

**NANOTECNOLOGIA:  
UMA NOVA PERSPECTIVA NA INDÚSTRIA DA MODA<sup>1</sup>**  
*NANOTECHNOLOGY: A NEW PERSPECTIVE IN THE FASHION INDUSTRY*

**Henrique de Souza Goulart<sup>2</sup>, Julie Petry Vescia<sup>2</sup> e Felipe Ferreira Luz<sup>3</sup>**

**RESUMO**

A crescente demanda do mercado por fibras têxteis que tenham uma funcionalidade adicional alavancou as pesquisas na área de tecidos tecnológicos, trazendo inúmeros avanços, dentre eles, os tecidos que usam o recurso da nanotecnologia. Como uma nova perspectiva, os tecidos que usam nanotecnologia aparecem como o principal recurso para essa nova fase na indústria têxtil. Porém, a falta de material bibliográfico disponível sobre o assunto dificulta futuras possíveis aplicações da tecnologia. Assim, neste artigo foram mapeadas pesquisas e aplicações da nanotecnologia na produção têxtil, mostrando os resultados para discussão no Brasil. Esta abordagem esclarece pontos principais sobre o uso de nanotecnologias na produção têxtil, trazendo para a realidade brasileira o debate desse tema que já é uma tendência mundial. As nanofibras representam um potencial de inovação para a indústria da moda e emergem com soluções eficazes em diversos ramos da indústria.

**Palavras-chave:** fibras, nanofibras, nanotêxteis, tecido.

**ABSTRACT**

*The growing demand for textile fibers with additional functionality increases the research in the technological fabric area, bringing numerous advances, including the fabric that uses nanotechnology resource. As a new perspective, the fabric using nanotechnology appears as the main resource for this new phase in the textile industry. However, the lack of available bibliographic material on the subject hinders future possible applications of the technology. This article seeks to map nanotechnology research and applications in textile production, bringing the results for discussion in Brazil. This approach aims to clarify the main points of nanotechnology use in textile production, bringing to the Brazilian reality the discussions of this subject, which is already a global trend. Nanofibers are an innovative potential for the fashion industry, and emerge as effective solutions in various industry branches.*

**Keywords:** fibers, nanofibers, nanotextiles, fabric.

---

<sup>1</sup> Artigo de Iniciação Científica.

<sup>2</sup> Acadêmicos do curso de Tecnologia em Design de Moda - Centro Universitário Franciscano. E-mails: henriquesouzagoulart@gmail.com; juvescia@gmail.com

<sup>3</sup> Orientador. Docente do curso de Tecnologia em Design de Moda - Centro Universitário Franciscano. E-mail: felipe.luz@unifra.br

## INTRODUÇÃO

A nanotecnologia atua em escala nanométrica, que é equivalente a um milionésimo de milímetro, permitindo modificações nos átomos e moléculas de fibras e o desenvolvimento das chamadas nanofibras. Embora empresas nacionais já apresentem artigos têxteis com adição de nanomateriais, este assunto é ainda pouco estudado não apenas no Brasil, mas também no restante do mundo é isso é evidenciado pela baixa produção bibliográfica específica do assunto. As investigações sobre os materiais desenvolvidos em escala nanométrica abrangem diversas áreas da ciência e da tecnologia, criando uma abordagem multidisciplinar que reúne física, química e design. No ramo têxtil existem duas áreas principais de aplicação: o desenvolvimento de nanofibras e o desenvolvimento de acabamentos funcionais, sendo estas as linhas de pesquisa mais exploradas no mundo atualmente.

Desenvolver nanofibras é criar uma nova fibra cuja estrutura foi desenvolvida para atender a uma necessidade. Já os acabamentos funcionais são tratamentos aplicados às fibras pré-existentes, que adicionam características funcionais a tecidos convencionais. No decorrer deste texto serão abordados exemplos de aperfeiçoamento em tecidos usando nanotecnologia. Esses aperfeiçoamentos podem tanto ser de ordem cotidiana, como impermeabilidade, anti-amarrotamento, durabilidade de cores, autolimpante e melhor desempenho térmico, como de prevenção médica, como proteção aos raios ultravioletas (UV), proteção às bactérias, liberação controlada de produtos medicinais, nanopartículas de cerâmica para prevenção de doenças ou, ainda, auxílio em situações de risco, como proteção à estática e retardante de chamas.

