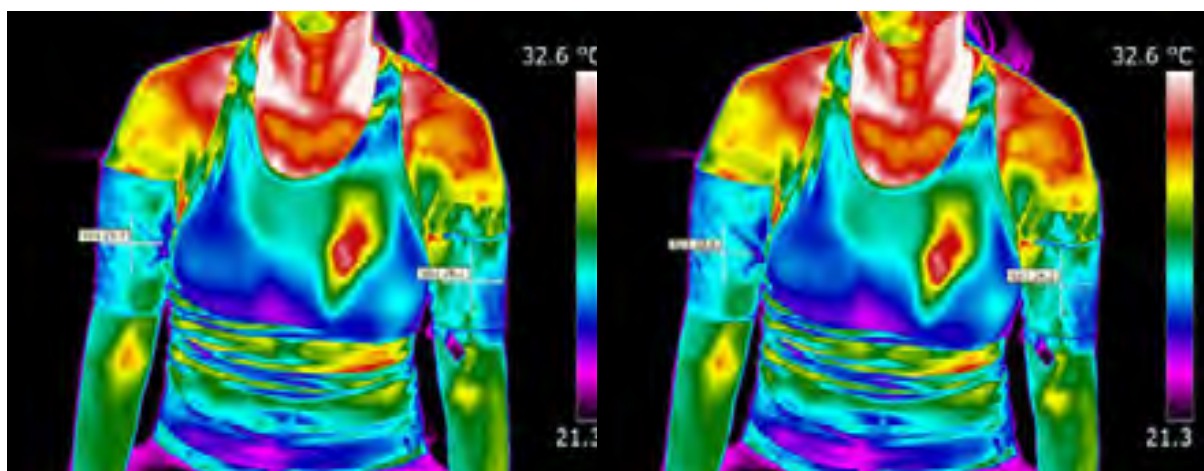


Figura 22. Imagens de termografia com 5 minutos e 10 minutos após o início do experimento com usuário. Tecido controle (25,9°C e 25,8°C) e tecido com PCM (26,1°C e 26,2°C).



Após o início dos experimentos, o usuário foi exposto ao sol, onde permaneceu por cinco minutos. A termografia da Figura 23 mostra o comportamento do tecido em contato com o usuário nessa situação.

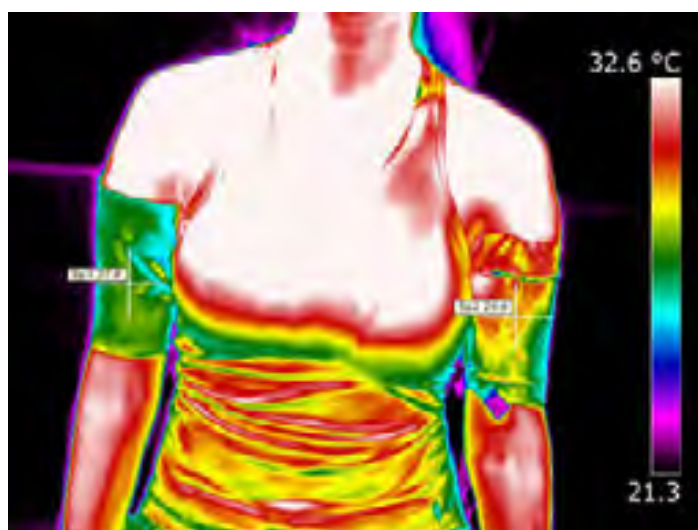


Figura 23. Imagem de termografia do usuário exposto ao sol por cinco minutos: braço esquerdo (tecido com PCM) e braço direito (tecido controle).

Segundo Sarier et al. (2012), uma das funções fundamentais do vestuário é criar um microclima estável próximo à pele, a fim de manter o sistema, a termorregularidade do corpo, mesmo quando o ambiente externo ou o nível de atividade física variam muito.

Portanto, a vestimenta é essencial para conservar o corpo humano em um ambiente térmico apropriado e para auxiliar na manutenção do balanço térmico sob as várias combinações de condições ambientais e atividades físicas.

As propriedades térmicas dos materiais têxteis para vestuário envolvem condutividade térmica, isolamento térmico, e a transferência de calor entre o corpo vestido e o ambiente. O conforto térmico é proporcionado pela transferência rápida de calor e umidade entre o corpo, o tecido e o meio ambiente.

