

O geco e os cabelos de Sansão

Este artigo sobre o geco* é o segundo publicado depois do “acordo de intercâmbio de artigos” firmado entre as duas organizações de polímeros brasileira e italiana (ABPol e AIM) conforme noticiado na nossa edição de Abr-Jun 2006, sendo que o mesmo foi editado no AIM Magazine em Dezembro de 2004. A parte interessante se relaciona ao fato que sempre a natureza sugere aos cientistas idéias para desenvolver novos materiais ou novas estruturas. De um lado eles levam grandes vantagens, do outro lado se apercebem que a natureza tem recursos inalcançáveis.

Acontece freqüentemente que, quando a ciência descobre um segredo da natureza e acaba replicando-o, abre-se uma vastidão de possíveis aplicações tecnológicas, mais ou menos avançadas, em seguida a essa descoberta.

Este é, sem dúvida, o caso referente a um inócuo réptil (Figuras 1a e 1b) da família dos Geconídeos, cuja habilidade mais fascinante, objeto de interesse científico, é aquela de ser capaz de sustentar-se e caminhar sobre qualquer tipo de superfície, mesmo com a cabeça para baixo; habilidade que lhe permite, por exemplo, pendurar-se com uma pata só num teto de vidro perfeitamente limpo.



(a)



(b)

Figura 1. Dois diferentes exemplares de geco (a e b).

Se isto não parecesse suficientemente surpreendente podemos acrescentar que, segundo as avaliações teóricas de vários grupos de pesquisadores, o geco possui uma força atrativa mil vezes maior daquela necessária para sustentar o próprio peso: possui, portanto, aquela que poderíamos chamar “uma força de Sansão!”

Essa associação parece particularmente apropriada dado que exatamente nos “cabelos” se encontra o segredo, recentemente descoberto, da capacidade do geco de caminhar e galgar sobre qualquer tipo de superfície: vertical, horizontal, lisa ou áspera, com características lipófilas ou hidrófilas, na pressão atmosférica ou no vácuo. Tudo isso alcançando velocidades de até 1 m/s, muito altas considerando que se trata de um animal, cujo representante com maiores

*O geco é da família de répteis da Subordem Lacertilia da ordem Squamata

dimensões não supera 62 cm de comprimento (aquele com as menores dimensões, ao contrário, mede só 18 mm e é o menor réptil do mundo).

Cabelos sob as patas

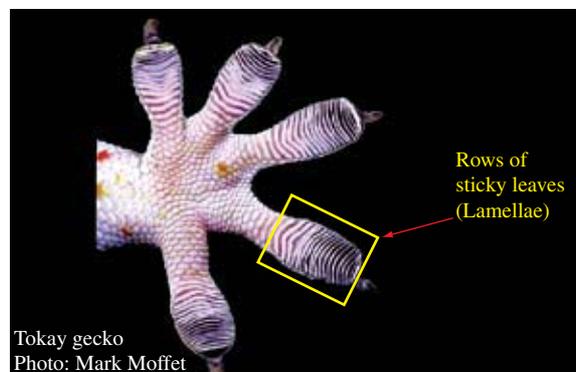
Segundo as recentes pesquisas de K. Autumn, B. Full, A. Geim e de outros pesquisadores, as centenas de milhares de *setae* a base queratínica que constituem a cobertura de cada pata (Figura 2a), e as centenas de *spatulae* com as quais termina cada dedo, constituem os apêndices flexíveis que o animal usa para aderir à superfície sobre a qual se encontra.

Se pudéssemos replicar adequadamente este mecanismo de adesão, as aplicações tecnológicas seriam inumeráveis e pertenceriam às mais variadas disciplinas: da robótica espacial até àquela estudada para missões de salvação nos terrenos impérvios, das fitas adesivas utilizáveis em um número indefinido de vezes, até aos equipamentos para apaixonados de *free climbing*.

Mais em detalhe, cada pata deste tipo de réptil possui uma estrutura lamelar (Figura 2b) terminante com *setae*



(a)



(b)

Figura 2. Diferentes tipologias de patas de geco, todas com estrutura lamelar (a); Em (b) as lamelas são evidenciadas. Fonte: <http://www.lclark.edu/~autumn/climbing/climb.html>. Copyright (c) 2000, Kellar Autumn.