De forma geral, são muitas as vantagens do uso de tecnologias nanométricas em produtos têxteis, entretanto, existem algumas possíveis desvantagens a serem estudadas, como prováveis riscos aos usuários ou até mesmo para o meio ambiente. Sendo assim, faz-se necessária uma investigação prolongada que pode apontar as possíveis consequências. Este artigo visa então, analisar as aplicações e finalidades dos nanotêxteis, elencando possíveis vantagens e desvantagens do mesmo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido através de uma consulta bibliográfica na área do design de moda e da nanotecnologia em diversas áreas. A nível macro, dentro da aplicação comercial, mapeou-se o cenário geral da indústria têxtil, desmembrando este panorama no setor secundário e terciário da indústria, aferindo produtos e custos. Além disso, levantou-se hipóteses sobre as razões que ainda estão impedindo o seu uso mais abrangente no nosso cotidiano. Diante desse contexto, o presente estudo expõe as condições de desenvolvimento da nanotecnologia como forma de favorecer a competitividade do setor têxtil brasileiro no cenário internacional, levando em consideração quais contribuições a nanotecnologia pode trazer à indústria têxtil brasileira, como forma de inovação e

para que esse aumento ocorra. Ainda nesse contexto, apresenta-se as contribuições e aplicações que a nanotecnologia tem na sociedade e quais são os riscos da sua aplicação. Após estabelecer as novas perspectivas do mundo da moda com a intervenção da nanociência na indústria têxtil, o presente estudo apresenta uma reflexão sobre o risco do uso dos nanomateriais para o meio ambiente e/ou para a saúde.

## **NANOTECNOLOGIA: UMA CONTEXTUALIZAÇÃO**

Nanotecnologia é a habilidade de manipular átomos e moléculas individualmente (MILLER et al., 2005 apud BASTOS, 2006). De uma forma simplificada, nanotecnologia é uma ciência relacionada à modificação da matéria a nível molecular, visando à manipulação ou criação de novos materiais, substâncias e produtos com uma precisão de nível atômico (BASTOS, 2006). As nanopartículas têm cerca de 100 nanômetros de diâmetro (um nanômetro equivale a um milionésimo de milímetro) e apresentam propriedades modificadas ou novas se comparadas a partículas maiores de um mesmo material. Segundo Filgueiras e Fernandes (2008), o controle e a fabricação de novas estruturas de nanopartículas permitem influenciar e modificar o resultado das propriedades das mesmas.

Historicamente, a nanotecnologia é recente. Em 1959 o pesquisador Richard P. Feynman paleou sobre o assunto, em um encontro anual no Instituto de Tecnologia da Califórnia, sendo que essa apresentação se tornou um artigo científico clássico do século XX, dada a visão tecnológica defendida por Feynman (1959). Segundo Bastos (2006), o pesquisador visualizou uma tecnologia capaz de construir nano-objetos e modificações atômicas e moleculares, visões estas que se tornaram a base da Nanotecnologia Molecular. Essas pesquisas passaram a ter algum interesse governamental (nos Estados Unidos) a partir dos anos 90, mas foi somente nos anos 2000 que uma grande parcela de verba foi destinada para pesquisas com esse tema.

O grande atrativo desse assunto é o potencial de precisão e qualidade que a nanotecnologia oferece. No futuro, estima-se que seja difícil para uma empresa competir usando métodos tradicionais de produção (BASTOS, 2006). Alguns autores, como Levy (2000), afirmam ser possível que os resíduos de uma linha de montagem sejam reduzidos quase que em sua totalidade, além da possibilidade de se produzir materiais mais puros.

