



Os Tecidos e a Nanotecnologia

Anne Velloso Sarmiento Gomes, Ney Róblis Versiani Costa e Nelcy Della Santina Mohallem

O desenvolvimento na área de materiais é algo crescente, pois cada vez mais se tem procurado produzir novos materiais que aliem praticidade, segurança e proteção no nosso dia-a-dia. Nesse contexto, um setor de destaque é a produção de tecidos, já que eles são empregados em diversas áreas abrangentes que vão desde a produção de roupas até ao setor aeroespacial. Apresentamos uma visão geral dos processos químicos envolvidos na fabricação de um tecido e o quanto a nanotecnologia vem contribuindo para a produção dos chamados tecidos inteligentes. Dessa forma, o emprego de nanopartículas pode agregar valor aos materiais têxteis de forma mais ecologicamente correta. Ao longo do texto foram apresentadas explicações simplificadas sobre a atuação de algumas nanopartículas agregadas às fibras.

► têxteis, tecidos inteligentes, nanotecnologia ◀

Recebido em 23/04/2015, aceito em 04/09/2015

Historicamente, os primeiros indícios da existência de tecidos datam de mais de 24 mil anos, e foram encontrados em países do Leste Europeu, indicando assim a presença da tecelagem no Período Paleolítico (Pezzolo, 2007). As primeiras matérias primas usadas eram de origem natural, sendo as mais importantes o linho, a lã, a seda e o algodão (Costa *et al.*, 2000). Atualmente, os tecidos são indispensáveis em nosso cotidiano na forma de roupas, roupas de cama, mesa e banho, uniformes, e podem ser utilizados em carros, ônibus, aviões, coletes salva vidas e até mesmo em coletes à prova de balas.

Também no Brasil os índios já usavam o algodão. Pero Vaz de Caminha relatou em sua carta para o rei D. Manuel I (1500) a presença de tecidos de algodão na terra recém-descoberta. Nesse documento, ele escreveu que um “pano” era empregado em redes, faixas e revestimentos de flechas. O “Relato do Piloto Anônimo”, outro documento escrito por um tripulante da expedição de Cabral, em 1500, também relata a presença dessas redes de algodão (Costa *et al.*, 2000).

Até hoje, as fibras naturais são muito utilizadas na indústria, sendo a do algodão a que possui maior destaque. Ele é uma preferência entre os jovens, já que compõe as camisetas e as calças jeans. Então, seja ele na forma de malha no caso das camisetas, ou como brim no caso das calças jeans, em ambos os casos o algodão pode ser utilizado na forma pura ou na forma mista. Nesta última, o tecido possui mais de um tipo de fibra na sua composição. Nesse caso, as fibras utilizadas em sua produção não perdem suas características, mas ao serem misturadas adquirem propriedades físico-químicas que não seriam alcançadas de maneira individual. Ao olhar a etiqueta de composição de uma calça jeans, por exemplo, é possível saber se o tecido utilizado encontra-se na forma mista ou pura. Uma calça pode conter etiquetas como: 100% algodão, ou 98% algodão e 2% elastano (poliuretano), ou até mesmo 78% algodão, 20% poliéster e 2% elastano. Existem, portanto, outras classes de fibras, além das naturais, que serão apresentadas ao longo deste artigo.

Preparação das fibras e fiação

O ponto de partida da fabricação de um tecido consiste na escolha das fibras, seguido da forma de tramar os fios, passando pelos acabamentos de tinturaria, estamparia e por fim

A seção “Química e sociedade” apresenta artigos que focalizam diferentes inter-relações entre Ciência e sociedade, procurando analisar o potencial e as limitações da Ciência na tentativa de compreender e solucionar problemas sociais.

pelos processos de preparação final. A química está presente na preparação de algumas fibras e em muitos acabamentos. Para entender melhor o processo químico presente na etapa inicial de produção dos tecidos, considere inicialmente a seguinte classificação das fibras.

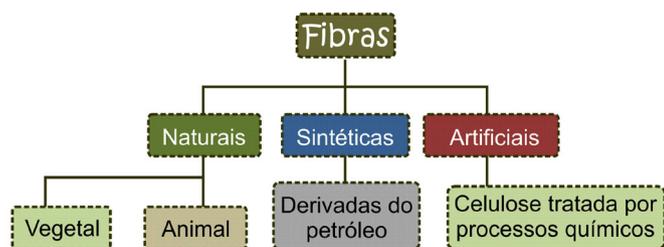


Figura 1: Classificação das fibras.

Como mostra a Figura 1, existem três categorias principais de fibras: naturais, artificiais e sintéticas, que englobam grande parte das utilizadas no mercado de acordo com seus métodos de obtenção e suas formas de produção. Imagens de alguns tipos de fibras obtidas por microscopia eletrônica de varredura podem ser visualizadas na Figura 2.

As fibras naturais são de origem animal ou vegetal, ou seja, são extraídas da natureza e podem ser usadas na fabricação de tecidos sem ter que passar por reações químicas de síntese ou de modificações estruturais. Algumas delas são partes integrantes de folhas, de caules, de sementes, de frutos, mas também podem ser produzidas por animais, como a lã, que é o pelo de carneiro. Elas podem até mesmo ser obtidas a partir de casulos produzidos por lagartas (seda). A seda, a lã e a crina são exemplos de fibras de origem animal, e o algodão (frutos), o linho (caule), a juta (caule) e o sisal (folhas) são exemplos de fibras de origem vegetal (Pezzolo, 2007).

Para o processo de fiação das fibras naturais, mostramos

na Figura 3 um exemplo detalhado do que ocorre no processo industrial de fiação do algodão.

