

REVISTA DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA
ANO 65 - NÚMERO 3 - JULHO/AGOSTO/SETEMBRO DE 2013

Ciência & Cultura

Temas e Tendências

N A N O
T E C N O
L O G I A S

65^a. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA



TEREZA COSTA RÊGO / CRIANÇA-SÉRIE REVISITANDO 1950

15 - 17 de julho de 2013 - Caruaru, Garanhuns, Petrolina, Recife, Serra Talhada
21-26 de julho de 2013 - UFPE - Recife, PE

CIÊNCIA PARA O NOVO BRASIL



www.sbpcnet.org.br

Realização:



Sociedade
Brasileira para o
Progresso da
Ciência



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

Patrocínio:



Apoio Institucional:



Ministério da
Educação

Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação



S U M Á R I O

3 EDITORIAL

4 TENDÊNCIAS

A FRONTEIRA DA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA NO BRASIL: ENANTIÔMEROS

Marco Aurélio Cremasco

BRASIL

6 COTAS DE ACESSO AO ENSINO SUPERIOR AJUDAM A TRANSFORMAR A UNIVERSIDADE PÚBLICA

9 OLIMPÍADAS E COPAS DE FUTEBOL: OPORTUNIDADE PARA AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS

12 FÁBRICAS CONTAM SUA HISTÓRIA

Arquivo Zanettini



Arqueologia na Fábrica de Louças Santa Catharina

MUNDO

14 ENTREVISTA COM GERALD R. FINK

18 PROJETO ARGENTINO APOSTA NA EXPANSÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NO PAÍS

19 ARQUEOLOGIA INVESTIGA VESTÍGIOS MATERIAIS DA DITADURA ARGENTINA

NÚCLEO TEMÁTICO: NANOTECNOLOGIAS

ARTIGOS



22

Apresentação

Nanotecnologias: elas já estão entre nós...

Oswaldo Luiz Alves

23

Considerações sobre o Programa Brasileiro de Nanotecnologia

Flávio Plentz

Adalberto Fazzio

28

A nanotecnologia como estratégia para o desenvolvimento de cosméticos

Renata M. Daudt

Juliana Emanuelli

Irene C. Külkamp-Guerreiro

Adriana R. Pohlmann

Silvia S. Guterres

32

Interação de nanomateriais com biossistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação

Diego Stéfani Teodoro Martinez

Oswaldo Luiz Alves

37

Microscopia de sondas: uma caixa de ferramentas da nanotecnologia

Fernando Galembeck

Carlos A. R. Costa

Thiago A. L. Burgo

Juliana S. Bernardes

Rubia F. Gouveia

44

Nanobiotecnologia verde: biossínteses de nanopartículas metálicas e suas aplicações como nanoantimicrobianos

Mahendra Rai

NOTÍCIAS 49

PESQUISAS 50

A & E

54 UM OLHAR SOBRE A AGRICULTURA FAMILIAR, A SAÚDE HUMANA E O AMBIENTE

Magda Regina Santiago
Moreira

CULTURA

58 HUMOR

Dos traços sofisticados ao vale tudo nas redes sociais

60 MEIO AMBIENTE

Quebrando coco, rompendo paradigmas

MIQCB



Quebradeira de coco de babaçu separando amêndoa

62 PAULO VANZOLINI

Paixão pela ciência e pela música deixou marcas por onde passou

64 ARTES

Flávio de Carvalho: a rebeldia como linguagem

66 PROSA

NEUSA PARANHOS

68 POESIA

MARCO AURÉLIO CREMASCO

E X P E D I E N T E

Ciência&Cultura
<http://cienciaecultura.bvs.br>

CONSELHO EDITORIAL

Ana Maria Fernandes, André Tosi Furtado, Carlos Vogt, Celso Pinto de Melo, Dora Fix Ventura,
Francisco Cesar de Sá Barreto, Gilberto Cardoso Alves Velho, Hernan Chaimovich Guralnik,
Ima Célia Guimarães Vieira, Isaac Roitman, João Lucas Marques Barbosa, Luiz Eugênio de Mello,
Marcelo Marcos Morales, Phillipe Navaux, Regina Pekelman Markus

EDITOR CHEFE
Marcelo Knobel

EDITORA EXECUTIVA
Wanda Jorge

EDITORA ASSISTENTE
Germana Barata

EQUIPE DE REPORTAGEM
Chris Bueno, Cristina Caldas, Glória Tega,
Leonor Assad, Marcela Salazar Granada,
Marina Gomes, Marta Avancini,
Patrícia Mariuzzo, Renato Lima

CAPA
João Baptista da Costa Aguiar

DIAGRAMAÇÃO
Carla Castilho | Estúdio
Luis Paulo Silva (tratamento de imagens)

REVISÃO
Daisy Silva de Lara

CONSULTORES
Literatura
Alcir Pécora
Carlos Vogt
Paulo Franchetti

CONTATOS
Redação: cienciaecultura@sbpcnet.org.br

DIRETORIA DA SBPC

PRESIDENTE
Helena Bonciani Nader

VICE-PRESIDENTES
Ennio Candotti
Dora Fix Ventura

SECRETÁRIO-GERAL
Rute Maria Gonçalves Andrade

SECRETÁRIOS
Edna Maria Ramos de Castro
Maria Lucia Maciel
José Antônio Aleixo da Silva

PRIMEIRO TESOUREIRO
Regina Pekelmann Markus

SEGUNDO TESOUREIRO
Walter Coli

Revista *Ciência e Cultura*
ISSN 0009-6725

A escala nanométrica abre infinitas possibilidades de aplicações de novos ou de antigos materiais em áreas como a medicina, eletrônica, cosmética, agricultura, meio ambiente e em outras. Oswaldo Luiz Alves, professor do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) coordena o Núcleo Temático desta edição, sobre as nanotecnologias, deixando claro que o Brasil investe em pesquisa e desenvolvimento, mas também na regulamentação e em medidas voltadas para a segurança desta nova fronteira científico-tecnológica.

Cotas de acesso ao ensino público se implantam por todo o país, diversificando a face dos estudantes nas universidades e exigindo mudanças na postura dos professores. Igualmente, a proximidade da Copa do Mundo de Futebol e das Olimpíadas, a serem realizadas no Brasil, induz a um novo olhar sobre os avanços científicos como promotores de vitórias esportivas. E temas como educação e investimentos em esporte, duas questões de fundo que motivaram a ida de milhares de manifestantes às ruas do país no último mês de junho, continuam a ser abordados nas reportagens da *Ciência e Cultura*.

Na seção "Mundo", destacam-se duas matérias inter-relacionadas pela localização geográfica, a arqueologia dos rastros da repressão durante a ditadura argentina, bem como as dificuldades que a crise atual impõem às pesquisas científicas naquele país. Em "Cultura", uma homenagem a Paulo Vanzolini, que a ciência e o samba perderam recentemente, e a presença do humor nos salões de artes do país e nas redes sociais, aparecendo como marca do caráter brasileiro na análise de estudiosos da área. Prosa e poesia, como sempre, fecham esta edição.

Boa leitura!

MARCELO KNOBEL
Julho de 2013

A FRONTEIRA DA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA NO BRASIL: ENANTIÔMEROS

Marco Aurélio Cremasco

A indústria química é um dos setores mais dinâmicos e vitais de qualquer economia industrializada. Isto é consequência da geração de produtos finais amplamente demandados por consumidores, assim como uma vasta lista de intermediários utilizados por outras indústrias em seus processos produtivos. A capacidade de inovar mais rapidamente do que os demais setores, oferecendo sempre novos produtos e modificando processos, permitiu notável crescimento para este tipo de indústria. Atualmente, o Brasil é a sexta potência mundial no setor químico. Por outro lado, o país vem apresentando um histórico preocupante em sua balança comercial, verificando-se o crescimento explosivo no déficit de US\$ 1,5 bilhão em 1991 para pouco mais de US\$ 28 bilhões em 2012. Urge o investimento na agregação de conhecimento, de tecnologia e de inovação para aumentar a competitividade das empresas nacionais (1). Segundo dados apresentados por Vieira (2), o valor agregado das exportações brasileiras concentraram-se, majoritariamente, em produtos de baixa intensidade tecnológica.

Verifica-se que a produção de fármacos é um fator de desempenho econômico a ser considerado. O caráter das intervenções no funcionamento dos mercados farmacêuticos, principalmente nos países desenvolvidos, objetiva reduzir os gastos com saúde, inclusive com medicamentos, e assegurar o acesso geral da população aos tratamentos de forma racional (3). Todavia, a contribuição da indústria farmacêutica ocorrerá caso se invista na inovação tecnológica de seus produtos e/ou processos por meio de melhoria de processos que conduzam à produção de fármacos de alto valor agregado, como é o caso dos fármacos enantioméricos ou quirais.

Enantiômeros são compostos que apresentam a mesma fórmula molecular, mas que não se sobrepõem, sendo imagem especular do seu par complementar. A diferença entre as moléculas está na maneira como os átomos estão dispostos no espaço e na ordenação nas respectivas moléculas, as quais apresentam as mesmas propriedades físicas e químicas tais como: ponto de fusão, ponto de ebulição e solubilidade, entre outras propriedades. A mistura equimolecular de dois enantiômeros é denominada forma racêmica (ou mistura racêmica). A mistura

racêmica é opticamente inativa, enquanto os pares de enantiômeros apresentam diferenças nas propriedades fisiológicas.

Observa-se que, em certos casos, um dos enantiômeros é o isômero mais ativo. Todavia, o menos ativo, para determinada ação fisiológica, pode acarretar efeitos colaterais, como é o caso da talidomida, comercializada como mistura racêmica entre o final da década de 1950 e início da década de 1960, como sedativo e analgésico. Depois da tragédia causada por esse fármaco, em razão do (-)-(S)-enantiômero apresentar efeitos teratogênicos levando, por falta de conhecimento das diferenças toxicológicas entre os enantiômeros, à má formação de milhares de fetos humanos, novos estudos para fármacos quirais foram desenvolvidos (5).

INDIVIDUALIZAÇÃO DOS ELEMENTOS

A necessidade, portanto, de se obter enantiômeros individualmente separados para testes clínicos tem se tornado de extrema prioridade na pesquisa farmacêutica e no desenvolvimento de novos fármacos (6). Dentro desse contexto, existe uma série de vantagens da comercialização de enantiômeros puros sobre a comercialização da mistura racê-

mica, dentre elas: redução da dose e da carga no metabolismo; restrições menos rígidas na dosagem, ampliação do uso do fármaco; melhor controle da cinética da dosagem; redução da variabilidade da resposta dos pacientes; maior confiança na padronização da dosagem; redução nas interações com outros fármacos de uso comum; aumento da atividade e redução na dosagem; aumento de especificidade e redução de efeitos colaterais.

No que se refere à comercialização de fármacos enantioméricos, nos EUA, por exemplo, a fabricação quiral domina o mercado no setor farmacêutico, passando de um faturamento de mais de US\$ 1 bilhão em 2003 para mais de US\$ 1,6 bilhão em 2008 (4). Os fármacos quirais representam mais da metade dos aprovados em todo o mundo, incluindo muitos daqueles mais vendidos no planeta. Por exemplo, entre as 10 prescrições de produtos farmacêuticos mais vendidos nos EUA em 2009, seis deles são enantiômeros puros, dois são aquirais e dois racematos. Todavia, o valor do fármaco enantiomérico é superior ao da mistura racêmica no qual está presente. O enantiômero (-)-(S)-verapamil, um importante antagonista de íons cálcio e indicado no tratamento de angina, hipertensão arterial, fibrilação ou *flutter* atrial e taquicardia supraventricular paroxística, apresenta o valor em cerca de 520 vezes o valor da mistura racêmica (indicada para as mesmas patologias, contudo menos efetiva), a qual é comercializada a R\$ 366/grama. Nota-se, assim, a importância de desenvolver tecnologias inovativas que busquem, sim, o lucro, mas um lucro responsável, como também o aumento na escala de produção, de modo a aten-

der a sociedade com preços acessíveis e um produto altamente específico e que reduza efeitos colaterais, decorrentes do emprego da mistura racêmica.

Torna-se de extrema importância, para a indústria farmacêutica, a adoção efetiva da inovação de negócios, com o objetivo de alcançar vantagem competitiva; e a inovação em gestão, relacionada ao desenvolvimento de novas estruturas gerenciais. Neste caso, é importante refletir sobre a independência da gerência de P&D em relação à gerência industrial, de modo a propiciar a pesquisa aplicada e responder pelo desenvolvimento experimental que, por sua vez, objetiva a construção de protótipos de produção.

Como se vê, a indústria farmacêutica, tendo como foco o fármaco quiral, envolve o conhecimento interdisciplinar e multidisciplinar, pois no seu desenvolvimento estão presentes diversos profissionais que interagem, podendo-se citar: químicos (na identificação de moléculas quirais e suas propriedades), engenheiros químicos (na ampliação de escala, definição de processos produtivos), médicos (na condução de testes pré-clínicos e clínicos), biólogos (no estudo de atividades biológicas), farmacêuticos (na preparação do fármaco, em forma sólida ou líquida, para o seu emprego), administradores (na avaliação de novas estruturas organizacionais), economistas (na avaliação macroeconômica do impacto da produção desses fármacos), sociólogos (no estudo do impacto social com o emprego de um produto mais efetivo e menos agressivo); profissionais de marketing (no que se refere à mobilização da mídia quanto à diferenciação entre fármacos racêmicos e enantioméricos).

O bem-estar das pessoas deve ser procurado independentemente do que elas possam gerar em termos econômicos. Ser livres de doenças ou do analfabetismo é relevante não só pelo que representa como crescimento ao capital humano e ao crescimento econômico, mas também pela vida das pessoas, da sua dignidade, felicidade e autoestima. Esse olhar também deve ser considerado ao se avaliar critérios de custos e benefícios.

Marco Aurélio Cremasco é professor titular em engenharia química e livre docente da Unicamp. Autor de Fundamentos de transferência de massa (Editora da Unicamp) e Vale a pena estudar engenharia química (Editora Edgard Blucher).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Leite, L. F. "Metodologia de seleção, avaliação e priorização de projetos tecnológicos inovadores". Tese de doutorado. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.
2. Vieira, E. *Tempo de criar*. Indústria Brasileira, Sistema Indústria, Confederação Nacional da Indústria, ano 6, nº. 69, p. 17, 2006.
3. Gadelha, C. A. G.; Quental, C.; Fialho, B. C. "Saúde e inovação: uma abordagem sistêmica das indústrias da saúde". *Cad. Saúde Pública*, v. 19, nº.1, p. 47, 2003.
4. Nascimento, A. C. "Resolução enantiomérica do secnidazol". Campinas: Faculdade de Engenharia Química, Unicamp, 2012. 122 p. Dissertação (mestrado).
5. Caldwell, J. "Stereochemical determinants of the nature and consequences of drugs metabolism". *J. Chromatogr.*, v. 694, p. 39, 1995.
6. Sartor, J. P. "Separação cromatográfica do fármaco rolipram utilizando fase estacionária O,O-bis[4-terc-butilbenzoi]l-N,N-dialil-L-tartardiamida". Campinas: Faculdade de Engenharia Química, Unicamp, 2006. 113 p. Dissertação (mestrado).



EDUCAÇÃO

Cotas de acesso ao ensino superior ajudam a transformar a universidade pública

Alguma coisa acontece nas universidades brasileiras. Há quem chame de mau gosto o que vê, porque “narciso acha feio o que não é espelho”, diria Caetano Veloso em *Sampa*. São estudantes oriundos de famílias com renda inferior a um salário mínimo e meio, além de indígenas de diferentes etnias, que estão se fazendo presentes em salas de aula de cursos concorridos como medicina e engenharias, entre outras. São os cotistas que, desde agosto de 2012, passaram a ser regulamentados pela Lei das Cotas (Lei nº 12.711). Esta lei, que reserva 50% das vagas de cursos superiores para alunos vindos de escolas públicas e autodeclarados negros também oriundos de escola pública, é tema de vários estudos acadêmicos e movimenta a pauta da grande mídia. Prós e contras se multiplicam, com argumentos que vão desde o fatalista “será o fim da universidade pública de qualidade” até o apologista “trata-se de uma nova abolição dos escravos”. Há, ainda, os que veem a Lei de Cotas como mais uma política afirmativa para tentar diminuir as desigualdades no país. Afinal, curso superior é um caminho indicado para empregos com melhores salários. Com efeito, dados da pesquisa Esta-

tísticas do Cadastro Central de Empresas (Cempre) 2011, divulgada em 24 de maio de 2012 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apontam que em 2011 quem tinha nível superior recebia, em média, salário de R\$ 4.135,00 e quem não tinha, R\$ 1.294,00. A diferença salarial entre os trabalhadores brasileiros com e sem nível superior pode chegar a 219%.

Portanto, o diploma universitário pode ser, de fato, um passaporte para ascensão social. Não é de se estranhar que, alheios ao debate sobre a pertinência da Lei das Cotas, mais de 7,8 milhões de candidatos estão inscritos para as provas do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) em 2013. O Enem é utilizado como critério de seleção para os estudantes que pretendem concorrer a uma bolsa no Programa Universidade para Todos (ProUni) ou para uma das 500 universidades brasileiras, segundo dados do Ministério da Educação (MEC), que já usam o resultado do exame como critério de seleção para o ingresso no ensino superior, seja complementando ou seja substituindo o vestibular. E a Lei de Cotas já está valendo para as instituições federais de ensino superior.

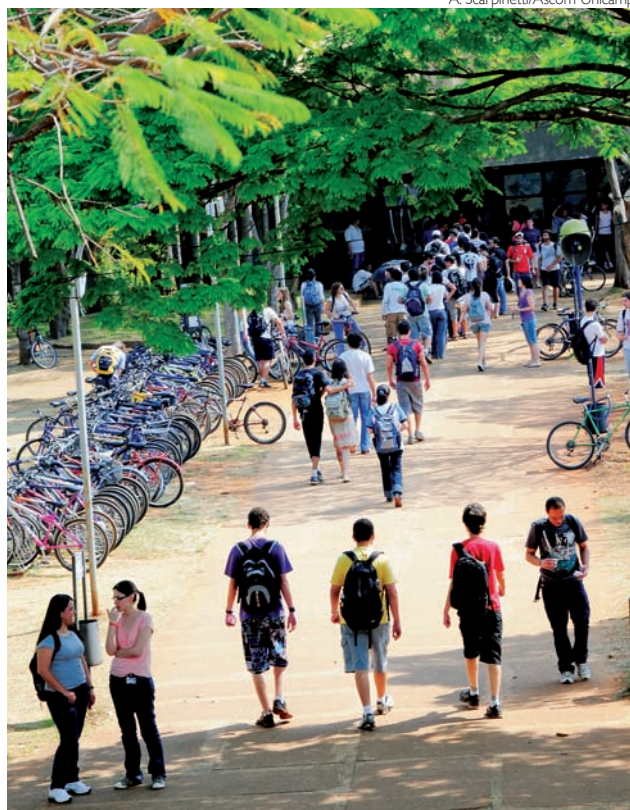
Em contrapartida, mesmo com pouco tempo ainda da adoção de algum tipo de cota de acesso, o que já se observa é que tal política nas universidades públicas contribui gradualmente, num processo lento, para uma transformação da universidade. E, nessa transformação, o lado mais resistente não é o aluno cotista que precisará fazer um grande esforço para acompanhar os cursos, se não tiver a necessária base que o ensino médio deveria oferecer. Os docentes também precisarão aprender a conviver com essas diferenças, que poderão contribuir, positivamente, para uma composição mais diversificada do alunado, capaz, assim, de melhor refletir, na universidade, a diversidade social e étnica de que se faz a nossa população.

PRIVILÉGIOS ANTIGOS Um trabalho de Silvia Maria Leite de Almeida, professora adjunta da Universidade Federal da Bahia (UFBA), publicado na revista *HISTEDBR* On-line, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), aponta que muitos dos privilégios concedidos em relação ao acesso à educação superior vêm sendo regulamentados desde o Império, pelo poder legislativo. Segundo Silvia, ao longo de nossa história muitas são as normas que concederam para poucos a possibilidade de se matricular em cursos superiores sem terem todos os exames exigidos.



Um dos exemplos mais flagrantes é a Lei nº 5.465, de 3 de julho de 1968, conhecida como Lei do Boi. Assinada pelo então presidente da República, Marechal Costa e Silva, essa lei fixava em seu artigo 1º que os estabelecimentos de ensino médio agrícola e as escolas superiores de agricultura e veterinária mantidos pela União, reservariam preferencialmente, cada ano, para matrícula na primeira série, 50% das suas vagas a candidatos agricultores ou filhos destes, proprietários ou não de terras, que residissem com suas famílias na zona rural. E, mais, nos estabelecimentos de ensino médio mantidos pela União, 30% das vagas restantes seriam reservadas, preferencialmente, para os agricultores ou filhos destes, proprietários ou não de terras, que residissem em cidades ou vilas que não possuíam estabelecimentos de ensino médio. Para sua aplicação, bastaria ao candidato apresentar um certificado fornecido pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), atestando que residia em área rural.

A Lei do Boi vigorou durante 17 anos e só foi revogada em 1985, graças ao movimento de estudantes gaúchos que questionaram sua legalidade. E motivos não faltavam. Os



Cotas: universidade para um perfil cada vez mais diversificado da sociedade

beneficiários da Lei do Boi foram de fato os filhos da elite rural. Havia também muitas distorções, não foram poucos os que, residindo em cidades de médio e grande porte, ingressaram em cursos de agronomia e veterinária, fazendo uso de certificados de residência em latifúndios ou casas de campo. Enquanto a Lei do Boi vigorou não se argumentou que a qualidade dos cursos de ciências agrárias poderia ficar comprometida, nem houve quem defendesse que a desigualdade social no campo se-

ria enfim eliminada. Mesmo porque os pequenos agricultores e seus filhos, naquela época – e a rigor ainda hoje em muitas regiões – dedicavam grande parte de seu tempo ao trabalho, para garantir a sobrevivência da família. Mal frequentavam escolas para alfabetização. Ensino superior? Nem em sonhos.

UNIVERSIDADE HETEROGÊNEA

Em 2004 ocorreram os primeiros vestibulares em universidades públicas por meio de um sistema de cotas, que variava de uma instituição a outra. As precursoras foram a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj), a Universidade Estadual do Norte Fluminense (Unf), seguidas pela Universidade de Brasília (UnB), pela

Universidade do Estado da Bahia (Uneb) e pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Mas antes mesmo de se formarem as primeiras turmas, muitas análises foram e continuam sendo feitas, ora questionando os efeitos da política de cotas ora apontando suas grandes possibilidades de inclusão social. Em geral esses argumentos, sejam favoráveis ou não, tendem a discutir universidade como se esta fosse única, uniforme e uníssona. Existem grandes diferenças regionais, e dentro de uma

mesma instituição as diferenças entre cursos podem ser enormes.

Análises que dividem todos os alunos de uma mesma universidade em cotistas e não cotistas, não consideram a diversidade que os números não revelam.

Um interessante exemplo é o estudo feito por Fábio Waltenberg e Márcia Marques de Carvalho, pesquisadores do Centro de Estudos sobre Desigualdade e Desenvolvimento (Cede-UFF). A partir do Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (Enade) de 2008, os autores traçam um perfil dos concluintes dos cursos avaliados naquele ano, comparando alunos beneficiados por ações afirmativas com os demais alunos. Os dados referem-se a 167.704 concluintes. Estes, em algumas análises, foram agrupados de acordo com o cruzamento de informações acerca das proporções de não brancos, egressos de ensino médio público e baixa escolaridade dos pais nos diferentes cursos, em cursos de baixo (pedagogia), alto (engenharias e ciência da computação) e médio prestígio social (os demais). Essas categorias foram definidas de acordo com o cruzamento de informações acerca das proporções de não brancos, egressos de ensino médio público e baixa escolaridade dos pais nos diferentes cursos. Entendendo-se como diversidade uma maior representação de grupos desfavorecidos, os autores concluem que as diversas políticas de ações afirmativas foram

de fato bem sucedidas no objetivo de proporcionar maior diversidade nas universidades, embora tal tendência seja menos clara em cursos mais prestigiosos. Com relação ao desempenho dos alunos, a nota média dos concluintes das estaduais e federais que ingressaram por meio de ações afirmativas é cerca de 0,4 pontos em 10 menor com relação aos concluintes que ingressaram pelo método tradicional, ou seja, pouco significativa.

O DIREITO DOS DIFERENTES As políticas de ação afirmativa surgiram a partir da década de 1960, no auge da luta dos negros norte-americanos pelo fim da segregação racial legal, até então em vigor em várias esferas da vida social nos Estados Unidos. A expressão ação afirmativa tem sido atribuída a John Kennedy que, em decreto presidencial de 1961, determinou que órgãos do governo dos Estados Unidos deveriam adotar medidas afirmativas no sentido de assegurar o acesso e a permanência como empregados de indivíduos das diversas raças, credos e nacionalidades. Depois disso, a expressão ganhou conteúdo mais preciso e passou a definir as medidas especiais e temporárias que buscam acelerar o processo de igualdade substantiva por parte de grupos considerados vulneráveis.

Assim, enquanto ação afirmativa, a atual Lei de Cotas, busca reduzir as fortes distorções que são observadas na sociedade brasileira. E, ao

contrário da Lei do Boi, que não tinha prazo para sua vigência e cuja revogação exigiu a Lei nº 7.423, de 17 de dezembro de 1985, a Lei das Cotas tem prazo de validade. O artigo 7º prevê que “o poder executivo promoverá, no prazo de dez anos, a contar da publicação da Lei, a revisão do programa especial para o acesso de estudantes pretos, pardos e indígenas, bem como daqueles que tenham cursado integralmente o ensino médio em escolas públicas, às instituições de educação superior”. Em trabalho apresentado no XVI Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino (XVI Endipe), realizado na Unicamp em 2012, Daniela Frida Drelich Valentim, professora da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), considera que as ações afirmativas para os negros nas universidades fazem parte das chamadas políticas de reconhecimento da diferença, cujas demandas estão ligadas à representação, à cultura e à identidade dos grupos étnicos, raciais, sexuais, dentre outros. Segundo ela, as demandas por reconhecimento vêm adquirindo maior relevância na arena política desde o fim do século XX. Mas Daniela pondera que essas demandas estão ocorrendo em um mundo de desigualdade material acentuada, onde ainda faz muito sentido lutar por uma repartição menos desigual das riquezas sociais.

Leonor Assad

ESPORTE

Olimpíadas e Copas de Futebol: oportunidade para avanços científicos e tecnológicos

É grande a expectativa brasileira ao sediar uma Copa do Mundo de Futebol e, dois anos depois, uma Olimpíada inédita em território nacional, pois são eventos que agitam os cenários sociais, econômicos e tecnológicos do país. Mas o chute inicial desses grandes acontecimentos pretende ser emblemático para a ciência do esporte: o neurocientista Miguel Nicolelis comanda pesquisa para que o pontapé de abertura dos jogos da Copa de 2014 seja dado por um tetraplégico usando um exoesqueleto controlado pelo cérebro. Dessa forma, o diretor do laboratório de neuroengenharia da Universidade Duke, nos Estados Unidos, usa a visibilidade do esporte para divulgar a ciência feita nos laboratórios e o trabalho que vem desenvolvendo em seu centro de pesquisa em Natal (RN). Quase sempre longe dos holofotes a ciência do esporte percebe uma incipiente movimentação, causada pela maior divulgação de temáticas inerentes à área. No ano passado, o Prêmio Jovem Cientista

apresentou o tema “Inovação tecnológica nos esportes” e para este ano a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia tem como mote “Ciência, saúde e esporte”. É, ainda, uma oportunidade de captação de recursos para as pesquisas com a consequente ampliação da divulgação científica na área.

O reconhecimento da área vem atrelado, no entanto, à expectativa de retorno imediato, na forma de medalhas, por exemplo. O que se espera com os investimentos efetuados é melhorar o quadro de medalhas do Brasil em 2016, o que dificilmente acontecerá conforme o esperado. Serão R\$ 2,5 bilhões para tentar figurar na lista dos 10 primeiros países na Olimpíada e em quinto lugar na Paraolimpíada – na última edição aparecemos em 22º e 7º, respectivamente – porém, seria preciso muito mais tempo, preparo e planejamento, dentro de uma política de capacitação esportiva de nossos atletas para que isso pudesse acontecer.

“Em paralelo ao que parecem ser as maiores preocupações – infraestrutura e segurança – uma pequena parcela das atenções e investimentos têm se voltado ao desenvolvimento científico, até porque a ‘extração’ do máximo potencial de um atleta somente pode ser alcançada com intervenções fundamentadas em

conhecimento científico”, aponta o vencedor do Prêmio Jovem Cientista 2012, Rodrigo Gonçalves Dias, doutor em biologia funcional e molecular e pesquisador da área de genômica funcional no Instituto do Coração (InCor). Dias descobriu uma mutação genética que afeta a vasodilatação muscular durante o exercício físico e agora busca genes responsivos ao treinamento.

CETICISMO “Em um cenário bastante otimista, imagine que os investimentos feitos neste momento serão mantidos e até mesmo ampliados após 2016. Ainda assim, resultados expressivos só serão colhidos, quem sabe, daqui a duas ou três gerações de atletas de elite. E essas primeiras gerações beneficiadas com os novos investimentos ainda sofreriam com as deficiências, resistências e erros, que são naturais quando qualquer sistema que funcionou décadas da forma X passa por transformações para funcionar da forma Y”, completa.