A nanotecnologia não é uma indústria em si, é uma tecnologia subjacente em vários setores e já pode ser considerada um negócio que movimenta a economia e atrai cada dia mais investimentos em todo o planeta. Segundo Bastos (2006), podemos afirmar que a nanotecnologia está aparecendo como uma próxima revolução tecnológica, o que trará efeitos para todos os aspectos da nossa vida. Em diversas áreas de estudos há o consenso de que a capacidade de construção molecular irá mudar o mundo em que vivemos e que serão necessárias novas abordagens científicas, financeiras, éticas e legais sobre produtos e usos de nanotecnologias. No Brasil, desde 2001 existe a Iniciativa Brasileira em

Nanotecnologia, criada para formar uma rede de pesquisa sobre o tema, que conta com a participação de centenas de instituições de pesquisa em todo país, aliados a grupos de excelência no exterior.

A nanotecnologia tem avançado no aproveitamento de fibras em diversos segmentos, tais como a indústria do papel, da construção e a têxtil. Ainda na área têxtil, a manipulação de nanopartículas pode proporcionar ao produto, um aumento das propriedades funcionais, aumentando o grau de inovação dos produtos têxteis (FILGUEIRAS; FERNANDES, 2008).

## **NANOFIBRAS E ACABAMENTOS FUNCIONAIS**

A nanotecnologia permite que sejam produzidos muitos materiais novos, incluindo as fibras. Tais fibras são reduzidas de micrômetros para nanômetros, sendo chamadas de nanofibras, e podem possuir características multifuncionais (BRITES, 2015). No setor comercial, são consideradas nanofibras as que possuírem diâmetro menor que 500 nm. As características de diâmetro e morfologia fazem com que essas fibras sejam passíveis de funcionalização (NISTA, 2012).

A definição de acabamentos funcionais em materiais têxteis, segundo Ferreira (2009), seria conferir propriedades multifuncionais a esses materiais, a partir da aplicação de partículas ultrafinas produzidas com nanotecnologia. Dentro de acabamentos funcionais, podemos destacar o nanorevestimento, definido como sendo um acabamento aplicado à superfície do tecido, fio ou fibra por impregnação do nanomaterial em solução química (MARTINS, 2015) e também, conforme Hinestroza (2007), adicionar novas funcionalidades a fibras naturais já utilizadas e conhecidas, preservando a aparência e o conforto.

## **APERFEIÇOAMENTOS NANOTECNOLÓGICOS TÊXTEIS**

Segundo Ferreira (2009), pode-se definir os aperfeiçoamentos em duas grandes áreas: melhoramento de funções já existentes e comportamento de têxteis; e desenvolvimento de materiais inteligentes com propriedades inteiramente novas. Os processos que geram novas composições em escala molecular e atômica têm maiores possibilidades de manipulações e conseqüentemente mais características e propriedades alcançadas, porém esses processos ainda são menos explorados, pois requerem estudos mais aprofundados (FERREIRA, 2009).

Podemos conseguir diversos efeitos com um único tratamento baseado apenas em nanotecnologia, sendo que os acabamentos funcionais tornam o processo mais barato e simples (FERREIRA, 2009). Esses acabamentos podem ser chamados de nanorevestimentos, pois são aplicados na superfície do produto têxtil como uma espécie de revestimento (MARTINS, 2015). Diversas pesquisas demonstram que esses acabamentos podem apresentar inúmeras funcionalidades, conforme cita Martins (2015): hidrofílico, antiestático, antifeltragem, retardador de cha-

mas, hidratante, anti-insetos, anti-UV, antitranspirante, repelente de água ou óleo, reguli-transor térmico, antiodor e liberação de fragrâncias.