Conforme pode ser observado, o comportamento do tecido com PCM em contato com o usuário é o mesmo demonstrado nos primeiros experimentos, isto é, demonstra uma rápida capacidade de absorção de calor. Da mesma forma, o tecido perde muito rapidamente o calor que absorveu quando o usuário é colocado novamente à sombra (Figura 24).

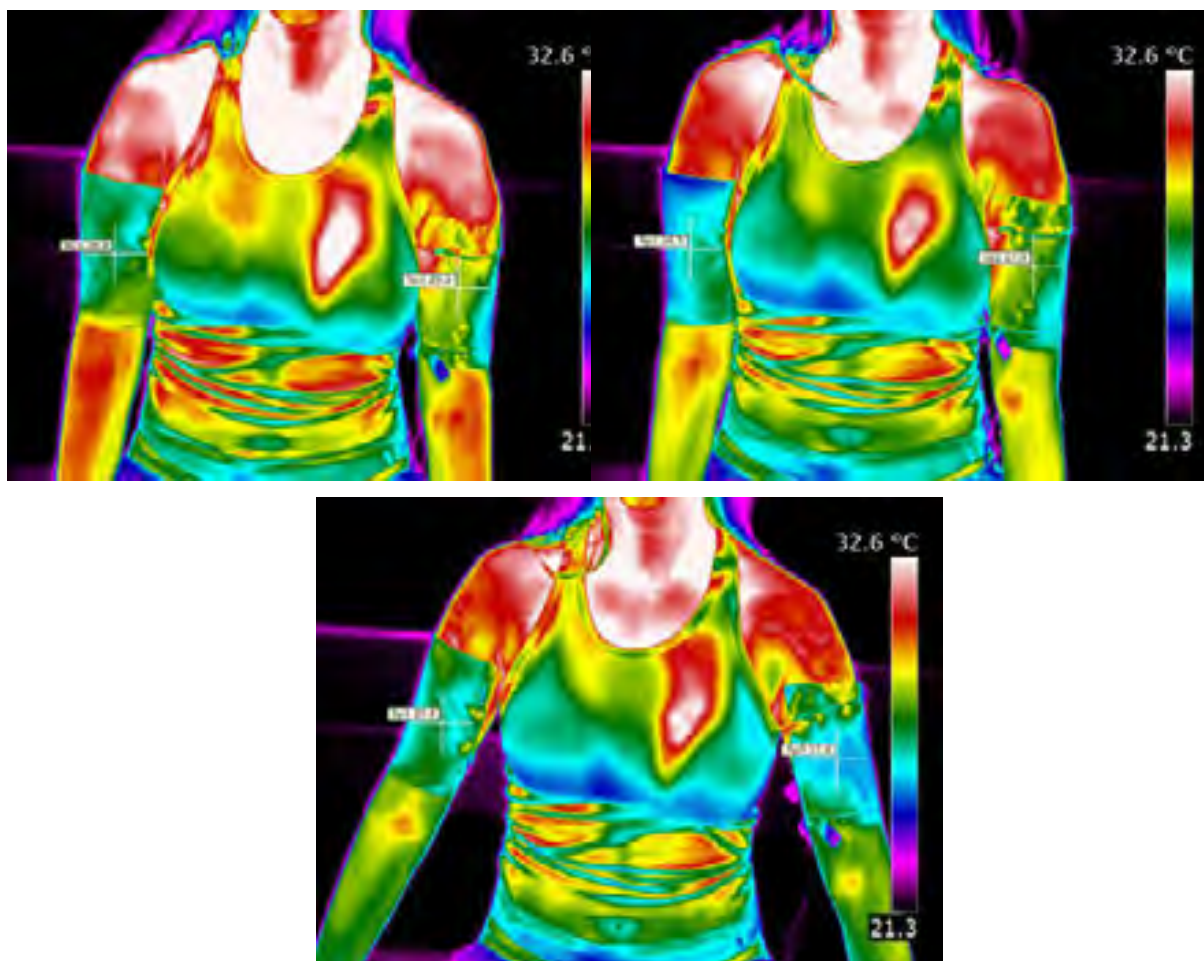


Figura 24. Imagens de termografia da sequência de resfriamento dos tecidos após a saída do usuário do sol e volta para a sombra.

Em relação ao acompanhamento do comportamento do tecido com PCM em contato com a pele do usuário, pode-se concluir que o PCM não contribuiu para o aumento da capacidade térmica passiva do tecido. Tal resultado pode estar relacionado com o caráter polimérico da forma estabilizada do PCM. O PCM foi aplicado ao tecido pela técnica de recobrimento, portanto, pode estar alterando muito as características da superfície do tecido.

