



*Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas*

# dossiê técnico

## Biomimética aplicada à indústria têxtil e do calçado

**Monica Haiser**

**Juliano Rodrigues**

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI-RS





Serviço Brasileiro de **Respostas Técnicas**

# dossiê técnico

## Biomimética aplicada à indústria têxtil e do calçado

O Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT fornece soluções de informação tecnológica sob medida, relacionadas aos processos produtivos das Micro e Pequenas Empresas. Ele é estruturado em rede, sendo operacionalizado por centros de pesquisa, universidades, centros de educação profissional e tecnologias industriais, bem como associações que promovam a interface entre a oferta e a demanda tecnológica. O SBRT é apoiado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI e de seus institutos: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT.



TÊCPAR



FIERGS SENAI

Sistema FIEB TEL

SENAI



Dossiê Técnico	HAISSER, Monica; RODRIGUES, Juliano Biomimética aplicada à indústria têxtil e do calçado Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI-RS 9/7/2013
Resumo	Apresenta informações sobre a biomimética, com exemplificações e aplicações de desenvolvimento de produto nas áreas têxtil, do vestuário e de calçados.
Assunto	DESIGN DE MODA
Palavras-chave	<i>Biomimética; calçado; desenvolvimento de produto; design; nanotecnologia; sustentabilidade; têxtil</i>



Salvo indicação contrária, este conteúdo está licenciado sob a proteção da Licença de Atribuição 3.0 da Creative Commons. É permitida a cópia, distribuição e execução desta obra - bem como as obras derivadas criadas a partir dela - desde que dado os créditos ao autor, com menção ao: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - <http://www.respostatecnica.org.br>

Para os termos desta licença, visite: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>

**Sumário**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>EMPRESAS BUSCAM INSPIRAÇÃO NA NATUREZA PARA DESENVOLVER PRODUTOS E PROCESSOS MAIS EFICIENTES</b>	<b>3</b>
3.1	Impermeabilidade de água e sujeira sobre o têxtil	5
3.2	Velcro	7
3.3	Estrutura do tecido colorido	9
3.4	Traje de banho de alta performance: tela de pele de tubarão	10
3.5	Têxtil inteligente com melhor gestão de umidade e interatividade	11
3.6	Exemplos modernos biomiméticos em têxtil: tecido de camuflagem	13
3.7	Materiais de moda para o futuro	14
3.8	BioCouture: têxteis de celulose bacteriana é a moda do futuro	14
3.9	Vestido de noiva solúvel em água	16
3.10	Tecidos acústicos	17
3.11	Bioluminescência: das profundezas	17
3.12	RadianFab	18
3.13	Bicho da seda produz "seda artificial"	19
3.14	Impressão de pele eletrônica – biotecnologia	20
3.15	Sinta o movimento dos pés	20
3.16	Caminhadas: solado que proporciona melhor tração	23
<b>4</b>	<b>SUSTENTABILIDADE E NANOTECNOLOGIA NA APLICAÇÃO DA BIOMIMÉTICA</b>	<b>24</b>
	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>25</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>26</b>

## Conteúdo

### 1 INTRODUÇÃO

Biomimética (*bio* = vida e *mimesis* = imitação) imitação da vida é uma área da ciência que busca a observação e o estudo da natureza, com objetivo de compreender e aprender com ela as soluções para os problemas humanos. O resultado é a interpolação dos mecanismos naturais e das suas estruturas em projetos de engenharia e *design* de novos produtos.

Classificada como uma nova especialidade que pesquisa o desempenho de ecossistemas e seus organismos naturais na busca de ideias inteligentes e sustentáveis à indústria, “[...] consiste em analisar sistemas naturais e reproduzir seus princípios de solução, buscando contribuições relevantes no processo de desenvolvimento de produto.” (DETÂNICO; TEIXEIRA; SILVA, 2010).

“As criaturas que sobreviveram enfrentaram enormes desafios para se alimentar e se abrigar e, para isso, desenvolveram estratégias altamente eficientes.”, diz a bióloga americana Janine Benyus (2003) em seu livro “Biomimética Inovação Inspirada pela Natureza”.

De acordo com Lacerda, Soranso e Fanguero (2012) o termo biomimética “[...] vem sendo estudado e aplicado à indústria, assumindo, para alguns, a capacidade de desencadear uma 3ª revolução industrial.”. Essa é a proposta da biomimética, que já vem sendo aplicada ao desenvolvimento de materiais/produtos e gestão de empresas, ou seja, usar a natureza como um macro “laboratório” eficiente e gratuito, que já testou suas soluções ao longo de milhões de anos em sua evolução.

Aprender sobre o mundo da natureza é um fato, mas aprender a partir do mundo da natureza é uma diferença profunda. O *designer* e a indústria precisam desvendar ainda o livro das inúmeras receitas da natureza.

O fato mais importante é: perceber que além de todas as adaptações da biodiversidade do planeta, o conjunto de espécies estabelece uma inter-relação no qual cada ser, por mais simples que seja, tem uma função fundamental na composição dos ecossistemas, funcionando como uma máquina naturalmente complexa e harmônica. Estes organismos descobriram uma maneira de fazer perdurar o material genético, respeitando seus descendentes e isso significa encontrar uma maneira de praticar o que eles fazem sem destruir o lugar que cuidará de suas próximas gerações. Esse é o maior desafio do *design*.

Mediante este viés, instituem-se iniciativas destinadas a encontrar soluções para as lacunas tecnológicas presentes.

### 2 OBJETIVO

Alinhar um segmento da biomimética através das exemplificações e aplicações de desenvolvimento de produtos para as áreas têxtil, do vestuário e de calçados.

### 3 EMPRESAS BUSCAM INSPIRAÇÃO NA NATUREZA PARA DESENVOLVER PRODUTOS E PROCESSOS MAIS EFICIENTES

Os produtos ou projetos de *design* que se utilizam da biomimética têm como meta gerar sustentabilidade, através da imitação de algo bem resolvido pela natureza, aplicado a produtos inovadores no setor têxtil (LACERDA, SORANSO, FANGUEIRO, 2012).

Segundo Oberherr (2012, p. 17), “O objetivo não é apenas copiar a natureza, mas aprender a interagir com ela, observando-a e tentando compreender as soluções que ela encontrou ao longo dos anos.”. Como já mencionado, a biomimética é aplicada a vários setores, e a

autora ainda afirma que para essa aplicação é necessário uma visão multidisciplinar, sendo que alguns experimentos mais antigos baseados nessa área estão recebendo uma maior atenção, assim como mais pesquisas tem sido desenvolvidas devido aos resultados práticos alcançados (OBERHERR, 2012).

Benyus (2013 apud TOLEDO 2013) informa que “O número de produtos inspirados pela natureza dobra a cada ano no mercado [...]” confirmando que as soluções para vários problemas podem e com certeza serão encontrados através da observação da natureza e de seus modelos.

Vale destacar a cognição do “efeito lótus” como fonte de inspiração da natureza sobre os têxteis. Lótus, planta aquática radiante e delicada que tem desempenhado um papel vital em muitas religiões e culturas, é agora uma fonte de inspiração para a nanotecnologia (FIG. 1).

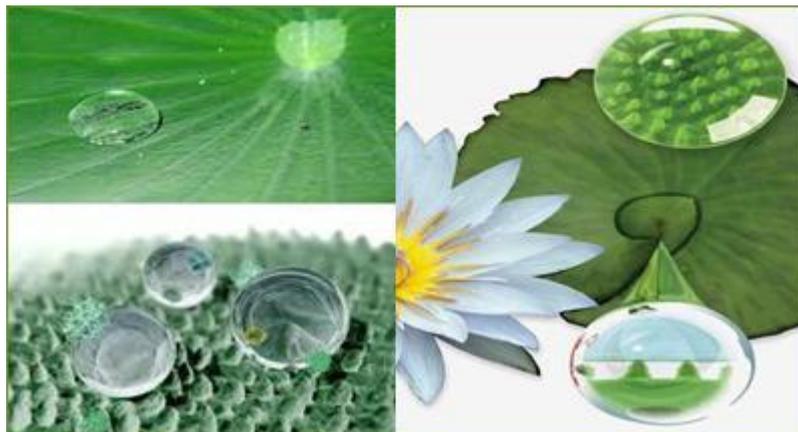


Figura 1 - Base epidérmica da folha de lótus  
Fonte: (ACQUIRING..., 2010, tradução nossa)

Elementos da natureza são limpos por si só, não há espanadores. A natureza se consagra de uma estratégia ambientalmente benigna e limpa, enquanto os seres humanos usam diferentes tratamentos de limpeza. Gotas de água sobre as folhas de lótus brilham transparentes e lavam a sujeira depositada mais rapidamente do que qualquer outra planta.