De maneira geral, entre os pesquisadores impera o ceticismo. “Sinceramente, não vejo avanços significativos”, lamenta Alcides José Scaglia, docente do curso de ciências do esporte e atualmente coordenador de graduação da Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) da Unicamp. Ele aponta que ainda existe um

abismo entre as ciências e o esporte, com exceção do setor paraolímpico, onde essa união tem sido bastante promissora no Brasil. “Veja, por exemplo, os centros de excelência esportivos, como o de Campinas. Eles foram construídos distantes (até fisicamente) das universidades, enquanto em outros países de referência estão junto a um grande polo de pesquisa, e os professores muitas vezes integram as comissões das equipes. Nossos atletas de ponta estão treinando fora do país, porque a única preocupação é com as medalhas, e não com um legado metodológico e de infraestrutura”, compara. Ciente do pouco tempo disponível, o plano oficial optou por financiar apenas os atletas com mais chances de subir ao pódio em 2016, sem a preocupação em criar uma base sólida e permanente de acesso ao esporte e condições de treinamento.

CIÊNCIA NO FUTEBOL O esporte mais acompanhado e praticado no Brasil é um dos primeiros a apresentar deficiências seriíssimas e está longe de servir como vitrine dos avanços da ciência. Para o treinador e fisiologista Renato Buscariolli de Oliveira, mestre em biologia funcional e molecular pela Unicamp, o futebol precisa urgentemente readequar seus modelos de treinamento e inserir a ciência na pauta do dia. Em sua opinião,

não é raro que clubes de alto nível cometam erros grosseiros, com resultados que vão de lesões ao baixo rendimento do time. Em sua pesquisa de doutorado, Buscariolli estuda os benefícios dos chamados Jogos Reduzidos (JR), em que preconiza modelos de treino relacionados especificamente à realidade do jogo, em vez das sessões tradicionais. São jogos adaptados para áreas pequenas, com poucos jogadores e regras modificadas, bastante rápidos e intensos, exigindo agilidade na tomada de decisões dos jogadores. O futebol tem caráter intermitente, no qual períodos curtos de alta intensidade (tiros) são intercalados por períodos mais longos de recuperação ativa ou passiva, e as ações no jogo configuram-se a partir de uma intrincada trama de relações de oposição e cooperação, com a variação de atividades sendo alta e imprevisível (em média, em uma partida há entre 1000 a 1400 ações motoras). E, em geral, essas atividades de alta intensidade são as que possuem maior relação com o placar final. “Não adianta apenas correr para ganhar condicionamento físico. Devem constar do treinamento os aspectos que se relacionam diretamente ao jogo, porque o futebol exige capacidade de adaptação às situações

imprevisíveis. Comparado aos treinos físicos tradicionais os jogos adaptados são mais eficazes na otimização do tempo de treino e aprimoram não apenas a parte física, mas também a cognitiva, de forma que as reações no jogo sejam automáticas e ágeis”, explica o pesquisador.

Essa necessidade de mudança drástica, com a inserção da ciência na área esportiva, é observada em todas as modalidades praticadas no Brasil, não apenas no futebol. Muito do que é feito tem base no empirismo, e poucos centros esportivos têm à disposição análises bioquímicas que poderiam, por exemplo, medir os níveis de estresse celular e de recuperação ao esforço, reduzindo o risco de lesões e potencializando o treinamento.

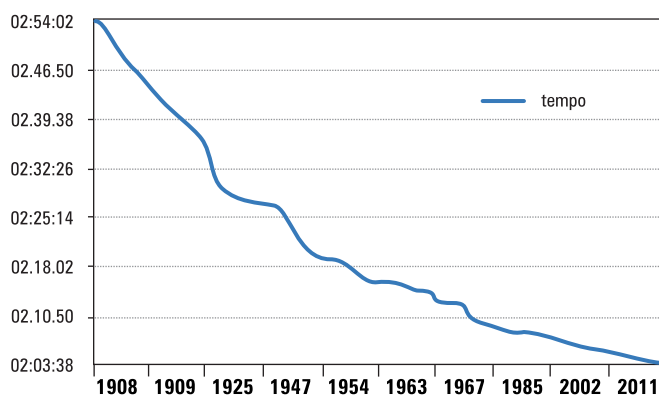
A ciência do esporte no Brasil está apenas iniciando outro ciclo, pois sempre primou pela parte prática, considera Antonio Carlos Gomes, superintendente de alto rendimento da Confederação Brasileira de Atletismo com passagens pelas seleções de handebol e triathlon, além de outros projetos, do Comitê Olímpico Brasileiro. Para ele, que fez seu doutorado em teoria e metodologia da educação física e dos esportes pela Universidade Nacional de Cultura Física da Rússia, “a partir dos grandes



eventos vamos amadurecer com a convivência e confronto com países que há muito se apoiam nos avanços científicos na área. O esporte ainda é praticado de forma romântica. Demoramos para perceber que o mundo tem como norma a ciência acadêmica para dirigir o processo de preparação de um atleta. No Brasil o futebol, por exemplo, é uma modalidade sustentada pelas leis do empirismo, da arte, do espetáculo e, na maioria das vezes, tudo ocorre por tentativa e erro", afirma.

A importância da ciência no esporte pode ser exemplificada com o gráfico 1, mostrando a queda vertiginosa dos tempos de conclusão das maratonas, provas extenuantes de 42,195 km. No início do século XX o vencedor cumpria a distância em quase 3 horas, e atualmente a busca é para fechar o percurso o mais próximo possível das 2 horas. Ou seja, em menos de 100 anos houve uma redução de quase 35% no tempo necessário para os melhores cumprirem o trajeto. Trata-se da mesma distância, em um esporte individual e sem aparatos significativos (apenas um par de tênis), fazendo com que a força do movimento venha apenas do competidor. O sucesso da redução de tempos, portanto, deve-se às intervenções da ciência e da tecnologia no treinamento e no corpo dos atletas.

Gráfico 1 - Quebra de recordes de maratona ao longo dos anos



LEGADO OLÍMPICO Mesmo com todas essas considerações, é preciso reconhecer que sediar uma Olimpíada pode significar uma verdadeira revolução para uma cidade e para a pesquisa acadêmica de um país. Um dos melhores exemplos, até hoje, são os Jogos de Barcelona, em 1992.

Uma das implementações mais marcantes na época foi a criação da Associação de Desportos Olímpicos (ADO), com investidores privados, cinco anos antes do evento. A ADO teve papel tão fundamental que a Espanha ganhou 22 medalhas em 1992 - para se ter uma dimensão do feito observa-se que o país só havia conquistado 27 medalhas olímpicas em toda a história. Os grandes eventos têm sido vistos como uma oportunidade de canalizar investimentos para a área urbana, mas a experiência do Brasil com o Pan-Americano em 2007 não

é muito animadora sequer para o esporte. O velódromo - primeiro do Brasil com pista de madeira, construída com pinho siberiano ao custo de R\$ 14 milhões - não atende as especificações do Comitê Olímpico Internacional e está sendo demolido para dar lugar a outro de R\$ 147 milhões. O Parque Aquático Maria Lenk custou R\$ 85 milhões e, obsoleto, deve passar por reformas. Além do suporte para atletas, outro desafio é aproximar a ciência do esporte do público, como se faz em outros países. Em uma época em que o esporte está ligado a valores e decisões éticas - como doping, melhoramento genético e seleção de futuros talentos na infância -, é fundamental que seja também incorporado definitivamente como uma área científica, de reflexão e inclusão social.

Marina Gomes



ARQUEOLOGIA INDUSTRIAL

Fábricas contam sua história

O estudo arqueológico em unidades fabris procura obter informações sobre o processo de produção das mercadorias, a vida dos trabalhadores e a integração que as áreas que estão sendo pesquisadas tiveram e tem com o meio ambiente, entre outros. É esse olhar para o objeto de pesquisa que define um trabalho como sendo de arqueologia industrial. “Muitas vezes se usa o termo arqueologia para se tratar de uma abordagem histórica em relação à edificação, visando ao seu tombamento. Porém, quando se fala em arqueologia industrial, trata-se de uma abordagem focada no equipamento fabril e seu entorno, enxergando os elementos a partir da arqueologia”, explica o arqueólogo Paulo Bava de Camargo que, atualmente, ministra a disciplina Arqueologia Industrial no curso de graduação em arqueologia da Universidade Federal de Sergipe.

Para Leandro Duran, arqueólogo da mesma instituição, a ideia de uma arqueologia industrial surge, como disciplina, na Inglaterra, depois da Segunda Guerra Mundial, após a destruição por bombardeios das edificações da época da Revolução Industrial. “A Inglaterra construiu muito de sua identidade por meio



O arqueólogo Paulo Zanettini trabalha nos escombros da Fábrica de Louças Santa Catharina

dessa questão da expansão da indústria. A arqueologia industrial surge dentro desse processo de identidade urbana, enquanto tema de pesquisa e de reflexão”, descreve.

No Brasil, a industrialização maciça começa somente a partir de meados do século XX, quando se tem o primeiro grande processo da formação de indústrias de base, explica Duran. A industrialização, sendo um processo ainda recente na história da humanidade, faz com que haja duas vertentes a respeito da arqueologia industrial: a primeira considera que não é possível um olhar industrial para sítios arqueológicos anteriores ao século XVII, quando ocorreu a Revolução Industrial. Além disso, para essa vertente, indústria é um sistema produtivo em larga escala de bens

de capital e de bens de consumo duráveis, que não leva em consideração produções de alimentos, por exemplo, como a mandioca, a cana-de-açúcar ou o café.

A segunda vertente considera que a perspectiva do olhar industrial precisa ser interpretada a partir das realidades regionais, sendo um conceito maleável. “Assim, processos produtivos da Roma Antiga e, no nosso caso, do período colonial podem ser vistos sob a ótica da arqueologia industrial, como um engenho ou uma olaria”, exemplifica o professor. Para ele, os fatores determinantes para se obter o olhar industrial para o sítio arqueológico são a existência de mão de obra especializada, de conjunto de equipamentos produtivos específicos e técnicos e de produção em larga escala.

Arquivo Zanettini



UMA INDÚSTRIA NO MAR Na praticamente desabitada Ilha do Bom Abrigo, extremo sul do litoral paulista, Duran deparou-se com uma fábrica de azeite de baleia: eram apenas pedaços de paredes e muros que, aos poucos, foram mostrando sinais das atividades que ali ocorreram. A pesquisa no local foi desenvolvida em seu doutorado, “Arqueologia marítima de um bom abrigo”, pelo Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE/USP), concluído em 2008.

O local produzia óleo em larga escala usado como combustível para iluminação, da 2ª metade do século XVIII até a 1ª metade do século XIX. “Tratava-se de uma armação baleeira, que é uma indústria especializada, voltada para o mercado, por isso eu classifico esse meu trabalho como de arqueologia industrial. A gente precisa entender essa questão da indústria não apenas nos limites físicos da operacionalização das relações de produção, do trabalho, mas sim num contexto maior, que significa produção, transporte e consumo”, destaca.

As intervenções arqueológicas realizadas revelaram o modo de operação dessa estrutura fabril, suas diferentes áreas de trabalho e as funções de cada uma delas. “Após várias etapas de campo e escavações arqueológicas, consegui elaborar plantas da armação baleeira, pelas quais fica evidente que a localização das diferentes estações de trabalho foi planejada para fun-

cionar como uma linha de produção. Talvez, aqui, tenhamos uma evidência da porção genuinamente capitalista daquela sociedade moderna”, reflete o arqueólogo.

QUEBRA-CABEÇA COM 30 MIL PEÇAS A arqueologia usa peças e estruturas edificadas para contar histórias ao invés de ilustrar histórias contadas em documentos escritos. Foi assim com as quase 30 mil peças de louças resgatadas pela pesquisa realizada em 2003 no sítio arqueológico Petybon, no bairro paulistano da Lapa. O local abrigou a Fábrica de Louças Santa Catharina (1913-1939), a primeira manufatura de louças brancas implantada no Brasil. “Durante as escavações foram resgatadas milhares de peças inteiras, ajudando a retrair aspectos em torno da história da industrialização e consumo”, conta o arqueólogo Paulo Zanettini, responsável pela escavação.

A fábrica foi inaugurada em 1913, tornando-se parte das *Indústrias Reunidas Fábricas Matarazzo* em 1927 e funcionando até 1937. “O sítio tem extrema relevância não apenas no contexto da arqueologia urbana no Brasil, como também por ser exemplar dos primórdios da industrialização do país e da história da produção da louça nacional”, salienta o arqueólogo Rafael de Abreu e Souza, que participou da escavação e desenvolveu seu mestrado nessa fábrica. Zanettini completa: “em poucos anos,

essa indústria passou a empregar milhares de funcionários; no período entre guerras chegou até a exportar a produção para a América do Norte. Isso mostra também uma capacidade não só de copiar, mas também de criar peças, reunindo o saber do imigrante e o modo de decorar a cerâmica com motivos relacionados ao cotidiano brasileiro. É uma propriedade do saber fazer brasileiro que hoje a gente só pode encontrar no registro arqueológico, pois é raríssimo encontrarmos, mesmo na mão de colecionadores, peças dessa fábrica”.

Para Rafael, a diversidade de objetos achados na escavação também pôde contar a história da fabricação de louças antes e depois de movimentos higienistas, que se instalaram em São Paulo no final do século XIX e início do século XX. “A utilização de vidrados e esmaltes e a diminuição do uso de peças não esmaltadas corresponderam ao interesse das políticas higienistas em mudar hábitos considerados nocivos. O começo do século passado marca a necessidade cada vez maior de produtos na cor branca”, descreve.

As pesquisas sob a ótica da arqueologia industrial não são realizadas apenas na zona urbana. No entanto, os sítios arqueológicos localizados nas cidades são os que desaparecem com maior rapidez, pois são os que mais sofrem com a pressão econômica, devido à dinâmica do capital.

Glória Tega

MUN

Divulgação



ENTREVISTA GERALD R. FINK

Investimento e criatividade para impulsionar a ciência

Gerald Fink assumirá em fevereiro do próximo ano o cargo de presidente da American Association for the Advancement of Science (AAAS), maior sociedade científica geral do mundo, composta por 120 mil membros individuais e institucionais, 261 sociedades e academias de ciência afiliadas, servindo dez milhões de indivíduos.

Membro fundador do Instituto Whitehead e professor de genética no Massachusetts Institute of Technology (MIT), Fink esteve duas vezes no Brasil, a convite dos

professores Ana Clara Shenberg e Spartaco Astolfi-Filho, para ministrar curso de biologia molecular na Universidade de São Paulo (USP), nos mesmos moldes do curso que ele lecionou por 17 anos em Cold Spring Harbor.

As pesquisas desenvolvidas por Fink têm contribuído, nas últimas décadas, para o melhor entendimento dos mecanismos de regulação gênica, mutação e recombinação, principalmente usando leveduras como modelo de estudo. Ele foi pioneiro no desenvolvimento da técnica de transformação de leveduras, fornecendo bases para o uso comercial desse sistema para a produção de vacinas e medicamentos. Além disso, seus trabalhos na área de biologia molecular de fungos, mostrando as vias de sinalização e genes envolvidos no crescimento filamentosos, têm ajudado a entender os processos de virulência e patogenicidade. Participou também das primeiras etapas de introdução da *Arabidopsis thaliana* como modelo de estudo do desenvolvimento de plantas. Foi diretor do Instituto Whitehead entre 1990 e 2001 e é membro da National Academy of Sciences e do Institute of Medicine e *fellow* da American Academy of Arts and Sciences. Nesta entrevista à *Ciência e Cultura*, realizada em Cambridge, nos Estados Unidos, Fink falou tanto de sua carreira como pesquisador, influen-

ciado pela concorrência tecnológica entre os Estados Unidos e a União Soviética, quanto sobre os esforços para valorizar a ciência e garantir níveis adequados de financiamento público para a pesquisa básica. Apesar das dificuldades existentes para quem quer seguir a carreira de pesquisa acadêmica hoje em dia, Fink traz uma mensagem de otimismo e desafio aos jovens pesquisadores: “Não tenham medo de seguir suas melhores ideias, [essa é] a única maneira de chegar à frente na ciência.”

Se o senhor tivesse que escolher uma única realização como presidente da AAAS, qual seria sua prioridade durante o mandato de 3 anos?

Garantir que o governo coloque mais recursos na ciência. A maneira de conseguir isso é fazer com que todos no país percebam o quanto a ciência é importante em suas vidas, o que é muito difícil. Já se faz isso por meio de diversas iniciativas. Existe o programa “AAAS fellows”, [AAAS Science & Technology Policy Fellowships], onde cientistas vão ao Congresso, Departamento de Defesa, entre outros. A ciência deveria influenciar as decisões dos políticos, mas muitas vezes eles não sabem que existe um ponto de vista científico. Por exemplo, a AAAS recebe repórteres do mundo inteiro. Na primeira reunião do conselho da AAAS que participei tivemos aces-



Notícias do Mundo

so à reportagem de um correspondente da Coreia do Norte. Fiquei impressionado com o relato sobre o aumento de casos de tuberculose resistentes a drogas no país. Talvez essa seja uma área onde a ciência poderia ajudar a resolver problemas políticos. Eles não têm os medicamentos necessários e dispõem de uma estrutura hospitalar decadente, mesmo nos melhores hospitais. Talvez exista alguma possibilidade de cooperação científica com o Irã. Subestimamos a importância de fazer conexões científicas com países com os quais não temos [boas] relações políticas.

Diplomacia por meio da ciência?

Sim. A AAAS já faz muito disso. Não sei se a informação sobre tuberculose chegou até o Departamento de Estado. Acho esse dado muito importante por conta da estabilidade do próprio país e também pela ameaça mundial, considerando que bactérias não têm fronteiras políticas. Devo dizer também que minha esperança é encontrar alguma forma de que crianças frequentem ótimas escolas, conheçam a AAAS e, assim como os cientistas, leiam a *Science*, saibam o que está acontecendo no mundo da ciência. Se tivessem seu próprio website da AAAS, cujo acesso se tornasse hábito, mesmo que não se tornassem cientistas, estariam melhor preparadas para questionar sob o ponto de vista científico.

Melhorando a alfabetização científica, incluindo a dos políticos no Congresso?

O verdadeiro problema que vejo é que o Congresso está tomando decisões o tempo todo sobre temas que têm importantes componentes científicos, e se você não tem um senso de dimensão, a diferença entre milhões, trilhões, um micron e um metro, você está fazendo um julgamento deixando a parte da ciência de fora. Provavelmente todas as decisões tomadas têm um componente científico, daí a importância dos “AAAS fellows” no Congresso, construindo conexões, falando com os parlamentares. Isso é muito importante mas, em termos de nação, a única maneira é que todos os cidadãos considerem a ciência importante.

Um Congresso mais diversificado, com mais cientistas, teria melhores resultados?

Nem toda decisão tomada por cientistas é boa, por isso insisto que é tão importante termos um conhecimento básico de ciência, apreciar e entender aquele ponto de vista. Não acho que seja bom que todos se tornem cientistas. Estando em um lugar como o MIT, posso dizer que se trata de uma instituição realmente bem administrada porque todos sabem que o objetivo é fazer ciência de excelência. No caso de políticos e legisladores o objetivo de engrande-

cer o nosso país é vago, mas a ciência deveria desempenhar um papel mais importante nesse contexto.

A AAAS foi uma das primeiras signatárias da Dora (San Francisco Declaration on Research Assessment). O que o senhor acha de iniciativas como essa que visam a restringir o uso abusivo do fator de impacto na avaliação da produção acadêmica?

Concordo com qualquer um que diga que o uso indiscriminado do fator de impacto é terrível. Acho que o fator de impacto é venenoso. Nos Estados Unidos não o usamos muito, o que não diminui o reconhecimento de periódicos mais importantes, aqui chamados de “alto impacto”. Em um lugar como o MIT confiamos no nosso próprio julgamento. Professores participantes de bancas de seleção precisam confiar em seus próprios julgamentos; na minha opinião o fator de impacto é utilizado quando tal confiança inexistente. Outra discussão importante é a da longevidade dos artigos. Sempre fico contente quando alguém cita um artigo meu de mais de dez anos. Há pouco tempo vi uma citação de um artigo meu publicado há 23 anos.

Como o senhor se interessou pela ciência?

Sempre me interessei por temas de ciência, desde o ensino médio. Meu pai era médico e com frequência dis-

MUN

cutíamos ciência na mesa do jantar. Aí, em 1957, os russos lançaram o Sputnik [primeiro satélite artificial a orbitar a Terra], fazendo com que de repente o ensino de ciência se tornasse uma questão nacional, com amplos investimentos do governo. Cursos de matemática e engenharia avançadas passaram a ser oferecidos nas escolas. Foi assim que me interessei pela ciência. Em seguida fui para a universidade, onde desenvolvi projeto de pesquisa e adorei trabalhar no laboratório, pois me pareceu ser um lugar onde você sempre está fazendo algo de vanguarda, que ninguém fez antes. Sempre focando o futuro, ao invés de olhar para o passado.

O senhor acha que se beneficiou por ter nascido em uma geração onde a ciência era valorizada?

Sim. Sem ter um concorrente político, como nós tivemos a União Soviética [na época], acho que há um problema em convencer as pessoas e o governo de que a ciência é importante. Durante a Guerra Fria, os físicos estavam no topo da "cadeia alimentar" porque o governo sempre temia que um ICBM (*inter-continental ballistic missiles*) viria da União Soviética e precisávamos ter nosso próprio.

O que levou o senhor a estudar leveduras?

[No doutorado] trabalhei com me-

tabolismo de leveduras, assunto pelo qual ainda me interessa. Gosto de entrar em um sistema quando ainda não há muitas pessoas fazendo a mesma coisa. Naquele tempo havia pouquíssimas pessoas trabalhando com leveduras. Se você entrar em uma área que já está no final do jogo ao invés dos primeiros minutos, há muita leitura a ser feita, inúmeros artigos científicos, e você não sabe em que acreditar. Já no começo do jogo você não precisa ler nada, pode apenas fazer experimentos. Assim era a área de leveduras na época, que agora se tornou muito mais sofisticada. Escrevi um artigo há mais de 20 anos com um colega ("Yeast: an experimental organism for modern biology") e recentemente pediram que escrevêssemos outro ("Yeast: an experimental organism for 21st century biology"). A mensagem é que todas as novas tecnologias, como genômica e proteômica, são testadas primeiro em leveduras. Achei a área atrativa pois havia muitos desafios. Desde que comecei a trabalhar com leveduras a única coisa que podíamos fazer era genética clássica, até que pessoas no meu laboratório acharam uma maneira de fazer transformações de DNA e de repente tudo podia ser feito, você podia manipulá-las.

Trata-se do seu artigo científico mais citado, com a descrição de

tecnologia de transformação de leveduras. Gostaríamos de saber mais sobre o contexto em que foi gerada.

Outros 15 laboratórios estavam tentando fazer o mesmo. Havia um pós-doutorando suíço trabalhando no meu laboratório. Ele era muito organizado e mantinha seu caderno de laboratório perfeito, o que só um suíço poderia fazer. Um norte-americano trabalhava com o suíço, ajudando-o a fazer com que as transformações funcionassem. Ele havia passado pela Marinha e não anotava nada. Tínhamos truques técnicos que terminaram funcionando e o resto virou história.

Por que o interesse especificamente na transformação?

Era a única maneira de manipular o genoma, abrindo a possibilidade de alterá-lo como você quisesse, inserindo qualquer gene de interesse, o que levou indústrias farmacêuticas e biomédicas a usar levedura para produzir inúmeras vacinas e medicamentos, como é o caso das vacinas Gardasil (HPV) e hepatite B. Metade da insulina produzida mundialmente vem de leveduras. O impacto foi enorme porque hepatite B era endêmica na China.

Há várias razões importantes para utilizar esse sistema, que traz uma série de vantagens. Assim que cheguei aqui no MIT havia 15 laboratórios trabalhando com leveduras e atualmente



Notícias do Mundo

ainda há cerca de 10 laboratórios que utilizam esse microorganismo como modelo experimental. Atualmente, estamos trabalhando com leveduras como modelo para prever interações genômicas complexas.

Que conselho o senhor daria a um jovem cientista que esteja iniciando sua graduação?

O mesmo que digo aos meus estudantes: não tenha medo de seguir suas melhores ideias, [esta é] a única maneira de chegar à frente na ciência. Por isso que eu digo que é tão importante estar presente onde o jogo esteja apenas começando. Há um jovem professor aqui no Whitehead que fez seu PhD no MIT com Robert Horwitz [vencedor do Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 2002], em modelo padrão que todo mundo trabalhava, um verme. Ele é muito bom, muito inteligente, e poderia ter optado por continuar trabalhando com o mesmo modelo, mas ele estava interessado em regeneração e havia um outro verme capaz de regenerar nova cabeça quando cortado. Ninguém havia trabalhado antes nesse sistema. Agora ele é o líder nesse campo e regeneração acabou tornando-se uma área muito importante e interessante. Ele poderia simplesmente ter continuado no mesmo caminho e teria um sucesso limitado. Agora todo mundo quer trabalhar com esse verme.

Falando um pouco sobre os cortes fiscais automáticos que estão em curso (sequestration), a AAAS tem defendido limitar o impacto desses cortes em programas científicos. Como o senhor vê a questão fiscal americana no longo prazo?

Eu espero que o Congresso veja rapidamente a loucura que fez e perceba o quão importante é a ciência. Meu receio é que, nesse caso, investimentos em ciência não são como atrasos em aeroportos, os quais eles [os políticos] perceberam pois os atrapalhavam no deslocamento de casa até Washington, e eles rapidamente consertaram a situação. Eu não acho que cortes automáticos sejam uma boa forma de gestão de um governo. Minha esperança é que isso não destrua as vidas de muitos jovens cientistas, pois o problema é que se você tiver jovens muito inteligentes e com senso de oportunidade, ao verem que não há futuro em ciência, eles vão buscar fazer outras coisas. Eu cresci na era do Sputnik e não tinha que ficar pensando em recursos financeiros. Eu apenas fazia o que queria e sempre havia recursos adequados. Acredito que essa seja a mesma história de várias pessoas e é a razão do florescimento das ciências nos Estados Unidos na época em que a ciência era bem financiada. E essa é também a razão de termos todas essas vacinas. Eu acho que há um equívoco na ênfase em ciência aplicada e uma

falta de compreensão de onde as descobertas se originam. Mesmo o financiamento atual da ciência, que pode parecer não ser ruim, tem se direcionado cada vez mais para ciência aplicada, o que significa que vamos perder todas as descobertas fundamentais que foram necessárias para se chegar a um estágio em que podem ser transformadas em aplicações. O problema com o câncer não é que não existam medicamentos voltados para o câncer. O meu colega Bob Weinberg sempre diz que já curamos o câncer nos ratos mais de mil vezes. A outra parte dessa questão é que não está claro para o público, e até mesmo para os cientistas, o quão difícil é lançar uma droga eficaz no mercado. Alguns estudantes de meu laboratório, há 13 anos, deixaram o laboratório e decidiram fundar uma empresa. A maioria dessas empresas não consegue se firmar, mas esta teve sucesso. São cinco jovens que mal tinham barba, agora eles têm mais de 300 funcionários. No ano passado eles conseguiram a aprovação do FDA para uma droga, após muito tempo e muita confiança por parte dos investidores de que eles iriam conseguir. E essa é uma história comum a essas empresas que nos rodeiam [em Cambridge], que vieram da ciência básica.

Cristina Caldas e Renato Lima

MUN

POLÍTICA CT&I

Projeto argentino aposta na expansão científica e tecnológica no país

O Plano Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação “Argentina Inovadora 2020”, lançado em março deste ano, é uma estratégia implementada pelo governo argentino junto ao seu Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, que visa aumentar o investimento em pesquisa e desenvolvimento, de 0,65% para 1,65% do PIB até 2020, que hoje soma cerca de US\$500 bilhões. De acordo com o ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação, José Lino Barañao, o objetivo é “criar as condições para que a ciência, a tecnologia e a inovação impulsionem um salto qualitativo no desenvolvimento social, econômico e na inclusão social”.

Após a deterioração econômica e social sofrida pela Argentina a partir do final dos anos 1990, as altas taxas de desemprego e pobreza evoluíram para 50% no início dos anos 2000. Hoje, o país se esforça para mudar esse quadro e investe em uma retomada de crescimento econômico que leve em conta não apenas ciência e tecnologia como fontes de riqueza, tanto em termos econômicos,



Porto Madeiro região revitalizada em Buenos Aires, Argentina

quanto de conhecimento, como expressou a presidente do país, Cristina Fernández de Kirchner, no documento “Argentina Inovadora 2020 Plano Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação”: “o conhecimento é a grande fonte de riqueza do século XXI”.