Quanto às aplicações, as fibras multifuncionais e os acabamentos funcionais baseados em nanotecnologia servem para aprimorar fibras e tecidos, melhorando seu desempenho e auxiliando em diversas tarefas não só profissionais e medicinais, como também no cotidiano. Adicionando nanopartículas de prata nas roupas, por exemplo, essas adquirem uma grande capacidade de matar fungos e bactérias e de prevenir maus odores que são causados pelos mesmos. Como as nanopartículas são extremamente pequenas, mesmo após receber o tratamento, a roupa continua com o mesmo conforto e textura (HINESTROZA, 2007). Segundo Soutter (2012), a prata é antimicrobiana por natureza e o uso das nanopartículas de prata para evitar odores de suor já está sendo amplamente utilizado em roupas esportivas, porém, deve-se estar atento aos possíveis riscos desse uso.

Hinestroza (2007) cita ainda que o mesmo tratamento pode conferir simultaneamente duas novas características à mesma fibra, ou seja, é possível ter um tecido com um controle de cor extremamente preciso e, ao mesmo tempo, com capacidade bactericida.

Ficar exposto ao sol e ao calor excessivo sem proteção adequada, além de causar desmotivação e fadiga, pode representar um alto risco à saúde. Muitas tarefas cotidianas e profissionais são, obrigatoriamente, executadas sob o sol e deve-se destacar que grande parte dos uniformes para trabalhadores externos não são apropriados para a proteção contra os raios ultravioleta (MARTINS, 2015). Essa proteção pode ser conseguida incorporando nanopartículas de dióxido de titânio ou óxido de zinco aos tecidos. Ambas as partículas dispersam a luz ultravioleta e são mais eficazes quando na forma de nanopartículas, e não partículas maiores (CAVE, 2014).

Ainda segundo Cave (2014), o dióxido de titânio ou óxido de zinco podem, juntamente com o óxido de estanho, ser acrescentados ao tecido, tornando-o antiestático. Fibras de nylon e poliéster, bem como a maioria dos tecidos sintéticos, tendem a reunir carga estática e essas nanopartículas aplicadas ao tecido ajudam a dispersar essa carga.

Existem várias formas de tornar um tecido repelente de água. Uma delas é o tecido de poliéster revestido com nanofilamentos de silicone, desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Zurique. Esse arranjo foi inspirado nas folhas de lótus, que possuem uma combinação semelhante de nanoestruturas hidrofóbicas. A aplicação de nanofilamentos de silicone para tornar um tecido à prova d'água obteve melhores resultados em fibras de poliéster, mas pode também ser aplicado em algodão e lã (SOUTTER, 2012). Esse arranjo reduz a resistência da roupa com a água, sendo assim, seria uma aplicação muito interessante em roupas atléticas para esportes aquáticos.

Outro exemplo de aplicação de nanotecnologia em fibras e tecidos são as nanocápsulas. Elas consistem de ingredientes encapsulados integrados entre as fibras do tecido e que são liberados com o calor, com o movimento ou com o tempo. Tecidos que possuem compostos orgânicos como extrato de oliva, cafeína e retinol nanoencapsulados, já são utilizados por várias marcas para

hidratar a pele e evitar a celulite (MACIEL et al., 2014). Várias outras substâncias podem vir a ser nanoencapsuladas, adicionando diferentes funcionalidades ao tecido, como repelentes de insetos (SANTIN, 2016), nanocerâmicos para tratamento de diversas doenças circulatórias ou por lesão de músculos e tendões, entre outros.

## PERSPECTIVAS DE MERCADO

A indústria têxtil brasileira pode ser considerada como um segmento em transformação, representada pela Associação Brasileira da Indústria Têxtil - ABIT, que objetiva atender a todas as demandas da cadeia produtiva do setor. No que tange às inovações tecnológicas, a nanotecnologia é um dos principais focos da associação, bem como a importação de novas tecnologias que visam a elaboração de novos produtos, com diferenciais de qualidade e que façam concorrência com os produtos estrangeiros.

No que tange ao futuro do desenvolvimento da nanotecnologia, Gouvea (2010) afirma que o Brasil enfrenta uma série de desafios. Em contrapartida a outros países, falta incentivo do poder público brasileiro na elaboração de um plano de desenvolvimento de pesquisas em nanotecnologia, além da parca participação do setor privado nacional.