Os cientistas descobriram que as folhas de lótus têm um mecanismo natural de limpeza devido a sua morfologia. A sua folha consiste numa superfície cerosa com papilas de tamanho micro que, por sua vez, coberta de pelos, como tubos de cristais de cera em torno de 1 (um) nanômetro (nm) de diâmetro. A combinação desses atributos em escala estrutural micro e nano reduz o contato entre as moléculas de superfície, fazendo repelir a água depositada.

As gotas de água que rolam a partir da folha de lótus coletam as partículas de sujeira e pequenos insetos na parte superior da folha, igualmente de forma eficiente, limpando a sua superfície (FIG. 2).

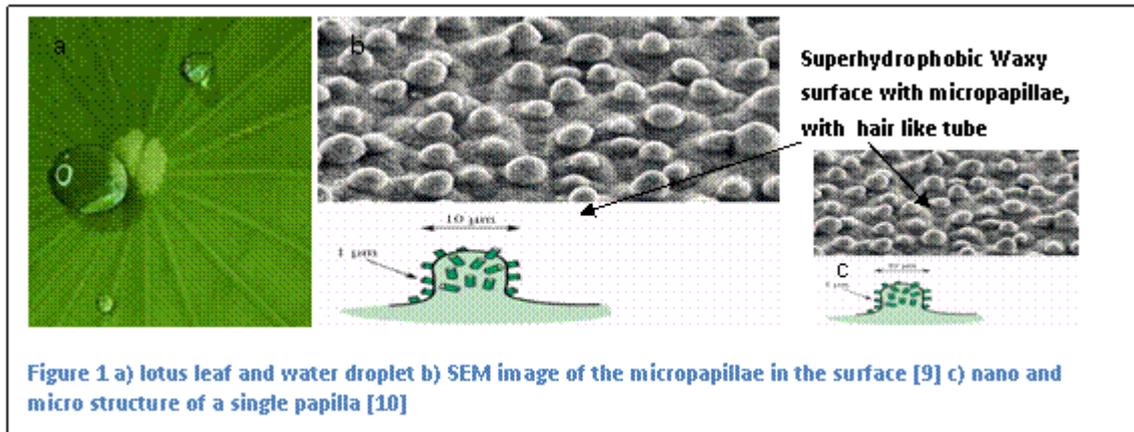


Figura 2 - Base epidérmica da folha de lótus  
 Fonte: (SHIYAK, 2010, tradução nossa)

Assim, pesquisadores e cientistas encontraram os meios para transformar uma das receitas da natureza em tecnologia, desenvolvendo um produto têxtil autolimpante e repelente de água, como também uma qualidade específica de tinta para superfícies externas. A natureza sempre foi uma fonte de inspiração positiva para o homem.

### 3.1 Impermeabilidade de água e sujeira sobre o têxtil

Aplicar o “efeito lótus” aos têxteis não é fácil. O processo de atingir uma superfície hidrofóbica é um trabalho desafiador. O material repele a gota de água do tecido da superfície tratada e permanece como tal, e quando inclinado escoar e a gota de água não é absorvida pelo tecido. Além de água o tecido tratado pode suportar também outros líquidos, como café, chá, vinho tinto, óleo comestível, *ketchup*, etc.

A nova tecnologia indica empreendimentos originais na área fabril: o têxtil inteligente. No ano de 2000, *designers* aplicaram esse princípio na superfície têxtil, em nível molecular utilizando a aplicação de nanotecnologia para produzir tecidos repelentes (FIG. 3 e 4).



Figura 3 - Processo de coleta  
 Fonte: ('ACQUIRING...', 2010, tradução nossa)



Figura 4 - Demonstração de impermeabilização têxtil  
Fonte: (SHIYAK, 2010, tradução nossa)

Essa ampla variedade de aplicações da impermeabilidade têxtil é favorável ao desenvolvimento de inovação em várias áreas, tais como: confecção, acessórios, calçados, cortinas de chuveiro, automotiva, etc. Segundo estes profissionais, o tecido é resistente a respingos, repele manchas, desvia umidade e apresenta uma resistência estática, sem sacrificar o conforto. *Designers* de várias marcas já aplicam este material em sua linha de moda.

Outra aplicação foi o desenvolvimento do acabamento repelente à água *Mincor*<sup>TM</sup>, que utiliza nanopartículas e polímeros resistentes à água, tais como polipropileno, polietileno e cera que é aplicada por pulverização. Estes autopolímeros montam nas estruturas minúsculas um conceito de biomimética, que transcrevem o “efeito de lótus”.

Esta eficiência também é localizada naturalmente nas asas das borboletas e libélulas (FIG. 5). A superfície é hidrofóbica e apresenta uma face áspera sob observação microscópica. Esta superfície áspera nanoscópica repele água e limpa eficazmente a sujeira durante as chuvas (igual ao processo da flor de lótus) (FIG.6). Esta tecnologia de autolimpeza tem sido considerada uma grandiosa invenção.

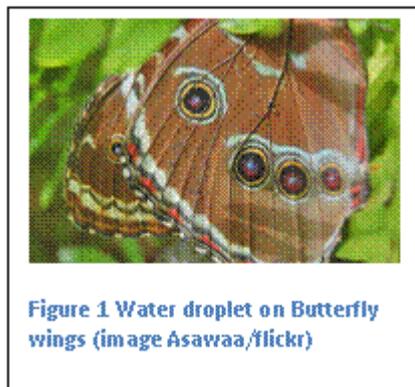


Figura 5 – Gota de água em asa de borboleta  
Fonte: (SHIYAK, 2010, tradução nossa)

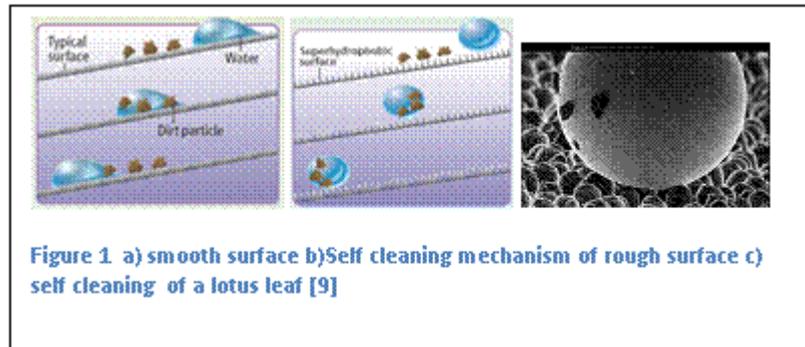


Figura 6 - Processo de coleta de água e resíduos da libélula  
Fonte: (SHIYAK, 2010, tradução nossa)

### 3.2 Velcro

O prosaico velcro é um tecido revolucionário, que ocupa o *ranking* das invenções biomiméticas mais conhecidas na indústria têxtil, criado em 1941 pelo engenheiro suíço George de Mestral, a partir da observação dos espinhos e ganchos das sementes de *Cockleburr* (carrapicho, sementes de *Arctium*), um gênero de plantas com flor da família *Asteraceae*, nativa da América e do leste da Ásia) que se prendiam nos pelos de seu cachorro (FIG. 7 e 8).



Figura 7 - Cachorro com Carrapicho  
Fonte: (SHAWNA, 2010, tradução nossa)



Figura 8 - Carrapichos (*Xanthium*) são um gênero de plantas com flor da família *Asteraceae*  
Fonte: (CASAS ARROYO HOMEOWNERS ASSOCIATION, 2001, tradução nossa)

Ele examinou o material e descobriu, através de um microscópio, diversos filamentos entrelaçados terminando em pequenos ganchos, causando a potente aderência dos

carrapichos ao tecido. Isto o levou à invenção do “velcro”, concluindo, assim, ser possível a criação de um material para unir outros dois de maneira reversível e simples (OBERHERR, 2012).

Desenvolveu o produto e submeteu a ideia ao registro de patentes em 1951. O nome VELCRO é uma combinação de palavras em francês *VELours* (que significa veludo) e *CROchet* (que significa gancho). Hoje é uma indústria multimilionária.