Apesar do otimismo governamental, Gabriel Bilmes, coordenador da cátedra “Ciência, Política e Sociedade” na Universidade Nacional da Prata afirma que “o reconhecimento do valor da ciência e da tecnologia como uma ferramenta para o crescimento econômico nesses anos tem sido uma política de Estado, mas a atividade científica-tecnológica na Argentina ainda tem muito pouco impacto social. Esta é uma questão não resolvida e esse plano tem sérias limitações nesse sentido”. O primeiro obstáculo apontado no

plano argentino é unir os interesses de empresários e cientistas. De acordo com o ministro Barañao, durante uma cerimônia realizada no Palácio do Governo para os ministros do Gabinete Nacional, autoridades, cientistas e

um público numeroso, “durante décadas houve animosidade entre acadêmicos e empresários. Colocá-los juntos é complicado porque um setor busca rentabilidade e outro reconhecimento por pares”. Em entrevista ao *diario.com*, jornal on-line em circulação na província argentina Entre Rios, a subsecretária de Ciência e Tecnologia do município, Luisina Pocay, responsável pelo desenvolvimento de tecnologia médica, uma das áreas prioritárias do plano, ressalta que um dos desafios é “impulsionar a inovação produtiva, sustentável e inclusiva sobre a expansão e uso de todas as competências tecnológicas do país”. Por outro lado, Gabriel Bilmes faz muitas críticas, sobretudo ao fato do impacto social de C&T estar atrelado à ação de empresas. Segundo ele, esse é um aspecto



Notícias do Mundo

altamente discutível e de eficácia não comprovada, “pelo menos nos últimos 10 anos de crescimento econômico do país”. “Além disso, o plano parece não contemplar o sistema científico com a articulação direta e com as necessidades sociais específicas; parece não levar em conta questões como o conflito de certas tecnologias em relação à preservação dos recursos naturais; e, finalmente, parece ser muito pouco sério sobre o valor do investimento privado e sua projeção no futuro”. No cenário latino-americano, há expectativa de mais investimentos em C&T, como no México - que pretende aumentar dos atuais 0,4% para 1% do PIB até 2018 - e no Brasil - onde o incremento deverá ser de 1,16% para 1,8% do PIB até 2014. Há, no entanto, casos como o do Peru, que aplica meros 0,15% do PIB, ou do Panamá, que aplica 0,2% - no final dos anos 2000 - com planos de chegar a 0,6% do PIB até 2014. Apesar de otimista sobre o futuro da Argentina, que tem comemorado sucessivos crescimentos econômicos desde 2003, Bilmes pondera: “houve uma maior distribuição de renda favorecendo os mais pobres, mas a estrutura econômica ficou essencialmente inalterada no país”. A expectativa é que o plano possa fazer a diferença.

Marcela Salazar Granada

RASTROS DA REPRESSÃO

Arqueologia investiga vestígios materiais da ditadura argentina

É possível dizer que na Argentina praticamente toda família tem um familiar desaparecido ou conhece alguma vítima do regime militar. A afirmação é do antropólogo Andrés Zarankin, professor do Departamento de Sociologia e Antropologia, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) que trabalhou em parceria com Melisa Salerno, do Departamento de Investigações Prehistóricas e Arqueológicas, da Universidade de Buenos Aires. Uma comissão instituída pelo governo em 1983 contabilizou nove mil casos de pessoas desaparecidas. Órgãos ligados aos direitos humanos, no entanto, falam de mais de 30 mil pessoas sequestradas e que continuam desaparecidas no país. Por isso, a ditadura militar argentina, entre 1976 e 1983, é considerada uma das mais violentas da América Latina. Parte dessa história de repressão e abusos contra os direitos humanos tem sido trazida à tona por meio de estudos arqueológicos. Zarankin coordenou pesquisa, em um dos Centros Clandestinos de Detenção (CCDs), lugares para onde eram levados os opositores do regime. “Eram mais de

340 e estima-se que por eles passaram entre 1,5 e 20 mil pessoas, das quais 90% foram assassinadas”, explica o pesquisador. Um diferencial dos CCDs é que eles não existiam institucionalmente. Funcionavam clandestinamente, não possuíam nenhum tipo de convenção, o que ampliava seu poder de repressão. “Como eram invisíveis, eles se convertiam em não-lugares, transformando os que eram levados para lá em desaparecidos”, destaca Zarankin.

BUSCANDO PROVAS De acordo com a Anistia Internacional, organização para defesa dos direitos humanos, o desaparecimento encobre a identidade do autor porque se não há preso, cadáver ou vítima, ninguém pode ser acusado. Na Argentina, pesquisas arqueológicas possibilitaram encontrar esses lugares, dando a eles uma identidade ao analisar a arquitetura, a organização e o funcionamento desses espaços e, ainda mais, por meio delas foi possível gerar provas em processos judiciais e punir militares envolvidos nos crimes da ditadura. De acordo com Melisa, os trabalhos conduzidos pelos arqueólogos argentinos constituem um antecedente importante para o estudo das ditaduras em toda a América Latina. Nos trabalhos de escavação do CCD, em Buenos Aires, conhecido como Club Atlético, foi utilizada uma planta gerada a partir da memória dos sobreviventes, que mostrou que



o espaço era altamente compartimentalizado, com salas de tortura, de interrogatório e de isolamento. O Club Atlético era dividido em um setor superior, ocupado pela burocracia, e outro inferior, onde ficavam alojados os prisioneiros e as salas de tortura, estrategicamente posicionadas no espaço central. De acordo com Zarankin, isso permitia menor circulação dos presos e, ao mesmo tempo, que seus gritos fossem ouvidos pelos que estavam nas celas.

A primeira coisa que se fazia quando uma pessoa chegava ao local era retirar sua roupa e lhe dar um número. “Para o torturador é muito mais fácil lidar com alguém sem nome”, explica Zarankin. Os presos ficavam a maior parte do tempo vendados, algemados e isolados. Era como se os presos se tornassem parte daquele espaço, “tendo seus corpos transformados e consumidos pela arquitetura da repressão, como se as pessoas fossem desaparecendo simbolicamente”.

TROCA DE IDENTIDADE As roupas recuperadas durante a exumação de corpos de pessoas desaparecidas também constituíram um importante conjunto de vestígios materiais, tanto para entender as estratégias da repressão na desarticulação da identidade das vítimas, quanto para devolver-lhes a identidade. Melisa Salerno explica que o poder repressivo ao retirar as roupas dos prisioneiros, deixando-os nus, objetivava, entre outras razões, negar

INVESTIGAÇÃO ARQUEOLÓGICA É RARA NO BRASIL

Pesquisas arqueológicas para tentar localizar desaparecidos políticos do período ditatorial ainda são raras no Brasil. Em suas pesquisas, a Comissão Nacional da Verdade, instituída em 2012, menciona apenas fontes documentais e depoimentos. Na opinião de Andrés Zarankin, isso se deve ao fato de que os herdeiros da ditadura ainda estejam muito presentes no cenário político brasileiro. “Isso cria um contexto de pouco apoio a esse tipo de pesquisa. Por outro lado, o nível de repressão no Brasil foi bem menor do que o da Argentina”, acredita ele. “Teoricamente, seriam cerca de 1,5 mil desaparecidos em uma população de 50 ou 60 milhões de pessoas, na época”, diz. “Penso que temos uma conjuntura social distinta, de menor pressão, por parte da sociedade, pela busca da verdade e das pessoas que se foram. Só mais recentemente isto está acontecendo”, finaliza.

a condição cultural dos detentos, aproximando-os da animalidade e gerando um sentimento de humilhação. Ao mesmo tempo, a ausência de roupas facilitava alguns tipos de tortura. “Em última análise, o nu procurou garantir o controle sobre corpos das vítimas evitando que elas usassem suas próprias roupas para cometer suicídio”, disse.

Outra prática comum nos CCDs era trocar a roupas dos reféns. Isso dificultava o reconhecimento de si mesmo e dos outros, alterando identidades e filiações. Na maioria dos casos roupas e calçados eram diferentes dos mencionados pela família, em uma estratégia para perpetuar o status dos prisioneiros “desaparecidos”. “Nosso trabalho permitiu inferir que corpos enterrados com pouca ou nenhuma roupa são um indício de

passagem das vítimas pelos centros clandestinos”, explica a pesquisadora. Do mesmo modo, muitas vezes os presos recebiam roupas limpas, com a promessa de ser liberados. Porém, um destino comum nesses casos era sua execução em enfrentamentos forjados com a polícia.

O levantamento arqueológico no Club Atlético (cujo prédio foi demolido para construção de uma estrada) permitiu transformar um espaço clandestino, e que poderia ter sido engolido pelas mudanças da cidade, em algo físico. A arqueologia histórica pôde devolver àquele espaço sua condição de lugar de memória, uma memória que pode ser tocada, cheirada e experimentada. Uma memória para não ser esquecida.

Patrícia Mariuzzo

NANO TECNO LOGIAS

COORDENADOR

Oswaldo Luiz Alves

Flávio Plentz • Adalberto Fazzio • Renata M. Daudt
Juliana Emanuelli • Irene C. Kulkamp-Guerreiro
Adriana R. Pohlmann • Silvia S. Guterres
Diego Stéfani Teodoro Martinez • Oswaldo Luiz Alves
Fernando Galembeck • Carlos A. R. Costa
Thiago A. L. Burgo • Juliana S. Bernardes
Rubia F. Gouveia • Mahendra Rai

APRESENTAÇÃO

NANOTECNOLOGIAS: ELAS JÁ ESTÃO ENTRE NÓS...

Oswaldo Luiz Alves

O termo nanotecnologia tem sido usado para definir sistemas e processos que dão origem a bens ou serviços provenientes da matéria no nível nanométrico, isto é: na faixa de tamanho do bilionésimo do metro (10^{-9} m), ou seja, o nanômetro (nm).

As nanotecnologias (no plural) são tecnologias para as quais estão sendo esperadas contribuições significativas em termos de benefícios, cujas potencialidades podem vir a impactar positivamente a qualidade de vida da sociedade. Segundo a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), do ponto de vista da inovação, as nanotecnologias podem ser descritas como uma “plataforma tecnológica”.

Não restam dúvidas de que essas novas oportunidades acabam tendo reflexos sobre o setor produtivo como um todo, gerando demandas de novos investimentos, de mão de obra especializada e, ao mesmo tempo, descortinando importantes questões relacionadas à regulação.

Atualmente, há uma enorme quantidade de artigos científicos que expressam as possibilidades das nanotecnologias para a solução de vários problemas ligados à saúde, à energia, ao meio ambiente, às tecnologias da informação, ao tratamento de água, aos fármacos e medicamentos, aos cosméticos, entre outros. Além disso, é repertoriado um grande número de produtos (nanoprodutos), os quais têm as “nanotecnologias embarcadas” ou foram concebidos e produzidos usando seus conceitos.

Neste número temático de *Ciência e Cultura*, sobre as nanotecnologias, procuramos evidenciar alguns aspectos relacionados à Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia, do Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), no sentido de não só oferecer

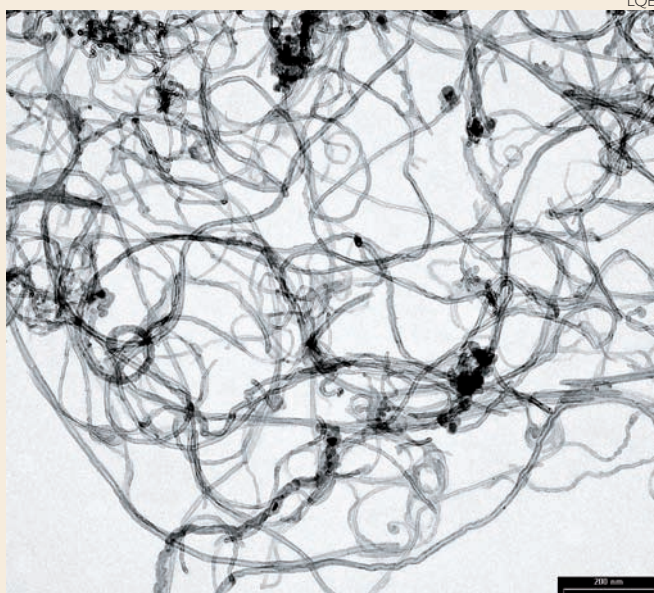


Imagem de microscopia eletrônica de transmissão dos nanotubos de carbono

ao leitor um panorama bastante geral dessas atividades no Brasil, mas também algumas políticas que norteiam essas iniciativas. Para tanto, Flávio Plentz e Adalberto Fazzio, ambos ligados ao MCTI, fazem considerações sobre o Programa Brasileiro de Nanotecnologia.

Neste conjunto, o artigo de Sílvia Guterres e co-autoras, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), relaciona a nanotecnologia ao setor de higiene pessoal, perfumaria e, mais notadamente, cosméticos. A escolha vem do fato desse setor produtivo estar se tornando, em nível mundial, um dos grandes incorporadores das nanotecnologias. Tal atividade econômica, no Brasil, já ultrapassa a impressionante cifra de 20 bilhões de dólares de faturamento anual.

Como para toda a tecnologia nova, questões de riscos e benefícios acabam gerando candentes discussões – no caso das nanotecnologias não seria diferente –, sobretudo porque o impacto das mesmas é esperado em importantes e estratégicos setores industriais. Governos, empresários, cientistas, legisladores e público em geral vêm discutindo essas questões, mormente aquelas ligadas ao risco potencial das nanotecnologias para o homem e o meio ambiente, que são englobadas pela sigla EHS, do inglês Environmental, Health and Safety. Considerando essa perspectiva, o artigo de Diego Stéfani Teodoro Martinez e Oswaldo Luiz Alves, ligados ao Laboratório de Química do Estado Sólido (LQES) e ao Laboratório de Síntese de Nanoestruturas & Interação com Biosistemas (NanoBioss) do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), é importante por abordar o problema das interações envolvendo nanomateriais (nanopartículas) “engenheirados” – obtidos sinteticamente –, com biosistemas, propiciando a emergência de uma nova área do conhecimento, altamente multidisciplinar, que vem sendo conhecida como nanotoxicologia. Aqui, a intenção

é mostrar a conexão desta emergente disciplina, com questões da própria regulação das nanotecnologias.

O desenvolvimento da ciência e tecnologia depende fundamentalmente de métodos, ferramentas e técnicas. As nanotecnologias têm entre suas *techniques de choix* as microscopias, aqui tomadas em senso largo. O artigo de Fernando Galembeck, atual diretor do Laboratório Nacional de Nanotecnologia, no Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais, trata desse assunto, enfoca as microscopias de sonda e, mais especificamente, a microscopia de força atômica (AFM) e toda uma gama de configurações que a transformaram numa verdadeira “plataforma de microscopias”. São apresentados vários exemplos onde essas ferramentas podem ser utilizadas com sucesso e que vão desde a avaliação de aspectos topográficos até a medida de potenciais elétricos de nanomateriais.

Finalmente, Mahendra Rai, professor da Universidade SGB Amravati, na Índia, tratará daquilo que vem sendo colocado como uma alternativa bastante interessante para a produção de alguns tipos de nanomateriais (nanopartículas), ou seja: a nanotecnologia verde (*green nanotechnology*). No caso em questão, para a produção dos nanomateriais de interesse e com funcionalidades definidas são usados extratos de plantas, biomassa, fungos, bactérias, entre outros. Os nanomateriais formados podem ser empregados como agentes antibacterianos, antimaláricos, no tratamento de água para o consumo humano etc, podendo vir a impactar políticas públicas de saúde em países menos desenvolvidos.

Muitos artigos reportados na literatura internacional colocam as nanotecnologias como verdadeira panaceia, ou seja: com capacidade para resolver todos os problemas. De nosso ponto de vista, vemos as nanotecnologias como uma grande plataforma de conhecimento científico-tecnológico, intrinsecamente inovadora e multidisciplinar, que aportará o desenvolvimento de novos produtos e soluções tecnológicas relevantes, mas que, no entanto, em muitos casos, terá que se mostrar mais eficiente, mais segura e apresentar uma relação custo/benefício favorável, quando comparadas com as tecnologias convencionais, estabelecidas e testadas anos a fio. Acreditamos, ainda, que ocorrerão situações nas quais teremos sistemas híbridos, constituídos por tecnologia convencional e nanotecnológica, atuando sinergicamente.

Em vista dos pontos aqui levantados, não nos parece um exagero desmesurado fazermos coro àqueles que colocam as nanotecnologias como uma nova revolução científica e tecnológica.

Oswaldo Luiz Alves é professor titular e coordenador científico do Laboratório de Química do Estado Sólido (LQES), do Instituto de Química da Unicamp. Membro da Academia Brasileira de Ciências (ABC). Email: oalves@iqm.unicamp.br.

NOTA BIBLIOGRÁFICA

1. Para conhecer aspectos básicos da nanotecnologia veja Alves, O.L., “Cartilha sobre nanotecnologia”, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). 2010. Disponível em PDF: http://lqes.iqm.unicamp.br/images/publicacoes_teses_livros_resumo_cartilha_abdi.pdf (Acesso em maio de 2013).

CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROGRAMA BRASILEIRO DE NANOTECNOLOGIA

Flávio Plentz
Adalberto Fazzio

Passaram-se cerca de 25 anos desde que a nanociência e nanotecnologia (N&N) começaram a integrar de forma mais consistente a agenda da comunidade científica e tecnológica. Hoje as N&N permeiam essencialmente todos os setores da sociedade e geram opiniões, por vezes, contraditórias. As reações às nanotecnologias vão, atualmente, do mais contagiante otimismo, pelas possibilidades que oferecem para fazer frente a muitos dos grandes desafios da humanidade, como nas áreas da energia, saúde, agricultura e pecuária, processamento e armazenamento de informação, para citar apenas alguns, até o temor por possíveis impactos ambientais e efeitos adversos para a saúde humana e animal.

O lançamento da chamada “Iniciativa Americana de Nanotecnologia” é tomada por muitos como sendo um marco nas ações governamentais articuladas, orgânicas, direcionadas especificamente para alavancar, incentivar, fomentar, coordenar e gerir as políticas e ações em N&N. Hoje, todos os países ditos desenvolvidos e um número grande e crescente de países emergentes e em desenvolvimento têm iniciativas e programas nacionais em N&N, inclusive o Brasil.

A revista *Ciência & Cultura* já publicou alguns artigos abordando o tema da N&N(1; 2), o primeiro deles apontando para a necessidade de uma iniciativa brasileira de nanotecnologia que permitisse ao Brasil ser parte atuante no cenário mundial e o segundo apresentando algumas das fantásticas possibilidades que a nanotecnologia traz em termos de avanços, especialmente na área de saúde. Neste artigo o que pretendemos é apresentar o desenho do atual Programa Brasileiro de Nanotecnologia (PBN) que tem como bases: (i) a integração de diversos ministérios e agências; (ii) a melhoria da gestão e do acompanhamento dos programas, ações e iniciativas; (iii) a consolidação de uma infraestrutura moderna e, em especial, aberta e acessível, para a pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I); (iv) prover meios, instrumentos, e ambiente regulatório adequado para que as nanotecnologias possam ser escalonadas, industrializadas e comercializadas e, por fim, mas com destaque para sua importância; (v) a formação e fixação de recursos humanos, sem os quais quaisquer esforços ou ações ficam comprometidos.

No Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) a N&N está sob a responsabilidade da Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (Setec) através da Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias (CGNT). A CGNT conta com o suporte do Comitê Consultivo de Nanotecnologia (CCNANO) composto por pesquisadores, membros de entidades representativas do setor privado e pessoas ligadas a órgãos, agências, empresas e instituições do governo federal.

HISTÓRICO Apesar dos grandes avanços nas pesquisas científicas brasileiras, a produção e/ou comercialização de produtos com nanotecnologia nacional ainda são pouco expressivas quando comparadas a países cujas indústrias apresentam elevado grau de desenvolvimento. Embora, a partir principalmente do início da década de 1990, muitos cientistas já trabalhassem nessa área, essa tecnologia passou a ter repercussão mundial, como comentamos anteriormente, a partir de 2001, com o lançamento do programa americano “National Nanotechnology Initiative – NNI”. Na mesma época a China lançou seu programa, criando o Comitê Nacional para Nanociência e Nanotecnologia (NSCNN) e publicando o programa “National Nanotechnology Development Strategy 2001-2010”, semelhante ao NNI, apesar de o país já financiar ações específicas de N&N desde o início da década de 1990.

No Brasil, em 2001, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) deu o primeiro passo para o desenvolvimento da nanotecnologia através do apoio à formação de quatro redes cooperativas de pesquisa e quatro Institutos (virtuais) do Milênio, com um investimento de R\$ 30 milhões, para quatro anos. Dentro dessa iniciativa foi contemplada a primeira proposta que, explicitamente, referia-se ao tema; o “Instituto de Nanociências”, que teve a participação de 14 instituições: CBPF; Cetec/MG; CNEN; Funrei/MG; ITP/SE; LNLS; PUC/RJ; UERJ; UFBA; UFF; UFJF; UFMG; UFRJ e UFV.

Em 2004, o MCT lançou, no âmbito do Plano Plurianual (PPA) 2004-2007, o programa “Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia” (3). Este programa foi elaborado com base nas recomendações de um grupo de trabalho instituído via Portaria MCT nº 252, de 16.05.2003. Em 2005, o presidente da República, Luiz Inácio Lula da Silva, e o ministro da Ciência e Tecnologia, Sergio Rezende, lançaram um Programa Nacional de Nanotecnologia. Além dos recursos do PPA, esse programa contou com recursos dos fundos setoriais o que elevou o patamar de investimentos do MCT em nanotecnologia e possibilitou ampliar o número de iniciativas nesse tema.

Uma iniciativa que contribuiu decisivamente para uma maior consistência ao complexo brasileiro de nanotecnologia foi a criação do programa “Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT)”, pela Portaria MCT Nº 429, de 17 de julho de 2008, que passou a ocupar uma posição estratégica no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) sendo que 16 INCTs realizam hoje pesquisas diretamente associadas a N&N nas mais diversas áreas do conhecimento.

No que tange à articulação com a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), foi realizado um esforço conjunto entre o MCT, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e a Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) para a divulgação da nanotecnologia no setor privado, ressaltando a sua importância estratégica como ferramenta à ino-

vação. Foram realizados 13 eventos com essa finalidade entre 2008 e 2009.

A formação de redes cooperativas de P&D em N&N, envolvendo diferentes atores do sistema de inovação, facilitou a transferência de conhecimento e contribuiu para o crescimento e competitividade da indústria nacional. As primeiras redes cooperativas apoiadas pelo MCTI foram as Redes Brasil Nano (Portaria nº 614, de 1º de dezembro de 2004).

Em 2010, dezessete novas redes cooperativas foram apoiadas através do edital MCT/CNPq nº 74/2010. Em 2011, foi aberta uma chamada pública MCTI/CNPq nº 17/2011, “Apoio à criação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em nanotoxicologia e nanoinstrumentação”. Todas as redes visavam a solução de gargalos tecnológicos da indústria brasileira. Foram aprovadas seis redes de nanotoxicologia e duas redes de nanoinstrumentação. No total são 25 redes cooperativas apoiadas atualmente pelo MCTI, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Em 2012 a CGNT lançou um edital em conjunto com o CNPq, edital MCTI/CNPq nº 16/2012 “Tecnologias inovadoras na produção, prototipagem e/ou aumento de escala em nanotecnologia que apoiou 25 projetos com um investimento total de pouco mais de R\$6 milhões. Esse edital teve uma característica que foi separar metade dos recursos para jovens pesquisadores, contemplados com 15 projetos.

Em 2009, conforme recomendação do comitê executivo da PDP, foi criado o Fórum de Competitividade em Nanotecnologia (FCN) (5). O FCN surgiu como ferramenta estratégica para apoiar a

discussão e encaminhamento de iniciativas e programas segundo as dimensões da PDP (6).

A CGNT, em parceria com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e a Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), realizou em 2011 o “1º Workshop Nanotecnologias: da ciência ao mundo dos negócios” (7), na sede do Senai Mario Amato, em São Bernardo do Campo (SP) e em novembro de 2012 foi realizado o “2º Workshop Nanotecnologias: da ciência ao mundo dos negócios” (8), em Fortaleza (CE). Foram apresentados e discutidos casos de sucesso em nanotecnologia de pequenas, médias e grandes empresas nos setores metalomecânico, saúde e alimentos. Os mais de 120 participantes presentes ainda puderam conhecer as ações de nanotecnologia do MCTI, os instrumentos de apoio à inovação do Banco Brasileiro de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e da Finep e as oportunidades de parcerias com os INCTs.

Cabe aqui fazer uma menção ao apoio que o MCTI tem dado à questão da nanotoxicologia. O objetivo é capacitar o Brasil para se empenhar no processo de avaliação de riscos e realizar a regulação do uso e aplicação e nanotecnologias. Há intensa atividade nessa área como

**O OBJETIVO É
CAPACITAR O
BRASIL PARA SE
EMPENHAR NO
PROCESSO DE
AVALIAÇÃO DE
RISCOS**

parte do esforço recente para regular o uso de nanotecnologias gerando publicações científicas e também com normas específicas. Em janeiro de 2012, uma edição inteira da revista *Environmental Toxicology and Chemistry* foi dedicada à questão de nanomateriais e meio ambiente (9) e alguns estudos olham de forma específica para a busca de métodos de mitigação de impactos ambientais de nanomateriais (10).

Certamente os trabalhadores mais expostos hoje a eventuais prejuízos de nanomateriais à saúde humana são os pesquisadores e técnicos envolvidos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I). Sendo assim, um bom exemplo de documento que busca orientar quanto aos cuidados ao se lidar com nanotecnologias é o manual “Práticas gerais de segurança para trabalhar com nanomateriais criados por engenharia em laboratórios de pesquisa” (*General safe practices for working with engineered nanomaterials in research laboratories*) (11), publicado pelo Instituto Nacional para Segurança Ocupacional e Saúde dos Estados Unidos da América (National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH).

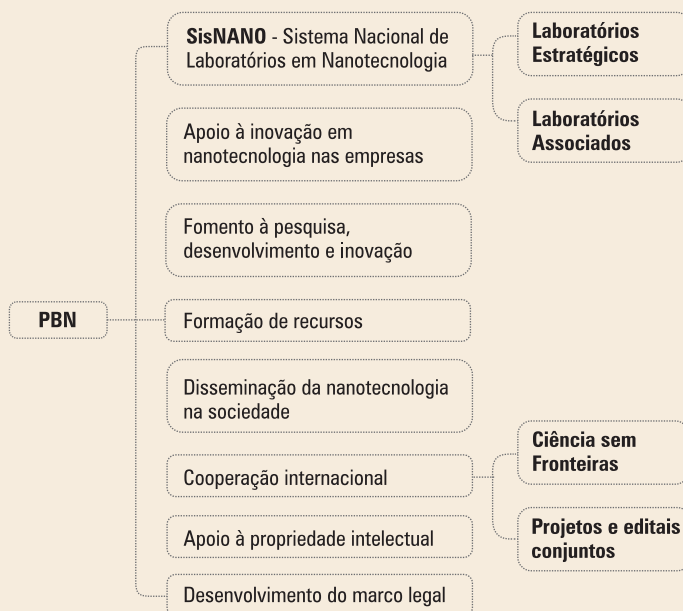
O Ministério da Educação (MEC) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) têm ações importantes em nanotecnologia que vão além dos seus papéis já consagrados na criação e consolidação de universidades públicas e programas de pós-graduação. Um exemplo é o acordo de cooperação envolvendo Portugal e Espanha, traduzido, por exemplo, no apoio para projetos de pesquisa utilizarem infraestruturas de pesquisa no estado da arte, em particular o Laboratório Ibérico de Nanotecnologia em Braga, Portugal. A cooperação envolvendo Portugal e Espanha traduziu-se em um edital da Capes lançado no primeiro semestre de 2013 (12).

O PBN tem o objetivo de ser uma base sólida para transformar o Brasil em país científico, tecnológico e economicamente competitivo em nível mundial no que diz respeito à geração e utilização da nanotecnologia como um dos principais motores do desenvolvimento econômico e social. São partes essenciais dessa iniciativa a criação do Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN) e do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO), que passamos a descrever a seguir.

GOVERNANÇA O MCTI tomou a iniciativa de instituir o CIN (Portaria Interministerial nº 510, de 09.07.2012) que tem por finalidade integrar a coordenação e a gestão da PBN, contribuindo para o aprimoramento constante e implementação de suas políticas, diretrizes e ações. Dentro da estrutura da PBN é o CIN, em última instância, o responsável por estabelecer as grandes metas, estratégias e visão de longo prazo para o desenvolvimento de todos os aspectos da nanotecnologia no Brasil, bem como a relação global do Brasil no que diz respeito à nanotecnologia.

Atualmente compõem o CIN: MCTI, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), Ministério da Defesa (MD), MDIC, MEC, Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério da Saúde (MS), Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e Ministério das Relações Exteriores (MRE). Participam como convidados, por terem papel central na definição e implementação da PBN, a Agência

Figura 1 - Estrutura de governança do atual Programa Brasileiro de Nanotecnologia



Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), o BNDES, o CNPq, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), a Confederação Nacional da Indústria (CNI) e a Finep.

O CIN tem também sob sua responsabilidade: (i) criar e propor mecanismos de fomento e financiamento; (ii) implantar instrumentos de gestão como indicadores, elaboração de séries históricas e estudos de prospecção de cenários e tendências os quais passarão a ter maior consistência, abrangência e, principalmente, maior transparência e visibilidade pública; (iii) realizar o acompanhamento e avaliação dos programas de nanotecnologia, fortalecendo iniciativas de sucesso, reformando, redirecionando ou encerrando iniciativas com resultados insatisfatórios e propondo novas estratégias e ações consoantes com novos horizontes e tendências da “nano”. Na figura 1 apresentamos a estrutura de governança da PBN.

SisNANO O Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO) é um sistema formado por um conjunto de laboratórios dedicados à PD&I, abarcando um amplo espectro de nanotecnologias. Foi instituído pela Portaria nº 245 de 5 de abril de 2012 e se apresenta como um sistema de fomento, suporte e gestão de infraestrutura e recursos humanos dedicados à nanotecnologia. A Instrução Normativa nº 2, de 15 de junho de 2012, dispõe sobre o regulamento técnico para integração ao Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia e dá outras providências.