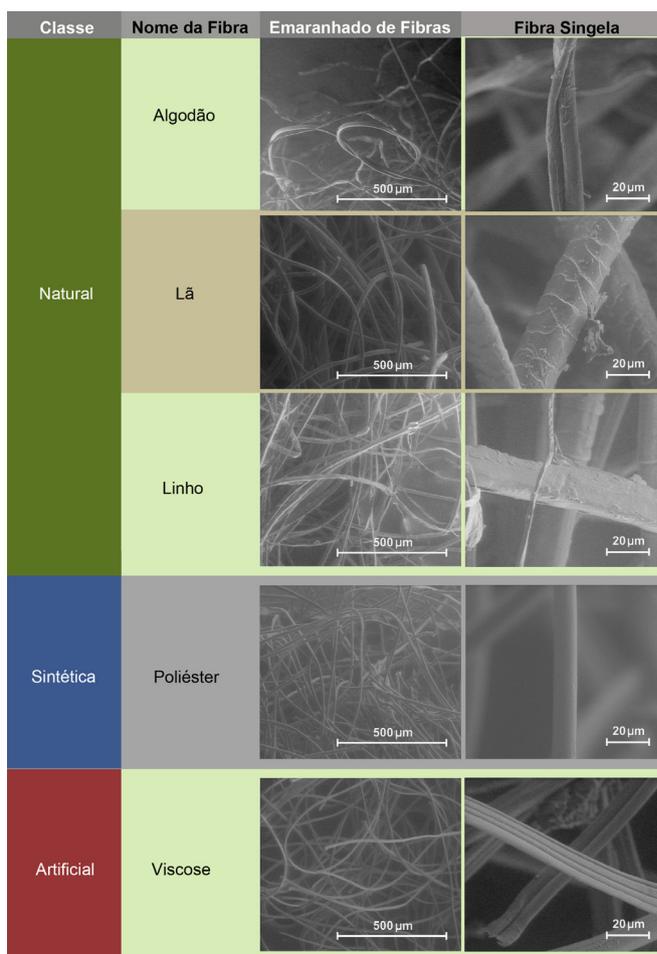


Figura 2: Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura de vários tipos de fibras.

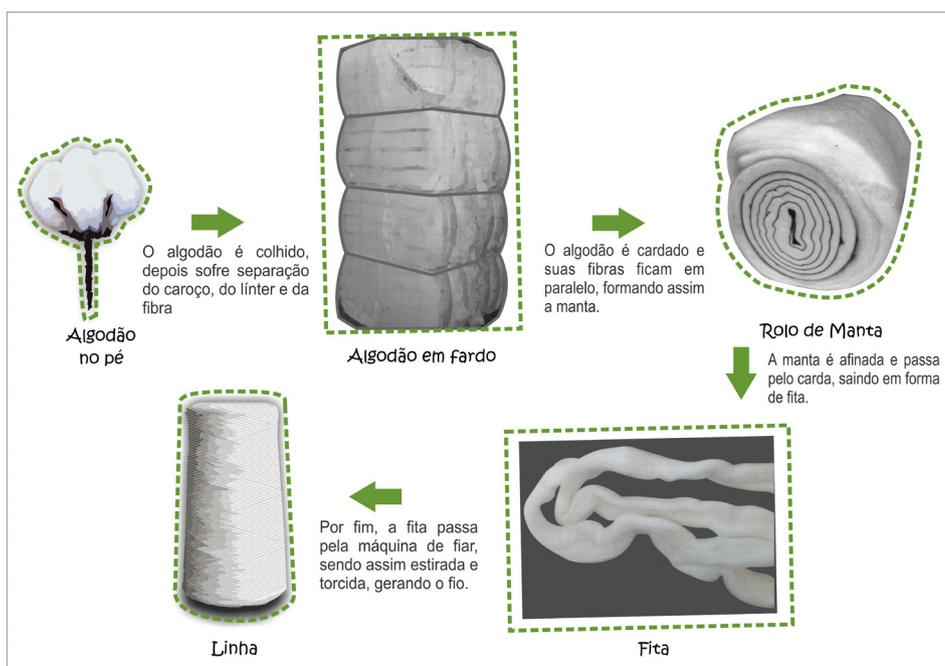


Figura 3: Rota da fiação do algodão.

As fibras artificiais produzidas no Brasil são obtidas por meio da utilização da celulose encontrada na pasta de madeira, ou em fibras curtas restantes na semente do algodão (Costa *et al.*, 2000, Salem, 2010). A celulose é tratada com diversos agentes químicos que variam de acordo com o fio que se deseja produzir. Esses tratamentos geram resinas como produtos, que em seguida passam por um processo de extrusão. Esse processo consiste em pressionar a resina através de furos finíssimos numa peça denominada fieira (Aguiar Neto, 1996). Para explicar o processo de extrusão usando um exemplo do nosso cotidiano, basta pensar em como o macarrão é feito: à medida que se pressiona uma massa por orifícios pequenos (Figura 4), ela vai saindo pelos buracos em forma de um fio fino do tipo espaguete. O mesmo ocorre com a resina das fibras artificiais: primeiro é feita a resina, e depois o fio é fabricado. Acetato e viscose são exemplos de fibras artificiais (Costa *et al.*, 2000).

Para se ter uma visão geral do processo, mostra-se aqui o caso da viscose de maneira simplificada. A produção tem início com lâminas de celulose sendo imersas em um banho

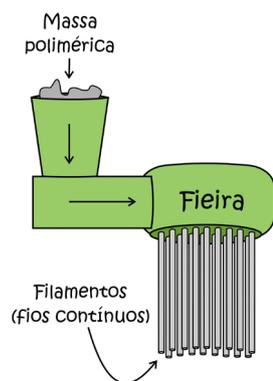


Figura 4: Transformação da massa polimérica em fio.

com soda cáustica. Por meio dessa reação é produzida a álcali-celulose, que em seguida é submetida à moagem e à sulfurização. A sulfurização consiste em um tratamento com bissulfeto de carbono (CS_2) que tem como produto uma resina - solução coloidal viscosa - denominada xantato de celulose. O xantato é misturado ao ácido sulfúrico para que haja a regeneração da celulose e, ao mesmo tempo, esta passa pelo processo de extrusão dando origem ao fio (Salem, 2010, Aguiar Neto, 1996). A Figura 5 mostra as reações químicas descritas.

As fibras sintéticas têm sua origem a partir da síntese de polímeros, os quais são fabricados a partir de pequenas moléculas orgânicas, derivadas do petróleo (Aguiar Neto, 1996, Callister Jr, 2012). Pode-se exemplificar, de maneira simplificada, com a produção do poliéster. Um dos métodos utilizados para a fabricação desse polímero é a reação entre o ácido tereftálico (um ácido dicarboxílico) e o etilenoglicol (um diálcool) (Wan *et al.*, 2001). Nesse caso, ocorre uma reação de adição com perda de água (Figura 6), chamada de reação de policondensação (Salem, 2010). A produção dos fios sintéticos é análoga à utilizada para os artificiais, ou seja, a resina preparada passa pelo processo de extrusão. Alguns exemplos de fibras sintéticas são o poliéster, o polipropileno, o nylon, o acrílico e o elastano (Costa *et al.*, 2000).