O uso e aplicação do produto são diversos no espaço industrial e em aplicações médicas. Nas Figuras 9, 10, 11 e 12 podem-se visualizar imagens microscópicas da semente de *cocklebur* (Carrapicho) e sua aplicação no produto desenvolvido.



Figura 9 - Semente de Carrapicho  
Fonte: (KESSEL, 2013, tradução nossa)



Figura 10 - Velcro  
Fonte: (FERREIRA, 2012)

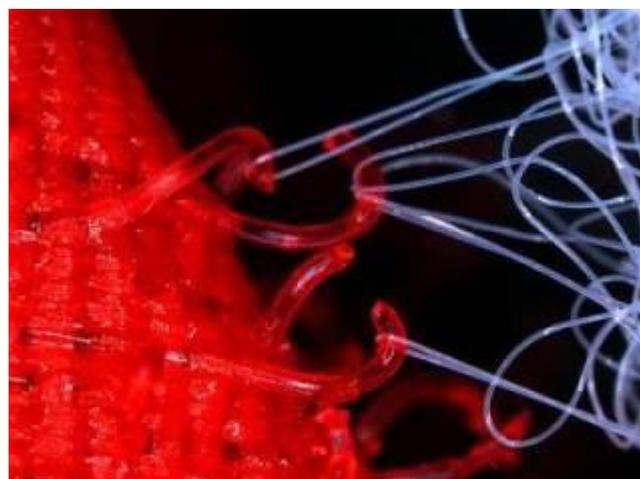


Figura 11 - Close Velcro  
Fonte: (VELCRO..., 2012)

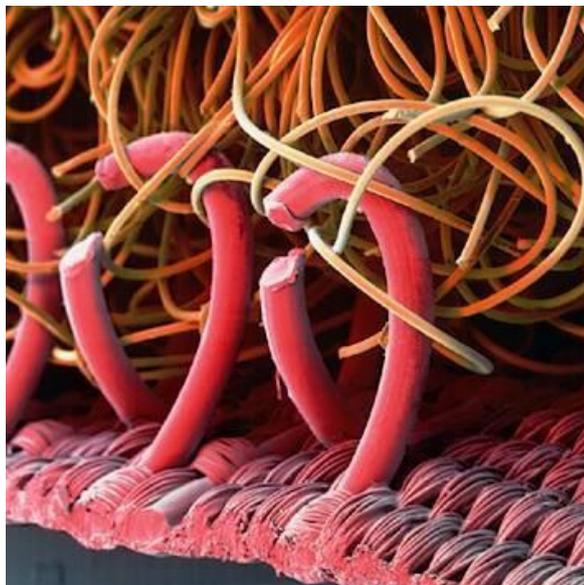


Figura 12 - Velcro  
Fonte: (NATH, 2012)

### 3.3 Estrutura do tecido colorido

O método conhecido na indústria têxtil para a coloração é através de tingimento e/ou impressão usando corantes e pigmentos. No entanto, no caso da natureza, observa-se que as borboletas são mais coloridas do que se pode produzir artificialmente.

É importante saber que a coloração das asas das borboletas não vem somente da pigmentação, mas também da estrutura das escamas de suas asas, que são chamadas de cores estruturais.

A borboleta *Rhetenorde Morpho* que habita a Amazônia e a África do Sul é chamada de “joia viva.” Suas cores não são apenas vibrantes, mas também não desbotam. Esta maneira de produzir cor é muito mais fascinante do que qualquer tingimento e acabamento artificial feito pelo homem (FIG. 13).

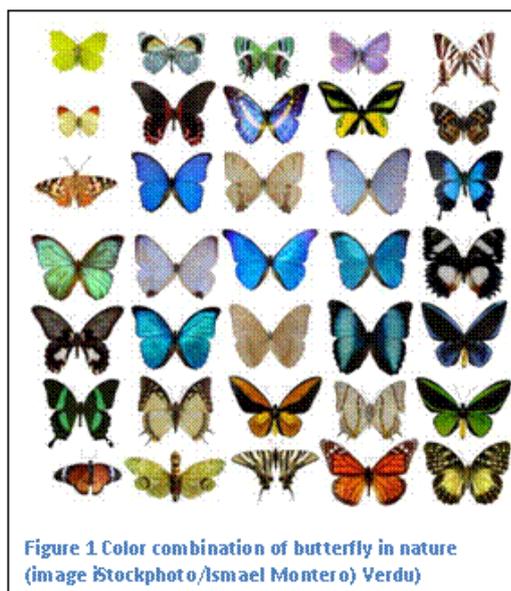


Figura 13 - Borboletas e suas combinações de cores naturais  
Fonte: (SHIYAK, 2010, tradução nossa)

No Japão uma empresa produz um monofilamento novo nomeado *Morphotex*®, uma fibra ótica para colorir, que imita as asas da borboleta *R. Morpho*, por meio de interferência para produzir uma cor sem pigmentos ou corantes. O tecido de estrutura multicolorida é

produzido a partir de 61 camadas de poliéster ou *nylon* em forma alternativa, com 70nm de espessura e laminado. Quatro tipos de cores básicas como vermelho, verde, azul e violeta podem ser desenvolvidas por controlar com precisão a espessura da camada de acordo com o comprimento de onda visível.

O fabricante afirma que *Morphotex*® tem larga aplicação, por exemplo: filamentos, fibra cortada de curta duração e materiais em pó e que poderia ser uma fonte renovável para a indústria têxtil (FIG. 14).

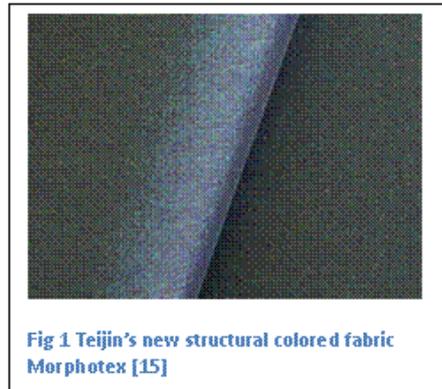


Figura 14 – Estrutura do novo tecido colorido da Teijin *Morphotex*®  
Fonte: (SHIYAK, 2010, tradução nossa)

### 3.4 Traje de banho de alta performance: tela de pele de tubarão

O desempenho espetacular do nadador americano Michael Phelps nas Olimpíadas de Pequim em 2009, medalha de ouro e recorde de oito medalhas de ouro, para se tornar o maior atleta olímpico de todos os tempos, teve um diferencial tecnológico.

Este esforço foi recorde de velocidade devido, também, ao maiô, denominado *Fastskin LZR Racer*®, desenvolvido com ajuda da NASA (FIG. 15). O conjunto é construído a partir de tecido exclusivo e inteligente que permite uma performance espetacular: leve na água, forte e resistente, ultra repelente, secagem rápida e biomimeticamente dinâmico. Possui trama de elastano, é resistente ao cloro e o fio de *nylon* é ultrafino.

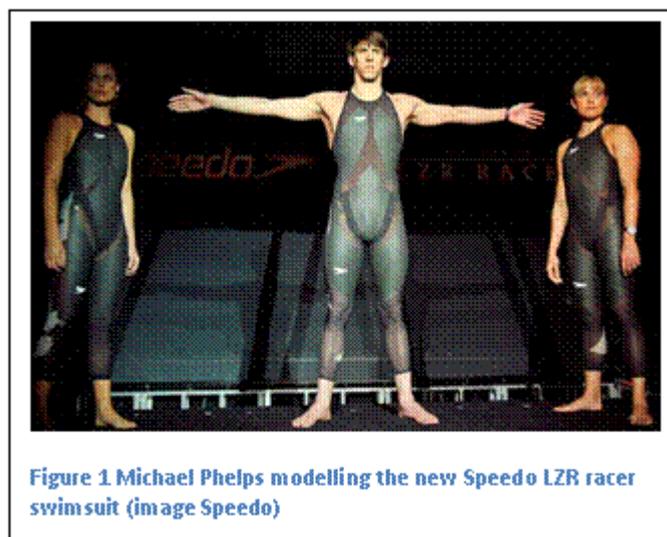


Figura 15 – Michael Phelps novo modelo Speedo LZR de roupa de natação  
Fonte: (SHIYAK, 2010, tradução nossa)

Contudo, este traje de banho apareceu pela primeira vez em 2000, nas Olimpíadas de Sydney. Após quatro anos de pesquisas e desenvolvimento, o mesmo se apropria de um tecido que transcreve em suas estruturas, as propriedades da pele do tubarão, reduzindo fantasticamente o atrito em água. A superfície da pele do tubarão é coberta por minúsculos

“dentes” ou dentículos dérmicos, e seu formato e posicionamento varia entre o corpo do tubarão, permitindo o gerenciamento do fluxo de água de forma mais eficiente. (LACERDA; FANGUEIRO; SORANSO, 2012) (FIG.16).

