

# Aplicação de materiais fibrosos na área militar

Catarina Guise, Katherine Rosado, Rita Rebelo, Raúl Figueiro

Centro de Ciência e tecnologia Têxtil, Fibrous Materials Reserach Group, Universidade do Minho, Guimarães,

Portugal

[catarinaguise@det.uminho.pt](mailto:catarinaguise@det.uminho.pt)

Área Científica - CT 14

## Resumo

Os materiais fibrosos têm sofrido, nos últimos anos, desenvolvimentos que podem ser utilizados com enorme vantagem na área militar. Os militares, em teatro de operações, estão sujeitos a vários tipos de agressões que necessitam de protecção extrema, para evitarem ferimentos ou mesmo a morte. Assim, estão sujeitos a várias ameaças que incluem frio ou calor extremos (protecção térmica); fragmentos ou balas soltas (protecção mecânica); gases tóxicos nocivos e vírus que podem levar rapidamente à morte (protecção química e biológica); e, necessidade de se esconderem rapidamente do inimigo (camuflagem). As fibras têm aplicações na área militar representando verdadeiras vantagens como maior leveza, conforto, segurança que leva a um melhor cumprimento das funções que outros materiais são incapazes de oferecer. Este artigo de revisão bibliográfica mostra algumas dessas aplicações e aborda as tendências de investigação que estão a ser levadas a cabo no sentido de se conseguir atingir o objectivo do “soldado ideal”.

**Palavras-chave:** protecção, militar, materiais fibrosos

## 1. Introdução

*Os diversos conflitos militares que se desenrolam em todo o mundo, com especial relevo para a “guerra contra o terrorismo”, estão a fomentar o desenvolvimento de novas soluções de protecção militar, incluindo o vestuário, que vão muito além do tradicional traje militar. O objectivo fulcral é transformar o comum soldado numa plataforma bélica poderosa e integrada (1).*

Neste sentido, devido às suas excelentes propriedades e características, os materiais à base de fibras podem desempenhar um papel extremamente importante na procura de soluções eficazes que respondam simultaneamente ao desempenho técnico exigido e ao conforto termofisiológico do utilizador de tais soluções. As evoluções ocorridas no âmbito das fibras nos últimos anos fazem com que seja possível aportar funcionalidades extremamente interessantes aos produtos orientados para protecção militar incluindo termoregulação, elevada resistência ao impacto, baixa peso, inclusão de sensores de movimento ou posicionamento, aquecimento, entre outras.

A protecção militar engloba todos os tipos de protecção que são individualizados em diversas profissões de cariz civil que partilham dos mesmos problemas. Assim, existem muitas outras profissões que, tal como os militares, necessitam de elevados níveis de protecção onde as fibras e estruturas fibrosas desempenham um papel preponderante na protecção do operador, incluindo:

- os bombeiros na protecção contra o fogo (protecção térmica);
- os soldados na protecção contra os salpicos do metal fundido (protecção térmica);
- os polícias na protecção contra projecteis e esfaqueamentos (protecção mecânica);

- os investigadores na protecção contra possíveis bactérias, vírus, gases nocivos (protecção química e biológica).

Assim, observa-se que, no geral, a protecção pessoal é de extrema importância no dia-a-dia em diversas áreas.

Mesmo com os notáveis avanços ocorridos ao longo dos últimos anos em torno deste tipo de materiais, melhorias continuam a ser introduzidas com vista ao incremento do seu desempenho, sendo que algumas das mais recentes provêm da incorporação de nanotecnologia, como a diminuição nas secções das fibras através da utilização de nanofibras. A incorporação de fibras condutoras e micro e nano componentes electrónicos em materiais e estruturas fibrosas abriu, igualmente, um novo mundo de possibilidades em variadíssimos ramos da protecção militar, proporcionando funcionalidades como monitorização constante dos parâmetros fisiológicos do soldado, como frequência cardíaca, pressão arterial e temperatura, mas também possibilidade de transmissão de dados a partir de fibras.

Na área militar, vestuário de combate, coletes balísticos, capacetes, mísseis, carros de combate, aramamento e vestuário de protecção térmica são exemplos de produtos que utilizam fibras e estruturas fibrosas. Assim, verifica-se que neste campo existe uma integração completa de todas as áreas de protecção pessoal: mecânica, quanto à protecção balística, térmica, quanto à protecção ambiental (frio, calor, vento, materiais retardadores de chama) e, biológica e química, quanto a bactérias, vírus, microrganismos e gases tóxicos. Também a questão da camuflagem, que está relacionada com a protecção visual, é de extrema importância nesta actividade, pois o militar, tal como o ciúme, "*nasceu cego e morreu surdo*" para o seu inimigo (2).