A fim de realizar um estudo preliminar das possíveis alterações da superfície do tecido com a incorporação do PCM, foi feito um teste de molhabilidade do tecido por meio da medida do ângulo de contato da superfície do tecido com a água. A Figura 25 mostra o momento em que a gota se desprende da microseringa usada no goniômetro e toca a superfície do tecido.

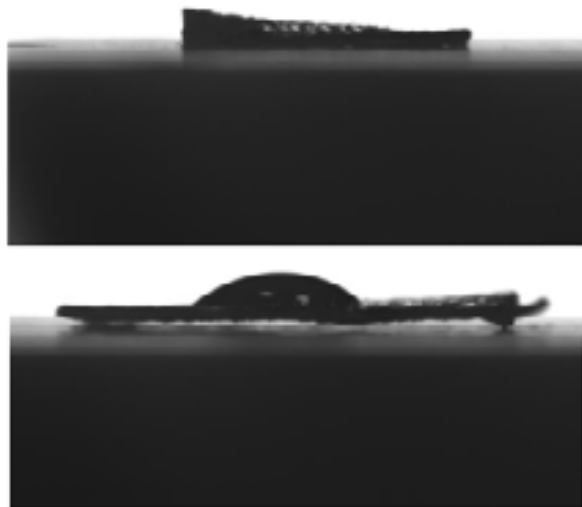


Figura 25. Ângulo de contato da água com a superfície do tecido controle (superior) e com PCM 100 (inferior). Valor do ângulo de contato $T = 68^{\circ}\text{C}$.

Não foi possível medir o ângulo de contato do tecido controle, pois a gota de água era rapidamente absorvida pelo tecido de algodão. Conforme ilustrado na Figura 25, o recobrimento do tecido com a forma estabilizada do PCM alterou drasticamente a característica da superfície do tecido, tornando-a mais hidrofóbica.



4. CONCLUSÕES

Foram desenvolvidos revestimentos poliméricos baseados na formação de complexos entre o PEG (600, 1000 e 1450) e o poli (ácido itacônico) (PIA). A associação entre ácidos policarboxílicos e polímeros não iônicos via ligações de hidrogênio resultou na formação de complexos poliméricos.

Tais complexos foram propostos para utilização como forma estabilizada do PEG, que foi usado como material de mudança de fases (PCM). Materiais de mudança de fases (PCM) têm a função de regular as flutuações de temperatura. Eles absorvem ou liberam calor sem que sua temperatura sofra qualquer variação.

PEG 1000 é um material que possui as características adequadas para ser usado como PCM em aplicações têxteis. Possui a faixa de mudança de fases próxima às variações de temperatura que podem ocorrer no corpo humano e, além disso, é muito usado como biomaterial por não causar nenhum tipo de reação quando em contato com a pele.

Os complexos foram chamados de PCM 600, 1000 e 1450 e foram desenvolvidos para o design de materiais têxteis inteligentes, principalmente aqueles aplicados no vestuário esportivo.

Os PCMs produzidos foram caracterizados por meio de FTIR, TG e DSC. As análises de FTIR indicaram que ocorreu a formação do complexo entre o PEG e o PIA. As análises térmicas (TG e DSC) não foram conclusivas devido à facilidade de degradação do PIA.

Em todos os experimentos com termografia (IR) realizados com o PCM 1000, observou-se que o material proposto se comporta como os materiais de armazenagem convencionais sensíveis ao calor (SHS), isto é, à medida que há absorção de calor, a temperatura do material se eleva.