De acordo com Caldeira et al. (2014), “O mercado internacional tem, atualmente, por volta de 800 produtos de consumo com nanotecnologia que resultam da manipulação de partículas 100 mil vezes mais finas que um fio de cabelo”. Segundo a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia - IBN, existe hoje uma “produção significativa no Brasil nos temas de manipulação de nano-objetos, nanoeletrônica, nanomagnetismo, nanoquímica e nanobiotecnologia, incluindo os nanofármacos, a nanocatálise e as estruturas nanopoliméricas.” Contudo, ainda segundo a IBN, algumas atividades como “a nanofabricação, apesar de apresentarem grandes perspectivas de geração de produtos e aplicações, estão atualmente limitadas ao meio acadêmico, em algumas universidades e centros de pesquisa que realizam pesquisa e desenvolvimento de técnicas de fabricação, análise e aplicações em dispositivos eletrônicos, sensores, peneiras, canais para fluídica e membranas” (BRASIL, 2013).

Gouvea (2010) destaca que, apesar de as pesquisas em nanotecnologia serem de natureza recente no Brasil, existem esforços para consolidar parcerias de estudos cooperados com diversos países como Argentina, Canadá, Índia e África do Sul. Ainda segundo este autor, estima-se que existam cerca de 40 empresas no país que investem em pesquisas na área de nanotecnologia, sendo que entre elas, apenas uma pequena parcela é do setor têxtil.

## CENÁRIO DA INDÚSTRIA TÊXTIL

A indústria têxtil nacional busca, a todo custo, aumentar sua competitividade em relação ao mercado internacional. Segundo Caldeira et al. (2014), “com a inovação, novos produtos surgem e ou-

tras fatias do mercado são alcançadas ou criadas, aumentando, então, sua lucratividade”. Portanto, para qualquer empresa, novos produtos e serviços são maneiras relevantes de manter a empresa competitiva. Sendo assim, as pesquisas em nanotecnologia surgem como umas das mais promissoras e inovadoras propostas para o setor têxtil, considerando que proporciona o desenvolvimento de novos produtos com propriedades diferenciadas e nunca antes vistas e, também, o melhoramento de produtos já existentes no mercado. Isso ocorre porque, conforme abordam Caldeira et al. (2014) “a nanotecnologia, através de estudos molecular ou supramolecular, busca entender propriedades e características de suas estruturas de maneira a possibilitar o desenvolvimento de novas composições mais eficientes”.

O setor têxtil brasileiro atua com papel de destaque no desenvolvimento socioeconômico do país. A cadeia têxtil nacional conta com empresas que atuam desde a plantação de algodão e produção de fibras sintéticas, fiações, tecelagens, beneficiadoras, confecções e comércio atacadista e varejista, até os desfiles de moda. Conforme a ABIT (2013), o país é referência internacional em segmentos como o design de moda praia, *jeanswear* e *homewear*, com destaque para ampliação dos produtos nacionais de moda fitness e lingerie no mercado internacional.

## SETOR SECUNDÁRIO: PRODUTOS

Em meados dos anos 90, o setor têxtil brasileiro correspondia a 14% dos empregos gerados na indústria nacional, na qual importantes investimentos para modernização e expansão foram realizados. Contudo, após oito anos, gargalos como a ausência de parcerias estratégicas para o desenvolvimento de novos produtos, baixa informatização e baixos investimentos em modernização tecnológica não foram sanados, o que fez com que a participação do Brasil caísse de 0,7% nos anos 90 para 0,3% nos anos 2000, mesmo com o crescimento do consumo global de produtos têxteis, segundo relatório do BNDES (2009). Nesse contexto, no país são poucas as confecções que investem em pesquisas para desenvolvimento e aplicação de nanotecnologia em seus produtos, atualmente.

A empresa catarinense Malwee oferece uma linha de produtos fitness que associa cosmética e moda, a coleção com hidratante nanoencapsulado foi desenvolvida pela Malwee em parceria com a Nanovetores. Também, há algumas marcas que incorporam o uso do tecido Emaná em seus produtos, já que uma das características desse tecido é estimular a circulação sanguínea. Fica claro que em relação ao mercado nacional, no que tange ao desenvolvimento e à aplicação de tecnologias nano, o Brasil está muito atrás da realidade internacional.