## 2. Materiais fibrosos na protecção militar

Membros do exército e forças armadas estão entre os clientes mais exigentes dos materiais fibrosos (3).

No geral, as principais áreas de protecção e respectivos requisitos do material que promovem protecção no campo militar resumem-se a:

- Mecânica:
  - Resistência à abrasão;
  - Resistência a rasgos e quebras;
  - Resistência ao impacto;
  - Elevado módulo (alta resistência à tensão e baixa elasticidade que previne a indentação).
- Química e biológica:
  - Resistência e repelência a vírus, bactérias, produtos químicos;

- Resistência a rasgos e quebras;
- Elevada impermeabilidade e, ao mesmo tempo, respirabilidade;
- Resistência à abrasão;
- Facilidade em limpeza;
- Resistência térmica;
- Durabilidade.
- Térmica:
  - Resistência às condições ambientais extremas (calor, chama, vento, frio, neve);
  - Elevado isolamento térmico;
  - Elevada repelência a líquidos;
  - Durabilidade.
- Visual (camuflagem):
  - Resistência às condições ambientais extremas (calor, chama, vento, frio, neve);
  - Fácil adaptação ao meio ambiente para que haja uma rápida camuflagem;
  - Flexibilidade;
  - Resistência ao sol;
  - Leveza (4).

### 3. Materiais fibrosos na protecção térmica:

O soldado deve ser mantido quente ou frio, dependendo do clima. A transpiração pode causar desconforto, podendo levar à hipotermia em climas frios. A humidade da transpiração ou da chuva pode reduzir, severamente, o isolamento fornecido pelo material utilizado no vestuário.

Assim, o isolamento térmico depende da condutividade térmica da fibra e do volume de ar aprisionado. No geral, a protecção, tanto contra o frio como contra o calor, é conseguida através da utilização de estruturas fibrosas multicamada, em que cada uma destas desempenha um papel específico no desempenho global do conjunto. (5).

Fibras mais finas tendem a aprisionar maior quantidade de ar que fibras com maior secção, para o mesmo volume. Um isolamento suficiente será formado por 10-20% de fibras adequadamente dispersas e 80-90% de ar. Os materiais fibrosos apresentam vantagens importantes quando comparados com outros materiais, tais como:

- Baixa densidade;
- Maleabilidade;
- Bom toque;
- Fácil manutenção;
- Durabilidade (3).

Um exemplo de material comercial que é utilizado a nível militar na protecção contra o frio é a membrana Gore-Tex®. Trata-se de uma membrana microporosa formada por politetrafluoretileno (PTFE), contendo mais de 9 biliões de poros microscópios por polegada quadrada, sendo que estes poros são 20.000 vezes menores que uma gota de água, mas 700 vezes maiores que uma molécula de vapor de água (Figura 1). Assim, o tecido, através da membrana, permite que a transpiração escape, não deixando entrar água (4,5).

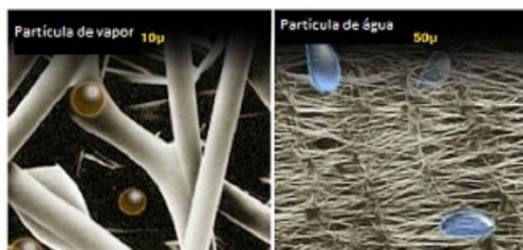


Figura 1 - Imagens microscópicas do comportamento dos materiais fibrosos da membrana Gore-Tex® em relação ao vapor de água e à água líquida  
(Imagem retirada de <http://www.gore-tex.com/remote/Satellite/content/what-is-gore-tex>).

Por sua vez, quanto à protecção quanto ao calor e à chama, *Gaston*, em 1965, afirmou que “*The best way to treat a burn is not to have one*”. Assim, para não haver qualquer tipo de queimadura é necessário o uso de materiais apropriados, contra as ameaças de fogo, bombas, fumos tóxicos e radiações.

Os ferimentos por queimaduras são uma ameaça omnipresente no ambiente militar. Tanto os riscos durante o combate, como os riscos “em tempo de paz”, isto é, na preparação de soluções inflamáveis, na manipulação de combustíveis, óleos, munições, entre outros, impõem um risco de acidente a qualquer altura. A grande diferença entre a protecção térmica contra o calor e chama entre bombeiros e militares é que no caso dos primeiros estes já sabem quando vão enfrentar o fogo enquanto os militares vivem o inesperado, tendo que estar sempre preparados (6).