Seu objetivo é ampliar o acesso aos laboratórios que fazem parte do SisNANO e, especialmente, institucionalizar e formalizar o com-

promisso desses laboratórios em atuarem como laboratórios abertos a usuários externos oriundos dos setores público e privado, permitindo maior interação entre pesquisadores e empresas e maiores facilidades para utilização, não apenas da infraestrutura dos laboratórios, mas também de recursos humanos aptos a prestarem assistência no desenvolvimento de projetos de PD&I ou realização de testes e análises em nanotecnologia.

Em junho de 2012 foi realizada uma chamada pública, amplamente divulgada, para submissão de propostas de laboratórios para compor o SisNANO. Das 50 propostas 26 foram aprovadas depois de análise pelo CCNANO e pela CGNT.

Um ponto importante foi a exigência de que cada proposta fosse encaminhada pelo dirigente máximo da instituição à qual o laboratório estivesse associado. O SisNANO não foi concebido como um sistema de apoio a projetos, grupos de pesquisa ou pesquisadores específicos, mesmo que de alta qualificação, e foi direcionado para laboratórios de caráter claramente multiusuário, que tivessem interface e superposição significativa com projetos, grupos de pesquisa, pesquisadores e empresas, que já tivessem um grau significativo de maturidade e consolidação. Os laboratórios do SisNANO devem assumir várias responsabilidades que exigem um comprometimento institucional. Esses laboratórios saem da esfera pessoal, local ou mesmo regional e assumem um papel nacional de suporte ao desenvolvimento da nanotecnologia.

Pode-se pensar o SisNANO como um instrumento que, a partir de infraestruturas e competências já consolidadas por anos de investimento através de inúmeras ações e programas dos governos federal, estaduais e municipais cria um conjunto coeso de laboratórios de caráter nacional sob a gestão do MCTI e do CIN. Há duas categorias de laboratórios no SisNANO. Os chamados Laboratórios Estratégicos (LE) estão em unidades de pesquisa, institutos ou organizações sociais diretamente ligadas ao governo federal. Esses laboratórios assumem o compromisso de disponibilizarem pelo menos 50% do tempo para projetos e usuários externos, sejam eles do setor público ou privado. Os LE são os seguintes:

LABORATÓRIOS ESTRATÉGICOS DO SISNANO:

1. Laboratório de Nanotecnologia para o Agronegócio – LNNA (Embrapa Instrumentação, SP)
2. Centro de Caracterização em Nanotecnologia para Materiais e Catálise – Cenano (INT, RJ)
3. Laboratório Nacional de Nanotecnologia – LNNANO (Cnpem/SP)
4. Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia do Cetene – LM-Nano (Cetene, PE)
5. Laboratório de Química de Nanoestruturas de Carbono – LQN (CDTN/Cnen, MG)
6. Laboratório Estratégico de Nanometrologia do Inmetro (Inmetro, RJ)
7. Laboratório Multiusuário de Nanociências e Nanotecnologia – Labnano (CBPF, RJ)
8. Laboratório Integrado de Nanotecnologia – LIN-Ipen (Ipen/Cnen, SP)

Os Laboratórios Associados (LA) estão em Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) como, por exemplo, universidades públicas ou privadas que tenham esse caráter. Os LA assumem os mesmos compromissos de abertura tendo que disponibilizar, no mínimo, 15% do tempo disponível para usuários externos, nos mesmos moldes dos LE. Os LA são os seguintes:

LABORATÓRIOS ASSOCIADOS DO SISNANO:

1. Laboratório Regional de Nanotecnologia – LRNANO (UFRGS/RS)
2. Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Protocolos para Nanotecnologia – CCDPN (Unesp/SP)
3. Central Analítica em Técnicas de Microscopia (eletrônica e ótica) da Universidade Federal do Ceará (UFC/CE)
4. Laboratório de Síntese de Nanoestruturas e Interação com Biosistemas – Nanobioss (Unicamp/SP)
5. Laboratório de Caracterização Estrutural – LCE (UFSCar/SP)
6. Laboratório Associado de Desenvolvimento e Caracterização de Nanodispositivos e Nanomateriais – LANano (UFMG/MG)
7. Laboratório de Nanobiotecnologia para Desenvolvimento, Prototipagem e Validação de Produtos para o SUS (IBMP/PR)
8. Laboratórios Associados em Nanotecnologia – LARnano (UFPE/PE)
9. Laboratório Associado da UFV (UFV/MG)
10. Laboratório de Nanociência e Nanotecnologia da Amazônia – Labnano-Amazon (UFPA/PA)
11. Laboratório de Eletroquímica e Materiais Nanoestruturados – LEMN (UFABC/SP)
12. Laboratório de Engenharia de Superfícies e Materiais Nanoestruturados da Coppe – LabEngNano/Coppe (UFRJ/RJ)
13. Laboratório Interdisciplinar para o Desenvolvimento de Nanoestruturas – Linden (UFSC/SC)
14. Núcleo de Bionanomanufatura (IPT/SP)
15. Centro de Componentes Semicondutores – CCS (Unicamp/SP)
16. Núcleo de Apoio à Pesquisa em Nanotecnologia e Nanociências – NAP-NN (USP/SP)
17. Laboratório Central em Nanotecnologia – LCNano (UFPR/PR)
18. Laboratório de Fabricação e Caracterização de Nanodispositivos – Labdis (PUC/RJ).

Deve-se ressaltar que o tempo disponibilizado é contabilizado exclusivamente em projetos de nanotecnologia que é o foco e a razão de ser do SisNANO e que a contabilização do tempo de uso disponibilizado por cada laboratório terá também critérios qualitativos.

Para fazerem face a esses compromissos e desafios, os laboratórios do SisNANO receberão recursos de forma prioritária do MCTI. Já em 2013 o MCTI investirá R\$32 milhões provenientes do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), R\$6,7 milhões provenientes do orçamento da CGNT e R\$25 milhões do orçamento da Coordenação Geral de Serviços Tecnológicos (CGST) para formação de redes do Sistema Brasileiro de Tecnologia Sibratec com os laboratórios do SisNANO.

O MCTI considera, ainda, essencial a participação das Fundações de Apoio à Pesquisa (FAPs) estaduais no SisNANO como agentes ativos, tanto na definição de diretrizes como no financiamento dos laboratórios nos estados de origem. A presença de um laboratório do SisNANO é, de fato, uma fator que modifica e enriquece o “ecossistema” de inovação em nanotecnologia em escala nacional e regional. Apoiar os laboratórios no nível estadual é, portanto, uma ação importante no sentido de impulsionar o desenvolvimento e a industrialização de nanotecnologias.

CONCLUSÃO A inovação só se concretiza quando o conhecimento técnico e científico é transformado em produtos e processos. A incorporação do progresso científico e tecnológico à produção industrial, gerando inovação, permanece como um grande desafio nacional. A transformação de nanotecnologias em produtos e bem-estar social é um processo complexo que passa também por questões regulatórias que estão hoje postas como prioritárias em nível mundial. A Europa e os Estados Unidos, por exemplo, já atuam de forma articulada já que, sem regulação não há segurança jurídica (que inibe investimentos) e nem confiança por parte da sociedade de que a nanotecnologia é uma tecnologia que traz benefícios que estamos apenas começando a conhecer, desenvolver e utilizar.

A criação do CIN é um passo importante visto que a enorme tarefa de prover um ambiente propício à industrialização e comercialização de nanotecnologias só pode alcançado pela ação coordenada dos governos federal, estaduais e municipais.

Estamos certos que a estrutura do Programa Brasileiro de Nanotecnologia possui hoje os principais ingredientes para inserir o Brasil em uma nova onda de desenvolvimento econômico e social ancorada nas nanotecnologias.

Flávio Plentz é físico, professor associado IV do Departamento de Física do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e atualmente é o coordenador geral de Micro e Nanotecnologias do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Adalberto Fazzio é físico e professor titular do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), membro na Academia Brasileira de Ciências (ABC) e atualmente é secretário adjunto da Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do MCTI.

NOTAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Knobel, M. “O futuro da nanotecnologia no Brasil. Vinte anos não são nada?”, *Cienc. Cult.*, vol.57, nº 1. 2005.
2. Rossi-Bergmann, B. “A nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico”, *Cienc. Cult.*, vol.60, nº 2. 2008.
3. Site do programa “Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia” <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27136.html> (Acesso em maio de 2013).
4. Site do Programa sobre Nanotecnologia: http://www.pdp.gov.br/Paginas/detalhamento_programa.aspx?programa=Nanotecnologia&path=Programas-Mobilizadores%20em%20%C3%A1reas%20Estrat%C3%A9gicas-Nanotecnologia (Acesso em maio de 2013).

5. Site do Fórum de Competitividade de Nanotecnologia: <http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=3&menu=2469> (Acesso em maio de 2013).
6. Site da Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP): <http://www.pdp.gov.br/> (Acesso em maio de 2013).
7. Site do 1º e do 2º Workshop <http://workshopnano.abdi.com.br/default.aspx> (Acesso em maio de 2013).
8. Ibidem
9. Site do periódico científico *Environmental Toxicology and Chemistry* <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.v31.1/issuetoc> (Acesso em maio de 2013).
10. Alves, O. L.; Stéfani, D.; Parizotto, N. V. and Souza Filho, A. G. “Hydro-talcites: a highly efficient ecomaterial for effluent treatment originated from carbon nanotubes chemical processing”. *Journal of Physics: Conference Series*, vol.304, 012024. 2011.
11. Documento em PDF integral do General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories. <http://www.cein.ucla.edu/PDFs/2012-147-Safe-Practices-NIOSH.pdf> (Acesso em maio de 2013).
12. <http://www.capes.gov.br/cooperacao-internacional/portugal/inl>

A NANOTECNOLOGIA COMO ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE COSMÉTICOS

Renata M. Daudt
Juliana Emanuelli
Irene C. Kulkamp-Guerreiro
Adriana R. Pohlmann
Sílvia S. Guterres

O setor de produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos tem mostrado grande expansão no mercado mundial e é considerado um bom foco de investimento. De acordo com dados da Associação Brasileira de Indústria de Higiene Pessoal Perfumaria e Cosméticos (Abihpec), o Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking do mercado mundial desses produtos, ultrapassando a França e estando atrás apenas dos Estados Unidos e Japão. O Brasil possui ainda grande potencial de crescimento tendo como características: ser fonte de princípios ativos e insumos (principalmente os de origem natural), propiciar oportunidade para o uso de novas tecnologias com intuito de aumentar produtividade e eficácia dos produtos, apresentar constante aumento do consumo e de avanços na área regulatória (1).

Muitos ativos naturais pesquisados ultimamente são compostos instáveis, podendo sofrer reações que levam à diminuição ou perda de eficácia e até mesmo a degradação do produto. Por isso, novas tecnologias vêm sendo propostas para melhorar o desempenho dos produtos cosméticos e sua aceitação pelo consumidor. Uma alternativa para aumentar a estabilidade e, ainda, permitir a liberação controlada é o encapsulamento das substâncias ativas através de técnicas que envolvem a nanotecnologia. A nanoencapsulação consiste na compartimentalização de substâncias em carreadores, cujo tamanho situa-se na faixa nanométrica, tipicamente entre 50 e 300 nm.

Os princípios da nanotecnologia foram introduzidos na área cosmética há alguns anos. No período entre 1994 e 2005, a L'Oreal (França) foi classificada como a quinta empresa no mundo com base no número de patentes relacionadas à nanotecnologia depositadas (2). Outras grandes empresas já utilizam a técnica de nanoencapsulamento em seus produtos, como, por exemplo, Lancôme e Givenchy (3). No Brasil, por exemplo, a empresa O Boticário apresenta uma linha de tratamento antienvhecimento composta por diferentes produtos utilizando a nanotecnologia.

Uma classe de ativos que podem ser encapsulados são os compostos extraídos de vegetais. Os extratos vegetais são fontes promissoras de substâncias bioativas, porém em seu estado bruto podem ter a atividade antioxidante comprometida em razão de sua instabilidade físico-química. Neste contexto, a nanotecnologia pode ser utilizada para a estabilização de diferentes compostos, aumentando também a estabilidade dos produtos finais (4-6). Adicionalmente, a

nanoencapsulação de compostos antioxidantes pode aumentar a sua atividade antioxidante e prolongar a liberação dos mesmos, aumentando assim a sua eficácia (7-9). A nanotecnologia tem sido utilizada no desenvolvimento de formulações cosméticas mais estáveis, mais eficazes e com sensorial cosmético diferenciado (2; 6; 10).

NANOESTRUTURAS EM COSMÉTICOS: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

A indústria cosmética tem investido cada vez mais na utilização de sistemas nanoestruturados, com diferentes aplicações que serão apresentadas ao longo deste artigo.

As nanopartículas, em geral, são caracterizadas por possuir uma alta superfície de contato e um grande número de partículas por unidade de peso. Para a formação de nanopartículas, a área de superfície por unidade de peso da partícula aumenta 10^2 vezes quando a partícula é reduzida de 1 μm para 10 nm e o número de partículas por peso aumenta 10^6 vezes. Com isso, as propriedades originais do material bruto, como, por exemplo, a temperatura de fusão e a solubilidade, também se modificam (2). Com base nas características decorrentes do tamanho diminuto, as nanopartículas contendo substâncias ativas são utilizadas com a intenção de melhorar sua funcionalidade, como, por exemplo, melhorar a disponibilidade ou estabilidade quando comparada com o mesmo material na forma molecular (2).

Os sistemas nanoestruturados mais utilizados em cosméticos podem ser classificados em nanocápsulas, nanoesferas, nanopartículas lipídicas sólidas, nanoemulsões, microemulsões, lipossomas e niossomas, que serão explicados mais detalhadamente no decorrer do texto.

As nanocápsulas são sistemas nanovesiculares que apresentam uma estrutura com núcleo e invólucro típica, com tamanho de partícula na faixa de aproximadamente 100 a 500 nm. As substâncias ativas podem ser transportadas dentro de uma cavidade envolvida por uma membrana polimérica, adsorvida na superfície ou impregnada na matriz polimérica. As nanocápsulas de núcleo lipídico são carreadores nanovesiculares nos quais o controle da liberação do ativo é atingido pela variação da concentração do polímero, do lipídio líquido e/ou lipídio sólido da formulação (7-11). Alguns polímeros que podem ser utilizados na formação das nanocápsulas são a policaprolactona, o ácido polilático, poli(ácido glicólico) e poli(ácido glicólico-co-ácido láctico) (12).

As nanocápsulas são normalmente utilizadas em cosméticos para proteger ativos sensíveis, reduzir odores indesejáveis e evitar incompatibilidades entre os ingredientes da formulação. Um dos primeiros produtos a utilizar nanocápsulas foi um creme antirrugas com vitamina A encapsulada; as partículas atuavam como reservatórios, liberando a substância ativa lentamente (13). As nanocápsulas também têm sido investigadas intensivamente como veículos para filtros solares como o metoxicinamato de octila, salicilato de octila e benzofenona-3. Acredita-se que as nanocápsulas formem um filme de proteção na superfície da pele e controlem a penetração das substâncias encapsuladas (12).

As nanoesferas diferem das nanocápsulas por serem formadas por uma matriz polimérica, onde a substância pode ficar retida ou adsorvida, e não possuem óleo em sua composição (11). As nano-

esferas podem ser utilizadas para encapsular ativos como fragrâncias (14; 15) e vitaminas (16). Suas características podem permitir, por exemplo, que fragrâncias permaneçam sobre a pele após longo período de aplicação (14). Outro exemplo inclui nanoesferas de poli(ácido glicólico-co-ácido láctico) contendo vitaminas A, C e E, que apresentaram eficácia clínica no clareamento da pele bem como propriedades antienvhecimento (16).

As nanopartículas lipídicas sólidas são sistemas organizados a partir de lipídeos sólidos. Suas principais características incluem excelente estabilidade física, capacidade de proteção de substâncias instáveis frente à degradação, capacidade de controle da liberação, excelente tolerabilidade, capacidade de formação de filme sobre a pele (demonstrando propriedades oclusivas), possibilidade de modular a entrega da substância encapsulada, além de não apresentarem problemas relacionados à produção em grande escala e à esterilização (2; 5; 12; 17). As nanopartículas lipídicas sólidas são adequadas para o transporte de substâncias lipofílicas que podem ser formuladas em sistemas a base de água. As dispersões têm alto teor de lipídeos, são de fluxo livre e são normalmente produzidas por homogeneização a alta pressão (2). Os lipídeos utilizados incluem triglicerídeos, glicerídeos parciais, ácidos graxos, esteroides e cera (18).

As nanopartículas lipídicas sólidas também podem ser atrativas para uso em protetores solares, uma vez que a matriz lipídica formada sobre a pele pode retardar a penetração do ativo, reduzindo o potencial tóxico de um produto convencional. Além disso, a incorporação de ativos quimicamente lábeis (por exemplo, coenzima Q10 e retinol) nas nanopartículas lipídicas sólidas oferece proteção contra decomposição e possibilita a liberação controlada do ativo (12).

Como desvantagens, as nanopartículas lipídicas sólidas têm menor capacidade de manter a encapsulação do ativo, podendo haver a formação de estruturas coloidais alternativas (micelas, lipossomas, mistura de micelas e nanocristais) e instabilidade física durante a estocagem ou administração devido à complexidade do estado físico do lipídio (5).

As nanoemulsões são dispersões estáveis com diâmetro médio de gota em tamanho nanométrico (algumas centenas de nanômetros). Este sistema é composto por óleo, água, e um ou mais agentes surfactantes, podendo ser uma dispersão óleo em água (o/a) ou água em óleo (a/o) (19), apresentando elevada estabilidade cinética, em decorrência do seu reduzido tamanho de gota (17). A fase aquosa pode conter ingredientes ativos e conservantes hidrofílicos, farmacêuticos ou cosméticos, enquanto a fase oleosa é tipicamente composta por óleo mineral, óleo de silicone, óleo vegetal, ésteres ou ácidos graxos ou ingredientes ativos lipofílicos. (12). Uma das vantagens apresentadas pela utilização de nanoemulsões é o aumento da hidratação da pele e de sua elasticidade (20), uma vez que o ativo tem maior possibilidade de atingir o extrato córneo.

As nanoemulsões também podem aumentar a permeabilidade de um ativo pouco solúvel (20). As nanoemulsões preparadas com ésteres graxos de glicerol são utilizadas nas áreas cosmética e derma-

tológica, especialmente para hidratação da pele, mucosas e cabelos. Similarmente, as nanoemulsões contendo ésteres de ácidos graxos fosfóricos são utilizadas em cosméticos, bem como produtos dermatológicos e farmacêuticos (21).

As nanoemulsões podem ser encontradas em uma grande variedade de produtos cosméticos como óleos de banho, cremes para o corpo, preparações antirrugas e antienvhecimento (12). Devido ao seu pequeno e uniforme tamanho de gota, as nanoemulsões são transparentes, fluidas e agradáveis ao toque (22-23). Em comparação com emulsões tradicionais, as nanoemulsões têm melhores propriedades de espalhabilidade na pele (12).

As microemulsões são sistemas isotrópicos, transparentes, de baixa viscosidade e termodinamicamente estáveis, obtidas quando uma mistura de surfactantes apropriada é usada (17; 24). O uso de microemulsões é considerado uma abordagem promissora para aumentar a liberação e permeação de substâncias tanto hidrofílicas quanto lipofílicas (25). Em comparação com as emulsões convencionais, estas são caracterizadas por tamanho de gotículas em escala nanométrica (26).

Pela facilidade de aplicação e adesão na pele, o seu uso tem sido explorado para muitos propósitos em cosmecêuticos e produtos farmacêuticos (27), hidratantes de pele, preparações de protetor solar, produtos de bronzamento, produtos antienvhecimento, desodorantes, antiperspirantes, perfumes, entre outros (28).

Os lipossomas são vesículas esféricas que consistem em uma ou mais membranas como bicamadas fosfolipídicas envolvendo um núcleo aquoso. O diâmetro da vesícula está na faixa entre 5 a muitas centenas de nanômetros. O principal componente lipídico do lipossoma é tipicamente fosfatidilcolina derivada do ovo ou lecitina de soja. Colesterol é usualmente incluído na composição para estabilizar a estrutura e, assim, gerar lipossomas mais rígidos. Dependendo das condições de processo e da composição química, podem ser formadas pequenas e grandes vesículas unilamelares e multilamelares, com uma ou várias bicamadas concêntricas. Ao contrário das emulsões, os lipossomas são estruturas lamelares termodinamicamente estáveis que se formam espontaneamente quando os lipídios são colocados em contato com a fase aquosa. Além disso, os lipossomas não são tóxicos nem invasivos e são capazes de carregar substâncias hidrofílicas e/ou lipofílicas (2; 12).

Os lipossomas podem ser encontrados em vários produtos em que é necessário liberar o ativo cosmético na epiderme. Por exemplo, filtros UV podem ser encapsulados em lipossomas incorporados em formulações de protetores solares de base aquosa, que apresentam boa aderência na superfície da pele, resistentes à água. Os lipossomas por si só, quando formulados em cosméticos podem repor ou aumentar os lipídios endógenos do estrato córneo, aumentando a hidratação e reduzindo a secura da pele (12).

Os lipossomas podem encapsular uma variedade de substâncias ativas e ser incorporados em diversos tipos de produtos cosméticos, como: hidratantes para a pele, produtos antienvhecimento,

**UMA DAS
VANTAGENS NA
UTILIZAÇÃO DE
NANOEMULSÕES
É O AUMENTO DE
HIDRATAÇÃO DA
PELE E DE SUA
ELASTICIDADE**

Tabela 1 - Exemplos de sistemas utilizados para estabilização dos ativos e seus métodos de preparação

Ativo	Sistema nanoestruturado	Método(s) de preparação	Referência
Vitamina E	Nanocápsulas	Nanoprecipitação	(34)
Triclosan	Nanoesferas	Emulsificação-evaporação solvente	(35)
Vitamina A	Nanopartículas lipídicas sólidas (NLS)	Pré-mistura seguida de processamento em homogeneizador	(36)
Coenzima Q10	Nanoemulsões	Pré-emulsão seguida de processamento em homogeneizador	(37)
Octilmetoxicinamato	Microemulsões	Inversão de fase com modificação de temperatura	(38)
Ácido L-ascórbico	Lipossomas	Hidratação do filme lipídico	(39)
Extrato de chá preto	Niossomas	Hidratação do filme lipídico seguido de sonicação	(40)

pós-barba, protetor solar e maquiagem. Dentre alguns exemplos de produtos no mercado, podemos citar lipossomas veiculando agentes de bronzeamento (L'Oreal), lipossomas encapsulando vitaminas (Lancôme, L'Oreal) e lipossomas carreadores de vitaminas E, A e ceramidas (Estée Lauder) (29).

Os niossomas são vesículas preparadas a partir de surfactantes não iônicos. Os surfactantes combinam um ou mais componentes hidrofóbicos com um grupo principal hidrofílico (12). Os niossomas podem fundir-se com os lipídeos do estrato córneo (2), e são capazes de melhorar a estabilidade e a disponibilidade dos ingredientes ativos bem como aumentar a sua penetração na pele (30).

Formulações de niossomas foram inicialmente desenvolvidos pela L'Oreal para aplicações cosméticas (31), mas também têm sido usados em aplicações alimentícias (32). Podem encapsular tanto compostos hidrofílicos quanto lipofílicos (33).

A tabela 1 apresenta alguns exemplos de ativos, os sistemas nanoestruturados utilizados para sua estabilização, bem como os respectivos métodos de preparação empregados.

Diferentes tipos de nanoestruturas são utilizados para estabilização de substâncias com atividade cosmética. Com isso, observa-se uma tendência crescente no uso de ativos nanoencapsulados para incorporação em cosméticos. De acordo com um levantamento feito na base de dados Web of Science, o número de publicações incluindo concomitantemente o radical "nano" e a palavra "skin" aumentou 12 vezes da década de 1990 para a década de 2000, sendo que só no ano de 2012 foram mais de mil artigos publicados envolvendo o tema. Juntamente com o investimento de algumas empresas nessas tecnologias, o surgimento de indústrias brasileiras que nanoencapsulam ativos para fornecimento ao mercado cosmético possibilitou um maior acesso à nanotecnologia até mesmo por indústrias cosméticas de menor porte. Esse crescimento impulsiona o mercado e faz com que cresçam também os investimentos em testes de eficácia e segurança dos produtos, fortalecendo o mercado de nanocosméticos no Brasil e no mundo.

Renata M. Daudt é engenheira de alimentos, mestre em engenharia química e doutoranda em engenharia química na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Juliana Emanuelli é farmacêutica e mestranda em ciências farmacêuticas na UFRGS.

Irene C. Kulkamp-Guerreiro é farmacêutica, doutora em ciências farmacêuticas e professora da Faculdade de Farmácia da UFRGS.

Adriana R. Pohlmann é farmacêutica, doutora em química terapêutica e professora associada IV do Departamento de Química Orgânica da UFRGS.

Sílvia S. Guterres é farmacêutica, doutora em nanotecnologia farmacêutica e professora associada IV do Departamento de Produção e Controle de Medicamentos da UFRGS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDI, Abihpec, Sebrae, *II Caderno de Tendências. Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos*, Vol. 2. Disponível em: <<http://www.abihpec.org.br/2011/08/caderno-de-tendencias-2011-3/>>, (Acesso em 14/05/2013).
- Mihriyan, A.; Ferraz, N.; Strømme, M. "Current status and future prospects of nanotechnology in cosmetics". *Progress in Materials Science*, vol. 57, nº875. 2012.
- Conselho Regional de Farmácia, Pará, *Nanoencapsulamento reduz custos de cosméticos*. Disponível em: http://www.crfpa.org.br/sites/default/files/crfpa/?tipo=conteudos_site&tipo_conteudo=noticia&tipo_consulta=v&id=19949060114582416 (Acesso em 14/05/2013).
- Kulkamp, I. C.; Paese, K.; Guterres, S. S.; Pohlmann, A. R. "Estabilização do ácido lipoico via encapsulação em nanocápsulas poliméricas planejadas para aplicação cutânea". *Química Nova*, vol. 32, nº 2078. 2009.
- Guterres, S. S.; Alves, M. P.; Pohlmann, A. R. "Polymeric nanoparticles, nanospheres and nanocapsules, for cutaneous applications". *Drug Target Insights* vol. 2, nº 147, 2007.
- Kulkamp-Guerreiro, I. C. *et al.* "Development and stability of innovative semisolid formulations containing nanoencapsulated lipoic acid for topical use". *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, vol.12, nº7723. 2012.
- Kulkamp, I. C. *et al.* "Nanoencapsulation improves the *in vitro* antioxidant activity of lipoic acid". *Journal of Biomedical Nanotechnology*, vol. 7, nº598. 2011.

As autoras deste artigo não têm relações profissionais com as empresas citadas.