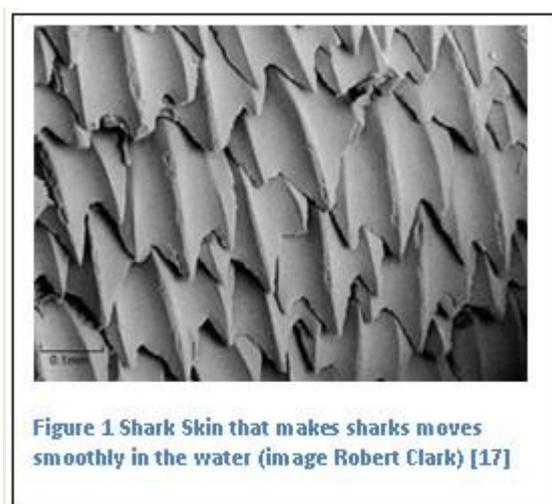


Figura 16 – Pele de tubarão que faz com que os tubarões movam-se suavemente na água  
Fonte: (SHIYAK, 2010, tradução nossa)

### 3.5 Têxtil inteligente com melhor gestão de umidade e interatividade

Tecidos inteligentes e interativos são definidos como tendo uma capacidade de reagir, incorporando e respondendo a estímulos externos, incluindo elétrico, mecânico, químico, térmico ou magnético. Estes são denominados assim, pois “[...] sentem e reagem às condições ou estímulos do meio ambiente, através de fontes mecânicas, químicas, térmicas, elétricas, magnéticas ou outras.”(LANGENHOVE; HERTLEER, 2004; TAO, 2001; COLCHESTER, 2007; SCHWARTZ, 2002apud LASCHUK, 2008, p.15).

No segmento *sportswear* e *activewear*, em específico, o controle da umidade torna-se cada vez mais importante, concentrando e incentivando as pesquisas dos têxteis inteligentes.

Um protótipo do sistema têxtil com esta aplicabilidade foi desenvolvido com base no mecanismo de abertura e fechamento de uma pinha. Quando se fecha deposita umidade e, ao se abrir novamente, ela está seca (FIG 17).



Figura 17 – Foto acima pinha verde, abaixo pinha seca  
 Fonte: (SHIYAK, 2010, tradução nossa)

Um conceito semelhante é apresentado ao produzir o *Macro React* com os seus espaços de fiação com um padrão de escamas de peixe. Os atributos deste material permitem a transpiração, a liberação de calor e umidade para manter-se seco e fresco. O produto foi usado pela tenista Maria Sharapova no *United States Open Tennis* de 2006 e mais tarde por Roger Federer em Wimbledon (FIG. 18 e 19).



Figura 18 – Maria Sharapova e Roger Frederer com roupas inteligentes  
 Fonte: (SHIYAK, 2010, tradução nossa)

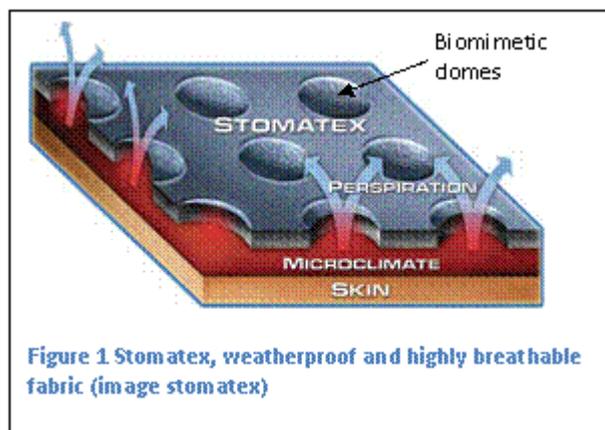


Figura 19 – Tecido sujeito a intempéries  
Fonte: (SHIYAK, 2010, tradução nossa)

Por outro lado, o *marketing* de uma marca, afirma que: “a roupa é mais confortável”, se feita de tecido de neoprene com isolamento de espuma, com orifício minúsculo como domo, onde o processo de transpiração é como de uma folha, que prevê a liberação controlada de vapor de água para fazer a roupa adequada e ergonômica ao corpo.

### 3.6 Exemplos modernos biomiméticos em têxtil: tecido de camuflagem

A tipologia gráfica camuflagem tem uma história conceitual têxtil de estamparia aplicada às guerras já sinalizada de 1750 a 1800, seguido pelo uso britânico de Caqui (*Khaki*), depois de 1850 na Índia.

Mas a camuflagem, a partir de *camouffler* palavra francesa (para disfarçar), foi introduzida pela primeira vez na Primeira Guerra Mundial pelos franceses. A ideia era a ocultação de pessoas e objetos para se esconder da vista de todos, similares ao conceito de camuflagem encontrada no mundo animal (presa x predador) (FIG. 20a e 20b).

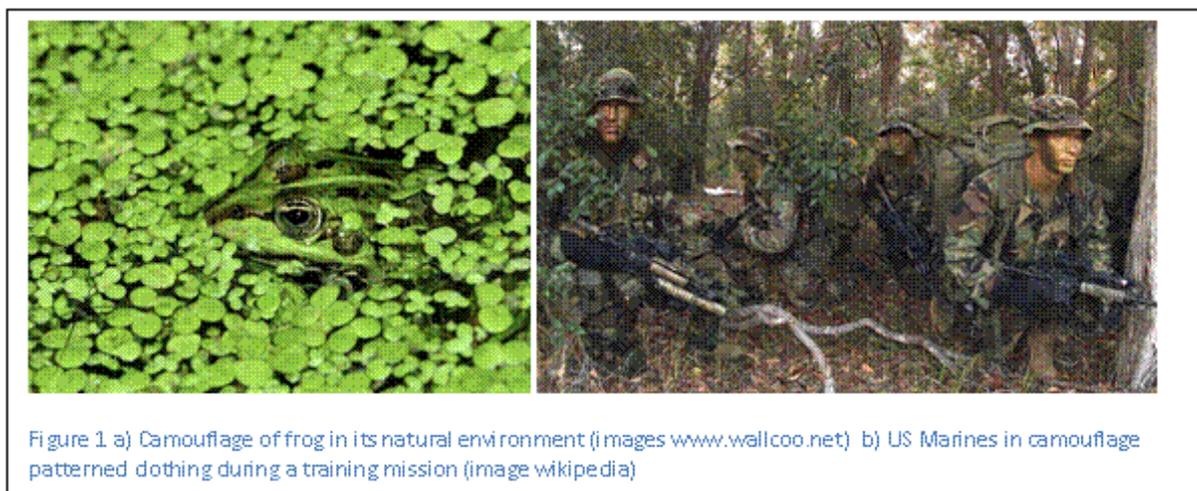


Figura 20 - a) Camuflagem do sapo em seu ambiente natural  
b) Marinha dos EUA em roupas estampadas de camuflagem durante uma missão de treinamento  
Fonte: (SHIYAK, 2010, tradução nossa)

Têxteis são amplamente utilizados como meio de camuflagem, na forma de luz, redes flexíveis, capas, acessórios e peças de roupas. O conceito de camuflagem agora é aplicado à radiação UV (ultravioleta), próximo à região do infravermelho ou mesmo chamariz visual.

### 3.7 Materiais de moda para o futuro

A simbiose entre moda e tecnologia cada vez mais se torna uma atividade comum. Destacam-se alguns exemplos de estilistas que mostram o híbrido entre estilista e o profissional da tecnologia.

A ciência e a tecnologia estão tendo um efeito profundo na indústria da moda, e em nenhum lugar isso fica mais aparente do que quando são examinados alguns dos novos materiais que estão surgindo em laboratórios de ciência reconhecidos mundialmente, como o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT).

Esses novos tecidos parecem ter saído diretamente da ficção científica e, mesmo que ainda não apareçam nas passarelas, é fascinante especular quais são as possibilidades dessas novas tecnologias e como os *designers* pretendem utilizá-las.