Materiais como Nomex® (meta-aramida) e Proban® (aditivo químico) são exemplos de materiais utilizados em vestuário de combate ao fogo e em vestuário anti-explosões. Na Tabela 1 mostram-se os materiais retardantes de chama utilizados nesta área (4).

Tabela 1 - Fibras/tecidos retardantes de chama no uso militar  
(Adaptado de (4)).

Tipo de fibra/tecido	Tipo de tratamento	Custo	Uso Militar
Proban®	Aditivo químico	Relativamente barato	- Vestido e fato de acção da Marinha; - Capuz anti-flash e luvas; - Fato para manutenção do ar.
Aramida	Propriedade inerente à fibra	Caro	- Fato para tripulações aéreas, de tanque; - Vestuário submarino; - Fato para eliminação de bombas.

Lã Zirpro	Aditivo químico	Médio/alto	- Bombeiros marítimos; - Trabalhadores de fundição.
Modacrílicas	Propriedade inerente à fibra	Médio/baixo	- Vestuário químico, biológico e nuclear; - Forros de tenda.
Viscose retardante chama	Aditivo químico	Médio	- Só em ligações com fibras de aramida.



Figura 2 - Vestuário militar contra o fogo  
(Imagem retirada de <http://www.myconfinedspace.com/2008/10/28/flame-thrower/>).

#### 4. Materiais fibrosos na protecção mecânica:

Ao longo da história, a forma de protecção pessoal contra agressões mecânicas utilizada pelo homem esteve sempre ligada às armaduras (7). Os avanços tecnológicos permitiram uma evolução significativa neste domínio, passando-se das pesadas armaduras em ferro para coletes e fatos leves e confortáveis. Os colete à prova de bala são artefactos militares ou policiais que protegem os utilizadores contra projecteis ou destroços militares. Na Tabela 2 mostra-se a percentagem de acidentes causados por diversos motivos, em geral, em campo de batalha.

Tabela 2 - Causa dos acidentes balísticos em geral na guerra  
(Adaptado de (4)).

Causa dos acidentes	Percentagem (%)
Fragmentos	59
Balas	19
Outros	22

Normalmente, os coletes à prova de bala são produzidos a partir de fibras de aramida, que se apresetam no mercado sob a marca comercial Kevlar®. Trata-se de uma fibra resistente ao calor e sete vezes mais resistente que o aço por unidade de peso. Normalmente, o colete à prova de bala é formado por várias camadas de tecidos (entre 16 a 20 camadas) podendo estas ser intercaladas com camadas de resina (Figura 2). Os tecidos são sobrepostos com uma

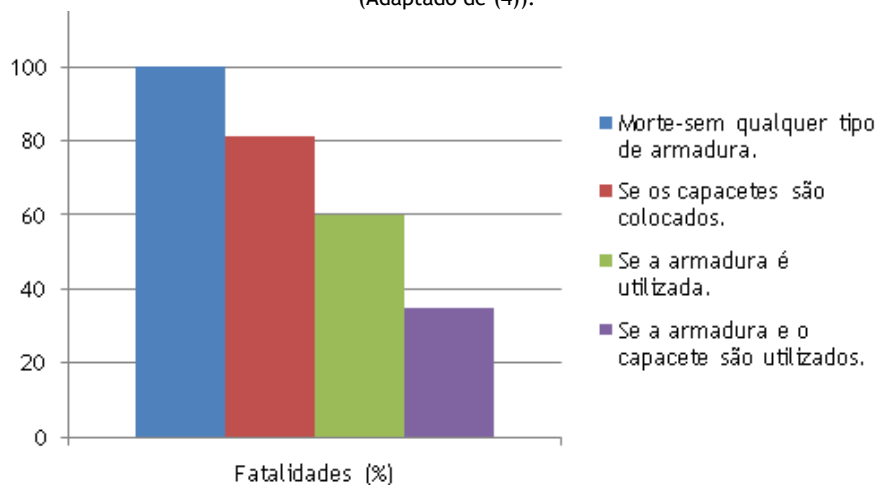
certa folga, oferecendo, progressivamente, uma certa resistência ao avanço do projectil. A resina tem o papel de conferir rigidez (2,5).



Figura 3 - Funcionamento do colete à prova de bala  
(Imagem retirada de <http://gmc.carlinhossilva.blogspot.com/2011/04/especial-armas-de-fogo-o-colete.html>).

Nem só os coletes à prova de bala são importantes na protecção mecânica. Tanques e capacetes, são outros exemplos neste tipo de protecção. Na Figura 4 pode observar-se os diferentes graus de protecção de um militar, consoante o seu fardamento.

Figura 4 - Estimativa da redução de acidentes consoante o nível de protecção do militar  
(Adaptado de (4)).



## 5. Materiais fibrosos na protecção química e biológica:

A guerra química e biológica continua a ser das maiores ameaças silenciosas para o mundo, já que os produtos tóxicos são fáceis de produzir e têm efeitos emocionais e letalmente terríveis. Normalmente, os efeitos químicos promovem queimaduras, doenças a nível respiratório e a nível da pele, podendo, em muitos casos, levar à morte. Os dispositivos essenciais de protecção para os militares são os respiradouros nasais ou totais que filtram e desactivam as espécies tóxicas. Quanto à protecção do vestuário, este tem de ser

impermeável, mas respirável (Figura 5), tal como no caso da protecção térmica, mas permitindo a saída do calor e aprisionando a entrada de vírus e bactérias entre as fibras (4).



Figura 5 - Militares protegidos contra uma das mais conhecidas guerras biológicas: o antrax (Imagem retirada de [http://resistir.info/eua/vacina\\_antrax.html](http://resistir.info/eua/vacina_antrax.html)).

Este tipo de protecção, no geral pode ser conseguido de três formas (2,5):

- Libertação controlada, onde fibras são recobertas por material que reage à atmosfera;
- Princípio da regeneração, onde há a aplicação de acabamento com agentes germicidas que são regenerados em lavagens, por exemplo;
- Acção barreira, onde barreiras impedem a transmissão de microrganismos ou que apresentem actividade anti-microbiana na presença de microrganismos.

Um exemplo de uma fibra comercial utilizada nesta área é a fibra Tyvek®, devido às suas elevadas propriedades de resistência ao rasgo, durabilidade, respirabilidade. É uma fibra 100% polietileno, onde os espaços vazios entre as fibras permitem a circulação de vapor de água e ar mas, limitam a circulação das partículas, proporcionando protecção e conforto (Figura 6).

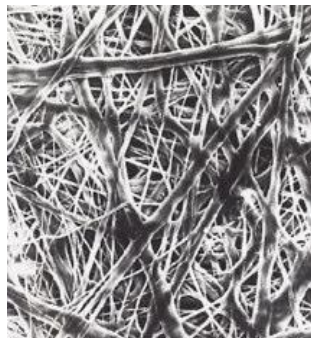


Figura 6 - Fibra Tyvek® observada ao microscópio (Imagem retirada de <http://community.artofmanliness.com/profiles/blogs/tyvek-a-decadesold-textile>).

## 6. Materiais fibrosos na protecção visual:

O objectivo da camuflagem é disfarçar o soldado e o equipamento. Originalmente, o objectivo era enganar o olho humano mas, com o avanço da tecnologia passou a ser enganar,

o mais possível, as câmaras e todo o tipo de radiação. Actualmente, a camuflagem deve funcionar em diferentes comprimentos de onda: luz visível, ultravioleta, próximo e longe do infravermelho e, comprimentos de onda do radar (Figura 7) (2).



Figura 7 - Redes de camuflagem  
(Imagem retirada de <http://fuzileirosnavais.blogspot.com/2008/06/camuflagem.html>).

Fibras como o poliéster e a poliamida são utilizadas nesta área mas, dependendo da radiação e das condições ambientais, outro tipo de fibras ou mesmo pigmentação são utilizadas no vestuário e equipamento militar com o intuito de esconder ao máximo os “amigos” dos “inimigos”.

## 7. Materiais fibrosos avançados na protecção militar:

Os materiais fibrosos avançados da última geração podem ser utilizados com enorme vantagem na área militar contribuindo para a melhoria do nível de protecção do militar em teatro de guerra. Estes materiais incluem:

- Sensores à base de fibras - fibras piezoeléctricas inseridas, por exemplo, em veículos militares que monitorizam estas estruturas;
- Materiais fibrosos auxéticos - material que apresenta coeficiente de Poisson inverso, ou seja, aumenta transversalmente quando é alongado longitudinalmente, podendo ser aplicado em capacetes, coletes à prova de bala, etc;
- Materiais fibrosos com capacidade de mudança de cor - alteram a sua cor em função do meio onde se encontram, de forma a se adaptarem inteligentemente às condições do meio onde estão inseridos, utilizando estímulos como temperatura, humidade e intensidade de luz solar;
- Fibras com memória de forma - são materiais fibrosos que têm a capacidade de recuperar a sua forma inicial mesmo depois de severamente deformados, podendo ser aplicados em capacetes e asas de aviões militares;