Cada fibra produzida pelos diversos processos possui características que a difere das demais. As principais características são: taxa de amarramento (resiliência), permeabilidade ao vapor de água (absorção e troca de umidade) e resistência à tração (tenacidade). Essas características são determinantes para a escolha da fibra adequada à aplicação desejada.

Pensando nessas características, um fato histórico interessante é que as fibras sintéticas e as artificiais - as chamadas fibras químicas - surgiram para substituir as naturais. Uma das justificativas para o desenvolvimento de fibras químicas

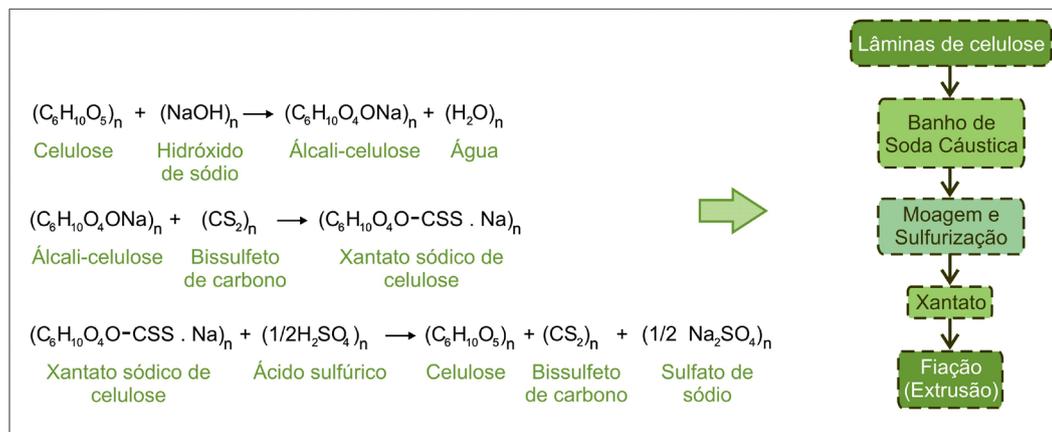


Figura 5: Fabricação e fiação da viscose.

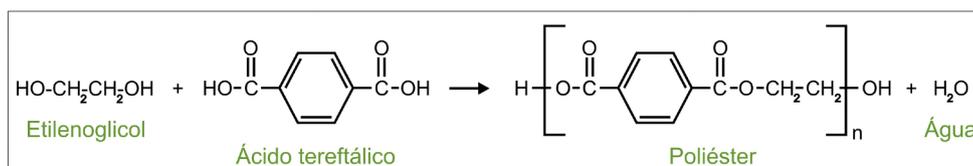


Figura 6: Reação de formação do Poliéster a partir do ácido tereftálico e do etilenoglicol.

seria a escassez de matéria prima natural e, além disso, algumas características como tenacidade e resiliência nem sempre eram alcançadas no grau desejado (Pezzolo, 2007). O fato é que ainda não se consegue, na indústria, produzir uma fibra química que seja idêntica a uma natural. A principal reclamação, por parte dos consumidores, é a baixa permeabilidade ao vapor de água, que causa uma sensação de desconforto, pois o suor fica retido entre a pele e o tecido. A baixa taxa de troca de umidade pode causar em um consumidor que está usando uma camisa 100% nylon uma sensação de abafamento, assim como mau cheiro, podendo levar até mesmo à proliferação de fungos na pele. Um exemplo famoso é a chamada camisa “Volta ao Mundo”, muito popular nas décadas de 60 e 70 (Villas, 2014). Embora na época ela tenha sido muito valorizada pelo fato de não precisar ser passada, apresentava o grande problema de possuir uma baixa taxa de permeabilidade ao vapor de água (Villas, 2006).

Na mesma época, o que havia de mais moderno para as calças masculinas era o tergal, ou melhor, um tecido que era 100% poliéster, ou um misto entre o poliéster e outra fibra (Casa Pinto, 2014, Villas, 2014). Um slogan muito famoso era o “senta levanta, senta levanta” do tecido *Nycron* - 100% poliéster fabricado pela empresa Sudantex (Costa *et al.*, 2000, Villas, 2014). Em suas propagandas, o fabricante ressaltava que as calças de *Nycron* dispensavam o ferro de passar e tinham um vinco permanente. Pode parecer estranho pensar que eram uma inovação os tecidos que dispensavam o uso do ferro de passar. Se isso hoje é algo comum, nas décadas de 1960 e 1970 representou um marco importante para as mulheres, já que, por meio desses tecidos, elas se viam livres da tarefa doméstica de passar roupas (Villas, 2014).

Para solucionar alguns dos problemas relacionados com as fibras químicas, uma das soluções encontradas foram os tecidos mistos, misturando-se fibras naturais com outros tipos de fibras (Pezzolo, 2007). Porém, essa não é a única solução. Além dela, as chamadas microfibras são muito usadas pela indústria e se aplicam aos tecidos que utilizam como matéria prima as fibras sintéticas. As microfibras possuem a mesma estrutura química das fibras artificiais e sintéticas comumente usadas, mas, diferente das tradicionais, possuem um diâmetro bem menor (Salem, 2010). Essa variação no diâmetro gera uma melhora nas características que estão relacionadas diretamente com a sensação de conforto. Embora essas fibras sejam consideradas as vilãs do mercado

da moda, pois apresentam baixa absorção e troca de umidade, elas são sem dúvida bem aceitas em áreas como a produção de paraquedas e na construção civil, como, por exemplo, na produção de telas ou membranas arquitetônicas e estruturas pneumáticas (Fibrenamics, 2014).

Tecelagem

Após a escolha da fibra e a confecção do fio, começa a fase de produção do tecido, sendo necessário escolher a forma de tramar os fios. Em princípio, pode-se pensar que o processo de tramar os fios é algo puramente mecânico. Porém, a forma como o material - neste caso, os fios - está organizado vai influenciar em algumas escolhas de acabamentos envolvendo agentes químicos.