### 3.8 BioCouture: têxteis de celulose bacteriana é a moda do futuro

“Imagine se pudéssemos cultivar roupas...” diz o *site* do projeto de pesquisa de moda inglês BioCouture.” (KAGANSKIY, 2010, tradução nossa). Uma iniciativa liderada pela estilista sediada no Reino Unido, Suzanne Lee. A BioCouture está tentando controlar a natureza utilizando celulose bacteriana desenvolvida em laboratório para produzir roupas. O projeto tem como objetivo abordar as inúmeras questões de sustentabilidade enfrentadas pelo mundo da moda, numa indústria que notadamente é esbanjadora. Propõe uma abordagem radicalmente nova para o tecido e o processo de manufatura.

De acordo com o *site* do projeto, o objetivo principal da BioCouture é literalmente cultivar um vestido em um “tanque de líquido”. O “tanque de líquido” consiste essencialmente em chá verde adoçado, levedura e bactérias (FIG. 21). Essa mistura faz germinar fibras que se unem para criar o filme de celulose que Lee molda para transformar em vestidos e blusas (KAGANSKIY, 2010, tradução nossa).



Figura 21 – Biomaterial de chá açucarado e bactérias  
Fonte: (DESIGNBOOM, 2010, tradução nossa)

O tecido é estranhamente semelhante à pele e parece translúcido e um tanto rígido. Ainda assim, o conceito certamente é intrigante (FIG. 22, 23, 24 e 25).



Figura 22 – Jaqueta de BioCouture feita a partir de celulose  
Fonte: (DESIGNBOOM, 2010, tradução nossa)



Figura 23 - Roupas BioCouture  
Fonte: (E SE..., 2010)



Figura 24 - Roupas BioCouture  
Fonte: (E SE..., 2010)



Figura 25 - Corpo de forma BioCouture  
Fonte: (REVELLI, 2010, tradução nossa)

E se fosse possível, simplesmente, cultivar um vestido? Isso poderia ser uma forma mais sustentável de se vestir, e o crescimento de tecidos seria feito de um material totalmente orgânico. Este projeto trabalha e leva os temas ecologia e sustentabilidade para o universo da moda. O processo é bem significativo e é desenvolvido, também, com ervas e frutas para o tingimento, pela *designer* inglesa Suzanne Lee.

### 3.9 Vestido de noiva solúvel em água

Pesquisadores da Universidade Sheffield Hallam, no Reino Unido, desenvolveram um vestido de noiva [Figura 26] que se dissolve em água. Estudantes de moda e engenharia se uniram para criar um vestido que se transforma em cinco formas diferentes, e cada transformação é desencadeada pela dissolução de uma parte do vestido original. O tecido é criado a partir de álcool de polivinil (PVA), uma substância biodegradável usada em sacos de lavanderia e detergentes de limpeza, possibilitando que ele se dissipe em água sem prejudicar o meio ambiente. (VESTIDO..., 2010).



Figura 26 – Vestidos de noiva solúveis em água  
Fonte: (VESTIDO..., 2010)

Jane Blohm, conferencista do curso de moda da Sheffield Hallam, afirma que:

[...] o projeto é uma união entre arte e tecnologia que explora as possibilidades de utilizar materiais alternativos nas nossas roupas. O vestido de noiva é talvez um dos ícones mais simbólicos do guarda-roupa

da humanidade e representa os desafios da “moda descartável”. (BLOHM, [20--] apud VESTIDO...,2010).

### 3.10 Tecidos acústicos

O professor associado de Ciência de Materiais e investigador principal no Laboratório de Eletrônica de Pesquisa do MIT, YoelFink, juntamente com seus colaboradores tem trabalhado para desenvolver fibras com propriedades cada vez mais sofisticadas, para permitir tecidos que possam interagir com o seu ambiente. As pesquisas levaram ao anúncio de um novo marco no caminho para fibras funcionais: fibras que podem detectar e produzir som (FIG. 27).

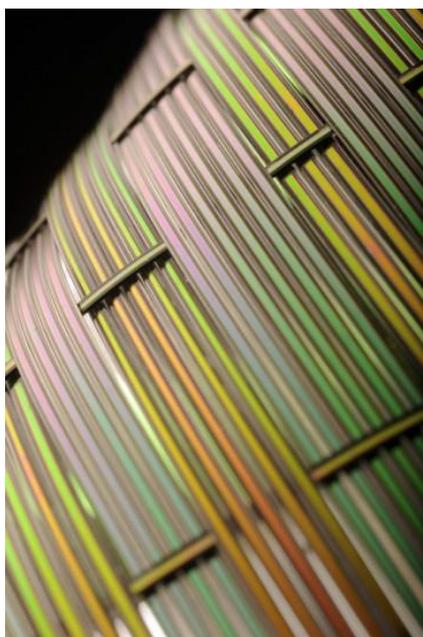


Figura 27 - Fibras acústicas  
Fonte: (HARDESTY, 2010, tradução nossa)

As aplicações dessa tecnologia vão desde roupas em que são elas próprias microfones sensíveis, para a captura de voz ou de monitoramento de funções corporais, até pequenos filamentos que podem medir o fluxo sanguíneo (HARDESTY, 2010, tradução nossa).

### 3.11 Bioluminescência: das profundezas

Bioluminescência do grego "*bios*" (vida) e do latim "*lumen*" (luz) é a produção e emissão de luz fria por um organismo vivo, como resultado de uma reação química durante a qual energia química é transformada em energia luminosa. Este fenômeno ocorre em diversos grupos de organismos, desde organismos metabolicamente mais simples como as bactérias e fungos, até em organismos complexos, como é o caso dos insetos e seres da zona abissal.

Em alguns seres como os vaga-lumes, o substrato de uma proteína denominada luciferina, é oxidada por uma enzima, denominada luciferase. Nessa reação, a luciferase oxida a luciferina consumindo uma molécula de trifosfato de adenosina (ATP). A molécula de luciferina, agora excitada energeticamente, libera essa energia química na forma de energia luminosa. (BIOLUMINESCÊNCIA,[20--]).

Explorando este viés, a *designer* chinesa Vega Zaishi Wang encontrou nas profundezas do oceano (4000 a 5000 metros), onde não há luz, a inspiração para criar sua coleção "*Into the Deep*" (FIG. 28). A coleção é composta de vestidos de base cor branca, com efeitos de luz produzida por painéis de *Light Emitting Diode (LED)* embutidos no tecido, que transformam

em tons diferentes os efeitos bioluminescentes (FIG. 29). Estas luzes eletroluminescentes dão brilho às roupas.

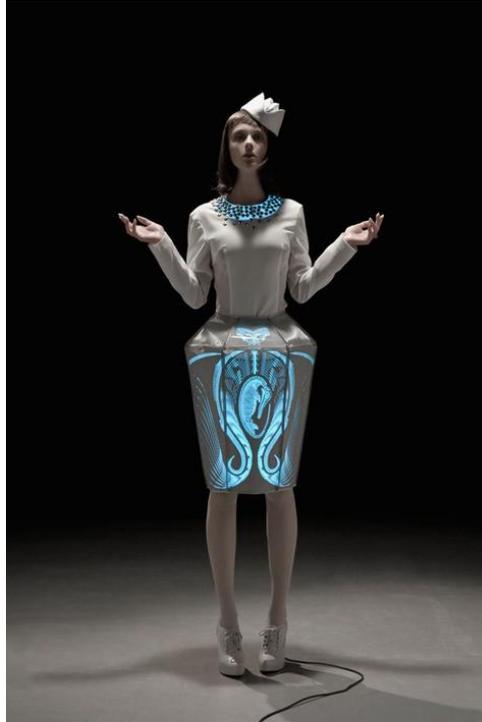


Figura 28 - Coleção da *designer* inspirada por criaturas marinhas  
 Fonte: (THE CREATORS PROJECT, c2013, tradução nossa)

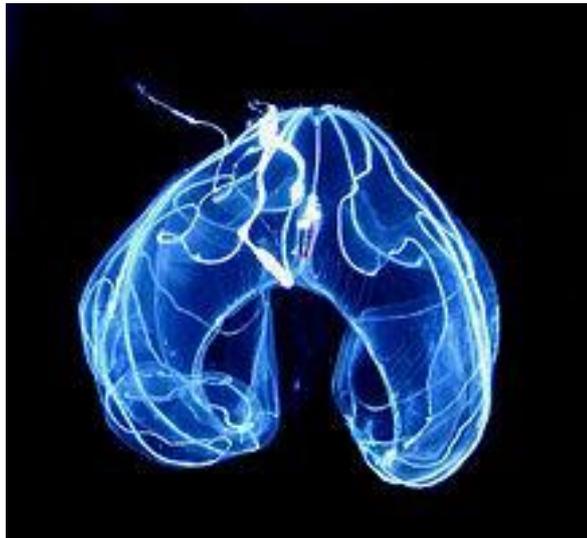


Figura 29 -- Luz bioluminescente – organismo marinho espécie *Bathocyroe fosteri*  
 Fonte: (YOUNGBLUTH, 2011, tradução nossa)

### 3.12 RadianFab

A tecnologia da *RadianFab* tem desenvolvido, em parceria com o *Nanotechnology Center for Functional and Intelligent Textiles and Apparel* (Hong Kong), a trama de um tecido composto por fibras poliméricas fotônicas envolvidos com fios têxteis. Tecido por uma máquina de tecelagem, o tecido fotônico é flexível, leve e fácil de usar, exibindo uma maciez superior e suavidade ao toque (FIG. 30).