8. Palumbo, M. *et al.*, "Improved antioxidant effect of idebenone-loaded polyethyl-2-cyanoacrylate nanocapsules tested on human fibroblasts". *Pharmaceutical Research*, vol.19, nº71. 2002.
9. Schaffazick, S. R.; Pohlmann, A. R.; de Cordova, C. A. S.; Creczynski-Pasa, T. B.; Guterres, S. S. "Protective properties of melatonin-loaded nanoparticles against lipid peroxidation". *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 289, nº 209. 2005.
10. Nohynek, G. J.; Antignac, E.; Re, T.; Toutain, H. "Safety assessment of personal care products/cosmetics and their ingredients". *Toxicology and Applied Pharmacology*, vol. 243, nº 239. 2010.
11. Schaffazick, S. R.; Guterres, S. S.; Freitas, L. d. L.; Pohlmann, A. R. "Caracterização e estabilidade físico-química de sistemas poliméricos nanoparticulados para administração de fármacos". *Química Nova*, vol. 26, nº726. 2003.
12. Wu, X.; Guy, R. H. "Applications of nanoparticles in topical drug delivery and in cosmetics". *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, vol.19, nº371. 2009.
13. Kaur, I.P.; Agrawal, R. "Nanotechnology: a new paradigm in cosmetics". *Recent Patents on Drug Delivery and Formulation*, Vol.1, nº171. 2007.
14. Shefer, A.; Ng, C.; Shefer, S. "Nanotechnology enhances bio-adhesion and release after rinse-off". *Cosmetic & Toiletries*, vol.119, nº57. 2004.
15. Tree-udom, T.; Wanichwecharungruang, S. P.; Seemork, J.; Araya-chukeat, S. "Fragrant chitosan nanospheres: controlled release systems with physical and chemical barriers". *Carbohydrate Polymers*, vol. 86, nº1602. 2011.
16. Tsujimoto, H. *et al.* "Percutaneous absorption study of biodegradable PLGA nano-spheres via human skin biopsies". *Journal of the Society of Powder Technology, Japan*, vol. 41, nº867. 2004.
17. Nemen, D.; Lemos-Senna, E. "Preparação e caracterização de suspensões coloidais de nanocarreadores lipídicos contendo resveratrol destinados à administração cutânea". *Química Nova*, Vol. 34, nº408. 2011.
18. Tiarks, F.; Landfester, K.; Antonietti, M. "Preparation of polymeric nanocapsules by miniemulsion polymerization". *Langmuir*, vol. 17, nº908. 2001/02/01, 2001.
19. Benita, S.; Martini, M. C.; Seiller, M. Cosmetic applications of vesicular delivery systems. In: *Microencapsulation: methods and industrial applications*, Benita, S. (Ed.). Marcel Dekker Inc., New York. 1996. pp. 587-631.
20. Yilmaz, E.; Borchert, H.-H. "Effect of lipid-containing, positively charged nanoemulsions on skin hydration, elasticity and erythema: an *in vivo* study". *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 307, nº 232. 2006.
21. Kothekar, S. C.; Waghmare, J. T.; Momin, S. A. "Rationalizing and producing nanoemulsions for personal care". *Cosmetics & Toiletries*, vol.121, nº 51. 2006.
22. Sarker, D.K. "Engineering of nanoemulsions for drug delivery". *Current Drug Delivery*, vol. 2, nº297. 2005.
23. Guglielmini, G. "Nanostructured novel carrier for topical application". *Clinics in Dermatology*, vol. 26, nº 341. 2008.
24. Vicentini, F. T. M. C. *et al.* "Quercetin in w/o microemulsion: *in vitro* and *in vivo* skin penetration and efficacy against UVB-induced skin damages evaluated *in vivo*". *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, vol. 69, nº948. 2008.
25. Huang, Y. B. *et al.* "Transdermal delivery of capsaicin derivative-sodium nonivamide acetate using microemulsions as vehicles". *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 349, nº206. 2008.
26. Azeem, A. *et al.* "Microemulsions as a surrogate carrier for dermal drug delivery". *Drug Development and Industrial Pharmacy*, Vol. 35, nº 525. 2009.
27. Subramrian, N.; Ghosal, S. K.; Moulik, S. P. "Topical delivery of celecoxib using microemulsion". *Acta Poloniae Pharmaceutica*, vol. 61, nº335. 2004.
28. Adnan, A. *et al.* "Emerging role of microemulsions in cosmetics". *Recent Patents on Drug Delivery & Formulation*, vol. 2, nº 275. 2008.
29. Lasic, D.D. "Applications of liposomes". In: *Handbook of biological physics*. Lipowsky, R. and Sackmann, E. (Eds.) Elsevier Science B.V., Menlo Park, 1995. pp. 491-519.
30. Hougeir, F. G.; Kircik, L. "A review of delivery systems in cosmetics". *Dermatologic Therapy*, vol. 25, nº234. 2012.
31. Handjani-Vila, R. M.; Ribier, A.; Rondot, B.; Vanlerberghie, G. "Dispersions of lamellar phases of non-ionic lipids in cosmetic products". *International Journal of Cosmetic Science*, vol.1, nº 303. 1979.
32. Pando, D.; Gutiérrez, G.; Coca, J.; Pazos, C. "Preparation and characterization of niosomes containing resveratrol". *Journal of Food Engineering*, vol.117, nº 227. 2013.
33. Carafa, M. *et al.* "Preparation and properties of new unilamellar non-ionic/ionic surfactant vesicles". *International Journal of Pharmaceutics*, vol.160, nº 51. 1998.
34. Khayata, N.; Abdelwahed, W.; Chehna, M. F.; Charcosset, C.; Fessi, H. "Preparation of vitamin E loaded nanocapsules by the nanoprecipitation method: from laboratory scale to large scale using a membrane contactor". *International Journal of Pharmaceutics*, Vol. 423, nº 419. 2012.
35. Rodriguez-Cruz, I. M. *et al.* "Polymeric nanospheres as strategy to increase the amount of triclosan retained in the skin: passive diffusion vs. iontophoresis". *Journal of Microencapsulation*, vol. 30, nº 72. 2013.
36. Jennings, V.; Gysler, A.; Schäfer-Korting, M.; Gohla, S. H. "Vitamin A loaded solid lipid nanoparticles for topical use: occlusive properties and drug targeting to the upper skin". *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, vol. 49, nº 211. 2000.
37. Teeranachaideekul, V.; Souto, E. B.; Junyaprasert, V. B.; Müller, R. H. "Cetyl palmitate-based NLC for topical delivery of Coenzyme Q10 - Development, physicochemical characterization and *in vitro* release studies". *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, vol. 67, nº141. 2007.
38. Montenegro, L.; Carbone, C.; Puglisi, G. "Vehicle effects on *in vitro* release and skin permeation of octylmethoxycinnamate from microemulsions". *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 405, nº 162. 2011.
39. Dai, Y.-Q. *et al.* "Photo-responsive release of ascorbic acid and catalase in CDBA-liposome for commercial application as a sunscreen cosmetic". *RSC Advances*, vol. 2, nº 3340. 2012.
40. Yeh, M.-I. *et al.* "Dermal delivery by niosomes of black tea extract as a sunscreen agent". *International Journal of Dermatology*, vol. 52, nº 239. 2013.

INTERAÇÃO DE NANOMATERIAIS COM BÍOSSISTEMAS E A NANOTOXICOLOGIA: NA DIREÇÃO DE UMA REGULAMENTAÇÃO

Diego Stéfani Teodoro Martinez
Oswaldo Luiz Alves

Um dos maiores desafios deste século é o desenvolvimento com sustentabilidade. Para isto, é consenso que devemos buscar um modelo de gestão que contemple: viabilidade econômica, equilíbrio ambiental, inclusão com justiça social e preservação da diversidade cultural. Naturalmente, as nanotecnologias devem ser incluídas nessas discussões, por se tratarem de tecnologias em grande crescimento, e pelo fato de seus produtos (nanomateriais) apresentarem elevada reatividade química e potenciais aplicações em diversos setores industriais. As implicações das nanotecnologias podem ser observadas, por um lado, pela participação e cobrança de alguns setores da sociedade organizada em estabelecer marcos regulatórios, medidas de precaução e avaliação dos possíveis riscos para a saúde humana e ambiental. Por outro lado, é visada a exploração do seu potencial econômico e científico-tecnológico, através do desenvolvimento de processos industriais, metodologias e protocolos de síntese, preparação, purificação, funcionalização e caracterização de materiais funcionais na escala nanométrica (1; 2).

Todavia, é importante levar em consideração que os nanomateriais podem tornar-se contaminantes ambientais emergentes, em um futuro não muito distante, uma vez que há um crescente interesse por esses tipos de materiais. Diante desse cenário, muitas questões ainda precisam ser respondidas, discutidas e refletidas, como por exemplo:

Quais são as principais vias de contacto/interação dos nanomateriais com os biossistemas? Através de qual meio (aquático, aéreo ou terrestre) os nanomateriais penetram no ambiente?

Quais são os possíveis modos de dispersão e acúmulo dos nanomateriais no ambiente? Esses materiais podem ser transformados por fatores bióticos e/ou abióticos? Eles interagem com outros contaminantes já presentes no ambiente?

Qual é a estabilidade química da nanoestrutura? São solúveis em água? Formam suspensões estáveis ou se aglomeram em meios biológicos?

Quais são os subprodutos gerados durante a síntese dos nanomateriais? Quais são os subprodutos gerados na degradação?

Qual é a toxicidade desses materiais frente aos biossistemas? Quais mecanismos de interação estão envolvidos?

É possível remover ou remediar nanomateriais do ambiente caso ocorra algum acidente? Qual é o ciclo de vida dos produtos contendo esses materiais nanométricos?

Dentro deste contexto, duas novas áreas do conhecimento estão emergindo, denominadas bionanotecnologia e nanotoxicologia,

nas quais, através de ações multidisciplinares concretas, a bionanointerface pode ser explorada, permitindo estabelecer respostas proativas aos eventuais/potenciais efeitos nocivos mediatos e imediatos dos nanomateriais frente aos biossistemas.

SOBRE BÍOSSISTEMAS, NANOMATERIAIS E A BIONANONINTERFACE

Biossistemas representam um complexo conjunto de elementos correlacionados envolvendo componentes do mundo vivo, os quais estão estruturados em níveis hierárquicos de organização: biomoléculas < vias metabólicas < organelas < células < tecidos < órgãos < sistemas < organismos < comunidades < ecossistemas < biosfera. Os biossistemas são termodinamicamente abertos, encontram-se permeados por ordens e desordens em um equilíbrio dinâmico (longe do equilíbrio termodinâmico). Estes são sistemas auto-organizados que absorvem, transformam, produzem e armazenam compostos, energia e informação de maneira sofisticada, construída ao longo do processo evolutivo da vida na terra há mais 3,5 bilhões anos (3; 4). O reconhecimento da relevância desses *níveis hierárquicos de organização* pode proporcionar uma “unidade conceitual” rumo à implantação e consolidação de uma nova biologia, capaz de integrar e reintegrar conhecimentos para promover um profundo entendimento do mundo vivo, um dos pilares para o desenvolvimento sustentável (5).

As nanotecnologias podem ser entendidas como a capacidade humana de compreender, modificar e controlar a matéria em escala nanométrica (10^{-9} m). Está cada vez mais evidente que a redução do tamanho dos materiais leva ao surgimento de novas propriedades físicas e químicas, devido ao aparecimento de efeitos quânticos de tamanho e fenômenos de superfícies (6; 7). Ou seja, um material com seu tamanho reduzido à escala nanométrica pode apresentar propriedades eletrônicas, mecânicas e térmicas diferentes quando em seu estado microscópico (sólido estendido ou *bulk*). Outra consequência da redução do tamanho dos materiais é o aumento da área superficial, graças ao aumento significativo da quantidade de átomos superficiais quando comparado com o volume total da partícula, alterando assim, sua reatividade química. O interesse atual nos nanomateriais está baseado na exploração dessas propriedades únicas e dependentes do tamanho. Por exemplo, o ouro na forma de sólido estendido, tal como numa aliança de casamento, **reflete** a luz através de sua superfície e apresenta a cor amarela. Por outro lado, quando temos ouro na forma de nanopartículas, ele **absorve** alguns comprimentos de onda da luz e, desta maneira, pode apresentar coloração vermelha, verde e até magenta, em função do tamanho das partículas. Outro exemplo, que mostra o efeito de tamanho das partículas sobre as propriedades é a temperatura de fusão do ouro: quando sólido estendido é de 1063 °C porém quando as partículas são de 2 nm a temperatura é da ordem de 550 °C, ou seja, uma diferença de mais de 500 °C! (8).

Logicamente, uma vez que as biomoléculas (proteínas, carboidratos, lipídios e ácidos nucleicos) e a unidade básica da vida (células) estão compreendidas na mesma escala de tamanho que os nanomateriais, eles podem interagir quando colocados em contato, havendo a formação de uma bionanointerface (Figura 1).

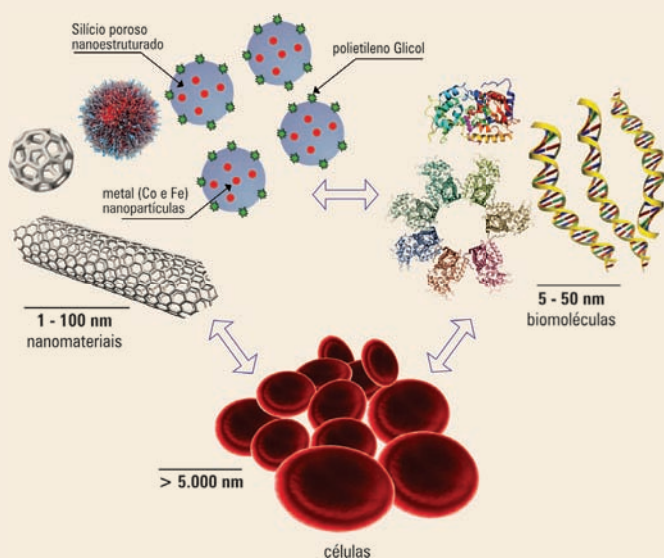


Figura 1 - Elementos que dão origem à bionanointerface e suas interações em função da escala nanométrica

Como consequência, dependendo da natureza das bionanointerações, poderão ocorrer significativos reflexos sobre os níveis superiores da organização dos biosistemas, devido à interconectividade entre todos os níveis (9;10). As implicações da bionanointerface podem causar fortes desdobramentos nos diferentes setores da sociedade como: saúde e cuidados pessoais, agropecuária e nutrição, meio ambiente e energia, militar e defesa, e outros. Tal situação nos permite asseverar que os nanomateriais apresentarão impactos (positivos ou negativos) sobre todas as tecnologias e ciências da vida, visto que estão sendo planejados e construídos nanossistemas com a capacidade de interagir com os níveis inferiores da organização biológica, como o DNA e células. As principais motivações para o estudo da interação de nanomateriais com biosistemas são: a) tamanho nanométrico equivalente com a dimensão das biomacromoléculas e células; b) capacidade de interação e penetração celular; c) superfície química pode ser estrategicamente modificada (funcionalização); d) potencial para modulação e controle de funções biológicas específicas; e) avaliação da toxicidade e seus impactos sobre a saúde humana e ambiental.

NANOTOXICOLOGIA A toxicologia pode ser definida como a ciência que estuda os efeitos adversos de agentes de natureza física, química ou biológica sobre os biosistemas, tendo como meta o tratamento, o diagnóstico e, principalmente, a prevenção da intoxicação. É evidente que a toxicologia possui grande importância na sociedade contemporânea, sendo uma área do conhecimento essencial para o desenvolvimento sustentável. Assim, a nanotoxicologia emerge como uma nova divisão dentro das ciências toxicológicas, tendo como objeto de estudo os nanomateriais

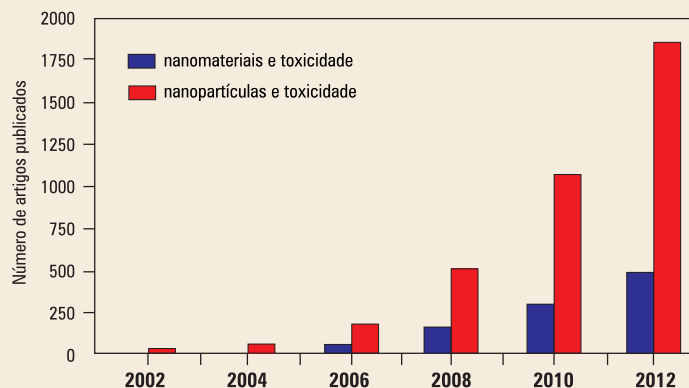


Figura 2 - Evolução do número de publicações científicas envolvendo toxicidade de nanomateriais e nanopartículas indexadas no banco de dados do ISI Web of Knowledge

(11; 12). Talvez uma pergunta interessante neste contexto seria: a toxicidade dos nanomateriais é diferente quando comparamos com materiais de tamanho micro/macro? Ou seja, a toxicidade do carvão (formado somente por átomos de carbono), que usamos para fazer fogo, é diferente dos nanotubos de carbono que, por sua vez, também são constituídos somente por átomos de carbono? A resposta é: sim!

Nesse sentido, a preocupação com a nanotoxicidade surge na medida em que diversificados nanomateriais são sintetizados, manipulados e descartados em diferentes ambientes, sejam naturais, urbanos ou industriais, sem o devido controle e regulamentação. Alguns motivos para atenção e cautela com os nanomateriais são: a) crescente produção industrial (aumento do risco de exposição); b) elevada área superficial devido tamanho nanométrico (alta reatividade química); c) enorme diversidade composicional e estrutural (sínteses, preparações, modificações, funcionalizações, heterogeneidade e impurezas); d) ensaios toxicológicos tradicionais não estão adaptados e padronizados para nanomateriais.

Na Figura 2 apresentamos a evolução no número de trabalhos indexados no banco de dados do ISI Web of Knowledge, que reportam estudos de toxicidade de materiais nanoestruturados nos últimos dez anos. Embora seja expressivo e crescente o número de artigos publicados nesta área, ainda não há um consenso sobre os riscos desses materiais para a saúde humana e meio ambiente (13).

Um dos pontos cruciais para a avaliação e gestão do risco de qualquer substância ou agente é a determinação precisa e inequívoca da sua toxicidade, ou seja, o grau ou a intensidade do efeito adverso/tóxico sobre determinado bioindicador/biomarcador de exposição. Classicamente, o “coração” da toxicologia é o emprego de curvas dose-resposta para determinação de valores quantitativos de toxicidade. Neste ponto, a nanotoxicologia tem uma característica singular, pois é difícil avaliar de maneira precisa e inequívoca a toxicidade dos nanomateriais. O cerne desse problema reside na natureza físico-química dos agentes estudados,

pois, em geral, a toxicologia clássica está envolvida com o estudo de toxicantes que são *moleculares* enquanto que em nanotoxicologia são estudados toxicantes que são *partículas*. Esta dualidade na natureza dos toxicantes estudados (moléculas versus partículas) impõe sérias implicações durante a avaliação da toxicidade. Todavia, também é importante mencionar que a presença dos nanomateriais no ambiente não significa que haverá sempre a manifestação e observação de efeitos adversos ou nocivos (tóxicos) a eles associados. É importante lembrar que a expressão desses efeitos depende das características da exposição e de seu comportamento no meio. Além das propriedades físico-químicas do nanomaterial avaliado, devemos considerar, por exemplo: a magnitude, duração e frequência da exposição, a suscetibilidade dos organismos e, sobretudo, as vias de introdução e contacto com os biosistemas, sendo esta última diretamente interligada aos processos cinéticos e dinâmicos da biointeração, e consequentemente, com a manifestação da nanotoxicidade (14; 15).

Diante de tal situação, apresentamos um conceito, ainda em construção, mas que acreditamos ser oportuno difundir e discutir dentro do emergente campo da nanotoxicologia. Este conceito é baseado na ideia da existência de três entidades interdependentes (sintética-coloidal-biológica) em interação, que são fundamentais para a avaliação da toxicidade de nanomateriais (Figura 3).

ENTIDADE SINTÉTICA Atualmente, estão disponíveis na literatura centenas de métodos, técnicas e protocolos para síntese de nanomateriais. Portanto, dependendo da aplicação final almejada é possível sintetizar em laboratório um nanomaterial que venha atender a esse propósito. Adicionalmente, após sua síntese, os nanomateriais podem passar por processos de modificações químicas intencionais (funcionalização). Desse modo, a entidade sintética é a responsável pela geração de nanomateriais que apresentam características ou propriedades físico-químicas exclusivas (composição, estrutura, tamanho, forma, grupamentos químicos superficiais, carga e área superficial, impurezas, defeitos estruturais, condutividade elétrica, resistência mecânica etc). É extremamente necessário o emprego de instrumentação avançada (microscopias eletrônicas, espectroscopias, análises térmicas etc) para determinação das características ou propriedades físico-químicas de cada nanomaterial sintetizado e/ou funcionalizado, exigindo assim, o uso concertado e aprofundado das diferentes técnicas de caracterização.

ENTIDADE COLOIDAL É crucial dispersar os nanomateriais em um meio biológico adequado (água mineral, tampões, plasma sanguíneo, meio de cultura celular, e outros fluidos) para determinação da sua toxicidade. Porém, dependendo do tipo de nanomaterial em estudo, este apresentará uma boa capacidade de dispersão ou não, que determinará sua estabilidade ou agregação/aglomeração nesses meios e fluidos biológicos. Outro aspecto importante é que as biomoléculas presentes nesses meios biológicos vão interagir com a superfície dos nanomateriais, levando a formação de sistemas híbridos (proteína-nanomaterial ou matéria orgânica-nanomaterial, por exemplo). Desse modo, a influência desses fenôme-

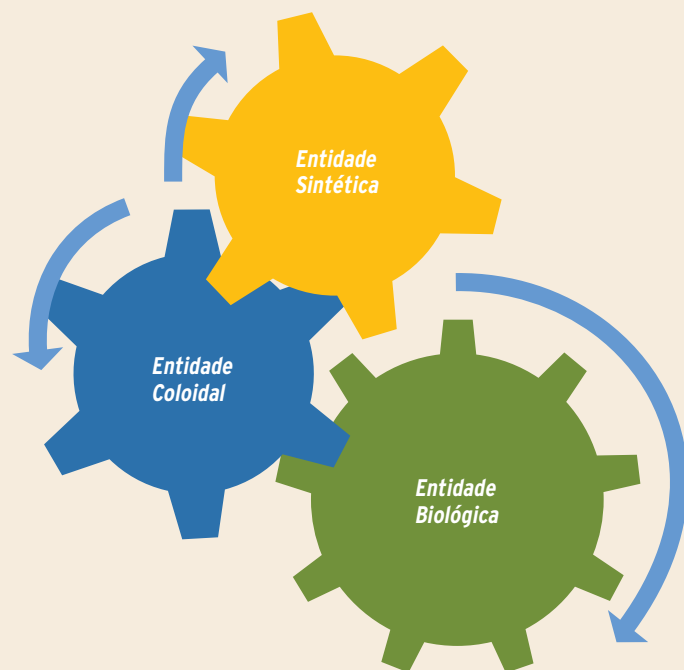


Figura 3 - Entidades interdependentes envolvidas na avaliação da toxicidade de nanomateriais

nos coloidais na toxicidade deve ser avaliada, pois é evidente que estes determinarão implicações críticas sobre os resultados. Neste caso, a entidade coloidal é responsável pela geração de suspensões de nanomateriais controladas e com qualidade para a adequada aplicação em estudos toxicológicos.

ENTIDADE BIOLÓGICA Existem muitos modelos biológicos disponíveis para acessar a toxicidade de substâncias ou agentes, contudo, é usual dividi-los em dois grupos: *in vitro* e *in vivo*. Nos modelos *in vitro* geralmente são utilizadas células isoladas em tubos de ensaio que são expostas aos agentes de interesse. Posteriormente, parâmetros indicadores da toxicidade são avaliados, como a inibição do crescimento e respiração celular, produção de radicais livres, lesões no DNA e outras manifestações bioquímicas e celulares. Por outro lado, modelos *in vivo* são empregados utilizando organismos como camundongos e coelhos, como também minhocas, microcrustáceos, algas, peixes, plantas, entre outros. Alterações no desenvolvimento dos organismos (crescimento, reprodução, mortalidade etc) são indicadores de toxicidade. Agências reguladoras (e.g. EPA, FDA, OECD, ISO, ABNT etc) (16) já possuem protocolos padronizados para realização desses ensaios de toxicidade *in vitro* e *in vivo*. Contudo, para nanomateriais esses ensaios precisam ser reavaliados, levando sempre em consideração as relações existentes entre as três entidades descritas, tendo como perspectiva a construção de um método apropriado para a determinação da nanotoxicidade. Deve ficar claro que os ensaios ou testes de toxicidade não são realizados para demonstrar que um agente é seguro,

mas para determinar sua toxicidade (grau ou intensidade de um efeito tóxico). A segurança de qualquer substância ou agente vai depender de um processo mais elaborado de avaliação e gestão do risco, tendo como subsídio os valores experimentais de toxicidade.

REGULAMENTAÇÃO DE NANOMATERIAIS: O QUE JÁ EXISTE E O QUE VEM POR AÍ O espectro de aplicação dos nanomateriais, dada a sua versatilidade e um grande número de funcionalidades – sem a menor dúvida –, inauguraram uma real revolução tecnológica. Atualmente, existem mais de 1.300 produtos contendo nanotecnologia no mercado global e estima-se que a produção industrial de materiais nanoestruturados deve chegar a 100 mil toneladas na próxima década (17).

A despeito das enormes vantagens e aplicações esperadas para as nanotecnologias – e aqui os nanomateriais são atores importantes –, também é sabido que essas nanoestruturas podem causar efeitos deletérios aos humanos e ao meio ambiente, de modo que é absolutamente premente a necessidade de diretivas para seu uso seguro. Tal necessidade está ligada a uma minimização da exposição dos pesquisadores, trabalhadores e consumidores, bem como, do meio ambiente. Um dado que chama a atenção é que os investimentos visando a avaliação da toxicidade dos nanomateriais são ainda muito pequenos apesar de, neste momento, serem crescentes. Por exemplo, uma consulta à base de dados ISI Web of Knowledge em março de 2013, usando como palavras-chaves os tópicos nanotecnologia, nanomateriais ou nanopartículas, revela que menos que 4,5% dos trabalhos estão relacionados com toxicidade ou ecotoxicidade. Contudo, desde 2003 a questão dos riscos dos nanomateriais tem sido abordada em várias regiões e países, tais como, Comunidade Europeia, Estados Unidos, Canadá e Austrália.

No Brasil, a questão da toxicidade associada às nanopartículas é um tema que começa a ser relevante, sobretudo após a iniciativa do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) que passou a financiar especificamente esses estudos através de redes nacionais de nanotoxicologia, criadas em 2011 (18).

De acordo com o Centre for NanoBioSafety and Sustainability (CNBSS, em português Centro para Nanobiossegurança e Sustentabilidade) o ano de 2012 foi importante para as questões relacionadas com a regulação das nanotecnologias. Foi compilado no site desse centro espanhol os mais relevantes documentos relacionados com regulação, recomendações, relatórios, registro de nanomateriais e padrões, entre outros. Segundo o CNBSS:

Todos estes (documentos) recomendam uma abordagem preventiva com base na exposição mínima através da substituição (por exemplo, de pós por suspensões), isolamento (ambiente fechado), uso de ventilação específica e de equipamento de proteção individual adequado (dado que os nanomateriais podem atravessar as barreiras de um equipamento padrão) e, finalmente, uma monitorização cuidadosa dos potenciais efeitos crônicos (19).

HÁ DIFICULDADE PARA SE COMPARAR OS RESULTADOS DE TOXICIDADE DE MATERIAIS EM NANOESCALA

Dentre os documentos selecionados pelo CNBSS destaca-se aquele do governo francês que especifica, de forma mandatória, o conteúdo e os requisitos para a submissão de declarações anuais de informação relacionadas às substâncias em estado nanoparticulado, tanto como substâncias simples ou como componentes em misturas. O decreto fornece detalhes sobre como as empresas devem cumprir as obrigações de declaração obrigatória e entrou em vigor em primeiro de janeiro de 2013.

As preocupações sobre a regulação das nanotecnologias também começam a fazer parte mais efetiva da agenda do governo brasileiro até porque foi identificado, por várias empresas, que sua ausência cria gargalos para a sua efetiva introdução nos diferentes setores industriais. Do ponto de vista *societal*, muito há que se fazer no sentido de aumentar a percepção da sociedade brasileira sobre os riscos e benefícios das nanotecnologias. Neste momento, tramita na Câmara dos Deputados uma proposta de Projeto de Lei que visa regulamentar a rotulagem de produtos das nanotecnologias e de produtos que fazem uso das nanotecnologias (20).

CONSIDERAÇÕES FINAIS Apesar da grande expectativa quanto ao potencial inovador e os benefícios das nanotecnologias, caracterizada pelo “domínio” da matéria em nanoescala, é importante e necessário manter uma visão abrangente sobre a interação de nanomateriais com biosistemas, os quais são auto-organizados (espaço-temporalmente) através de redes, onde propriedades emergentes surgem a cada nível de organização. A morte de um biosistema ocorre quando há a desintegração dessas redes. Ou então, podem ocorrer processos de adaptação pela seleção de novas redes, visto que as conexões entre os elementos dessas redes estão diretamente relacionadas com a estabilidade e manutenção dos biosistemas (21). Obviamente, desenvolver um entendimento integrado da interação dos nanomateriais nos diferentes níveis da organização biológica (das biomoléculas aos ecossistemas) e suas inter-relações constitui um dos maiores desafios dentro da bionanotecnologia e nanotoxicologia.

Um importante ponto a ser destacado, é a dificuldade encontrada para comparar os resultados de toxicidade de materiais em nanoescala disponíveis na literatura atual, devido não só à grande variedade de métodos de síntese e preparação de nanomateriais, mas também à falta de trabalhos sistemáticos relatando uma adequada caracterização físico-química da amostra utilizada nos estudos. Soma-se a isso, ainda, a ausência de protocolos de dispersão coloidal adequados e modelos biológicos robustos. De fato, tal situação advém da dificuldade encontrada para trabalhar de maneira harmonizada as três entidades apresentadas (sintética-coloidal-biológica) durante a realização de estudos toxicológicos. Outro ponto importante é a dificuldade enfrentada para determinar cenários realísticos de exposição aos nanomateriais. Evidentemente, novos conceitos, metodologias experimentais e computacionais precisam ser aprimoradas, ou mesmo desenvolvidas, para acessarmos e interpretarmos

a bionanointerface em profundidade, bem como os seus reflexos físico-químico-biológico-toxicológicos. É importante termos em vista a amplitude do tema abordado neste artigo, que o coloca como uma área do conhecimento altamente multidisciplinar e que está dando seus primeiros passos.

Muitos dos aspectos aqui tratados são caracterizados pelo fato que as ciências biológicas e toxicológicas ainda não atingiram o mesmo nível de discernimento que as ciências físicas e químicas quanto ao entendimento de nanossistemas. Daí, devemos ser prudentes, evitar extrapolações simplistas e manter o foco nas inter-relações. É mister favorecer e desenvolver uma forma de conciliar a **inovação** que torna os nanomateriais cada vez mais sofisticados, com a **normatização** exigida para serem reprodutíveis e seguros para o meio ambiente e por, consequência, para os humanos. Somente assim, acreditamos que avançaremos em direção a uma nanotecnologia segura e sustentável.

Diego Stéfani Teodoro Martinez é biólogo e doutor em química pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pesquisador de pós-doutorado do CNPq junto ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Materiais Complexos Funcionais (INCT-Inomat), onde desenvolve estudos e pesquisa em bionanotecnologia e nanotoxicologia. Email: diegostefani.br@gmail.com.