Considerando a forma como os fios são tramados, há duas classificações gerais: tecido plano e malha. A diferença básica entre as duas é que na primeira a maneira como os fios se entrelaçam faz com que não haja mobilidade quando o tecido sofre algum tipo de estiramento. Em contrapartida, a segunda é resultado de um fio ou mais que são entrelaçados, sem laçadas fixas, permitindo assim que o tecido possa esticar ao sofrer estiramentos (Pezzolo, 2007).

Aprofundando um pouco mais em tecidos planos, chega-se às armações fundamentais: tafetá, sarja e cetim (Figura 7). A diferença entre as propriedades físicas dessas armações vai influenciar em seu emprego e na escolha de acabamentos químicos finais. O tafetá é semelhante a um tabuleiro de xadrez. Nele, os fios da largura do tecido (trama) estão entrelaçados aos do comprimento (urdume) sendo um por cima e o outro por baixo. Essa forma homogênea do tecido faz com que ele seja mais resistente em comparação aos outros tipos de armação. Já a sarja possui um salto entre os fios da trama e do urdume, formando um padrão de diagonal, permitindo assim menor aderência da sujeira e maior facilidade de limpeza. No cetim, por sua vez, o salto entre os fios é maior, não formando um padrão de diagonal. Esse maior salto garante um brilho característico, que é resultado da reflexão da luz que incide sobre os fios.

Beneficiamentos têxteis

Após a etapa de tecelagem, para que o tecido chegue às mãos do consumidor com as características desejadas é

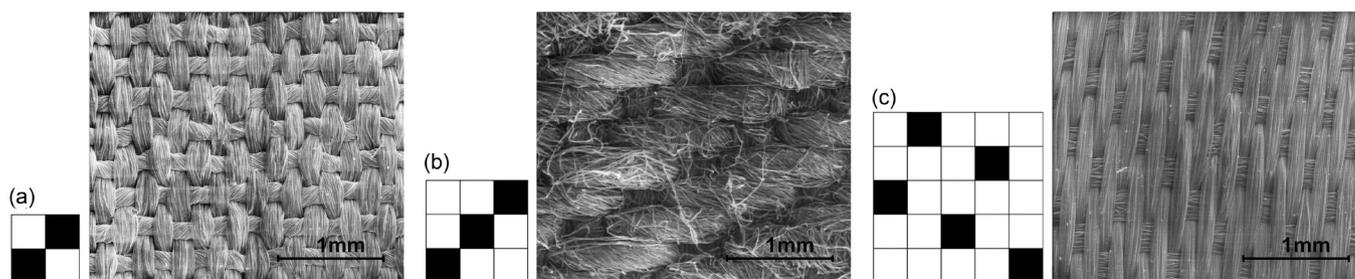


Figura 7: Desenho esquemático e imagens por microscopia eletrônica de varredura das armações fundamentais: (a) tecido 100% seda com armação tafetá, (b) tecido 100% algodão com armação sarja e (c) tecido 100% poliéster com armação cetim.

necessária a sua passagem por setores que irão empregar acabamentos adequados. Vale ressaltar que esses acabamentos estão relacionados ao pré-tingimento, ao tingimento e ao pós-tingimento, e que, portanto, não estamos levando em consideração que o tecido possa ter sido tramado com fios tintos (tingidos).

Em geral, os acabamentos aplicados aos tecidos estão divididos em três categorias: acabamentos primários, secundários e terciários. Os acabamentos primários são empregados antes dos processos de tinturaria e estamparia, sendo os mais utilizados: a escovagem, a navalhagem, a chamuscagem, a mercerização (no caso do algodão), o alvejamento e o branqueamento óptico (Juliano e Pacheco, s.d.). Os secundários envolvem a aplicação de corantes na tinturaria e de pigmentos na estamparia. Nesse caso, os corantes empregados variam de acordo com os tipos de fibras que constituem o tecido, sendo utilizado o corante direto, o corante disperso, o corante índigo, o corante ácido, o corante reativo, dentre outros. Já a estamparia pode ser realizada com a utilização de diversas técnicas: quadro, cilindro rotativo, batik, transfer, estamparia digital, etc. (Pezzolo, 2007). Por último, os acabamentos terciários são os que modificam as características físico-químicas do substrato (tecido) após os tratamentos de tinturaria e estamparia. Como exemplos desses acabamentos temos a calandragem, a flanelagem, o lixamento, a sanforização, os amaciantes, os acabamentos impermeabilizantes, a aplicação de nanopartículas, dentre outros (Juliano e Pacheco, s.d.).

A nanotecnologia

A utilização de partículas muito pequenas, as nanopartículas - da ordem de 10^{-7} m a 10^{-9} m - é um recurso empregado para solucionar problemas e agregar valores aos artigos têxteis (Costa, 2012, Ferreira *et al.*, 2014). As nanopartículas podem ser aplicadas desde a fabricação das fibras, quando se trata de fibras químicas, até nos acabamentos, com grande abrangência (Sánchez, 2006).

Ao se pensar em tecidos inteligentes, pode-se lembrar de que agora existem tecidos capazes de matar bactérias, minimizar ou acabar com o mau odor, liberar perfumes e cremes na pele, aplicar medicamentos, mudar de cor com a variação da temperatura, repelir sujeira, repelir vetores (mosquitos), proteger da radiação UV, apresentar ação hidrofóbica, repelir óleos e gorduras, ser retardante de chamas, dentre outros (Ferreira *et al.*, 2014, Perera *et al.*, 2013, Sánchez, 2006).

Muitos desses novos tecidos, ou tecidos inteligentes, têm como diferencial a presença de nanopartículas. Porém, elas não são o único recurso empregado. As microcápsulas e os microeletrônicos estão sendo também utilizados. Um exemplo são os tecidos que possuem microcápsulas de cosméticos, que na prática liberam um cosmético para a pele do usuário por meio da fricção do tecido ou por biodegradação. No caso dos microeletrônicos, a miniaturização desses componentes torna os tecidos capazes de, ao receber estímulos, produzir reações, como por exemplo, os uniformes de soldados

com fibra ótica integrada ao tecido para o monitoramento remoto. Tecidos com essas propriedades mostram que o mercado atual não está somente voltado para a roupa como mudança corporal estética, mas vem buscando solucionar problemas do cotidiano. A moda e a ciência se aliaram para atuar também em prol da proteção, conforto, saúde e segurança no trabalho, facilitando a vida de quem estuda e trabalha (Ferreira *et al.*, 2014, Sánchez, 2006). Daremos a seguir alguns exemplos envolvendo a produção de tecidos inteligentes por meio do emprego de nanopartículas.