Estudos futuros devem ser realizados para investigação do potencial desse material como PCM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Sharma; V. V. Tyagi; C. R. Chen; D. Buddhi. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2009, 13, 318.
- [2] S. Mondal *Applied Thermal Engineering*. 2008, 28, 1536.
- [3] J. Hu; H. Meng; Y. Zhu; Y. Liu. *Carbohydrate Polymers*. 2010, DOI 10.1016.
- [4] Q. Cao; P. Liu. *European Polymer Journal*. 2006, 42, 2931.
- [5] N. Sarier; E. Onder. *Thermochimica Acta*. 2008, 475, 15.
- [6] W. Wang; X. Yang; Y. Fang; J. Ding. *Applied Energy*. 2009, 86, 170.
- [7] J. Waschull; T. Guhlemann. *2nd International Renewable Energy Storage Conference (IRES II)*, 19-21 nov. 2007. Bonn, Germany.
- [8] Q. Meng; J. Hu. *Solar Energy Materials & Solar Cells*. 2008, 92, 1260.
- [9] C. Chen; L. Wang; Y. Huang. *Applied Energy*. 2011, 88, 3133.
- [10] SB. Sentürk; D. Kahraman; C. Alkan; I. Gökçe. *Carbohydrate Polymers*. 2011, 84, 141.
- [11] VV. Khutoryanskiy. *International Journal of Pharmaceutics*. 2007, 334, 15.
- [12] MK. Krušić; E. Džunuzovic; S. Trifunovic; J. Filipovic. *European Polymer Journal*. 2004, 40, 793.
- [13] S. L. J. Tomic; JM. Filipovic. *Polymer Bulletin*. 2004, 52, 355.
- [14] R.M. Silverstein; F.X. Webster. *Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos*. Editora LTC, 2000.
- [15] H. El-Hamshary. *European Polymer Journal*. 2007, 43, 4830.
- [16] K. Pielichowski; K. Flejtuch. *Polymers for Advanced Technologies*. 2002, 13, 690.
- [17] N. Sarier; E. Onder. *Thermochimica Acta*. 2012, 540, 7.
- [18] C. Alkan; E. Günther; S. Hiebler; O.F. Ensari; D. Kahraman. *Solar Energy*. 2012, 86, 1761.
- [19] L. Feng; J. Zheng; H. Yang; Y. Guo; W. Li; X. Li. *Solar Energy Materials & Solar Cells*. 2011, 95, 644.
- [20] A.K. Saxena; G.H. Willital. *European Journal of Pediatrics*. 2008, 167, 757.



PARCEIROS



CNPq

Com 62 anos de existência, o CNPq tem exercido um papel central no processo de formação e qualificação de recursos humanos, no País e no exterior, e no fomento à ciência, à tecnologia e à inovação, atuando na formulação de políticas e contribuindo, de forma significativa, para o avanço da fronteira do conhecimento, do desenvolvimento sustentável e da soberania nacional.

A concessão de prêmios é uma ação tradicional do CNPq desde a década de 1970. O Prêmio Jovem Cientista, criado em 1981, tem sido estratégico uma vez que, ao impulsionar a capacitação de estudantes, jovens pesquisadores e profissionais empenhados na busca de soluções para os crescentes desafios da sociedade brasileira, agrega valor a uma perspectiva ampliada da interação ciência-tecnologia-sociedade, a partir de uma atuação científica que tem na apropriação social do conhecimento um princípio vital.

O Prêmio Jovem Cientista representa um grande estímulo para a ciência e a tecnologia no Brasil e apoia os ganhadores com bolsas de estudo do CNPq, em diferentes modalidades (iniciação científica júnior, iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado júnior), para sua formação acadêmica e como incentivo ao aprofundamento e continuidade de suas pesquisas.

Nossos jovens e talentosos cientistas são fundamentais nesse esforço tão cheio de desafios e incertezas.



SHIS Quadra 1 Conjunto B, Blocos A, B, C e D
 Edifício Santos Dumont | Lago Sul | 71605-001 | Brasília | DF
 Tel: 0800 619697 | www.cnpq.br

GERDAU

A Gerdau é líder na produção de aços longos nas Américas e uma das maiores fornecedoras de aços longos especiais no mundo. Possui mais de 45 mil colaboradores e operações industriais em 14 países, com operações nas Américas, na Europa e na Ásia, as quais somam uma capacidade instalada superior a 25 milhões de toneladas de aço. É a maior recicladora da América Latina e, no mundo, transforma, anualmente, milhões de toneladas de sucata em aço. Com mais de 140 mil acionistas, a Gerdau está listada nas bolsas de valores de São Paulo, Nova Iorque e Madri.

A empresa tem construído, ao longo de sua trajetória, uma atuação sustentável, promovendo o desenvolvimento social, respeitando o meio ambiente e investindo em relações sólidas e duradouras com clientes, fornecedores, colaboradores, governos, outras empresas e entidades do terceiro setor. Tudo isso com o objetivo de ganhos mútuos, que possibilitem crescimento contínuo.