Oswaldo Luiz Alves é professor titular do Instituto de Química da Unicamp, fundador/coordenador científico do Laboratório de Química do Estado Sólido (LQES/Unicamp) e coordenador do Laboratório Associado NanoBioss-SisNano do MCTI. É autor da Cartilha sobre nanotecnologia publicada pela ABDI em 2010. Membro da Academia Brasileira de Ciências (ABC). Email: oalves@iqm.unicamp.br.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hornyak, G.L. *Introduction to nanoscience & nanotechnology*. 2009, Boca Raton: CRC Press. xxiv, 1593 p.
- Senai, ed. "Nanomundo - Um universo de descobertas e possibilidades". Ciência e Tecnologia. 2012, Senai-SP Editora: São Paulo.
- <http://www.biossistemas.ufabc.edu.br> (acesso em setembro de 2011).
- Ventura, M. M. 2009. Ordem e forma em biossistemas. Editora UnB, Brasília - DF.
- National Research Council (U.S.). Committee on a New Biology for the 21st Century: Ensuring the United States Leads the Coming Biology Revolution. National Research Council (U.S.). Board on Life Sciences and National Research Council (U.S.). Division on Earth and Life Studies. *A new biology for the 21st century*. 2009, Washington, D.C.: National Academies Press. xiii, 98 p.
- Burda, C. et al. "Chemistry and properties of nanocrystals of different shapes". *Chem Rev*, 2005. 105(4): p. 1025-102.
- Cao, G. *Nanostructures & nanomaterials: synthesis, properties & applications*. 2004, London; Hackensack, NJ: Imperial College Press. xiv, 433 p.
- Schmid, G. and B. Corain. "Nanoparticulated gold: Syntheses, structures, electronics, and reactivities". *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2003(17): p. 3081-3098.
- Nel, A.E. et al. "Understanding biophysicochemical interactions at the nano-bio interface". *Nature Materials*, 2009. 8(7): p. 543-557.
- Shvedova, A.A.; V.E. Kagan and B. Fadeel. "Close encounters of the small kind: adverse effects of man-made materials interfacing with the nano-cosmos of biological systems". *Annu Rev Pharmacol Toxicol*, 2010. 50: p. 63-88.
- Oberdorster, G.; E. Oberdorster and J. Oberdorster. "Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles". *Environ Health Perspect*, 2005. 113(7): p. 823-39.
- Nel, A. et al. "Toxic potential of materials at the nanolevel". *Science*, 2006. 311(5761): p. 622-7.
- Johnston, H. et al. "Engineered nanomaterial risk. Lessons learnt from completed nanotoxicology studies: potential solutions to current and future challenges". *Crit Rev Toxicol*, 2013. 43(1): p. 1-20.
- Barros, S. B. M.; Davino, S.C. Avaliação da toxicidade. In: Oga, S.; M.M.A. Carmago and J.A.O. Batistuzzo, *Fundamentos de toxicologia*. 2008, São Paulo, SP: Atheneu Editora.
- Sharifi, S. et al. "Toxicity of nanomaterials". *Chem Soc Rev*, 2012. 41(6): p. 2323-43.
- Environmental Protection Agency (EPA); Food and Drug Administration (FDA); Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); International Organization for Standardization (ISO); e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
- Paschoalino, M.P.; G.P.S. Marcone and W.F. Jardim. "Nanomaterials and the environment". *Química Nova*, 2010. 33(2): p. 421-430.
- Chamada MCTI/CNPq N° 17/2011 - Apoio à criação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em nanotoxicologia e nanoinstrumentação (12/09/2011). <http://memoria.cnpq.br/resultados/2011/017.htm> (acesso em maio de 2013)
- Safety and regulation of Nanotechnology and nanomaterials in 2012: what's next? <http://www.cnbs.eu/index.php/editorial/item/68-safety-and-regulation-of-nanotechnology-and-nanomaterials-in-2012-what%E2%80%99s-next> (acesso em maio de 2013)
- Projeto de Lei que visa regulamentar a rotulagem de produtos das nanotecnologias e de produtos que fazem uso das nanotecnologias nanotecnologia. Câmara dos Deputados (acesso em maio de 2013). http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1064788&filename=PL+5133/2013
- Souza, G. M. Manzatto, A. G. Hierarquia Auto-organizada em Sistemas Biológicos 2000. In: Auto-organização: Estudos Interdisciplinares, D'Ottaviano, I. M. L. Gozales, M. E. Q. (Org.). Coleção CLE, Campinas - SP.

MICROSCOPIA DE SONDAS: UMA CAIXA DE FERRAMENTAS DA NANOTECNOLOGIA

Fernando Galembeck
Carlos A. R. Costa
Thiago A. L. Burgo
Juliana S. Bernardes
Rubia F. Gouveia

UM BREVE HISTÓRICO Utilizando um microscópio óptico rudimentar, em 1665 Robert Hooke examinou uma fatia de cortiça e verificou que ela era constituída por cavidades poliédricas, às quais ele nominou de células (do latim “cella” – pequena cavidade), descobrindo um mundo até então invisível e insuspeitado. Desde então, os microscópios não pararam de evoluir sendo sempre ferramentas fundamentais para o avanço das fronteiras do conhecimento.

No início dos anos 1980, os microscópios eletrônicos ainda não apresentavam resolução suficiente para visualizar os átomos, embora a teoria atômico-molecular da matéria estivesse bem consolidada, desde o início do século XX. Em 1982, Gerd Binnig e Heinrich Rohrer criaram o microscópio de varredura por tunelamento (STM, *Scanning Tunneling Microscope*) (1), nos laboratórios de pesquisa da IBM em Rüschlikon, na Suíça. No STM foi possível obter, pela primeira vez, imagens de átomos e essa revolucionária inovação deu a Binnig e Rohrer o Prêmio Nobel de Física, em 1986.

Além de produzir imagens em escala atômica, o microscópio de tunelamento permitiu a manipulação de átomos individuais, realizando uma possibilidade que havia sido aventada por Richard Feynman, nos anos 1960, a da construção de estruturas através da movimentação e montagem de átomos, um a um.

O microscópio de tunelamento foi o primeiro membro de uma vasta família que cresceu rapidamente: a dos microscópios de varredura por sonda (SPM, *Scanning Probe Microscope*). Embora forneça imagens muito impressionantes, seu uso é restrito a superfícies rígidas e eletricamente condutoras, ou semicondutoras. O passo seguinte foi a criação da microscopia de força atômica (AFM, *Atomic Force Microscope*) (2) por Gerd Binnig, Calvin Quate e Christoph Gerber, em 1986. As primeiras imagens de AFM mostravam a topografia de superfícies sólidas mas agora incluindo materiais eletricamente isolantes, como vidros, cerâmicas, polímeros e materiais de origem biológica, de tal forma que o número de artigos científicos já publicados usando essa microscopia já atinge cerca de 45 mil, enquanto o número de artigos utilizando STM ainda não chegou a 20 mil.

AFM transformou-se, rapidamente em uma vasta plataforma de novas microscopias, que produzem uma grande quantidade de informações sobre as propriedades físicas e físico-químicas de superfícies. Hoje, um microscópio de força atômica complementa-

do com diferentes acessórios permite que se obtenha informações sobre as propriedades elétricas (potencial, carga, condutividade), magnéticas, mecânicas (viscoelasticidade, adesão, dureza, coeficientes de atrito), térmicas (condutividade, transições) e químicas (composição, interações) de superfícies. A Wikipedia lista 28 diferentes tipos de microscopias de sondas e a Tabela 1 enumera alguns exemplos, especialmente das praticadas com diferentes finalidades em plataformas de AFM.

Além de todas essas técnicas, são também realizados experimentos em que se medem vários pares de parâmetros, combinando força *vs* distância com força *vs* voltagem, amplitude *vs* distância, fase *vs* distância etc.

COMO FUNCIONA Nos microscópios óticos convencionais, o observador utiliza fótons ou elétrons para ver um objeto e as suas possibilidades de observar objetos pequenos ficam limitadas pela difração da radiação, que ocorre sempre que as dimensões do objeto examinado são da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda utilizado. Por isso, os microscópios óticos convencionais não permitem a observação de objetos menores que $\frac{1}{2}$ micron. Além disso, efeitos de aberração comprometem a qualidade das imagens obtidas com grandes aumentos em microscópios eletrônicos, mesmo quando o limite de difração não é atingido.

As técnicas de STM e AFM não dependem da interação da matéria com luz ou elétrons. Nelas, o observador utiliza uma pequena sonda que tem a ponta muito afiada e que percorre a superfície da amostra, muito próximo desta. Em AFM, a sonda pode estar em contato com a amostra, mas, na maioria dos casos, está a uma distância muito pequena, de ordem de poucos nanômetros. Nessas condições, as forças resultantes das interações da sonda com os átomos ou moléculas da superfície, especialmente as interações intermoleculares de Van der Waals, são significativas e podem ser medidas. Em STM, o que se detecta é a corrente de tunelamento entre a sonda e a amostra condutora, que também só é significativa quando a distância entre sonda e amostra é muito pequena(3).

No AFM, a sonda afiada é fixada na parte inferior da extremidade de uma haste montada como uma viga em balanço. As forças que atuam sobre a sonda provocam a deflexão da haste, que é usada para controlar a distância de separação entre a sonda e a amostra durante a varredura da superfície. Para manter a haste sob deflexão constante, portanto a uma distância uniforme da superfície, a amostra (ou a sonda) é levantada ou abaixada pelo movimento de um sólido piezoelétrico ou uma bobina eletromagnética sobre o qual está montada, que, por sua vez, é acionado por uma fonte de tensão controlada pela resposta do detector da deflexão da haste que suporta a sonda. A figura 1 mostra a foto de um microscópio de força atômica com seus principais componentes.

Na primeira técnica de AFM, a sonda permanecia sempre em contato com a superfície, o que pode criar alguns problemas: durante uma varredura, o atrito entre sonda e superfície pode causar riscos e outros danos à superfície da amostra, produzindo também perda da afiação ou a contaminação da sonda.

Tabela 1 - Microscopias de varredura de sondas, incluindo os diversos modos de AFM.

NOME	SIGLA	GRANDEZA FÍSICA AVALIADA	CARACTERÍSTICAS DAS SONDAS USUAIS
Microscopia de tunelamento	STM-scanning tunneling microscope	corrente de tunelamento	fios metálicos com cerca de 0,01" de diâmetro, afiados por clivagem ou desgaste eletroquímico
Microscopia de força atômica de contato	Contact AFM - contact atomic force microscopy	forças de repulsão	nitreto de silício, com constante de mola da ordem de 0,02 a 0,7 N/m
Microscopia de força lateral	LFM - lateral force microscopy	forças de atrito	idem
Microscopia de força atômica de não-contato e contato intermitente		forças de atração e repulsão	silício, com constante de mola da ordem de 15 a 100 N/m
Microscopia de contraste de fase		viscoelasticidade, adesão, rigidez	silício, com constante de mola da ordem de 15 a 100 N/m
Microscopia de modulação de força	FMM - force modulation microscopy	viscoelasticidade, rigidez	silício, com constante de mola da ordem de 0,5 a 10 N/m
Microscopia de força elétrica	EFM - electrostatic force microscopy	campo elétrico, cargas elétricas	silício, recoberta com filme eletricamente condutor
Microscopia de condutividade elétrica		condutividade elétrica	idem
Microscopia de sonda Kelvin	KFM, KPFM	potencial de superfície e função trabalho	idem
Microscopia de força magnética	MFM - magnetic force microscopy	campo magnético	silício, recoberta com filme magnético
Microscopia de varredura térmica	SThM	temperatura e fluxo de calor	elemento termoresistivo
Microscopia de campo próximo	SNOM	luz	fibra óptica com extremidade cônica ou sonda piramidal com orifício central
Nanoindentação		força, dureza	silício ou diamante, com constante de mola da ordem de 25 a 225 N/m
Microscopia de força química	CFM	forças adesivas e de atrito	sondas molecularmente modificadas
Microscopia de capacitância	SCM	capacitância	silício recoberta com Pt/Ir ou Co/Cr
Microscopia eletroquímica de varredura	SECM	propriedades eletroquímicas	eletrodo de platina

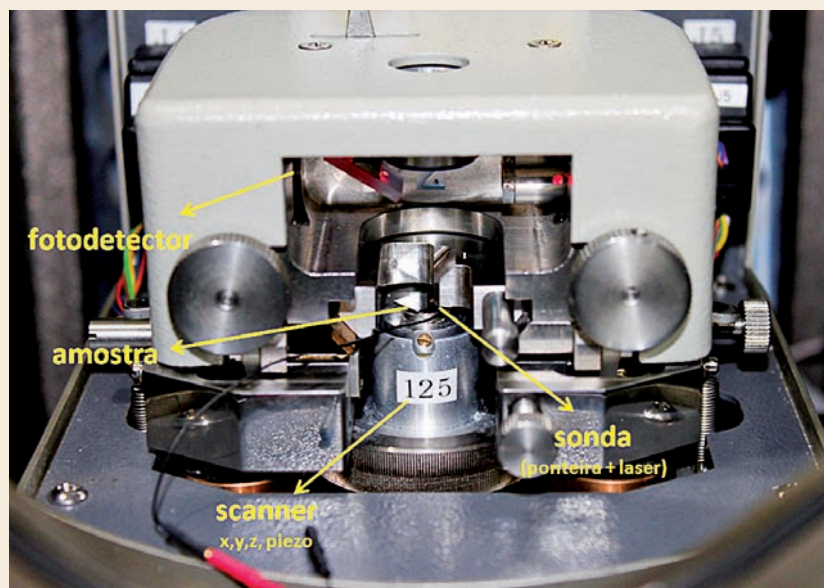


Figura 1 - Foto de um microscópio de força atômica destacando seus principais componentes: sonda (ponteira + laser), scanner e fotodetector

Para contornar esses problemas, foram criados outros modos de microscopia de força atômica, sem contato entre sonda e amostra ou com contato intermitente. Nestes modos, a haste vibra durante a varredura da superfície e as mudanças na sua frequência de ressonância livre e no amortecimento da vibração da haste, causadas pelas forças entre a sonda e a superfície da amostra, são detectadas e utilizadas para controlar a distância entre as mesmas. O controle da força do contato intermitente entre a sonda e a amostra permite que a sonda varra materiais de todos os tipos, sejam macios ou abrasivos, adesivos, eletricamente isolantes etc.

Na microscopia de varredura por sonda, a sonda interage com os átomos da superfície que estão imediatamente abaixo dela e também com vizinhos um pouco mais distantes. Por essa razão, as imagens topográficas da amostra são geradas pela convolução de muitas contribuições, dos átomos da extremidade da sonda com os da superfície da amostra durante uma varredura. Cada imagem é formada por y linhas com x pontos em cada linha. Cada ponto da imagem é determinado pelas coordenadas x, y e z, onde z é a altura. Portanto, a imagem de força atômica é tridimensional, por definição, diferente de uma micrografia ótica ou eletrônica, que é uma fotografia da projeção bidimensional da amostra.

COMO UMA MICROSCOPIA SE TRANSFORMOU EM UMA PLATAFORMA DE MICROSCOPIAS Como vimos, a microscopia de força atômica se baseia na detecção da deformação de uma haste que suporta uma sonda. Portanto, ela guarda alguma semelhança com instrumentos de medida de rugosidades, chamados de perfilômetros. Pode ainda ser comparada com o uso que um deficiente visual faz de uma bengala: ele percebe as elevações e depressões do

terreno, bem como a proximidade de obstáculos, pelas mudanças na altura em que a bengala toca o chão e também pelo som produzido pelo impacto da bengala com o piso. A ponta da bengala é a sonda usada pelo cego, os detectores de alterações no terreno são a sua mão e os ouvidos.

As sondas utilizadas em AFM podem ser usadas de várias maneiras, seja mudando-se as formas de detectar alterações na sua vibração, seja mudando-se a própria sonda de maneira a detectar outras forças, além das de Van der Waals. Por exemplo: uma sonda pode ser recoberta com um fino filme de um sólido magnético. Nesse caso, quando ela se desloca sobre uma superfície magnética, ou que tenha domínios ou regiões magnéticas, a sonda irá responder à componente magnética das interações entre sonda e superfície e a força correspondente será detectada, permitindo que se construa um mapa da distribuição de domínios magnéticos na amostra, com resolução nanométrica, ou seja: uma micrografia magnética.

Esses experimentos podem ser realizados sob diferentes condições ou ambientes (vácuo, temperatura controlada, atmosfera controlada ou ambiente, amostras imersas em líquidos) ou ainda acoplados a técnicas óticas (espectroscopias Raman, de fluorescência, ótica de campo próximo), o que levou a uma quase universalidade das aplicações de microscopias de sonda, em diferentes áreas do conhecimento e de atuação profissional. Ao mesmo tempo, ocorreu uma grande popularização de AFM, viabilizada pela oferta de equipamentos de preço relativamente baixo, no mercado. Hoje, é possível adquirir microscópios de força atômica por preço comparável ao de instrumentos comuns em laboratórios, como espectrofotômetros, analisadores de vários tipos e instrumentos eletrônicos.

Exemplos dos muitos tipos de microscopias de sonda hoje existentes estão na Tabela 1 e alguns casos serão examinados em mais detalhe, a seguir.

ALGUNS CASOS ESPECIAIS

Determinando a topografia da amostra

A questão inicial é a escolha da técnica, ou das técnicas combinadas, bem como das sondas apropriadas em função das características da superfície da amostra analisada e do ambiente de varredura: uma amostra hidrofílica exposta às condições ambientes será recoberta por uma camada de contaminação composta principalmente por água, assim como uma amostra hidrofóbica será recoberta por uma camada lipofílica, a não ser que seja obtida e mantida em uma atmosfera extremamente limpa.

STM tem resolução atômica real, porque a interação sonda/amostra ocorre predominantemente com um átomo da extremidade da sonda e o átomo imediato da superfície da amostra. Tem sido utilizada na aquisição de imagens topográficas de alta resolução

em ambientes de ultra-alto-vácuo, em sistemas eletroquímicos *in situ* ou amostras recém-clivadas, como as de grafite pirolítico, cuja superfície está livre de camada de contaminação superficial.

Diversos modos de AFM são utilizados para a obtenção de imagens topográficas e os modos em que não há contato direto entre a sonda e a amostra têm a vantagem de não danificarem a amostra, mas têm menor resolução espacial. Frequentemente, obtém-se imagens topográficas simultaneamente com outros tipos ou modos de imagens, o que contribui, em muito, para a interpretação dos resultados.

Dureza e viscoelasticidade

Em um sistema padrão de aquisição de imagens topográficas por microscopia de força atômica de contato intermitente, a sonda oscila e a sua amplitude é mantida constante mantendo-a a uma distância constante da amostra, por meio de realimentação com um controlador do tipo PID (proporcional, integral e derivativo). Nessas condições, a fase da oscilação da sonda apresenta variações em função das variações topográficas e também da heterogeneidade das propriedades de rigidez, adesão e viscoelasticidade da superfície.

Determinando-se um parâmetro proporcional à defasagem do sinal, este pode ser adquirido e registrado como um mapa de contraste de fase da área correspondente, que informa, por exemplo, sobre a capacidade de dissipação de energia mecânica da região que está sendo varrida pela sonda, pixel a pixel. A inerente sensibilidade do sinal de fase torna esta técnica muito útil na detecção de pequenas variações na superfície da amostra, mas os experimentos devem ser cuidadosamente planejados, adequando a sonda e haste à amostra. O experimentador só consegue explorar bem essa técnica se tiver algum conhecimento de reologia.

Atrito e a Microscopia de Força Lateral (LFM)

Em 1987, Mate *et al.* (4) determinaram as forças de atrito atuando entre uma ponteira de tungstênio e um único átomo da superfície de uma folha de grafite, detectando a periodicidade dos átomos na superfície do policristal na primeira determinação de forças de atrito em escala atômica. Esse trabalho criou a microscopia de força lateral (*Lateral Force Microscopy*, LFM) (5), um dos modos de operação mais usados nos instrumentos de AFM.

Enquanto AFM mede a deflexão horizontal da haste da sonda, LFM mede sua torção ou deflexão lateral e a converte em unidades de força. A constante de torção da haste poderia ser calculada conhecendo-se sua geometria e as propriedades mecânicas (módulo de Young, coeficiente de Poisson) do material usado, mas isso é impraticável, pois depende também de um conhecimento detalhado da anisotropia do material (6). Por isso, é necessário calibrar as sondas para medir forças laterais em LFM, executando uma das etapas mais difíceis das microscopias de sondas (6). Pesquisadores importantes propuseram diferentes métodos de

calibração e o que obteve maior destaque foi o método da cunha (*wedge method*). Primeiramente proposto por Ogletree, Carpick e Salmeron (7) e mais tarde revisado por Varenberg, Etsion e Halperin (8), este método é bastante apropriado para ponteiros finos (9) e utiliza uma amostra de calibração que tem uma superfície com ângulos bem definidos, que é varrida sob diferentes valores de forças normais, isto é, da força aplicada à sonda, perpendicular ao plano da amostra. Ao varrer a amostra repetidamente, subindo e descendo planos com inclinações bem definidas e sob diferentes forças normais e medindo a torção da haste, o experimentador adquire todos os dados necessários para calcular o seu módulo de torção. A complexidade do método pode ser avaliada considerando-se que vários outros autores demonstraram outras possibilidades de calibração, mas o método da cunha permanece como o mais aceito. Hoje, LFM é a principal ferramenta na investigação do atrito entre superfícies na escala atômica, tendo revelado que o atrito entre a sonda e uma superfície imersa em um líquido depende muito da carga elétrica dessa superfície (10). Esse é um resultado extremamente importante porque a eletrização de superfícies não tinha sido considerada anteriormente como um fator importante, no atrito.

**A CRIATIVIDADE
DOS CIENTISTAS
SEMPRE PRODUZ
SURPRESAS QUE
ABREM NOVAS E
GRANDES
POSSIBILIDADES**

MEDINDO POTENCIAIS ELÉTRICOS A distribuição de cargas elétricas ao longo de uma superfície pode ser obtida em escala nanométrica utilizando técnicas derivadas de AFM de não-contato (11; 12). Essas medidas são feitas em dois modos principais, um baseado no método de Kelvin, e o outro na medida direta de forças eletrostáticas. Durante a varredura, uma sonda condutora interage com a superfície da amostra de acordo com as características eletrostáticas da mesma. O potencial resul-

tante em cada ponto é a soma de todos os potenciais elétricos gerados pelas cargas presentes na superfície, como íons e cargas estáticas.

A técnica de microscopia de força Kelvin (KFM) foi desenvolvida em 1991 por Nonnenmacher e colaboradores (13). Ela é análoga ao método de Kelvin, com a diferença de que são medidas forças eletrostáticas atuando sobre o cantilever e não correntes elétricas. A sonda do microscópio atua como um eletrodo de referência, formando um capacitor com a amostra. Ao varrer a superfície em aproximadamente 10 nm de altura, uma corrente AC (alternada) faz a sonda oscilar, enquanto uma corrente DC (direta) é aplicada em cada pixel para zerar a defasagem na frequência AC provocada pelo potencial gerado por cargas fixas na amostra. Esta tensão DC aplicada à sonda iguala o potencial da superfície no ponto adjacente a ela. Assim, a imagem é formada construindo um gráfico de potencial DC aplicado à sonda, pixel por pixel, sendo então convertido em um código de cores predefinido para a construção do mapa de potencial elétrico da amostra, com uma resolução espacial de até 10 nm.

A figura 2 mostra imagens de topografia (esquerda) e de KFM (direita) obtidas simultaneamente de uma mesma região de uma amostra de celulose de eucalipto. A imagem elétrica, apesar de apre-

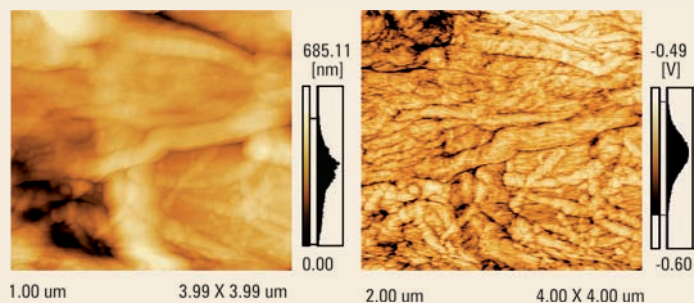


Figura 2 - Imagem topográfica (esquerda) e de potencial elétrico (direita) de fibras de celulose de eucalipto

sentar pequena variação de potencial elétrico (~ 100 mV), é muito mais rica em detalhes do que a imagem topográfica, revelando uma heterogeneidade elétrica ao longo das fibras de celulose de que não se suspeitava anteriormente.

Medidas de potencial elétrico utilizando microscopia de força elétrica (EFM) seguem uma abordagem diferente da utilizada em KFM. Nesta técnica, as informações de topografia e força elétrica são adquiridas em duas etapas sobre cada ponto da amostra: a 10 nm, onde as forças de Van der Waals são predominantes, são adquiridas as informações topográficas, e a 40 a 60 nm, onde a força eletrostática é predominante, são obtidas as informações elétricas.

Os valores de tensão encontrados nas imagens de KFM correspondem aos valores dos potenciais elétricos na superfície da amostra. No EFM esses valores permitem o cálculo da carga em cada ponto da superfície. O KFM possui uma maior resolução espacial, devido a maior proximidade entre a sonda e a superfície.

UM SUBPRODUTO IMPORTANTE No início dos anos 1980, a medição direta de forças entre superfícies, em função da distância, era feita exclusivamente usando a celebrada “balança de Israelachvili”, um instrumento sofisticado e delicado que permitiu ao seu inventor, Jacob Israelachvili, atingir o mais elevado *status* entre os cientistas dedicados a esse importante tema. O uso dessa balança forneceu resultados memoráveis que nos ensinaram muito sobre os comportamentos muito inesperados da água junto a superfícies sólidas, evidenciando uma estruturação muito intensa, quase que uma cristalização dos filmes de água à temperatura ambiente, causada pela vizinhança de superfícies sólidas. Por outro lado, esse instrumento exigia amostras muito planas, com área macroscópica, o que limitou, em muito, a sua aplicação.

Essa situação mudou radicalmente com o aparecimento de AFM, porque este permitiu a determinação de curvas força *vs* distância entre praticamente quaisquer superfícies sólidas, separadas por sólido ou líquido. Hoje, é possível medir forças de ordem de alguns piconewtons, com uma resolução de 0,1 nanômetro na distância entre amostra e sonda.

Um exemplo está na figura 3, que mostra a variação da força entre uma sonda de nitreto de silício e uma superfície de politetrafluoroetileno (PTFE, Teflon) eletrizada, durante a aproximação e o afastamento da sonda.

Quando a sonda e amostra se aproximam, a sonda é atraída pelo PTFE, até quase tocar a sua superfície quando sofre um puxão adicional, devido às forças de Van der Waals. Forçando-se a amostra para cima, a sonda afunda no PTFE passando a ser repelida, empurrada para cima. Quando a sonda é movimentada para se separar da amostra, a repulsão diminui até tornar-se nula. Continuando a puxar a sonda para separá-la da amostra, observa-se que há uma forte adesão entre ambas, que deforma a haste da sonda até que esta se destaca, quando a força de atração entre sonda e amostra é praticamente nula.

Nesse experimento se aprende muito: observa-se a indução de cargas na sonda e a sua atração pela amostra eletrizada, observa-se e mede-se a contribuição (pequena) das forças de Van der Waals, a resistência do PTFE à penetração da sonda e, portanto, a sua dureza, bem como a adesão entre PTFE e sonda.

Uma modalidade relativamente recente de AFM é a microscopia de força pulsada digital (DPFM). Esta técnica determina automaticamente e sequencialmente três curvas de força em função da distância, pixel a pixel, gerando uma enorme quantidade de dados. Com os dados obtidos em cada ponto, este modo constrói imagens que contêm informações sobre as propriedades mecânicas em escala nanométrica da amostra. As imagens mais comuns que podem ser obtidas simultaneamente são de topografia, rigidez e adesão. Os sinais de rigidez e adesão locais adquiridos na DPFM são representados em tensão elétrica e podem ser convertidos em forças através de uma calibração apropriada.

NOVAS POSSIBILIDADES Apesar de todos os desenvolvimentos e sucessos já ocorridos, que incluem um Prêmio Nobel, a criatividade dos cientistas sempre produz surpresas que abrem novas e grandes possibilidades. Um exemplo atual é o da construção de um microscópio infravermelho com resolução nanométrica, que está em

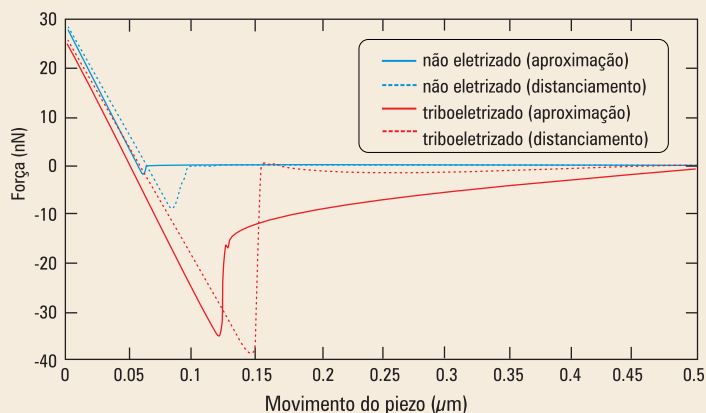


Figura 3 - Força versus distância (F_d) na aproximação e afastamento entre uma sonda de nitreto de silício puro e PTFE (não eletrizado e triboeletrizado). O potencial eletrostático do polímero triboeletrizado é de -192 V

curso no Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM), em Campinas. O Dr. Christoph Deneke, do Laboratório Nacional de Nanotecnologia e o Dr. Raul Freitas, do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, ambos do CNPEM, estão construindo com suas equipes esse sistema, que deverá estar operando antes do fim de 2013. Esse instrumento deverá produzir imagens microscópicas no infravermelho com resolução nanométrica, isto é, superando uma limitação fundamental de microscópios óticos, que é o limite imposto pela ocorrência de difração.