Tecidos retardantes de chamas

Os tecidos conhecidos por serem capazes de retardar chamas são muito importantes na composição de artigos de proteção, tais como os uniformes utilizados pelo corpo de bombeiros e o revestimento de áreas suscetíveis ao fogo.

Na história desses acabamentos, a chamada “era de ouro” dos retardantes de chamas ocorreu entre as décadas de 1950 e 1980. Os primeiros acabamentos desse tipo foram desenvolvidos durante a Segunda Guerra Mundial, a fim de promover mais segurança pessoal. Porém, depois da Segunda Guerra, outros fatores impulsionaram o desenvolvimento desses acabamentos, tais como o desenvolvimento de indústrias fabricantes de fibras sintéticas e a chegada do homem à Lua (1969). Para a proteção dos astronautas, foi primordial o uso de fibras que fossem mais resistentes ao fogo, uma vez que a atmosfera das cápsulas espaciais é muito rica em oxigênio. Nesse mesmo período, outro acontecimento histórico importante foi a Guerra Fria. Durante a corrida armamentista, foram desenvolvidas por Ed Weil, da empresa *Stauffer Chemicals*, pesquisas de acabamentos retardantes de chamas a partir de compostos contendo fósforo, cujos produtos resultantes foram patenteados. Porém, no início da década de 1980, houve uma diminuição brusca na produção científica envolvendo tais materiais retardantes, já que se descobriu que muitos dos materiais desenvolvidos à base de compostos contendo fósforo apresentavam riscos à saúde por serem tóxicos ou carcinogênicos (Horrocks, 2011).

O grande desafio em relação aos acabamentos retardantes de chamas encontra-se nos materiais utilizados para sua obtenção, que, muitas vezes, geram forte impacto ambiental. Quando o substrato utilizado é de algodão, em muitos casos é empregado formaldeído na produção do retardante; já para revestimentos em tecidos usados em decoração são comumente utilizados retardantes à base de bromo. Uma solução que vem sendo empregada para diminuir os problemas ambientais está na aplicação de nanopartículas durante o processo de fabricação de fibras sintéticas, porém ela não abrange todas as aplicações desses acabamentos (Horrocks, 2013).

Para a confecção de trajés de proteção individual, a fibra mais usada é o algodão, porque quando a fibra pura entra em contato com o fogo ela queima, restando cinzas. Como exemplo prático, temos os jalecos ou aventais utilizados

na proteção individual por profissionais que trabalham em laboratórios de química. Nesse contexto, quando o jaleco é de algodão, ao entrar em contato com o fogo ele queima, mas o profissional que o está utilizando consegue removê-lo, mesmo que sofra queimaduras. Em contrapartida, as fibras sintéticas são polímeros termoplásticos, que em altas temperaturas sofrem fusão. Utilizando o exemplo anterior, caso o jaleco usado seja de poliéster, ele vai derreter e aderir sobre a pele do profissional, provocando queimaduras graves. (Ferreira Junior e Peixoto, 2013).

Retomando as técnicas atuais utilizadas para produção de tecidos retardantes de chamas, uma delas é o uso de recobrimentos contendo nanopartículas de sílica em tecidos de algodão (Figura 8), que tornam o substrato menos inflamável (Laufer *et al.*, 2011).

Como visto anteriormente, o algodão, ao entrar em contato com o fogo, causa menos danos do que as fibras sintéticas. Porém, o algodão puro não é capaz de retardar as chamas; por isso, seu uso sem acabamentos com essa propriedade acaba por se limitar à utilização em práticas que não possuem risco iminente de fogo. Portanto, seria impensável a utilização de um tecido 100% algodão sem acabamento retardante de chamas para a confecção de um uniforme para o corpo de bombeiros, por exemplo. Assim, a utilização de camadas contendo nanopartículas de sílica pode ser utilizada para retardar a queima do algodão. Essas nanopartículas criam uma barreira física na fibra, diminuindo seu contato com o meio, o que ocasiona uma diminuição na capacidade do substrato pegar fogo (inflamabilidade). Vale ressaltar que esse é um acabamento mais correto do ponto de vista ecológico, em comparação aos métodos tradicionais citados anteriormente (Laufer *et al.*, 2011).

No caso das fibras químicas, a incorporação de nanopartículas com a finalidade de tornar o tecido retardante de chamas pode ocorrer no processo de extrusão. A utilização de nanopartículas de argila vem sendo estudada para esse fim, uma vez que sua adesão durante a formação do fio gera um aumento na tenacidade e no ponto de fusão das fibras. (Horrocks, 2013). Uma possível justificativa para esse fato é que a presença desse material inorgânico, que possui um alto ponto de fusão, acaba por elevar o ponto de fusão da

fibra modificada, ou seja, do composto fibra polimérica e nanopartículas de argila, no caso das fibras sintéticas.

Tecidos Bactericidas

A roupa é uma barreira que separa nosso corpo do ambiente (Ferreira *et al.*, 2014), suportando variações de umidade e temperatura durante todo o dia. Essas variações podem criar sobre a superfície do tecido, ou sobre o nosso corpo, um ambiente favorável à proliferação de fungos e bactérias (Perera *et al.*, 2013).

As fibras que constituem o tecido, sejam elas naturais ou sintéticas, podem favorecer a proliferação de microrganismos que podem causar danos tanto à nossa saúde, como às nossas roupas. No caso das fibras naturais, que são hidrofílicas, elas podem criar um ambiente favorável para o alojamento de microrganismos. Isso ocorre porque a umidade proveniente do ambiente ou do suor fica retida no tecido. Portanto, a presença de bactérias e fungos pode gerar mau odor, manchas e até mesmo podridão nos tecidos. Em contrapartida, as fibras sintéticas, na sua grande maioria, são hidrofóbicas e sua taxa de troca de vapor de água é muito baixa. Dessa forma, elas favorecem a permanência do suor no corpo e facilitam a propagação dos microrganismos pela pele. As meias e as roupas íntimas feitas com esses materiais criam, na pele de quem as usa, um ambiente favorável para micoses, por exemplo (Perera *et al.*, 2013). Nesse contexto, tornou-se necessário o desenvolvimento de tecidos que fossem capazes de eliminar ou de impedir o desenvolvimento e a reprodução de microrganismos (Gao e Cranston, 2008).

Um recurso que vem sendo amplamente usado para essa finalidade consiste na utilização de nanopartículas constituídas de materiais inorgânicos (Perera *et al.*, 2013). Alguns exemplos são a utilização de materiais como: cobre, zinco, cobalto, ouro, dióxido de titânio, óxido de zinco e prata (Gao e Cranston, 2008, Perera *et al.*, 2013). Para isso podemos citar dois dos métodos utilizados na incorporação dessas partículas ao tecido: um é a adição das nanopartículas durante a extrusão das fibras sintéticas, e o outro é a incorporação de nanopartículas durante os processos de

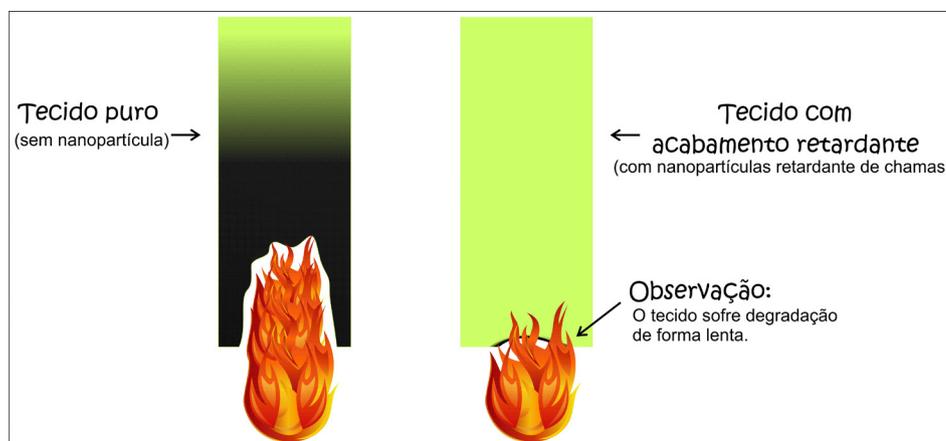


Figura 8: Teste de inflamabilidade em tecidos com e sem nanopartículas retardantes de chamas.

acabamento utilizando, por exemplo, o método sol-gel (Gao e Cranston, 2008).

Sem dúvida, o material que merece maior destaque em aplicações antimicrobianas é a prata, pois é o mais utilizado para incorporar nos tecidos essa função (Gao e Cranston, 2008). As nanopartículas de prata possuem, comprovadamente, atividade contra uma grande variedade de microrganismos, uma vez que apresentam grande área superficial, aumentando assim o contato com os microrganismos. Dessa forma, elas acabam por promover a inibição do crescimento e do desenvolvimento dos organismos patogênicos (Kulthong *et al.*, 2010, Perera *et al.*, 2013). Existem dois mecanismos propostos para justificar a atividade bactericida da prata. No primeiro, as nanopartículas desse material agiriam de maneira a danificar uma ou mais organelas essenciais presentes nesses organismos. Já segundo o outro mecanismo, as nanopartículas danificariam a parede celular (Figura 9), também essencial aos microrganismos (Gao e Cranston, 2008). Apesar de sua grande eficácia, o uso de nanopartículas de prata em tecidos e produtos hospitalares no Brasil ainda não foi aprovado pela Anvisa, por tratar-se de uma nova tecnologia ou produto. As nanopartículas de prata atuam principalmente como liberadoras de íons de prata, e vêm sendo usadas há mais de um século nos potes de barro para armazenamento de água potável, após sua introdução por Roberto Hottinger, Professor da Escola Politécnica de São Paulo e sanitarista, no tratamento da água para consumo doméstico. Além disso, a prata é o elemento de destaque nas pratarias que enobrecem a nossa mesa, e com certeza liberam muito mais prata na água de lavagem do que os tecidos antibacterianos e materiais hospitalares. Mesmo assim, esses produtos ainda não foram aprovados para uso nos hospitais brasileiros, onde o risco de infecção continua crescente, e em níveis alarmantes.

Hoje esse acabamento possui grande funcionalidade para tecidos que estão em contato com áreas mais suscetíveis a transmissões de microrganismos patogênicos, ou que estão expostos a grandes variações de umidade e temperatura. No primeiro caso podemos citar os jalecos, os pijamas, os aventais, as toalhas, os lençóis e os demais tecidos utilizados em hospitais (Perera *et al.*, 2013). No segundo caso temos: carpetes, cortinas de banheiros, barracas, tapetes, revestimentos de colchões, lonas, meias, revestimento de sapatos, roupas esportivas e moda íntima (Gao e Cranston, 2008, Perera *et al.*, 2013).

Tecidos com proteção UV

Outra importante aplicação, visando o uso cotidiano, são os tecidos capazes de nos proteger contra a radiação solar. A roupa do nosso dia-a-dia não se constitui em uma barreira eficiente contra a radiação solar: os tecidos sem nenhum acabamento específico contra as radiações emitidas pelo sol fornecem uma proteção que é insuficiente, uma vez que os materiais têxteis em muitos casos permitem a passagem da radiação UV para a nossa pele (Tarbuk, *et al.*, 2010).

A proteção contra a radiação UV, em um têxtil, é resultado de inúmeros fatores, dentre os quais, o tipo de fibra, a umidade presente na fibra, a densidade do tecido, a forma como os fios foram tramados (a armação escolhida), a tensão na tecelagem, e os pigmentos ou corantes presentes (Sánchez, 2006, Tarbuk, *et al.*, 2010). Sabe-se que a exposição à radiação UV em longo prazo pode causar danos à nossa pele e aos tecidos de nossas roupas. No caso de nossa pele pode levar a manchas, queimaduras e, em casos mais graves, é uma das principais causas de câncer de pele (Saravanan, 2007, Tarbuk *et al.*, 2010). A radiação UV também é responsável por degradar fibras têxteis e causar alterações em diversas propriedades desses materiais. Um exemplo é o *nylon* que, ao sofrer exposição aos raios ultravioleta, acaba sofrendo diminuição de propriedades como tenacidade e elasticidade, ficando quebradiço e sofrendo degradação mais rapidamente (Saravanan, 2007).