Como parte fundamental das contribuições para o desenvolvimento das comunidades, a empresa incentiva o Prêmio Jovem Cientista, uma parceria consolidada, na qual a Gerdau aposta com a convicção de que o caminho do desenvolvimento e da competitividade passa pela inovação e pelo fomento à pesquisa científica, especialmente dentro da sala de aula. Os jovens premiados no *Inovação Tecnológica nos Esportes* e nas edições anteriores orgulham o Brasil pela seriedade e alta qualidade dos trabalhos. Todos os participantes, do ensino médio e do ensino superior, demonstram disciplina e dedicação à Ciência. É preciso apoiá-los se quisermos ter um Brasil verdadeiramente competitivo, capaz de gerar soluções eficazes e que resultem em um desenvolvimento sustentável.



Av. Farrapos, 1.811
90220-005 | Porto Alegre | RS
Tel: (51) 3323-2000 | www.gerdau.com.br

GE

A GE é uma companhia de tecnologias avançadas, serviços e finanças que busca solucionar os desafios mais complexos do mundo. Dedicada a inovações em energia, saúde, transporte e infraestrutura, a GE opera em mais de cento e sessenta países e emprega cerca de 300 mil funcionários globalmente.

No Brasil, a companhia mantém atividades há 94 anos, com escritórios distribuídos em diversos estados e unidades industriais em São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Todos os negócios industriais da GE estão presentes no Brasil, empregando cerca de 8 mil funcionários. A GE também está construindo no Brasil o seu quinto Centro de Pesquisas Global, que será inaugurado no Rio de Janeiro e já trabalha para desenvolver soluções de alta tecnologia para atender as necessidades locais de infraestrutura. A escolha do Brasil reflete a convicção sobre a capacidade criativa e inovadora dos brasileiros.

Por acreditar na importância do desenvolvimento científico, a GE patrocina e apoia o Prêmio Jovem Cientista, responsável por estimular a pesquisa e a descoberta de soluções inovadoras no Brasil. Para a GE, apostar na criatividade é essencial para o desenvolvimento da pesquisa e da ciência. Faz parte do DNA da companhia apoiar o desenvolvimento de soluções, não apenas para as questões ligadas à água – que foi o tema da edição 2013 do Prêmio –, mas também temas que exijam inovações e ideias capazes de levar entusiasmo, motivação e qualidade de vida às atuais e futuras gerações.



Av. Magalhães de Castro, 4.800, 10º andar
05502-001, São Paulo, SP
Tel: 11 3067-8000 | www.ge.com.br

FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO

Nos seus mais de 30 anos, a Fundação Roberto Marinho vem atuando nas áreas ambiental, educacional e cultural, criando modelos e metodologias que são replicados por meio de parcerias com agentes públicos e privados.

São experiências como o Telecurso, que já formou milhares de brasileiros na educação básica, ou o Canal Futura, um projeto social de comunicação 24 horas no ar, com a cara multicultural do Brasil.

A fundação já fez campanhas de preservação do patrimônio, restaurou prédios, monumentos e documentos e propôs soluções para a sustentabilidade de cada um. Ao perceber que patrimônio é tudo aquilo que dá identidade a um povo, criou o Museu da Língua Portuguesa, o primeiro do mundo dedicado a uma língua. Também concebeu o Museu do Futebol, que conta a história do País pelo viés sociológico do futebol.

Três novos museus serão inaugurados no Rio de Janeiro e sintetizarão toda a trajetória da instituição: o Museu da Imagem e do Som, o Museu do Amanhã e o Museu da Arte do Rio vão aliar educação, sustentabilidade, tecnologia, meios de comunicação e cultura.

Num País que abriga 60% da Floresta Amazônica, seis biomas e 12% de toda a água doce do mundo, a Fundação mantém no ar há mais de 20 anos o Globo Ecologia, primeiro programa de televisão totalmente voltado a questões socioambientais.

A Fundação também produz, desde 1984, o Globo Ciência, primeiro programa semanal de divulgação científica do Brasil, que visa desmitificar a Ciência. Em 2012, criou o Florestabilidade, um projeto de educação que visa despertar vocações para carreiras ligadas ao manejo florestal e oferecer recursos pedagógicos para professores e técnicos da extensão rural da Amazônia.

E se orgulha de ser, há mais de 30 anos, parceira do Prêmio Jovem Cientista – iniciativa que, além de estimular jovens talentos a experimentar, nos laboratórios, as fórmulas para um mundo melhor, ajuda, sobretudo, a construir um Brasil mais sustentável e desenvolvido.



Rua Santa Alexandrina, 336 | Rio Comprido
20261-232 | Rio de Janeiro | RJ
Tel.: (21) 3232-8800 | www.frm.org.br



www.jovemcientista.cnpq.br



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação