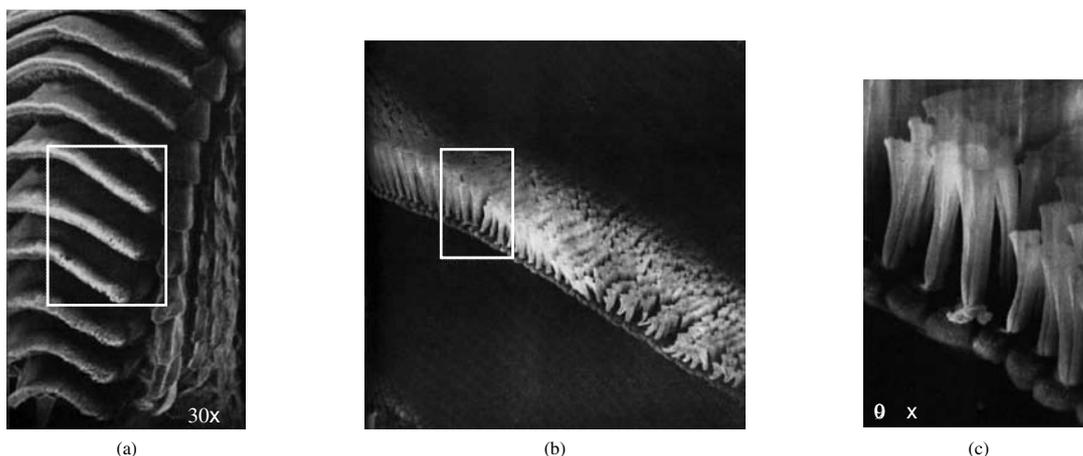


Figura 3. Ampliação de setae (a) e de spatulae (b) das patas do gecko. O segundo é uma ampliação de 270x. Em (c) ampliação de 900x. Fonte: <http://www.lclark.edu/~autumn/climbing/climb.html>. Copyright (c) 2000, Kellar Autumn.

a base queratínica, com uma densidade avaliável de 5000 cada mm^2 . Elas têm um comprimento que varia entre 30 e 130 μm e um diâmetro de 200-500 nm. Através da microscopia eletrônica foi possível investigar mais em profundidade a morfologia dessas *setae* e descobrir que elas apresentam uma estrutura ciliada (Figura 3a). Além do mais, os pesquisadores constataram que cada uma dessas centenas de cílios, de cerca de 0.2-0.5 μm de comprimento, tem uma forma de espátula (da qual o nome de *spatulae*; Figura 3b), que as tornam particularmente adequadas à função de íntima adesão a qualquer tipo de superfície.

Devido a esta enorme disponibilidade de *spatulae* – portanto de força – sob cada pata, como o gecko não fica colado a cada passo? A tal propósito, os pesquisadores verificaram que o jeito de andar do animal é tal que se forma um ângulo de 30° entre a superfície e as *spatulae*, que lhe permite não usar muita força para despegar-se da parede e prosseguir no movimento.

Esse mecanismo é eficaz sobre cada tipo de superfície, exceto para aquelas que não permitem a instauração de forças de Van der Waals eficazes, como, por exemplo, no caso do Teflon. Que o segredo esteja propriamente na formação de milhões de forças de interação intermoleculares fracas foi demonstrado nas pesquisas já mencionadas, que excluíram outros mecanismos como a secreção de fluidos adesivos (o gecko não possui glândulas aptas a este escopo) e a sucção, como no caso das salamandras (o mecanismo que estamos examinando funciona também no vácuo).

Um “velcro monocomponente” a base poliamídica

Prosseguindo com o estudo da especial estrutura das patas do gecko, o grupo de A. Geim do Manchester Centre for Mesoscience and Nanotechnology, da mesma Universidade, em colaboração com o Institute for Microelectronics Technology de Chernogolovka na Rússia, chegou a replicar o mecanismo de adesão das *spatulae* do gecko. Sobre um filme baseado na poli (dianidrido-oxidianilina piromelítica) (Figura 4a) com uma espessura de 5 μm , colocado acima de

uma camada de silício, os pesquisadores obtiveram cílios com um comprimento de 2 μm e com um diâmetro de 500 nm (Figura 4b), utilizando a litografia a raio eletrônico sobre um filme de alumínio e transferindo depois o modelo ao polímero, com um sucessivo *dry etching* em atmosfera de plasma de oxigênio.

Mesmo tendo uma área de contato somente de 0,5 cm^2 , essa réplica sintética pode sustentar 100 g de carga pendurados a um teto de vidro. A matriz polimérica flexível pode adaptar-se às eventuais asperezas da superfície de contato e permitir a adesão das *spatulae* de modo eficaz.

Até hoje esta espécie de velcro de único componente pode ser reutilizada somente 5 a 6 vezes, diversamente do caso das *setae* do gecko que, entre as outras propriedades, são auto-limpantes. Isso parece ser devido ao fato que os cí-

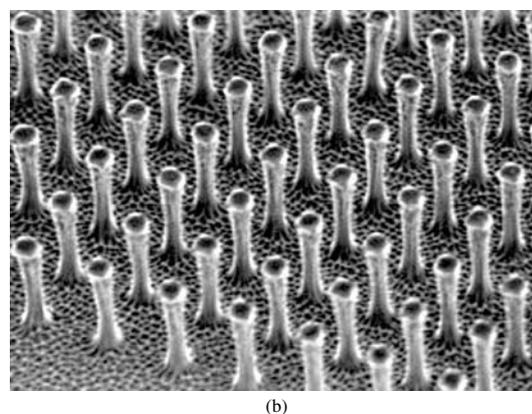
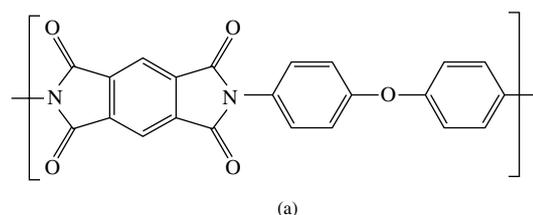


Figura 4. Monômero da poli(dianidrido-oxidianilina piromelítica) (a); Cílios sintetizados do grupo de Geim sobre o suporte poliamídico (b). (Fonte: <http://www.nature.com/cgi-taf/DynaPage.taf?file=/nmat/journal/v2/n7/full/nmat917.html>; Geim/Univ. of Manchester).



Figura 5. Os cílios sintéticos – comparar com a Figura 4b – tendem a se colar uns com os outros depois de serem utilizadas 5 a 6 vezes. Fonte: <http://www.nature.com/cgi-taf/DynaPage.taf?file=/nmat/journal/v2/n7/full/nmat917.html>; Geim/Univ. of Manchester.

lios sintéticos tendem a se colar uns nos outros, como pode ser visto ao se comparar a Figura 4b com a foto da Figura 5, tornando-se, portanto, mais disponíveis a aderir sobre a superfície de contato.

A eficácia da adesão dos cílios poliamídicos sintetizados do grupo de Geim depende muito da geometria e da densidade sobre o suporte flexível. Através de numerosos experimentos, concluiu-se enfim que elas devem ter um comprimento ideal de cerca de 2 μm , um diâmetro de 0.5 μm e uma periodicidade de 1.6 μm . E ainda, parece que existe uma correlação linear entre a superfície de contato e a força de adesão desenvolvida das *setae* sintéticas: essa correlação permite concluir que a superfície total média das palmas das mãos (maior de 200 cm^2) coberta com essas *setae* seja o suficiente para sustentar o peso de uma pessoa de compleição média. Devido ao elevado custo requerido para a produção das *setae* sintéticas necessárias para cobrir esta superfície (uma ulterior propriedade que os cientistas inventam com respeito às patas do gecko consiste, sem dúvida, no fato de possuir uma excepcional tecnologia a custo zero!), o grupo de Geim apresentou uma demonstração em pequena escala (Figuras 6a e 6b) com um objeto familiar particularmente adequado a ilustrar o conceito.

Entretanto, antes que esta tecnologia possa se tornar economicamente acessível em grande escala, os fãs de *Manolo* e de *Spiderman* deverão contentar-se em assistir as evoluções dos seus heróis sem poder emulá-los facilmente.

Bibliografia

1. www.lclark.edu/~autumn
2. www.cs.man.ac.uk/nanotechnology

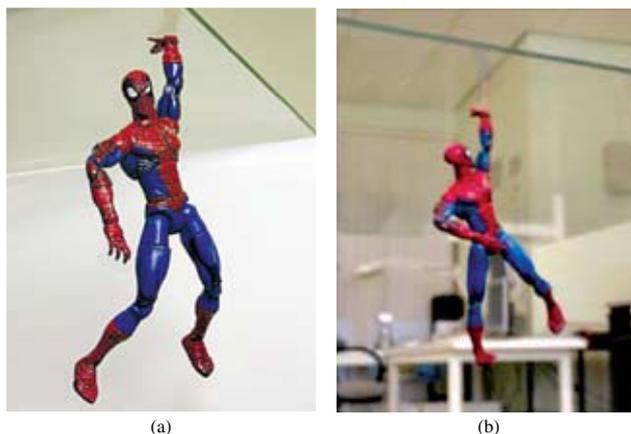


Figura 6. o grupo de Geim demonstrou a eficácia da réplica sintética pendurando a um teto de vidro um brinquedo de 15 cm de altura e 20 g de peso (a) e (b). Fonte: <http://www.nature.com/cgi-taf/DynaPage.taf?file=/nmat/journal/v2/n7/full/nmat917.html>

3. <http://www.nature.com/cgi-taf/DynaPage.taf?file=/nmat/journal/v2/n7/full/nmat917.html>
4. http://news.man.ac.uk/1054290245/index_html
5. www.nanotechweb.org
6. http://news.man.ac.uk/1054290245/index_html
7. http://www.berkeley.edu/news/berkeleyan/2002/09/04_geco.html
8. <http://www.collegenews.org/x609.xml>
9. <http://www.bbc.co.uk/nature/animals/features/242index.shtml>
10. <http://www.nature.com/nsu/020826/020826-2.html>
11. <http://www.apologeticspress.org/docsdis/2003/dc-03-05.htm>
12. <http://www.howstuffworks.com/news-item21.htm>
13. <http://www.globetechnology.com/servlet/story/RT-GAM.20030603.gtgecojune3/BNStory/Technology/>

Sobre a autora

Anna Crestana: Ela se graduou em 2002 em Química Industrial na Universidade de Padova, com uma tese sobre homo e copolimerização das alfa-olefinas com catálise heterogênea Zigler-Natta. Trabalhou na Pirelli em Milão no grupo dos Materiais Inovadores. Atualmente trabalha no centro de pesquisa (R&D Fabric Care Centre) de uma companhia multinacional líder nos produtos para a casa. Desde 2002 ela colabora com AIM Magazine participando com artigos muito interessantes.

Tradução: Roberto Filippini Fantoni - AIM; cooperação: Silvio Manrich - ABPol