O QUE SE DESCOBRIU? A importância de novos instrumentos científicos e métodos experimentais é medida, no fim de contas, pelas descobertas que foram feitas e pelo avanço científico que decorreu dos novos métodos.

AFM produziu as primeiras imagens de átomos e tem produzido imagens de moléculas que não são emuladas por outras técnicas. Permite a observação de partículas nanométricas e de micro e nanoestruturas, sendo uma maneira prática e relativamente simples de observar a formação (ou não) de agregados de partículas.

As microscopias elétricas derivadas de AFM revelaram uma insuspeitada complexidade elétrica de materiais isolantes e também de condutores, que está provocando a revisão de muitas ideias sobre fenômenos eletrostáticos. Também está permitindo que fenômenos de atrito sejam compreendidos a partir de interações na escala atômico-molecular, criando uma ponte entre a tribologia macroscópica, clássica, e a teoria atômico-molecular da matéria.

O QUE (AINDA?) NÃO DEU CERTO Apesar dos seus grandes sucessos, algumas das expectativas iniciais sobre as microscopias de sondas não foram cumpridas. No fim dos anos 1980, quando foi adquirido o primeiro microscópio de sondas em uma universidade brasileira, um de seus dirigentes declarou à imprensa que esse instrumento tornava obsoletos todos os demais microscópios. Os fatos posteriores mostram que essa afirmação foi excessivamente entusiástica: entre janeiro e maio de 2013 foram publicados cerca de 4.400 artigos científicos utilizando microscopias eletrônicas, *versus* cerca de mil artigos utilizando AFM, mostrando o predomínio da microscopia eletrônica. Desde a invenção de AFM, $\frac{3}{4}$ dos artigos publicados estão nas áreas de “ciências duras” (ciências dos materiais, física, química, engenharias), portanto a sua penetração na área biológica ainda é pequena, bem como nas geociências, arqueologia, ciências forenses e outras que utilizam microscopias.

Também chama a atenção o fato de várias das possibilidades abertas por AFM ainda serem pouco difundidas. O número total de artigos publicados utilizando AFM hoje monta a cerca de 45 mil, mas os números relativos aos seus subprodutos mais especializados são muito menores: MFM, 1161; EFM, KFM, KPFM ou SEPM: 1906; LFM: 288. Portanto, a maior parte da informação que tem sido obtida de AFM é morfológica ou topográfica, apesar das gran-

des possibilidades de medição de outras propriedades das amostras. A participação brasileira é significativa: grupos do Brasil publicaram 660 artigos sobre AFM, 35 sobre EFM, KFM, KPFM ou SEPM e 108 artigos sobre STM.

Outra perspectiva que não se cumpriu foi a do uso de AFM como ferramenta de nanomanipulação, nanofabricação e nanolitografia. A IBM investiu esforços importantes no projeto *Millipede*, de uma memória baseada na capacidade de escrita e leitura de uma sonda varrendo um filme de um plástico comum, o acrílico (14). Um protótipo foi apresentado em 2005 e havia a expectativa de comercialização em 2007. Porém, um artigo (com 26 autores) de 2008 relata a situação naquele momento, mostrando que tinha sido conseguida uma densidade de memória de mais de 150 Gb por centímetro quadrado (15), mas que havia ainda vários desafios tecnológicos a superar. Em 2013, essa tecnologia ainda não atingiu o mercado.

Uma possibilidade ainda mais remota, mas que foi muito alardeada no início da década passada, foi a da construção de objetos, átomo a átomo, usando-se nanomanipuladores assemelhados às sondas de AFM. Essa possibilidade só pode ser imaginada ignorando-se a existência do número de Avogadro. Por exemplo: se uma pessoa quiser sintetizar alguma substância química (por exemplo, o metano) montando suas moléculas, átomo a átomo, terá de montar 5 vezes 6.10^{23} átomos para obter 16 gramas de metano. Caso os nanomanipuladores consigam montar um bilhão de átomos por segundo (o que ainda não foi demonstrado), serão necessários 3.10^{15} segundos, ou seja, quase um milhão de séculos. Esse é um exemplo de situações que alguns cientistas criam mas que geram descrédito, justamente nas pessoas mais lúcidas.

PERSPECTIVAS A comparação das microscopias de sondas com as microscopias óticas e eletrônicas mostra vantagens e desvantagens de cada tipo. Em consequência, todos os três tipos são amplamente usados e continuam sendo desenvolvidos intensamente. Algumas vantagens encontradas em microscopias de sondas são: os preços dos equipamentos são relativamente reduzidos (15 mil dólares para equipamentos simples, 60 mil para sistemas que já oferecem muitas possibilidades e 250 mil para os mais sofisticados), é possível examinar amostras ao ar e em diferentes ambientes utilizando diversos tipos de sondas reveladoras de diferentes propriedades, muitas amostras podem ser examinadas sem gastar muito tempo no trabalho de preparação e a obtenção de resolução atômica ou molecular é viável – quando necessário. As principais desvantagens são o pequeno tamanho do campo examinado, raramente excedendo uma centena de microns, e a relativa lentidão na aquisição das imagens, que pode variar entre dezenas de minutos até algumas horas.

Muitos esforços estão sendo aplicados na ampliação das possibilidades dessas microscopias e há resultados recentes importantes no aumento da resolução e da rapidez na aquisição das

**HOJE É POSSÍVEL
OBTER IMAGENS
ATÉ MESMO DA
DISTRIBUIÇÃO DE
CARGA ELÉTRICA
NO INTERIOR DE
MOLÉCULAS**

imagens. Por exemplo, hoje é possível obter imagens não apenas de átomos mas até mesmo da distribuição de carga elétrica no interior de moléculas, graças à microscopia com sondas Kelvin de alta resolução.

Os progressos dependem muito de aperfeiçoamentos e de novos conceitos na construção das sondas e na eletrônica de acionamento e monitoramento das mesmas. Como sempre acontece em ciência, esses progressos estão sendo realimentados pelo rápido aprendizado sobre as complexas interações entre matéria e energia nas nanoestruturas, isto é, nas escalas atômica e molecular, para as quais essas técnicas estão trazendo uma grande contribuição.

Fernando Galembeck é professor titular do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e diretor do Laboratório Nacional de Nanotecnologia, no Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM). Email: fernando.galembeck@lnnano.cnpem.br.

Carlos A. R. Costa é especialista em técnicas e instrumentação em microscopias de sondas do Laboratório Nacional de Nanotecnologia, no CNPEM. Email: calbercosta@gmail.com.

Thiago A. L. Burgo é pós-doutorando do Instituto de Química da Unicamp. Email: tburgo@iqm.unicamp.br.

Juliana S. Bernardes é pesquisadora do Laboratório Nacional de Nanotecnologia, no CNPEM. Email: juliana.bernardes@lnnano.cnpem.br.

Rubia F. Gouveia é pesquisadora do Laboratório Nacional de Nanotecnologia, no CNPEM. Email: rubia.gouveia@lnnano.cnpem.br.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Binnig, G.; Rohrer, H. "Scanning tunneling microscopy". *Helvetica Physica Acta*, vol.55, nº 726. 1982.
2. Binnig, G.; Quate, C. F.; Gerber, C. "Atomic force microscope" *Physical Review Letters*, vol.56, nº 930. 1986.
3. Bray, M. T.; Cohen, S. H.; Lightbody, M. L. *Atomic Force Microscopy/ Scanning Tunneling Microscopy*. New York; London: Plenum. 1994.
4. Mate, C. M.; MacClelland, G. M.; Erlandsson, R.; Chiang S. "Atomic-scale friction of a tungsten tip on a graphite surface". *Phys. Rev. Lett.*, vol.59, nº 1942. 1987.
5. Munz, M. J. "Force calibration in lateral force microscopy: a review of the experimental methods". *Journal of Physics D: Appl. Phys.*, vol.43, nº 6. 2010.
6. Asay, D. B.; Kim, S. H. "Direct force balance method for atomic force microscopy lateral force calibration". *Rev. Sci. Instrum.*, vol.77, 043903. 2006.
7. Ogletree, D. F.; Carpick, R. W.; Salmeron, M. "Calibration of frictional forces in atomic force microscopy". *Rev. Sci. Instrum.*, vol.67, nº 3298. 1996.
8. Varenberg, M.; Etsion, I.; Halperin, G. "An improved wedge calibration method for lateral force in atomic force microscopy". *Rev. Sci. Instrum.*, vol.74, nº 3362. 2003.
9. Tocha, E.; Schönherr, H.; Vancso, G. J. "Quantitative nanotribology by AFM: a novel universal calibration platform". *Langmuir*, vol.22, nº 2340. 2006.
10. Akbulut, M.; Godfrey Alig A. R.; Israelachvili, J. N. "Triboelectrification between smooth metal surfaces coated with self-assembled monolayers (SAMs)". *J. Phys. Chem. B*, vol.110, nº 22271. 2006.
11. Galembeck, F.; Costa, C. A. R. "Electric scanning probe techniques: Kelvin force microscopy and electric force microscopy". *Encyclopedia of Surface and Colloid Science*. New York: Dekker Encyclopedias. 2006.
12. Rezende, C. A.; Gouveia, R. F.; da Silva, M. A.; Galembeck, F. "Detection of charge distributions in insulator surfaces". *Journal of Physics: Condensed Matter*, vol. 21, 263002. 2009.
13. Nonnenmacher, M.; O'Boyle, M. P.; Wickramasinghe, H. K. "Kelvin probe force microscopy". *Applied Physics Letter*, vol.58, 2921. 1991.
14. Vettiger, P. et al. "The 'millipede' - Nanotechnology entering data storage". *IEEE Trans. Nanotechnol.*, vol.1, 39. 2002.
15. Pantazi A. et al. "Probe-based ultrahigh-density storage technology". *IBM J. Res. & Dev.*, vol.52, 493. 2008.

NANOBIOTECNOLOGIA VERDE: BIOSÍNTESES DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS E SUAS APLICAÇÕES COMO NANOANTIMICROBIANOS

Mahendra Rai

Tradução de Germana Barata e Diego Stéfani

Existem duas tecnologias importantes no século XXI que desempenharão um papel crucial no desenvolvimento da ciência e da sociedade. Uma delas é a tecnologia da informação que se desenvolveu a partir da virada do século e agora está em progressão, e cujas aplicações têm sido observadas pelo mundo inteiro. A segunda tecnologia, neste contexto, é a nanotecnologia, que desempenhará um papel importante no desenvolvimento de diferentes ciências e tecnologias, devido a suas amplas aplicações. Para o cidadão comum, a nanotecnologia pode ser definida como a manipulação da matéria nos níveis atômico e molecular. A National Nanotechnology Initiative (NNI), que é um programa federal dos Estados Unidos de pesquisa em ciência, engenharia e desenvolvimento tecnológico em nanoescala, define nanotecnologia como a manipulação da matéria com, ao menos, uma dimensão dos objetos que esteja entre 1 a 100 nanômetros (nm). A unidade nanômetro é muito pequena – um nanômetro é igual a 10^{-9} m, ou seja, a bilionésima parte do metro. Se medirmos a largura de um fio de cabelo em nanômetros obteríamos incríveis 80.000 nm. Similarmente, o tamanho da dupla hélice de DNA tem um diâmetro de cerca de 2 nm e quatro átomos de hidrogênio são equivalentes ao tamanho de um nanômetro. Muitos micróbios, como vírus, estão na escala nanométrica.

A nanotecnologia é uma ciência interdisciplinar e existe na natureza desde que a terra evoluiu. Ela atravessa as fronteiras tradicionais do conhecimento da física, química, engenharia, botânica, zoologia e ciências da terra sendo, assim, interdisciplinar. Essa tecnologia tem sido amplamente aceita pelos cientistas, em razão do surgimento de propriedades químicas, mecânicas, magnéticas, químicas, eletrônicas e óticas únicas, dependentes da nanoescala. Além disso, é uma “tecnologia habilitante”. Pode-se mudar a forma e o tamanho das nanopartículas e as propriedades dessas nanopartículas serão igualmente modificadas. Um exemplo interessante é o ouro, que enquanto sólido estendido (*bulk gold*), de tamanho micro ou macroscópico tem a cor amarela. Entretanto, as nanopartículas de ouro possuem cores diferentes de acordo com o tamanho das nanopartículas: partículas de ouro de 100nm apresentam uma cor púrpura-rosado, nanopartículas de 20nm são vermelhas e as de 1nm são de cor marrom-amarelada. Agora emerge a questão, por que as nanopartículas são diferentes quando comparadas ao ouro com tamanho micro/macroscópico? Isto ocorre devido ao surgimento de efeitos quânticos de tamanho.

A nanobiotecnologia é uma ciência de fronteira, é uma ciência avançada e altamente interdisciplinar, sendo a combinação entre nanotecnologia e biotecnologia. A sociedade será altamente beneficiada pela fusão dessas duas tecnologias ao longo deste século, devido às potenciais aplicações em medicina, agricultura, eletrônica, cosméticos, meio ambiente etc.

A nanobiotecnologia verde é enriquecida na medida em que utiliza princípios da química verde para o desenvolvimento sustentável. No entanto, esta ciência está em sua infância e precisa se promover de modo a desenvolver tecnologias ecologicamente corretas e economicamente viáveis, que são as necessidades do momento na direção do desenvolvimento sustentável. Pode-se definir nanobiotecnologia verde quando baseada em princípios limpos de sínteses de nanopartículas, como, por exemplo, a partir de processos biotecnológicos.

SÍNTESE VERDE É SUSTENTÁVEL Síntese verde, síntese biológica e síntese biogênica são termos comumente usados para a síntese ecologicamente correta de nanopartículas. Normalmente, as nanopartículas são sintetizadas através de métodos químicos, físicos e biológicos. As sínteses físicas e químicas possuem consumo intensivo de energia e às vezes podem envolver substâncias químicas tóxicas, enquanto as técnicas biológicas são rentáveis, limpas, atóxicas e ecologicamente corretas. A via de síntese biológica tem sido efetuada, sobretudo, através do uso de bactérias, fungos, plantas, cianobactérias e actinomicetos. Existem muitos relatos de micossínteses (síntese via fungos) de nanopartículas metálicas usando diferentes espécies de *Fusarium*, nomeadas como *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium acuminatum*, *Fusarium culmorum*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus tamarii*, *Phoma glomerata*, *Alternaria alternata*, e fungos endofíticos *Pestalotia sp.* Muitas plantas como o coentro (*Coriandrum sativum*), mamão-papaya (*Carica papaya*), o figo-da-Índia (*Opuntia ficus-indica*), datura ou maça com espinhos (*Datura metel*), árvore do caril (*Murraya koenigii*), e Skunkvine (*Paederia foetida*) têm sido usadas para a síntese de nanopartículas. O método de fitossíntese (síntese via plantas) é rápido, ecologicamente correto e rentável, com processamento *downstream* mais fácil que a micossíntese. Quando comparada à fitossíntese, a micossíntese é mais demorada e a biomassa é difícil de ser processada. Portanto, a fitossíntese chama muito a atenção de pesquisadores de todo o mundo. São três fatores chaves na síntese dessas nanopartículas metálicas: o agente redutor, o meio de reação e o agente estabilizador. Geralmente, nanopartículas biosintetizadas possuem forma esféricas.

Em biossíntese, proteínas de fungos ou plantas agem como agentes de proteção e estabilização das nanopartículas sintetizadas. No entanto, quais proteínas estão envolvidas e quais os mecanismos de formação das nanopartículas são questões importante, que precisam ser meticulosamente estudadas. Nesse sentido, tem sido desenvolvido no Laboratório de Química Biológica do Instituto de Química, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), sob a direção do professor Nelson Duran, estudos sobre o mecanismo de formação das nanopartículas biogênicas. O professor Nelson Duran e seus colaboradores apresentaram um mecanismo no qual a enzima nitrogenase redutase é responsável por reduzir íons de prata em nanopartículas de prata. Essa hipótese tem sido amplamente aceita na literatura.

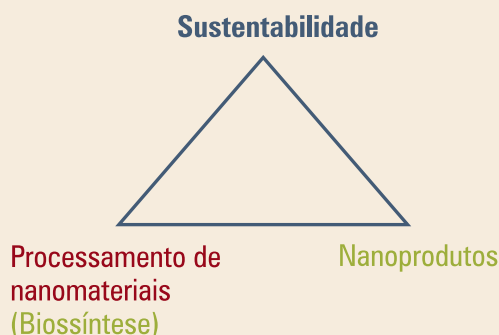


Figura 1 - Fazendo síntese verde e usando nanoprodutos para a sustentabilidade

Síntese verde a partir de extrato de plantas é a técnica mais simples de sintetizar nanopartículas. As plantas produzem biomoléculas funcionais que reduzem ativamente íons metálicos. Além disso, atuam como agentes protetores e estabilizadores das nanopartículas. Alguns exemplos de síntese de nanopartículas de prata utilizando extratos de folhas incluem o uso de alfaça, folhas de gerânio, *Aloe vera* (babosa), *Cinnamomum camphora* (árvore de cânfora), caqui, magnólia, cycas, e *Holarrhena antidysenterica* (Kutij, Kurchi) etc.

Interessantemente, todas as partes das plantas podem ser usadas de modo eficiente para sintetizar nanopartículas, como as folhas,

caules, sementes, frutos, latex etc. A biomassa morta e seca da planta também pode ser usada para a síntese bem sucedida de nanopartículas. Até mesmo compostos bioativos isolados de plantas como polifenólicos, alcaloides, flavonoides e terpenos demonstraram sintetizar nanopartículas.

A biossíntese de nanopartículas usando plantas é uma questão para extensa investigação. No entanto, um mecanismo exato para a síntese de nanopartículas deve ainda ser elucidado, embora inúmeros mecanismos hipotéticos tenham sido propostos por muitos pesquisadores. Absar Ahmad e colegas do Laboratório Nacional de Física (National Physical Laboratory), em Pune, na Índia, sugeriram que a síntese de nanopartículas de ouro ocorre em função da redução de íons de prata pelos açúcares (aldoses) e cetonas presentes nesses extratos.

Trabalhando no Departamento de Engenharia Química e Bioquímica, na Faculdade de Química e Engenharia Química, da Universidade de Xiamen, da República Popular da China, Huang e colegas também apoiaram o fato de a síntese de nanopartículas de prata ocorrer na presença de biomoléculas redutoras presentes no extrato de folhas de *Cinnamomum camphora*. Análise de espectroscopia no infravermelho (FT-IR) também confirmou a presença de grupos funcionais como: $-C-O-C$, $-C-O-$, $-C=C-$, e $-C=O-$, derivados de vários compostos heterocíclicos. Presumia-se que esses compostos bioativos atuavam como agentes redutores e de proteção de cadeia de nanopartículas de prata. Da mesma forma, a substância filantina extraída de *Phyllanthus amarus* é responsável pela síntese de nanopartículas de ouro e de prata. Os espectros de FT-IR das nanopartículas biosintetizadas descrevem uma mudança na estrutura do grupo metoxi ($-OCH_3$) banda (1088 cm^{-1})

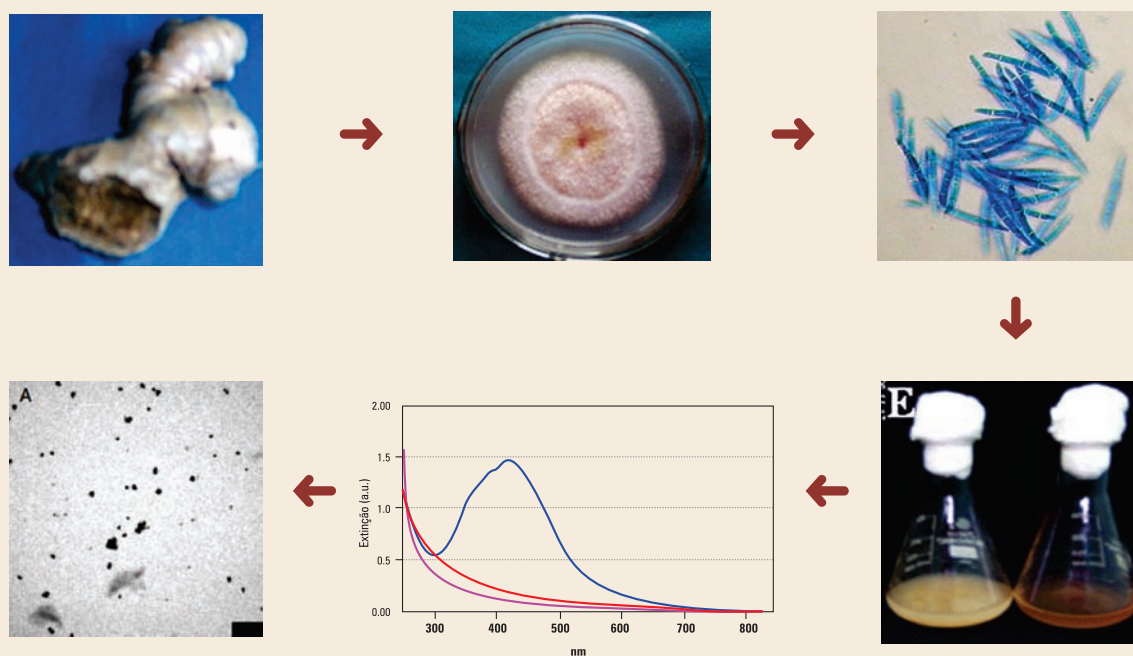


Figura 2 - Mostrando o isolamento da *Fusarium Sp.* do gengibre (*Zingiber officinale*) e a formação de nanopartículas



Extratos de plantas usados para a síntese de nanopartículas de prata. *Holarrhena antidysenterica* (dir.) é usada na medicina tradicional indiana, enquanto a *Cinnamomum camphora* (esq.) é usada como tempero

filantina após a formação de nanopartículas de prata ou de ouro. Essa mudança foi atribuída à ligação com as nanopartículas. No entanto, essa alteração, nas nanopartículas de ouro, era ligeiramente maior do que nas nanopartículas de prata, indicando que a adsorção de filantina na superfície das nanopartículas de ouro foi mais eficiente do que em nanopartículas de prata. Dependendo da concentração de filantina, obtiveram-se diferentes formas de nanopartículas de ouro e de prata.

RESOLVENDO O PROBLEMA DA RESISTÊNCIA BACTERIANA A MULTIDROGAS COM NANOPARTÍCULAS O alarmante problema da resistência a multidrogas (MDR – *multi-drug resistance*) por parte de bactérias patogênicas obrigou os pesquisadores a enfrentar o problema e a buscar novas drogas e moléculas na natureza e outras fontes como as nanopartículas. Ao longo das últimas décadas, alguns antibióticos de terceira geração como as cefalosporinas, imipenem, vancomicina e fluoroquinolonas têm apresentado maior risco de gerar resistência.

Um exemplo importante de MDR é a *Staphylococcus aureus* resistente à metilina (MRSA), que ainda está entre as causas mais importantes de infecções hospitalares associadas à bactéria. Esta bactéria é resistente a vários outros agentes antimicrobianos (beta-lactama) e, consequentemente, o tratamento de *Staphylococcus aureus* resistente à metilina depende da vancomicina. Contudo, a transmissão de plasmídeos de resistência de enterococos para *Staphylococci* resultou em um aumento em nível elevado de resistência à vancomicina entre *S. aureus*. Outro exemplo são enterococos resistentes à vancomicina (VRE) que têm capacidade de se adaptar a mudanças ambientais e desenvolver resistência antimicrobiana, levando a múltiplos fenótipos resistentes à vancomicina. Eles são resistentes à ampicilina e outros antibióticos beta-lactâmicos. Para resolver o problema, tem sido conduzida em várias partes do mundo, a triagem de diferentes produtos naturais, porém, com baixa taxa de

sucesso. A única solução para lidar com esse grave problema parece ser com o uso das nanopartículas em geral e das nanopartículas de prata, em particular.

NANOPARTÍCULAS DE PRATA AMPLAMENTE USADAS

Nanopartículas de prata e o potencial de matar germes

Uma pesquisa realizada no PubMed a respeito das publicações sobre propriedades antimicrobianas de nanopartículas indica que a maioria dos artigos publicados é baseada no uso de nanopartículas de prata seguidas por outras nanopartículas, por exemplo, de ouro, óxido de titânio e óxido de zinco.

As nanopartículas de prata são altamente eficientes contra doenças causadas por micróbios como bactérias (sobretudo *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*) e fungos que causam infecções de *ringworm* (micose de pele) e *Candida albicans*. A beleza dessas nanopartículas é que elas atuam em sinergia e demonstram alta atividade quando comparada a seu uso isolado.

Infecções por micotoxinas também são um grave problema depois da resistência a multidrogas. Essas toxinas são produzidas principalmente por espécies diferentes de fungos como o *Aspergillus* e *Fusarium*. A toxina T-2 é muito tóxica e é produzida por *F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. equiseti* e *F. acuminatum*. Às vezes, o paciente morre com a toxina T-2 em um curto espaço de tempo.

Pesquisa conduzida pelo autor deste artigo no Laboratório de Nanobiotecnologia do Departamento de Biotecnologia, da Universidade SGB Amravati, em Amravati, estado de Maharashtra, na Índia central, reportou alta eficácia de óleo de cravo contendo nanopartículas de prata contra a toxina T-2 produzida por fungo. O óleo nanofuncional aumentou sua atividade fungicida quando usado em combinação com nanopartículas de prata.

O controle de doenças virais causadas por diferentes vírus que ameaçam a vida, como o causador da hepatite B, o HIV-1, o sim-

plex herpes tipo 1, o vírus sincicial respiratório, vírus de tacaribe, vírus da varíola de macacos e o vírus da influenza são de difícil tratamento e há uma necessidade de desenvolver uma nova geração de antimicrobianos.

Normalmente, agentes antivirais agem diretamente nas membranas virais se ligando a camada proteica de revestimento do vírus e destruindo sua estrutura ou interrompendo sua atividade. Até agora, a maior parte das pesquisas focaram na avaliação da atividade antiviral de nanopartículas de prata e já se demonstrou que as nanopartículas de prata são mais eficazes como agentes antivirais em função de suas múltiplas interações com receptores de glicoproteínas e/ou envelopes virais. Suas interações com biomoléculas virais sugerem que as nanopartículas de prata têm um enorme potencial não apenas de enfrentar o desafio existente nas infecções virais, mas também de aumentar a qualidade de terapias antivirais existentes.

O professor Nelson Duran e colegas do Instituto de Química da Unicamp pesquisaram extensivamente as nanopartículas de prata sintetizadas biologicamente no combate à leishmaniose e à onicomicose (doença que ocorre nas unhas deformando-as e, posteriormente, deteriorando-as). Não existe droga antifúngica disponível no mercado que possa curar o *ringworm* das unhas. Felizmente, as nanopartículas de prata possuem efeito mortal nesses fungos, chamados de *Trichophyton rubrum*. Assim, esforços têm sido feitos para o desenvolvimento de um gel ou creme com propriedades antimicrobianas que cure as feridas. Sua toxicidade também está sendo avaliada. A pesquisa também tem focado a atividade antiviral de nanopartículas de prata sendo os resultados bastante animadores.

PROMESSAS DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS EM ALIMENTOS E NA AGRICULTURA Os nanomateriais verdes não são úteis apenas em medicamentos, mas também muito benéficos na agricultura: (i) para preservação e aumento da vida útil de frutas e verduras; (ii) no

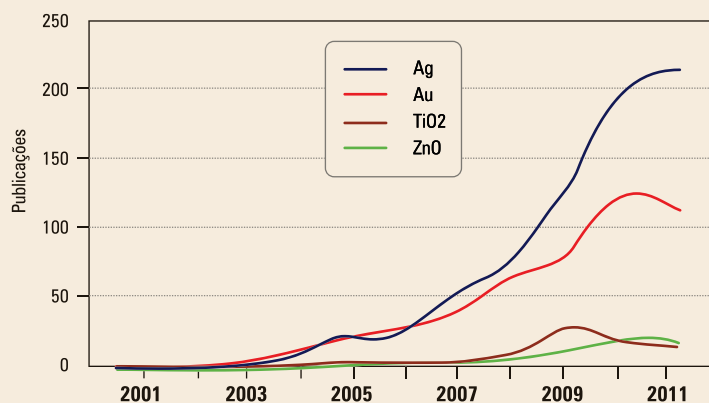


Figura 3 - Dinâmica das publicações no PubMed sobre propriedades antimicrobiais de nanopartículas

controle de patógenos de plantas; (iii) e para promover o crescimento de plantas de cultivo.

Uma grande quantidade de frutas se deteriora rapidamente graças a patógenos de plantas. Portanto, é necessário desenvolver novas estratégias baseadas na nanotecnologia para que as frutas possam ficar livres de doenças microbianas e sua vida útil possa aumentar. Nesse sentido, estão em progresso pesquisas para o desenvolvimento de camadas de proteção antimicrobianas baseadas em nanotecnologia para aumentar, portanto, a vida útil de frutas e verduras.

Nos últimos cinco anos, tem crescido o interesse em relação à síntese verde e ao uso de nanopartículas de cobre como agentes potencialmente antimicrobianas contra patógenos de plantas, especialmente, devido ao desenvolvimento de resistência pelos patógenos aos fungicidas existentes. Fungicidas têm sido usados nos últimos 200 anos para o controle de doenças de plantas cultivadas. Notadamente, formulações que usam cobre e enxofre ainda são usadas por fazendeiros. Contrariamente, no entanto, muitos desses produtos são banidos por inúmeras razões incluindo questões de segurança humana no que diz respeito ao uso de fungicidas químicos. Essas substâncias químicas também são responsáveis pelo aumento da poluição ambiental.