Nesse contexto, um material que tem grande destaque na confecção de tecidos com proteção solar são as nanopartículas de dióxido de titânio (TiO_2) (Figura 10). O TiO_2 é conhecido por apresentar uma excelente atividade fotocatalítica, por ser biocompatível, não tóxico, apresentar propriedades antimicrobianas e proteção UV, dentre outras (Radetic, 2013).

Grande parte das metodologias propostas para aplicação das nanopartículas de TiO_2 estão relacionadas ao método sol-gel, no qual uma solução coloidal é preparada e aplicada no tecido. Um mecanismo proposto para a ligação das fibras com o dióxido de titânio é o estabelecimento de ligação entre o átomo de titânio e os grupos carboxílicos presentes em algumas fibras (Radetic, 2013).

Porém, o mecanismo mais interessante é o que procura explicar a forma como as nanopartículas de dióxido de titânio são capazes de nos proteger dos raios solares. Uma observação experimental é que o TiO_2 apresenta boa absorção das

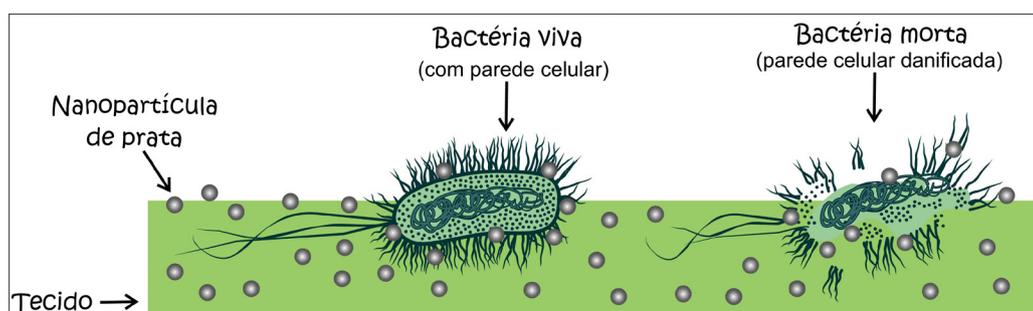


Figura 9: Tecido com nanopartículas de prata e ação bactericida.

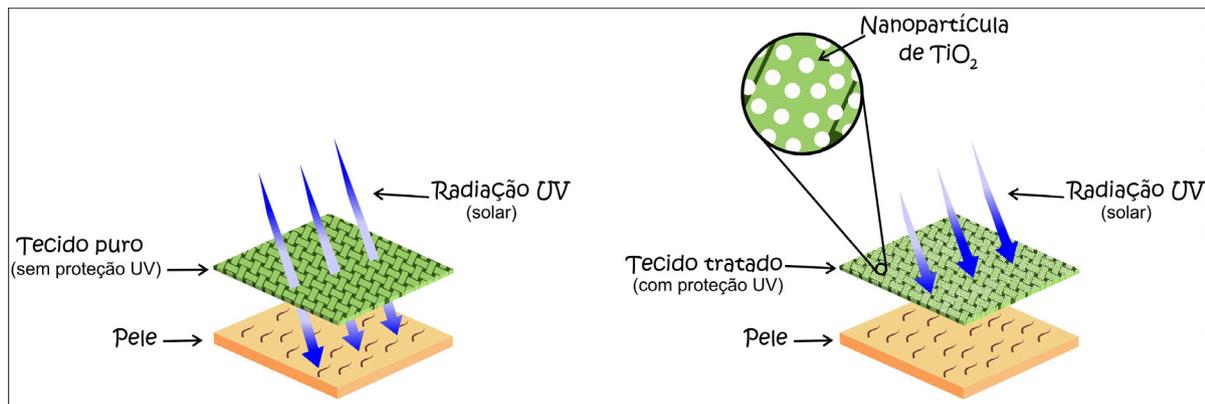


Figura 10: Tecidos com e sem proteção contra radiação UV.

radiações UV. Sendo assim, ao absorvê-las, impede que as mesmas danifiquem os tecidos de nossas roupas e a nossa própria pele (Saravanan, 2007). O dióxido de titânio também apresenta propriedades semicondutoras, promovendo a formação de cargas elétricas sob estímulo luminoso, e dessa forma pode levar à degradação dos materiais orgânicos em sua superfície, bem como a formação de espécies ativas de oxigênio, com atividade antibacteriana.

O uso desse acabamento vem sendo amplamente pesquisado, pois cada vez mais há uma crescente preocupação com a radiação ultravioleta emitida pelo sol, uma vez que estamos mais expostos a ela, devido aos problemas relacionados com a camada de ozônio (Sánchez, 2006). Dessa forma, os acabamentos com nanopartículas podem ser uma alternativa mais ecológica e menos tóxica. Além disso, é mais prática a utilização de roupas que apresentam um acabamento com proteção solar, pois com a utilização dessas, diminuem-se as áreas de risco e de exposição que necessitam da aplicação de protetores solares diretamente na pele.

Considerações Finais

Procuramos, neste artigo, oferecer uma visão geral de quais são os processos envolvidos na fabricação de um tecido e como os mesmos evoluíram. Foi possível observar o quanto a química está presente, seja na fabricação das fibras - no caso das chamadas fibras sintéticas - e nos acabamentos - sejam eles primários, secundários ou terciários. Observamos que a nanotecnologia vem se tornando uma ferramenta importante

no desenvolvimento dos chamados tecidos inteligentes, como, por exemplo: tecidos capazes de retardar chamas, ou com a capacidade de matar bactérias, e até mesmo tecidos que são capazes de nos proteger da radiação UV emitida pelo Sol. Apresentamos, de maneira geral e sucinta, como algumas nanopartículas atuam na superfície dos tecidos. Por meio desse texto, buscamos apresentar, aos alunos e professores, exemplos que elucidam a química nos processos têxteis e o quanto a nanotecnologia vem contribuindo para que esses sejam realizados com maior valor agregado e de forma mais ecologicamente correta. Esperamos, assim, ter instigado ainda mais a curiosidade sobre os nanomateriais.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos órgãos de fomento FAPEMIG, CNPq, CAPES e FINEP, e ao Centro de Microscopia da UFMG pelas imagens.