Figura 30 - Tecido RadiaFab

Fonte: (INSTITUTE OF TEXTILES AND CLOTHING, 2010, tradução nossa)

O tecido é tratado para a emissão de luz, amplificação e modulação. As fontes de luz acopladas às fibras fotônicas e a alimentação podem ser integradas no tecido. O sistema é capaz de controlar a cor, intensidade de luz, e amplificação própria. Estas performances ópticas são atributos para sua estrutura e composição das fibras, bem como a integração de nanopartículas na superfície das fibras, passando um sentimento de conforto e de livre pressão ao possível usuário do produto.

### 3.13 Bicho da seda produz "seda artificial"

Em 21 de outubro de 2010, num empenho de pesquisa e desenvolvimento da Universidade de Notre Dame, da Universidade de Wyoming, e do *Biocraft Kraig Laboratories, Inc.* foram produzidos bichos da seda transgênicos, uma combinação de bicho-da-seda e seda de aranha (FIG. 31). A proteína da seda, geneticamente modificada, produzida pelos bichos transgênicos, melhorou consideravelmente, a elasticidade e a força que se aproxima da seda da aranha natural (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2010).



Figura 31 - Bicho da seda transgênico

Fonte: (SHARRER, 2010, tradução nossa)

Estes super produtores são capazes de gerar uma propriedade de seda artificial altamente resistente, similar ao fio da teia de aranha. O artificial *spider silk* é leve e mais forte que aço (FIG. 32 e 33).



Figura 32 – Extração da seda da aranha  
Fonte: (NATIONAL STATES, 2009, tradução nossa)



Figura 33 – Seda feita da teia da aranha  
Fonte: (JOYCE, 2009, tradução nossa)

### 3.14 Impressão de pele eletrônica – biotecnologia

Na Universidade da Califórnia, os cientistas estão fazendo folhas de *speedy* (sensores de pressão), matrizes de baixa potência e transistor para sensores que correspondem à sensibilidade da pele humana. O professor Ali Javey desenvolveu uma nova forma eletrônica, baseada em nanofios. Sua primeira aplicação é a pele eletrônica. Cada pequeno quadrado na folha de plástico é um transistor, baseado em nanofios tão sensíveis como a pele humana, que podem detectar mesmo a força exercida por uma pequena mosca.

### 3.15 Sinta o movimento dos pés

Uma grande empresa de calçados e materiais esportivos propõe investir no fato de que nada é melhor do que andar descalço. O *Footstickers* é um produto projetado que melhora a atividade e mantém a sensação de pés descalços. O material é flexível, transmite a sensação de uma segunda pele e oferece mais aderência, apoio e proteção (FIG. 34, 35 e 36).



Figura 34 - Cobertura da superfície do pé - alta tração  
Própria para exercer Yoga  
Fonte: (SEVERS, 2010, tradução nossa)



Figura 35 –Alta tração - média - calcanhar (proteção salto)  
Própria para mulheres com problemas cardiovasculares  
Fonte: (SEVERS, 2010, tradução nossa)



Figura 36 - Cobertura da superfície média - baixa tração - superfície lateral (proteção arrastar)  
Própria para dança  
Fonte: (SEVERS, 2010, tradução nossa)

O fato de ser aderente à pele e ergonomicamente individualizado traduz a extensão do seu *design* aos pés. Tem o apoio e toda a assistência que os pés precisam quando estão descalços. O usuário sente melhor controle de seus movimentos e a sensação em seus pés de contato direto chão, etc.

Existem adesivos em desenvolvimento que são laváveis e podem torná-lo um produto sustentável e há também um adesivo (baseado em proteínas de um mexilhão azul), que continua a aderir durante a transpiração. Através de uma digitalização 3D do pé o *Footsticker* pode ser ajustado e personalizado ao tamanho e proporções dos pés e a escolha desportiva.

Outra tecnologia que aplica a questão de sentir os movimentos reais dos pés e a do *Five Fingers*. Este produto foi desenvolvido pelo designer Robert Fliri, com o propósito de oferecer um movimento natural dos pés durante a corrida, promovendo conforto e maior proteção durante a atividade em qualquer superfície (VIBRAM FIVE FINGERS, c2013, tradução nossa) (FIG. 37, 38 e 39).



Figura 37 – Solado com a tecnologia *Vibram Fivefingers*  
Fonte: (SPORTSHOES.COM, c2013, tradução nossa)



Figura 38 – Tênis com a tecnologia *Vibram Fivefingers*  
Fonte: (VIBRAM FIVEFINGERS, [201-?]a, tradução nossa)



Figura 39 - Calçado esportivo *Sprint*  
 Fonte: (VIBRAM FIVE FINGERS, [201-?]b, tradução nossa)

### 3.16 Caminhadas: solado que proporciona melhor tração

Pesquisadores e *designers* de uma empresa de materiais esportivos projetaram um tênis em 1999, depois de estudar as patas de cabras montanhesas no jardim do zoológico de Oregon (FIG. 40).



Figura 40 - Cabra montanhesa  
 Fonte: (ASK NATURE, 2011, tradução nossa)

O *Goatek* apresenta uma sola de tênis baseada no *design* do casco da cabra montanhesa. Leve e ultraconfortável, “[...] imita a almofada macia e graxa do centro das patas da cabra, localizada ao redor da unha que escava em superfícies macias, e um dedo do pé articulado, permitindo o animal saltar com segurança entre estreitas bordas rochosas.” (OBERHERR, 2012) (FIG. 41).



Figura 41 - Patas cabra, vista inferior  
 Fonte: (DIRT TIME, [20--], tradução nossa)

As suas patas mantêm a tração através de um escudo externo duro (o casco) e macio (flexíveis almofadas interiores), bem como, *ergôs* deslizamento (unhas de tração) para parar quando sobem nas rochas.

O projeto foi interrompido em 2008, após uma temporada no mercado, devido às baixas vendas, apesar de ter realizado com êxito a prospecção de *design* esperado: criar um solado que proporciona melhor tração ao usuário durante as caminhadas. Esse foi um tênis bem projetado e praticamente ignorado fora da Ásia, onde foi sucesso absoluto (FIG. 42).



Figura 42 - Nike Air Terra Goatek  
 Fonte: (GOOD-BY FASHION, 2013)

Todos estes exemplos descritos acima foram alguns dos mais instigantes e contemporâneos no universo das invenções, adotando a natureza como seu *zeitgeist* - a biomimética.

A natureza numa manifestação sistêmica concebe, embala, transporta, respeita, recicla, comunica e preserva. O sucesso da natureza pode inspirar um novo caminho para a humanidade.

#### 4 Sustentabilidade e nanotecnologia na aplicação da biomimética

Agregado ao conceito de biomimética no desenvolvimento de produtos, apresentam-se também o conceito de sustentabilidade e a aplicação da nanotecnologia; ambos a serviço também da utilização de aspectos da natureza ao *design* de produtos, no caso específico da indústria têxtil e do calçado.

A sustentabilidade pode ser entendida como “[...] a utilização racional de recursos naturais para satisfazer as necessidades atuais de uma empresa/população, sem que esse uso comprometa as gerações futuras.” (DURATEX, [20--]). Dessa forma busca-se um desenvolvimento sustentável no qual não haja uma agressão a natureza, porém o seu uso de forma correta. Como a biomimética é inspirada na natureza e nas suas soluções, faz-se necessário pensar também por esse prisma, tendo em mente que há um reaproveitamento dentro do próprio meio ambiente de seus recursos naturais.