## SETOR TERCIÁRIO: CUSTO

Aplicar nanotecnologia requer uma intensa pesquisa com custo elevado. Apesar de a indústria têxtil internacional estar em processo de expansão e apresentar oportunidades de inovações em toda

sua cadeia produtiva, a nanotecnologia é uma tecnologia de alto custo que necessita de incentivos e investimentos constantes os quais, hoje, o Brasil ainda não apresenta.

O desenvolvimento de pesquisas com a nanotecnologia certamente exige espaços adequados, que representam um grande investimento em equipamentos, instalações e capacitação de pessoal, além dos custos expressivos para manutenção e operação destes espaços. Segundo o site Revista Digital (2011), em oito anos - de 2000 a 2007 - o investimento federal em nanotecnologia somou R\$ 195 milhões, isso representa menos de 5% da soma total dos investimentos em pesquisa no país no mesmo período. Porém, mesmo com esse cenário de pouco incentivo por parte do Estado, pequenas e médias empresas brasileiras têm investido em nanotecnologia. Há cerca de 100 empreendimentos na área, segundo o site Exame (2015), que, não obstante encarem a falta de incentivo do governo, ainda lutam contra o gargalo da falta de regulamentação sobre o desenvolvimento da nanotecnologia. Ainda segundo o mesmo site (2015), em 2014 o Brasil passou a integrar o NanoReg, “um projeto de pesquisa com foco na regulamentação em nanotecnologia, proposto por um consórcio de mais de 50 instituições do mundo todo, entre empresas, universidades, institutos de pesquisa, institutos de metrologia e órgãos de governo, com financiamento da União Europeia”.

Dentre os objetivos do projeto está o de disponibilizar aos legisladores um conjunto de ferramentas para avaliação de risco e instrumentos de tomada de decisão, a curto e médio prazo. “Outra meta é desenvolver e estabelecer uma estreita colaboração entre governos e indústria para a gestão adequada dos riscos e criar a base para abordagens comuns, conjuntos de dados mutuamente aceitáveis e práticas de gestão de risco” (EXAME, 2015). Portanto, fica claro que, no que tange ao desenvolvimento de novos produtos, o Brasil ainda apresenta um parco desenvolvimento e pouco incentivo estatal. Parte dos projetos que envolvem nanotecnologia são desenvolvidos em centros de pesquisa ou universidade e não encontram aporte dos setores privados nem públicos, para que sejam executados e possam integrar o mercado.

## **IMPACTO AMBIENTAL**

Quando se trata de nanopartículas, estamos tratando de partículas com alta reatividade, mobilidade e outras propriedades que surgem em detrimento do seu tamanho, que na pior das hipóteses, também têm grande probabilidade de acarretar novas toxicidades. Segundo o site Âmbito Jurídico (BERGER FILHO, 2010), a incerteza científica acerca das nanopartículas e o vácuo na regulamentação: Dados toxicológicos sobre nanopartículas manufaturadas são escassos, mesmo existindo produtos comerciais no mercado (insumos agrícolas, cosméticos, filtros solares). Os critérios utilizados para saber a toxicidade das substâncias na escala macro não trazem certezas quando confrontados com a nanotecnologia. Não existem metodologias confiáveis para estabelecer diferença entre as propriedades encontradas na “Macroescala” e na “Nanoescala”. Nesse contexto, Quina (2004, p. 1028) escreveu:



As mesmas características que tornam as nanopartículas interessantes do ponto de vista de aplicação tecnológica, podem ser indesejáveis quando essas são liberadas ao meio ambiente. O pequeno tamanho das nanopartículas facilita sua difusão e transporte na atmosfera, em águas e em solos, ao passo que dificulta sua remoção por técnicas usuais de filtração. Pode facilitar também a entrada e o acúmulo de nanopartículas em células vivas. De modo geral, sabe-se muito pouco ou nada sobre a biodisponibilidade, biodegradabilidade e toxicidade de novos nanomateriais.