- Materiais com elevada resistência ao impacto - como exemplo cita-se o STF (Shear Thickening Fluid) que incorpora nanopartículas e que endurece instantaneamente após impacto. É um material que pode ser pulverizado, por exemplo, sobre fibras de aramida, conferindo uma maior resistência ao impacto, à penetração e à perfuração;
- Materiais compósitos reforçados por nanotubos de carbono - este tipo de material pode ser aplicado no reforço de tanques militares para uma melhor protecção em campo de batalha permitindo obter materiais extremamente resistentes e muito leves;
- Fibras condutoras para aquecimento, comunicação e monitorização - utilização de fibras com a capacidade de conduzir electricidade, podendo ser aplicadas em baterias e vestuário com capacidade de monitorização/comunicação (2,4,5).

Estes materiais fibrosos podem contribuir decisivamente para desenvolvimento daquilo que muitos autores apelidam de “Soldado do Futuro” (Figura 7). Nesta espécie de “RoboCop” existem ainda bastantes pontos a investigar até se atingi o objectivo de se conseguir soldados vestidos com computadores super-leves que vão deter estilhaços, transmitir dados e até mimetizar qualquer tipo de ambiente em termos de camuflagem, emitando os camaleões (8).



Figura 8 - O Soldado do Futuro: o presente e o futuro deste projecto desenvolvido pelo MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts) financiado pelo Pentágono.

Quanto à camuflagem, a tendência será para se procurar um tipo de vestuário que utilize materiais fibrosos que mudem de cor e de padrão de forma a se adaptarem inteligentemente ao meio ambiente em que estão inseridas. Também se pretende utilizar nanotubos de carbono em vez das placas de Kevlar®, tornando assim, as armaduras mais flexíveis, mais leves e mais resistentes. Ao mesmo tempo, pretende-se que haja uma aplicação de circuitos

electrónicos embebidos nos substratos fibrosos através de fibras condutoras que, entre outras aplicações, servirão para sensorizar a aproximação de projecteis.

## 7. Conclusões:

Com este artigo de revisão pretendeu-se mostrar todo este mundo espectacular das fibras na área militar. As principais áreas militares onde os materiais fibrosos desempenham um papel crucial, tanto a nível de conforto como a nível de protecção, incluem: protecção térmica, protecção mecânica, protecção química e biológica, protecção visual. Cada área de aplicação necessita de materiais fibrosos específicos, com características e propriedades bem definidas, sendo que a “chave” para garantir elevados níveis de protecção, em todos os domínios, está em combinar materiais cujas propriedades contribuem em parte para garantir o desempenho do todo. As fibras oferecem uma variedade bastante alargada de soluções que podem ser escolhidas em função das necessidades específicas, podendo estas ser aplicadas individualmente ou em combinação com outros materiais (poliméricos, metálicos, cerâmicos, etc). O avanço tecnológico na área dos materiais e estruturas fibrosas tenderá a consolidar estes materiais como materiais de excelência na garantia da protecção de militares em situações de risco extremos, respondendo eficazmente à chamada de desenvolvimento do “soldado ideal”.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do projecto *Fibrenamics - O Novo Mundo à Base de Fibras* - financiado pelo programa Ciência Viva.

## Referências

Revistas:

- (1) Marques, F. et al. (2009): “Vestuário militar em revolução”. Portugal Têxtil, 13-02-2009. Consultado on-line em: <http://www.portugaltextil.com/tabid/63/xmmid/407/xmid/35501/xmview/2/ID//Default.aspx>.
- (3) Singh, C. (2006): “Defense Textiles: Personnel Protection & Decontamination Technology”. Punjab Technical University, Jalandhar (Punjab) India. Fibre2fashion.
- (6) McLean, AD. (2001): “Burns and Military Clothing” . J R Army Med Corps 2001; 147: 97-106
- (7) Santos, M. et al. (2009): “Anthropometry of Brazilian air force future sergeants to body armors”. R. Educ. Tecn. Apl. Aeron. vol. 1, n. 1, p. 22-27, mar. 2009.
- (8) Burgierman, D. (2003): “Soldado do Futuro”. Super Interessante. Junho de 2003.

Livros:

- (2) E. Wilusz. Military Textiles. Woodhead Publishing, CRC Press. England, 2008.
- (4) Horrocks, A.R.; Anand, S.C. Handbook of Technical Textiles. pp. 425-460 , Woodhead Publishing, CRC Press, 2000.
- (5) R A Scott. Textiles for protection. Woodhead Publishing, CRC Press. UK, 2005.