Quanto à nanotecnologia, define-se como “[...] ciência que projeta e desenvolve produtos e processos tecnológicos a partir de partículas minúsculas, na escala de nanômetros (1 milímetro é igual a 1 milhão de nanos), como os átomos.” (GUIA DO ESTUDANTE, c2009). Sua aplicação está relacionada ao desenvolvimento dos produtos ou materiais que possam ser utilizados de várias formas inclusive na indústria têxtil e calçadista.

A sustentabilidade e a nanotecnologia já se fazem presentes na matéria-prima e nos materiais utilizados na confecção ou fabricação de tecidos e calçados. No mercado já existem algumas alternativas de materiais que trazem esta proposta de sustentabilidade.

Alguns deles são:

- Bio Leather;
- Laminado vegetal;
- Espuma ecologicamente correta;
- Couraça e contraforte ecológico;
- Borracha biodegradável;
- Linha ecológica;
- Embalagem biodegradável;
- Adesivo sustentável.

Os exemplos mencionados acima são alguns de vários outros que podem, através de pesquisa, serem utilizados na fabricação do calçado de forma a torná-lo um produto mais sustentável e ecologicamente correto.

## Conclusões e recomendações

A biomimética é área da ciência que estuda estruturas biológicas e suas funções, procura aprender com a natureza soluções que podem ser aplicadas no cotidiano. Observar a natureza e nela procurar inspiração para a ciência, a tecnologia, o *design* de produtos, materiais e componentes, dentro de um pensamento sistêmico de sustentabilidade.

A biomimética, ferramenta que impulsiona a inovação em sintonia com o meio ambiente, vem sendo chamada de a nova revolução industrial que prioriza o princípio de sustentabilidade. Os têxteis estão na vanguarda, por uma questão de colaboração multidisciplinar de pesquisas: biológica, química, física, engenharia e *design*.

O conjunto intelectual dos profissionais atuantes no Planejamento & Desenvolvimento e suas áreas afins, deverão sempre ter conscientização, ética e respeito profundo às bases ecológicas. A conservação e o manejo de recursos naturais é a manifestação valorosa do princípio de sustentabilidade, que implica numa contínua ação unificadora, implementando mudanças para a reorientação de práticas políticas, econômicas e sociais futuras.

## Referências

- 'ACQUIRING Nature's Inspiration' lotus effect on textiles. Ahmedabad: Fibre2fashion, 2010. Disponível em: <<http://www.fibre2fashion.com/industry-article/30/2945/acquiring-natures-inspiration-lotus-effect-on-textiles1.asp>>. Acesso em: 15 maio 2013.
- ASK NATURE. **Goatek traction hiking sole**: hiking shoe sole that provides better traction. Missoula, 2011. Disponível em: <<http://www.asknature.org/product/e53fed91dd6e8d4a348f3454493d4c90>>. Acesso em: 15 maio 2013.
- BENYUS, Janine M. **Biomimética**: inovação inspirada pela natureza. São Paulo: Cultrix, 2003.
- BIOLUMINESCÊNCIA. [S.l.], [20--]. Disponível em: <<http://www.parnaemas.chapceu.com.br/Animals/bioluminescencia.htm>>. Acesso em: 26 jun. 2013.
- CASAS ARROYO HOMEOWNERS ASSOCIATION. **Common cockleburr**. Sonoita, 2001. Disponível em: <<http://www.casasarroyo.org/flowers/composites/Cockleburr.html>>. Acesso em: 15 maio 2013.
- DESIGNBOOM. **Suzane Lee**: biocouture growing textiles. [S.l.], 2010. Disponível em: <<http://www.designboom.com/design/suzanne-lee-biocouture-growing-textiles/>>. Acesso em: 15 maio 2013.
- DETANICO, Flora Bittencourt; TEIXEIRA, Fabio; SILVA, Tânia L. K. A Biomimética como método criativo para o projeto de produto. **Design & Tecnologia**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, 2010. Disponível em: <<http://www.pgdesign.ufrgs.br/designtecnologia/index.php/det/article/viewFile/52/33>>. Acesso em: 15 maio 2013.
- DIRT TIME. **Mountain goat**. [S.l.], [20--]. Disponível em: <<http://dirttime.ws/Notebook/MtGoat.htm>>. Acesso em: 15 maio 2013.
- DURATEX. **Conceito de sustentabilidade**. São Paulo, [20--]. Disponível em: <[http://www.duratex.com.br/pt/Sustentabilidade/Conceito\\_Sustentabilidade.aspx](http://www.duratex.com.br/pt/Sustentabilidade/Conceito_Sustentabilidade.aspx)>. Acesso em: 15 maio 2013.
- E SE pudéssemos cultivar nossas próprias roupas incríveis. **Ser sustentável com estilo**, [S.l.], 13 ago. 2010. Disponível em: <<http://sersustentavelcomestilo.com.br/2010/08/13/e-se-pudessemos-cultivar-roupas-incriveis/>>. Acesso em: 20 jun. 2013
- FERREIRA, Jonas. **A invenção do velcro**. [S.l.]: Site de Curiosidades, 2010. Disponível em: <<http://www.sitedecuriosidades.com/curiosidade/a-invencao-do-velcro.html>>. Acesso em: 15 maio 2013.
- GOOD-BY FASHION. **Nike air terra goatek**. [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://goodbyfashion.jugem.jp/?eid=443>>. Acesso em: 15 maio 2013.
- GUIA DO ESTUDANTE. **Nanotecnologia**. São Paulo: Abril, c2009. Disponível em: <<http://guiadoestudante.abril.com.br/profissoes/ciencias-exatas-informatica/nanotecnologia-687230.shtml>>. Acesso em: 15 maio 2013.
- HARDESTY, Harry. **Fibers that can hear and sing**: MIT researches pass a milestone on the path to sophisticated fibers that interact with their surroundings in new ways. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2010. Disponível em: <<http://web.mit.edu/newsoffice/2010/acoustic-fibers-0712.html>>. Acesso em: 15 maio 2013.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Bichos-da-seda transgênicos produzem teia de aranha artificial.** [S.l.], 2010. Disponível em:

<<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=bichos-seda-transgenicos-teia-aranha-artificial&id=010160100930>>. Acesso em: 15 maio 2013.

INSTITUTE OF TEXTILES AND CLOTHING. **RadianFab.** Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University, 2010. Disponível em: <[www.itc.polyu.edu.hk/en/research/highlights-4028e48629f04b090129f293436a0002.html](http://www.itc.polyu.edu.hk/en/research/highlights-4028e48629f04b090129f293436a0002.html)>. Acesso em: 15 maio 2013.

JOYCE, Christopher. **Spider wanglers weave one-of-a kind tapestry.** Washington: NPR, 2009. Disponível em: <<http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=113223398>>. Acesso em: 15 maio 2013.

KAGANSKIY, Julia. **Fashioning materials for the future.** [S.l.]: The Creators Project, 2010. Disponível em: <<http://thecreatorsproject.vice.com/blog/fashioning-materials-for-the-future>>. Acesso em: 15 maio. 2013.

KESSEL, Richard. **Cocklebur (xanthium) seeds use hooks to latch onto passing animal fur or people's clothing.** [S.l.]: Art.com, [20--]. Disponível em:

<<http://www.art.com/products/p14439819897-sa-i6704311/richard-kessel-cocklebur-xanthium-seeds-use-hooks-to-latch-onto-passing-animal-fur-or-people-s-clothing.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

LACERDA, C.; FANGUEIRO, R.; SORANSO, P. O contexto biomimético aplicado ao design de superfícies têxteis. **REDIGE**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 3, dez. 2012. Disponível em: <<http://www.cetiqt.senai.br/ead/redige/index.php/redige/article/view/155/223>>. Acesso em: 15 maio 2013.

LASCHUK, Tatiana. **Aplicação de têxteis inteligentes a produtos de design de moda.** 2008. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Têxtil)—Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2008.

NATH, Carine. Biomimetismo: invenções inspiradas na natureza. **Coletivo verde**, [S.l.], 08 maio 2012. Disponível em: <<http://www.coletivoverde.com.br/biomimetismo>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

NATIONAL STATES. **Dauntless ballistic armour.** [S.l.], 2009. Disponível em: <<http://forum.nationstates.net/viewtopic.php?f=6&t=4271>>. Acesso em: 15 maio 2013.