Não obstante a preocupação com o meio-ambiente, no sentido macro, no que tange aos seres humanos, Guzmán et al. (2006) acrescenta que as nanopartículas podem entrar na corrente sanguínea e nas células, atravessando a barreira cerebral, causando efeitos desconhecidos para a saúde humana. Em contrapartida, segundo Quina (2004, p. 1028), “apesar da crescente preocupação em relação às potencialidades negativas da nanotecnologia para o meio ambiente e/ou para a saúde humana, ela ainda não enfrenta nenhuma oposição tecnofóbica”.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Após estabelecer as novas perspectivas do mundo da moda, com a intervenção da nanociência na indústria têxtil, percebeu-se que muitas das capacidades multifuncionais que podem ser proporcionadas pela nanotecnologia em artigos têxteis podem tornar o dia-a-dia mais fácil e seguro, além de auxiliar consideravelmente nas atividades laborais, bem como no aperfeiçoamento estético. Contudo, notou-se que a produção científica relacionada à nanotecnologia aplicada a indústria da moda ainda é inexpressiva, não apenas no Brasil, mas em todo o mundo, o que dificultou a coleta de dados quantitativos e qualitativos para o enriquecimento desse mapeamento.

Apesar da intenção de desenvolver a produção de nanotecnologia no Brasil, ficou evidente que ainda é muito tímida a participação dos entes públicos e privados que contribuem para a execução dos projetos que envolvem nanotecnologia, os quais, na sua grande maioria, são desenvolvidos em centros de pesquisa ou universidades é, por isso, não passam a integrar o mercado. A partir disso pode-se afirmar que, no Brasil, o investimento de recursos para pesquisa de novos materiais têxteis ainda é insuficiente, apesar dos esforços de cooperação de pesquisa tecnológica com outros países.

As pesquisas na área de nanotecnologia são de custo muito elevado e a produção das fibras e acabamentos funcionais ainda é muito lenta e, portanto, torna-se muito cara para a indústria. Poucas empresas brasileiras utilizam algum tipo de nanotêxtil e a maior parte delas importa essa matéria prima, considerando que existe pouco incentivo a partir do governo para as pesquisas em nanotecnologia.

As mesmas características que tornam o uso de nanopartículas pertinentes como aplicação tecnológica, podem ser vistas como negativas quando incentivada a reflexão sobre as consequências ao meio ambiente ao serem liberadas na natureza. As pesquisas sobre as consequências da manipula-

ção de partículas nanométricas ainda não fornecem embasamento suficiente para justificar a sua não aplicação no mercado, há de se convir que os benefícios já percebidos amparam a aplicação deste tipo de tecnologia nos materiais têxteis. Entretanto, o uso de nanotêxteis ainda é recente e, por isso, as desvantagens a longo prazo ainda são desconhecidas.

Portanto, a perspectiva é que, gradativamente, seja desenvolvido um maior número de pesquisas envolvendo tecnologia nanométrica no setor têxtil, para que assim os custos possam ser reduzidos, as multifuncionalidades ampliadas e os riscos à saúde e ao ambiente diminuídos. Dessa forma, os nanotêxteis tornar-se-iam ainda mais aplicáveis, auxiliando desde as tarefas mais simples do cotidiano, até a administração de fármacos e atuação profissional.

## REFERÊNCIAS

ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Muito mais força para o setor e para o Brasil**. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/Gk2Qr6>>. Acesso em: 26 maio 2016.

BASTOS, R. M. P. **Nanotecnologia: uma revolução no desenvolvimento de novos produtos**. 2006. 27f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006.

BERGER FILHO, A. G. Nanotecnologia e o princípio da precaução na sociedade de risco. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XIII, v. 13, n. 72, jan. 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/FdJuPX>>. Acesso em: 26 maio 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Departamento de Políticas e Programas Temáticos. **Desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia**. Brasília: MCT, 2013.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Departamento de bens de consumo, comércio e serviços da área industrial. **Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação**. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/td3iy7>>. Acesso em: 26 maio 2016.