Anne Velloso Sarmento Gomes (anneveloso@qui.grad.ufmg.br), bacharel em Design de Moda e graduanda em Química. Laboratório de Materiais Nanoestruturados, Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, MG – BR. **Ney Róblis Versiani Costa** (neycosta@fumecc.br), especialista em Design de Moda. Laboratório de Tecnologia Têxtil, Universidade FUMEC; Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, MG – BR. **Nelcy Della Santina Mohallem** (nelcy@ufmg.br), doutora em Física Aplicada. Laboratório de Materiais Nanoestruturados, Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, MG – BR.

Referências

- AGUIAR NETO, P. P. *Fibras têxteis*. 1 ed. Rio de Janeiro : SENAI/CETIQT, 1996. v.1.
- CALLISTER JR, W. D. *Ciência e Engenharia de Materiais: uma Introdução*. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012
- CASA PINTO. *Glossário Têxtil: tergal*. Disponível em: <<http://www.casapinto.com.br/glossario.asp#Tergal>>. Acesso em: 20 out. 2014.
- COSTA, Mirko. Nanotecnologia. O que é? *Química Têxtil*, n. 106, p. 3-11 , mar. 2012.
- COSTA, S.; BERMAN, D. e HABIB, R. L. 150 anos da in-

dústria têxtil brasileira. Rio de Janeiro: SENAI/CETIQT, 2000. 178 p.

FERREIRA, A. J. S.; FERREIRA, F. B. N. e OLIVEIRA, F. R. Têxteis Inteligentes: Uma breve revisão da literatura . *REDIGE*. v.5, n.1, p. 1-22 , abr. 2014

FERREIRA JUNIOR, A. S. e PEIXOTO, A. F. V. Roupas de Proteção Individual: um horizonte importante para as indústrias têxteis e de confecção do Brasil. *REDIGE*. v.4, n.1, p. 1-19 , abr. 2013

FIBRENAMICS. *Arquitetura*. Disponível em: <<http://www.fibrenamics.com/pt/areas/architecture>>. Acesso em: 2 out. 2014.

GAO, Y. e CRANSTON, R. Recent Advances in Antimicrobial

Treatments of Textiles. *Textile Research Journal*, v. 78, n.1, p. 60-72, jan. 2008.

HORROCKS, A. R. Flame retardant challenges for textiles and fibres: New chemistry versus innovatory solutions. *Polymer Degradation and Stability*. v. 96, p. 377-392, mar. 2011.

HORROCKS, A. R. Textile flammability research since 1980: Personal challenges and partial solutions. *Polymer Degradation and Stability*. v. 98, p. 2813-2824, dez. 2013.

JULIANO L. N. e PACHECO S. M. V. *Estamparia e Beneficiamentos Têxteis*. Araranguá: CEFET/SC, s.d.

KANGWANSUPAMONKON, W. e MANIRATANACHOTE, R. Determination of silver nanoparticle release from antibacterial fabrics into artificial sweat. *Particle and Fibre Toxicology*, v. 7, p. 1-9, abr. 2010.

KULTHONG, K.; SRISUNG, S.; BOONPAVANITCHAKUL, K.; LAUFER, G.; CAROSIO, F.; MARTINEZ, R.; CAMINO, G. e GRUNLAN, J. C. Growth and fire resistance of colloidal silica-polyelectrolyte thin film assemblies. *Journal of Colloid and Interface Scienc.*, v. 356, p. 69-77, abr. 2011.

PERERA, S.; BHUSHAN, B.; BANDARA, R.; RAJAPAKSE, G.; RAJAPAKSE, S.; BANDARA, C. Morphological, antimicrobial, durability, and physical properties of untreated and treated textiles using silver-nanoparticles. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, v. 436, p. 975-989, set. 2013.

Physicochem. Eng. Aspects, v. 436, p. 975-989, set. 2013.

PEZZOLO, D. B. *Tecidos: tramas, tipos e usos*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007. 328 p.

RADETIC, M. Functionalization of textile materials with TiO₂ nanoparticles. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, v.16, p. 62-76, set. 2013.

SALEM, V. *Tingimento Têxtil: fibras, conceitos, e tecnologias*. São Paulo: Blucher, 2010. 297p.

SÁNCHEZ, J.C. Têxteis inteligentes. *Química Têxtil*. n.82, p- 58-77. 2006.

SARAVANAN, D. UV Protection Textile Materials. *AUTEX Research Journal*, v. 7, n.1, p. 53-62, mar. 2007.

TARBUK, A.; GRANCARIC, A. M.; SITUM, M. e MARTINIS, M. UV Clothing and Skin Cancer. *Collegium Antropologicum*, v. 34, suppl. 2, p. 179-183, abr. 2010.

VILLAS, A. *A alma do negócio: como eram as propagandas nos anos 50, 60 e 70*. São Paulo: Globo Estilo, 2014. 208 p.

VILLAS, A. *O mundo acabou!* Rio de Janeiro: Globo, 2006. 309 p.

WAN, E.; GALEMBECK, E. e GALEMBECK, F. Polímeros Sintéticos. *Química Nova na Escola*. Cadernos Temáticos, n.2, Edição Especial, p. 5-8, maio 2001.

Abstract: *Fabrics and Nanotechnology*. The development of materials science is increasing, because, more and more, new materials are being pursued, adding practicality, safety, protection and usefulness to our daily lives. In this context, this paper presents the sector of fabric production, since it is relevant for many distinct areas, from clothes production to the aerospace sector. It also presents a general view of chemical processes involved in the making of fabrics and how nanotechnology can contribute to the production of smart fabrics. Thereby, the use of nanoparticles can add value to textile materials in a more eco-friendly way. Throughout the text, simple explanations regarding the performance of some nanoparticles incorporated to fibers are presented.

Keywords: textiles, smart fabrics, nanotechnology