OBERHERR, Mariana Neves. **Desenvolvimento de calçado baseado na biomimética.** 2012. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Design)-Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo, 2012. Disponível em: <<http://ged.feevale.br/bibvirtual/Monografia/MonografiaMarianaOberherr.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2013.

REVELLI, Barbara. **Grow your clothing:** bio-couture: bacterial-cellulose textile is the fashion of the future. [Amsterdan]: Mediamatic, 2010. Disponível em:

<<http://www.mediamatic.net/131766/en/grow-your-clothing>>. Acesso em: 15 maio 2013.

SEVERS, Frieke. **Feel the movement of your feet.** Oosterhout: Behance, 2010. Disponível em: <<http://www.behance.net/gallery/Footstickers-Independent-graduation-at-Nike-EMEA/839662>>. Acesso em: 15 maio 2013.

SHARRER, Terry. **Silkworms making spider silk**. Charlottesville: Medical Automation, 2010. Disponível em: <<http://www.medicalautomation.org/2010/11/silkworms-making-spider-silk/>>. Acesso em: 15 maio 2013.

SHAWNA. Cocklebur man. **Nature for kids**, [S.I.], 04 Nov. 2010. Disponível em: <<http://natureforkids.net/2010/11/04/cocklebur-man/>>. Acesso em: 15 maio 2013.

SHIYAK, Abbas Uddin. Biomimetics: engineering new textile. **Textile Today**, Bangladesh, May/Jun. 2010. Disponível em: <<http://www.textiletoday.com.bd/magazine/30>>. Acesso em: 15 maio 2013.

SPORTSHOES.COM. **Vibram five finger speed shoes**. West Yorkshire, c2013. Disponível em: <<http://www.sportshoes.com/product/VIB9/vibram-fivefinger-speed-shoes>>. Acesso em: 15 maio 2013.

THE CREATORS PROJECT. **Vega Wang**: nas profundezas. [S.I.], c2013. Disponível em: <<http://beta.thecreatorsproject.com/pt-br/videos/vega-zaishi-wang/media/into-the-deep>>. Acesso em: 15 maio 2013.

TOLEDO, Karina. Produtos inspirados pela natureza dobram todos os anos. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, 16 abr. 2013. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/04/16/produtos-inspirados-pela-natureza-dobram-todos-os-anos/>>. Acesso em: 15 maio 2013.

VELCRO: dicas para limpeza. **Euacheiprimeiro**, [S.I.], 08 jul. 2012. Disponível em: <<http://euacheiprimeiro.com/blog/2012/07/08/velcro-dicas-para-limpeza/>>. Acesso em: 15 maio 2013.

VESTIDO de noiva do futuro? **Ser sustentável com estilo**, [S.I.], 13 out. 2010. Disponível em: <<http://sersustentavelcomestilo.com.br/2010/10/13/vestido-de-noiva-do-futuro>>. Acesso em: 15 maio 2013.

VIBRAM FIVE FINGERS. **About vibram five fingers**. Milano: c2013. Disponível: <[http://www.vibramfivefingers.com/about\\_vibram\\_fivefingers/](http://www.vibramfivefingers.com/about_vibram_fivefingers/)>. Acesso em: 15 maio 2013.

\_\_\_\_\_. **Speed**. Milano, [201-?]a. Disponível em: <<http://www.vibramfivefingers.it/eng/speed.aspx>>. Acesso em: 15 maio 2013.

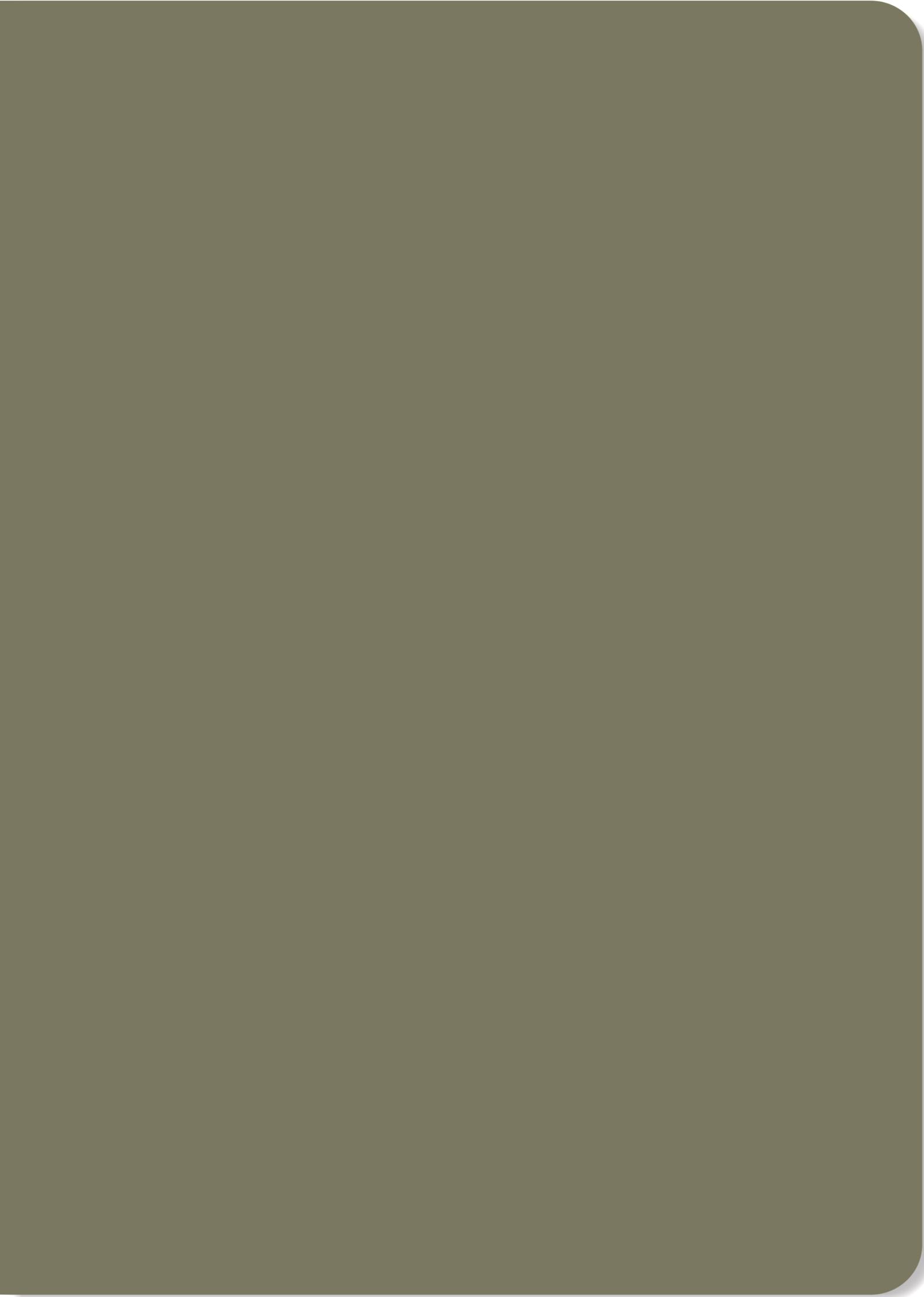
\_\_\_\_\_. **Sprint**. Milano, [201-?]b. Disponível em: <[http://www.vibramfivefingers.it/product\\_details.aspx?model=Sprint](http://www.vibramfivefingers.it/product_details.aspx?model=Sprint)>. Acesso em: 05 jun. 2013.

VISUALS UNLIMITED. KESSEL, Richard. **Cockleburr**. Hollis, 2011. Disponível em: <<http://visualsunlimited.photoshelter.com/image/I0000qO4cWmUzvsY>>. Acesso em: 15 maio 2013.

YOUNGBLUTH, Marsh. **Bathocyroe fosteri**. Madri: El País, 2011. Disponível em: <[http://elpais.com/diario/2011/08/24/sociedad/1314136804\\_740215.html](http://elpais.com/diario/2011/08/24/sociedad/1314136804_740215.html)>. Acesso em: 15 maio 2013.

## Identificação do Especialista

Mônica Haisser - Especialista em Moda e Comunicação e em Calçados - Criação e Estilo





*Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas*

[www.respostatecnica.org.br](http://www.respostatecnica.org.br)