BRITES, M. M. **Desenvolvimento de membranas de nanofibras a base de acetato de celulose do bagaço de cana-de-açúcar por eletrofição para a incorporação de enzimas**. 2015. 113f. Dissertação (Mestrado em Materiais e Processos Têxteis) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CALDEIRA, A. et al. Inovação e nanotecnologia como estratégias para a competitividade na cadeia produtiva têxtil. In: XVII SEMEAD – SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, outubro de 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo, v. 17, p. 1-15, 2014.

CAVE, H. The nanotechnology in your clothes. **The Guardian**. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/QdQQKG>>. Acesso em: 27 maio 2016.

EXAME. **Nanotecnologia ganha espaço nas PMEs brasileiras**. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/owChw6>>. Acesso em: 26 mai 2016.

FERREIRA, S. M. R. F. **Desenvolvimento de um Equipamento de Proteção Individual para Profissionais de Higiene e Limpeza em Meio Hospitalar**. 2009. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Têxtil) - Universidade da Beira Interior, Corvilhã, 2009.

FEYNMAN, Richard P. **There's Plenty of Room at the Bottom**. Encontro Anual da Sociedade Americana de Física, Caltech, California, 1959. Disponível em: <<https://goo.gl/Tg6hGN>>.

FILGUEIRAS, C. A. L.; FERNANDES, M. F. M. Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios). **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 8, 2008. Disponível em: <<http://ref.scielo.org/232mj2>>. Acesso em: 23 maio 2015.

GOUVEA, R. Nanotecnologia, Um Novo Paradigma de Desenvolvimento Econômico: Uma Análise da Experiência Internacional & Brasileira. **Revista Estratégica**, São Paulo, v. 9, p. 46-67, jun. 2010.

GUZMÁN, K. A. D.; TAYLOR, M. R.; BANFIELD, J. F. Environmental Risks of Nanotechnology: National Nanotechnology Initiative Funding, 2000-2004. **Environmental Science & Technology**, Washington DC, v. 40, n. 5, p. 1401-1407, jan. 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/sXv9GL>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

HINESTROZA, J. P. Can nanotechnology be fashionable?. **Materials Today**, v. 10, n. 9, p. 64, set. 2007. Disponível em: <<https://goo.gl/tRtr11>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

LEVY, F. **Introdução a Nanotecnologia Molecular**. Paris: Academie Interdisciplinaire des Sciences de Paris (AISP), 2000.

MACIEL, L. D. S. et al. A nanotecnologia aplicada ao produto de moda: criatividade e multicondicionabilidade. In: CONTEXMOD - 2º CONGRESSO CIENTÍFICO TÊXTIL E DE MODA, São Paulo, 20 a 22 de maio de 2014. **Anais...** São Paulo, 2014. 17p. Disponível em: <<https://goo.gl/kzbf9y>>. Acesso em: 26 maio 2016.

MARTINS, E. A. A. S. **O estudo da aplicação de acabamentos funcionais de barreira UV em fibras previamente ativadas por plasma**. 2015. 193f. Tese (Doutorado em Engenharia Têxtil) - Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2015.

NISTA, S. V. G. **Desenvolvimento e caracterização de nanofibras de acetato de celulose para liberação controlada de fármacos**. 2012. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2012.

QUINA, Frank. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 6, p. 1028-1029, 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/raqvNS>>. Acesso em: 26 maio 2016.

REVISTA DIGITAL. **Investimento em nanotecnologia no Brasil é discreto**. 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/C8wtaS>>. Acesso em: 26 maio 2016.

SANTIN, W. Contra Aedes, fábrica no PR investe em roupa para bebê com citronela. **Folha de S. Paulo (Digital)**, 22 jan. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/dJVKaz>>. Acesso em: 27 maio 2016.

SOUTTER, W. **Nanotechnology in clothing**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/hg1HLg>>. Acesso em: 23 maio 2015.