Uma área de pesquisa que merece atenção é a de uso de nanopartículas para a promoção do crescimento de plantas de cultivo, sendo que o crescimento microbiano causado pelo endófito em nanopartículas será muito útil para aumentar o crescimento dessas plantas e também para mantê-las livres de patógenos.

O papel de nanopartículas na transferência de genes tem sido observado, por exemplo na transferência de gene feita pela *Agrobacterium tumefaciens* ou por meio de outros métodos físicos como eletroporação, microinjeção e biobalística. As nanopartículas também podem ser usadas para a transferência de genes em plantas. Os potenciais da tecnologia do DNA já foram constatados por todos os biotecnólogos.

PERCEPÇÃO PÚBLICA SOBRE NANOTECNOLOGIA É preciso organizar encontros públicos de modo a acabar com o medo das pessoas em relação à nanobiotecnologia verde, pois esse sentimento se compara ao medo em relação aos OGMs (organismos geneticamente modificados ou transgênicos), porque as pessoas são, em princípio, contrárias à nanotecnologia em alimentos. Mas, na verdade, a nanobiotecnologia verde tem potencial para transformar a sociedade graças à sua vasta aplicação na medicina e agricultura.

Há uma grande necessidade de aumentar a compreensão dos cidadãos no que diz respeito à nanotecnologia em geral e à nanobiotecnologia verde em particular. Isso pode ser feito através da organização de palestras, debates, filmes, exposições etc.

O objetivo último dessa estratégia deve ser inculcar os valores da nanobiotecnologia verde no maior número de pessoas. Acima de tudo, a participação e o engajamento público é sempre necessário, porque nenhuma tecnologia pode ser implementada sem o envolvimento dos cidadãos.

AS NECESSIDADES DE PESQUISA É preciso promover a nanotecnologia verde, mostrando que é uma tecnologia ecologicamente correta e sustentável. Os professores Oswaldo Luiz Alves e Nelson Duran do Instituto de Química da Unicamp, deram um passo adiante ao associar o Laboratório NanoBioss ao programa SisNANO do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), do governo brasileiro e ao já iniciarem atividades de pesquisa. Isso motivará as jovens mentes a participarem de pesquisas interdisciplinares, em busca de soluções ecologicamente corretas e economicamente viáveis nessa área. No entanto, há uma necessidade premente em se iniciar um laboratório em nanotecnologia verde. Isso requererá colaborações extensivas entre a academia, governo, indústrias e público para que esta tecnologia seja traduzida em ações.

Mahendra Rai é professor e chefe do Departamento de Biotecnologia, Universidade SGB Amravati, na Índia. Atualmente, ele é professor visitante do Instituto de Química, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), em programa de pesquisa da Fapesp. Email: mahendra-rai@sgbau.ac.in.

SUGESTÕES DE LEITURA

- Birla, S. S.; Tiwari, V. V.; Gade, A. K.; Ingle, A. P.; Yadav, A. P. and Rai, M. K. "Fabrication of silver nanoparticles by *Phoma glomerata* and its combined effect against *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*". *Lett. Appl. Microbiol.*, vol.48, pp.173-179. 2009.
- Durán, N.; Priscyla, D.; Marcato; Oswaldo L. Alves; Gabriel IH De Souza, and Espósito, Elisa. "Mechanistic aspects of biosynthesis of silver nanoparticles by several *Fusarium oxysporum* strains". *J. Nanobio-technol.*, vol.3, n^o.8, PMID: 16014167 DOI: 10.1186/1477-3155-3-8 PII: 1477-3155-3-8. 2005.
- Fayaz, A. M.; Balaji, K.; Girilal, M.; Kalaichelvan, P. T. and Venkatesan, R. "Mycobased synthesis of silver nanoparticles and their incorporation into sodium alginate films for vegetable and fruit preservation". *J. Agric. Food Chem.*, vol.57, pp.6246-6252. 2009.
- Gade, A.; Gaikwad, S.; Tiwari, V.; Yadav, A.; Ingle, A. and Rai, M. "Biofabrication of silver nanoparticles by *Opuntia ficus-indica*: *in vitro* antibacterial activity and study of the mechanism involved in the synthesis". *Current Nanoscience*, vol.6, n^o.4, pp.370-375. 2010.
- Huang, J.; Chen, C.; He, N.; et al. "Biosynthesis of silver and gold nanoparticles by novel sun-dried *Cinnamomum camphora* leaf". *Nanotechnology*, vol.18, pp.105-06. 2007.
- Marcato, P.D.; Duran, M.; Huber, S.; Rai, M.; Melo, P.S.; Alves, O.L. and Duran, N. "Biogenic silver nanoparticles and its antifungal activity as a new topical transungual drug delivery". *J. Nano Res.*, vol.20, pp.99-107. 2012.
- Rai, M.; Gade, A. and Yadav, A. "Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials". *Biotechnol. Advan.*, vol.27, n^o.1, pp.76-82. 2009.
- Shiv Shanker, S.; Ahmad, A., Pashricha, R. and Sastry, M. "Bioreduction of chloroaurate ions by geranium leaves and its endophytic fungus yields gold nanoparticles of different shapes". *J. Mater. Chem.*, vol.13, pp.1822-1826. 2003.

INOVAÇÃO/NANOTECNOLOGIA

Bayer fecha fábrica de nanotubos de carbono

Depois de apenas 4 anos, a indústria farmacêutica Bayer resolveu fechar as portas da uma das maiores fábricas de nanotubos de carbono do mundo. Em um comunicado à imprensa, Patrick Thomas, CEO da Bayer MaterialScience, explicou que a empresa percebeu que as áreas potenciais de aplicação dos nanotubos, que antes pareciam promissoras, “têm se fragmentado ou têm pouco a ver com os principais produtos da empresa e seu espectro de aplicação”.

A Bayer havia inaugurado sua fábrica no início de 2009, em Leverkusen, Alemanha, com investimentos de cerca de 22 milhões de euros, aproximadamente R\$61 milhões. O objetivo era desenvolver novas tecnologias e aplicações com base no grande potencial dos nanotubos de carbono.

Trata-se de estruturas tubulares com dimensões de cerca de um bilionésimo de metro (10^{-9} m) que produzem propriedades elétricas, mecânicas, ópticas e químicas que podem beneficiar produtos esportivos, como raquetes e bicicletas, tornando-os mais resistentes; aumentar a mobilidade com a redução do peso de veículos; e possibilitar o desenvolvimento de produtos eletrônicos como televisores de tela plana.

À época, a Bayer recebeu cerca de 40 milhões de euros do Ministério da Educação e Pesquisa da Alemanha,

para o período de quatro anos. “Esta aliança irá desempenhar um papel significativo na implementação da estratégia de alta tecnologia do governo federal, por meio da qual pretendemos reforçar a competitividade da Alemanha”, afirmou Thomas Rachel, secretário de Estado Parlamentar do Ministério Federal da Alemanha para Educação e Pesquisa (BMBF), durante a inauguração da planta de nanotubos de carbono.

Apesar de a fábrica ter encerrado suas atividades, Stefan Paul Mechnig, porta-voz de Bayer MaterialScience esclareceu que a Bayer pretende continuar contribuindo para a área, por meio da transmissão de tecnologia e distribuição de informação para pequenas e médias empresas. “Queremos continuar trabalhando profundamente com o desenvolvimento e os nossos parceiros de negócios para encontrar o melhor uso possível e posterior utilização do nosso portfólio de nanotubos de carbono, em particular, para conhecimentos adquiridos e patentes”. Segundo Mechnig, apesar do fechamento da fábrica, a empresa ainda acredita no grande potencial da nanotecnologia e dos nanotubos de carbono e, portanto, assume que a investigação e o desenvolvimento nessa área vão continuar.

No ramo de produção de nanotubos de carbono estão grandes empresas como a chinesa CNano, com uma linha de produção com capacidade de produção de 500 toneladas ao ano, e a belga Nanocyl, considerada a atual líder mundial na fabricação dessas estruturas. Que os investimentos permaneçam no setor.

Marcela Salazar Granada

EVENTOS CIENTÍFICOS

Nanotecnologias em debate internacional

A multiplicidade de eventos científicos sobre nanotecnologias que ocorrerão no segundo semestre deste ano reflete a riqueza e o dinamismo da área. A partir de agosto ocorrerão encontros na Alemanha, Canadá, China, Coreia do Sul, Emirados Árabes, Espanha, Estados Unidos, Índia, Irã, Israel, Japão e Singapura. Segue abaixo alguns desses eventos:

AGOSTO

- 4th ICNFA2013 - International Conference on Nanotechnology. Em Toronto, Canadá.
- 13th IEEE - International Conference on Nanotechnology. Em Beijing, China.
- NanoScience + Engineering 2013. Em San Diego, Estados Unidos.

SETEMBRO

- International Conference on Computational Modelling of Nanostructured Materials. Em Frankfurt, Alemanha.
- 14th edition of the Trends in Nanotechnology International Conference (TNT 2013). Em Sevilha, Espanha.

OUTUBRO

- 2nd International Conference on Nanostructures, Nanomaterials and Nanoengineering (ICNN 2013), Coreia do Sul
- International Nanotechnology Conference 2013. Em Dubai, Emirados Árabes.

NOVEMBRO

- 4th International Conference on Ultrafine Grained and Nanostructured Materials. Teerã, Irã.
- Nanowires 2013. Em Rehovot, Israel.

DEZEMBRO

- 3rd Nano Today Conference. Em Singapura.

Os 26 grupos de pesquisa listados abaixo correspondem aos laboratórios que integram o SisNANO

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO ASSOCIADO
DA UFV AO SISNANO

LÍDER DO GRUPO

EDUARDO SEITI GOMIDE MIZUBUTI

ÁREA PREDOMINANTE

NANOBIO APLICADO À
AGRICULTURA E ALIMENTOS

INSTITUIÇÃO

UFV

ENDEREÇO

Av. PH Rolfs, s/n,
Campus Universitário,
CEP: 36570-000, Viçosa – MG

NOME DO GRUPO

CENTRAL EXPERIMENTAL
MULTIUSUÁRIO EM SANTO ANDRÉ

LÍDER DO GRUPO

WENDEL ANDRADE ALVES

ÁREA PREDOMINANTE

NANOMATERIAIS

INSTITUIÇÃO

UFABC

ENDEREÇO

Rua Santa Adélia, 166,
CEP 09210-170, Santo André – SP

NOME DO GRUPO

NÚCLEO DE APOIO À PESQUISA
EM NANOCIÊNCIAS E
NANOTECNOLOGIA – NAP-NN

LÍDER DO GRUPO

KOITI ARAKI

ÁREA PREDOMINANTE

NANOQUÍMICA; QUÍMICA
VERDE E NANOSENSORES

INSTITUIÇÃO

USP

ENDEREÇO

Av. Prof. Lineu Prestes, 748,
CEP: 05508-900, São Paulo – SP

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE
CARACTERIZAÇÃO
ESTRUTURAL (LCE)

LÍDER DO GRUPO

WALTER JOSÉ BOTTA FILHO

ÁREA PREDOMINANTE

NANOMATERIAIS

INSTITUIÇÃO

UFSCar

ENDEREÇO

Rod. Washington Luis, km 235,
CEP: 13565-905, São Carlos – SP

NOME DO GRUPO

CENTRO DE COMPONENTES
SEMICONDUCTORES – CCS

LÍDER DO GRUPO

JOSÉ ALEXANDRE DINIZ

ÁREA PREDOMINANTE

NANODISPOSITIVOS-NANOSISTEMAS

INSTITUIÇÃO

Unicamp

ENDEREÇO

Rua da Reitoria s/nº, Cidade
Universitária “Zeferino Braz”,
CEP: 13083-872, Campinas – SP

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO CENTRAL EM
NANOTECNOLOGIA – LCNANO

LÍDER DO GRUPO

GRACIELA INES BOLZON DE MUNIZ

ÁREA PREDOMINANTE

NANOQUÍMICA E NANOSENSORES

INSTITUIÇÃO

UFPR

ENDEREÇO

Rua XV de Novembro, 1299,
CEP: 80060-000, Curitiba – PR

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO REGIONAL DE
NANOTECNOLOGIA - LRNANO

LÍDER DO GRUPO

JAIRTON DUPONT

ÁREA PREDOMINANTE

QUÍMICA VERDE

INSTITUIÇÃO

UFRGS

ENDEREÇO

Av. Paulo Gama, 110, 6º Andar
CEP: 90040-060 – Porto Alegre – RS

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE NANOTECNOLOGIA
PARA O AGRONEGÓCIO

LÍDER DO GRUPO

LUIZ HENRIQUE CAPPARELLI
MATTOSO

ÁREA PREDOMINANTE

NANOBIOTECNOLOGIA

INSTITUIÇÃO

Embrapa

ENDEREÇO

Parque Estação Biológica s/nº
CEP: 70770-901 – Brasília – DF

NOME DO GRUPO

CENTRO DE CARACTERIZAÇÃO E
DESENVOLVIMENTO DE PROTOCOLOS
PARA NANOTECNOLOGIA – CCDPN

LÍDER DO GRUPO

JOSÉ ARANA VARELA

ÁREA PREDOMINANTE

NANOMATERIAIS CERÂMICOS

INSTITUIÇÃO

Unesp

ENDEREÇO

Rua Quirino de Andrade, 215
CEP: 01049-010 – São Paulo-SP

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO INTERDISCIPLINAR DE
DESENVOLVIMENTO DE
NANOESTRUTURAS - LINDEN

LÍDER DO GRUPO

CESAR VITORIO FRANCO

ÁREA PREDOMINANTE

NANOMATERIAIS E NANOCOSMÉTICOS

INSTITUIÇÃO

UFSC

ENDEREÇO

Campus Universitário Reitor João
Ferreira Lima – Trindade
CEP: 88040-900 – Florianópolis – SC

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO INTEGRADO DE
NANOTECNOLOGIA

LÍDER DO GRUPO

JOSÉ CARLOS BRESSIANI

ÁREA PREDOMINANTE

NANOBIO E NANOMATERIAIS

INSTITUIÇÃO

Ipen

ENDEREÇO

Av. Prof. Lineu Prestes 2242, Cidade
Universitária, CEP: 05508-000
São Paulo – SP

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE
SUPERFÍCIES E MATERIAIS
NANOESTRUTURADOS DA COPPE

LÍDER DO GRUPO

MARTIN SCHMAL

ÁREA PREDOMINANTE

NANOMATERIAIS APLICADOS A
SUPERFÍCIES

INSTITUIÇÃO

UFRJ

ENDEREÇO

Av. Pedro Calmon, 550, 2º andar,
Cidade Universitária – Campus da
Ilha do Fundão – CEP: 21941-901
Rio de Janeiro – RJ

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE FABRICAÇÃO
E CARACTERIZAÇÃO DE
NANODISPOSITIVOS (LABDIS)

LÍDER DO GRUPO

PATRICIA LUSTOZA DE SOUZA

ÁREA PREDOMINANTE

NANODISPOSITIVOS E NANOENERGIA

INSTITUIÇÃO

PUC-RJ

ENDEREÇO

Rua Marquês de São Vicente 225
Gávea – CEP: 22451-900
Rio de Janeiro – RJ

NOME DO GRUPO

CENTRAL ANALÍTICA EM TÉCNICAS
DE MICROSCOPIA (ELETRÔNICA
E ÓTICA)

LÍDER DO GRUPO

ANTÔNIO GOMES DE SOUZA FILHO

ÁREA PREDOMINANTE

NANOMATERIAIS E
NANOBIOTECNOLOGIA

INSTITUIÇÃO

UFC

ENDEREÇO

Av. da Universidade 2853, Benfica
CEP: 60020-181 – Fortaleza – CE

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO NACIONAL DE
NANOTECNOLOGIA – LNNANO

LÍDER DO GRUPO

FERNANDO GALEMBEK

ÁREA PREDOMINANTE

NANOFIBRAS E NANOSSENSORES

INSTITUIÇÃO

CNPEM

ENDEREÇO

Rua Giuseppe Máximo Scolfaro,
10000 – CEP: 13083-970
Campinas – SP

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO ASSOCIADO DE
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO
DE NANODISPOSITIVOS E
NANOMATERIAIS – LANANO

LÍDER DO GRUPO

WAGNER NUNES RODRIGUES

ÁREA PREDOMINANTE

NANODISPOSITIVOS E NANOMATERIAIS

INSTITUIÇÃO

UFMG

ENDEREÇO

Av. Antônio Carlos, 6627
CEP: 31270-901
Belo Horizonte – MG

NOME DO GRUPO

CENTRO DE CARACTERIZAÇÃO EM
NANOTECNOLOGIA PARA MATERIAIS
E CATÁLISE – CENANO

LÍDER DO GRUPO

PAULO GUSTAVO PRIES DE OLIVEIRA

ÁREA PREDOMINANTE

NANOCATÁLISE E NANOMATERIAIS

INSTITUIÇÃO

INT

ENDEREÇO

Av. Venezuela, 82 – Centro
CEP: 20 081-312 – Rio de Janeiro – RJ

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE SÍNTESE DE
NANOESTRUTURAS E INTERAÇÃO COM
BIOSISTEMAS – NANOBIOS

LÍDER DO GRUPO

OSWALDO LUIZ ALVES

ÁREA PREDOMINANTE

NANOBIOSISTEMAS

INSTITUIÇÃO

Unicamp

ENDEREÇO

Rua da Reitoria s/nº, Cidade
Universitária “Zeferino Braz”
CEP: 13083-872 – Campinas – SP

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO ESTRATÉGICO DE
NANOMETROLOGIA

LÍDER DO GRUPO

CARLOS ALBERTO ACHETE

ÁREA PREDOMINANTE

NANOMETROLOGIA

INSTITUIÇÃO

Inmetro

ENDEREÇO

Av. Nossa Senhora das Graças, 50
Xerém – CEP: 25250-020 – Duque
de Caxias – RJ

NOME DO GRUPO

NÚCLEO DE
BIONANOMANUFATURA

LÍDER DO GRUPO

ÁLVARO JOSÉ ABACKERLI

ÁREA PREDOMINANTE

NANOBIOTECNOLOGIA

INSTITUIÇÃO

IPT

ENDEREÇO

Av. Prof. Almeida Prado, 532
Butantã – Cidade Universitária,
CEP: 05508-901 – São Paulo – SP

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE QUÍMICA
DE NANOESTRUTURAS DE
CARBONO – LQN/CDTN

LÍDER DO GRUPO

ADELINA PINHEIRO SANTOS

ÁREA PREDOMINANTE

NANOESTRUTURAS DE CARBONO

INSTITUIÇÃO

CDTN/CNEN

ENDEREÇO

Av. Antonio Carlos, 6627 – Campus
da UFMG – Pampulha
CEP: 31270-901, Belo Horizonte –
MG

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO MULTIUSUÁRIO
DE NANOCIÊNCIAS E
NANOTECNOLOGIA – LABNANO

LÍDER DO GRUPO

RUBEM LUÍS SOMMER

ÁREA PREDOMINANTE

NANODISPOSITIVO E
NANOMAGNETISMO

INSTITUIÇÃO

CBPF

ENDEREÇO

Rua Dr. Xavier Sigaud 150 – Urca
CEP: 22290-180 – Rio de Janeiro –
RJ

NOME DO GRUPO

REDE DE LABORATÓRIOS
ASSOCIADOS EM NANOTECNOLOGIA
DA UFPE – LARNANO

LÍDER DO GRUPO

NEREIDE STELA SANTOS MAGALHÃES

ÁREA PREDOMINANTE

NANOMATERIAIS

INSTITUIÇÃO

UFPE

ENDEREÇO

Av. Prof. Moraes Rego, 1235
Cidade Universitária
CEP: 50670-901 – Recife – PE

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO DE
NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA
DA AMAZÔNIA – NANO-AMAZON

LÍDER DO GRUPO

ÂNGELA BURLAMAQUI KLAUTAU

ÁREA PREDOMINANTE

NANOBIOTECNOLOGIA

INSTITUIÇÃO

UFPA

ENDEREÇO

Rua Augusto Corrêa 01, Guamá
CEP: 66075-110 – Belém – PA

NOME DO GRUPO

NANOBIOTECNOLOGIA PARA
DESENVOLVIMENTO, PROTOTIPAGEM
E VALIDAÇÃO DE PRODUTOS
PARA O SUS

LÍDER DO GRUPO

RODRIGO GUERINO STABELI

ÁREA PREDOMINANTE

NANOBIOTECNOLOGIA
E NANOMEDICINA

INSTITUIÇÃO

IBMP

ENDEREÇO

Rua Prof. Algacyr Munhoz
Mader, 3775 – CEP: 81350-010
Curitiba – PR

NOME DO GRUPO

LABORATÓRIO MULTIUSUÁRIO DE
NANOTECNOLOGIA DO CETENE

LÍDER DO GRUPO

ANDRÉ GALEMBECK

ÁREA PREDOMINANTE

NANOBIOTECNOLOGIA E
NANOMATERIAS

INSTITUIÇÃO

Cetene

ENDEREÇO

Av. Professor Luís Freire, 1, Cidade
Universitária
CEP: 50540-740 – Recife – PE

UM OLHAR SOBRE A AGRICULTURA FAMILIAR, A SAÚDE HUMANA E O AMBIENTE

Magda Regina Santiago Moreira

No âmbito da agricultura familiar há uma importância cada vez maior em se produzir hortaliças e frutas com padrões de qualidade, que sejam livres de resíduos de agrotóxicos e que não comprometam o ambiente agrícola, respeitando-se, também, os princípios da segurança alimentar. Atualmente, o consumo de frutas e hortaliças tornou-se uma proposta de médicos e nutricionistas para uma dieta saudável e como uma alternativa, para a população brasileira e mundial, que evite a obesidade e suas consequências para a saúde.

A partir de junho de 2009, houve uma mudança de cenário para a agricultura familiar brasileira. Através da Lei nº 11947 foi instituído que, do total dos recursos financeiros repassados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), pelo menos “30% destinados às aquisições para o abastecimento da merenda escolar deverão ser endereçados àqueles fornecedores, no âmbito do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), diretamente da agricultura familiar e do empreendedor familiar rural ou de suas organizações, priorizando-se os assentamentos da reforma agrária, as comunidades tradicionais indígenas e comunidades quilombolas”(1).

O valor disponibilizado no ano de 2011 para o fornecimento da alimentação escolar aos 44 milhões de beneficiários diários do programa foi de aproximadamente R\$ 3 bilhões. Sendo assim, o mercado reservado exclusivamente para a agricultura familiar alcançou o volume de aproximadamente

te R\$ 1 bilhão (2). Apesar de representar uma conquista, o mercado do PNAE impõe também um grande desafio para as organizações produtivas da agricultura familiar. Nas regiões metropolitanas brasileiras esse desafio é ainda maior, pois, devido ao elevado grau de urbanização, o número de agricultores familiares locais é significativamente menor. Assim, tais regiões apresentam a condição particular de, apesar de possuírem um mercado consumidor importante, não conseguirem gerar produção em quantidade suficiente por meio dos agricultores familiares. Como os recursos repassados para a alimentação escolar pelo PNAE/FNDE/MEC são proporcionais ao número de alunos matriculados, parcela significativa desses recursos concentra-se nessas cidades, que possuem um grande número de habitantes por metro quadrado. As 100 maiores prefeituras (1,7% do total) recebem cerca de 30% dos recursos repassados aos municípios (2). Sendo assim, a Secretaria da Agricultura Familiar definiu a estratégia Nutre Brasil, que consiste em prestar apoio e promover a articulação entre os gestores públicos responsáveis pelas compras do PNAE, nos maiores municípios do país, e as organizações econômicas da agricultura familiar com maior capacidade de fornecimento. Em São Paulo, estado que concentra 36 dos 100 maiores municípios do país em termos de repasse do FNDE, foi firmada a parceria com o Instituto Via Pública, como Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, escolhida por meio de chamada pública de projetos, trazendo a público as reflexões dos membros e parceiros do projeto Nutre São Paulo e contribuindo para o debate e desenvolvimento das políticas públicas dirigidas para a agricultura familiar, das quais se beneficiam pessoas do campo e da cidade (2). Devido ao significativo volume de compras envolvido na alimentação dos alunos da rede pública paulista, o projeto Nutre SP obje-

tivou os empreendimentos de agricultores familiares locais e regionais. Houve, no entanto, dificuldades de implementação, uma vez que o número de agricultores que se enquadram no perfil exigido pelo projeto ainda é pequeno quando comparado ao total de agricultores familiares existentes. Portanto, fazer adequações no modo de produção agrícola e identificar melhores formas de promover a comercialização dos produtos são condições para o êxito da viabilidade da agricultura familiar no mercado da merenda escolar. Percebemos ainda que, em virtude da grande demanda de merenda escolar, as compras realizadas dentro de cada estado acabaram impactando fornecedores estabelecidos fora do território estadual, transformando-se, em vários casos, em uma questão nacional, e isso não foi previsto pelo Projeto Nutre Brasil, uma vez que seu propósito era o de apoiar a aquisição de gêneros produzidos pela agricultura familiar dentro de uma área de abrangência delimitada.

PROGRAMAS LATINOS E EUROPEUS Quase 20 países da América Latina têm programas de alimentação escolar, mas na maioria deles as ações públicas são pequenas ajudas, temporárias e com baixo conteúdo nutricional. Em apenas três países (Brasil, Panamá e Chile) as refeições são asseguradas durante todo o ano letivo e em caráter nacional. Nos dois últimos países mencionados, no entanto, a alimentação não é para todos, mas seletiva e focalizada. No Chile, por exemplo, todos os alunos desfrutam do mesmo tipo de alimento, mas o seu pagamento ou isenção depende da condição econômica da família (3).

Na Europa, a alimentação escolar sempre foi tida como um direito da população e primordial para a educação. Porém, com o decorrer dos anos, esse cenário foi se alterando para uma prática em que as crianças saem da escola para ir almoçar em casa ou nas proximidades. Análises dos programas públicos desses países não deixam claro qual a integração dos mesmos com as compras locais. Poucos os países europeus que ainda oferecem uma alimentação escolar gratuita.

Por várias razões, atualmente, todos os países têm adotado políticas públicas que promovam o consumo, a produção sustentável e o abastecimento de frutas e hortaliças, visando a segurança ambiental e nutricional e a promoção da saúde da população, uma vez que as pesquisas demonstram que frutas e hortaliças, cuja produção tenha controle ou ausência de utilização de agroquímicos, desempenham função protetora no surgimento de doenças crônicas não

transmissíveis. Uma dieta com grande quantidade e variedade de frutas e hortaliças está associada à prevenção de 20% ou mais dos casos de câncer; o baixo consumo desses produtos está relacionado à cerca de 31% das doenças isquêmicas do coração e 11% dos casos de derrame. Já está comprovada, também, a redução no risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares proporcionada pela combinação de antioxidantes, micronutrientes, substâncias fitoquímicas e fibras encontradas nesses alimentos (4). Em Roma, por exemplo, a mudança nas compras de alimentos começou, gradualmente, no final da década de 1990. Baseada em uma legislação nacional que tentava barrar a importação de carnes bovinas contaminadas pelo mal da vaca louca, em favor de alimentos produzidos localmente, em particular os integrais e orgânicos, a administração municipal iniciou uma verdadeira revolução no sistema de alimentação escolar. Desde a constatação de que os jovens romanos estavam cada vez mais obesos e que os saudáveis hábitos de consumo de comida mediterrânea estavam sendo abandonados, foi iniciado um trabalho junto aos 20 distritos municipais para padronizar as licitações e foram estabelecidos critérios de pontuação para certificações ambientais, sendo o projeto muito bem sucedido. Tal projeto inspirou experiência semelhante no estado de São Paulo, no caso do morango com selo de qualidade, produtos orgânicos e para a oferta de serviços (educativos, treinamento etc) por parte das companhias participantes de licitações. Na cidade de Londres, após a década de 1990, os gestores públicos voltaram a se preocupar com questões que haviam sido afastadas das preocupações em relação à alimentação escolar britânica: a necessidade de reverter o crescimento da obesidade, de promover a redução dos impactos ambientais e adotar políticas de inclusão social. A partir de incentivos, os administradores distritais foram motivados a adotar uma agenda de compras locais, visando também à qualidade dos produtos *in natura* (2).

No Brasil, assim como em outros países, o consumo de hortaliças e frutas com selo de qualidade, informando que o produto está com níveis de resíduos de agrotóxicos e ingredientes ativos permitidos pela legislação, ainda é mais vinculado à população de maior poder aquisitivo, o que é facilmente comprovado pela análise da frequência dos grandes supermercados e feiras de produtos orgânicos. Com relação ao sistema brasileiro de produção de alimentos, de uma maneira geral, percebe-se que os órgãos de ex-

tensão rural vêm lutando contra o uso indevido de agrotóxicos e a classe agrônômica, os produtores, vêm pleiteando o registro pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) de produtos químicos para aplicação em culturas agrícolas de produção em pequena escala, porque a legislação brasileira dificulta as boas práticas agrícolas por não disponibilizar para as pequenas culturas (*minor crops*), as hortaliças em particular, um número suficiente de ingredientes ativos para combate a doenças e pragas agrícolas, ou seja, os produtos registrados não cobrem todas as culturas, conduzindo o agricultor familiar a ações de uso indevido de agrotóxicos, não raro, com a conivência do engenheiro agrônomo responsável pelo receituário agrônômico que, encontrando-se num impasse entre seguir a lei ou seus conhecimentos técnicos, procura ajudar o agricultor prescrevendo o produto registrado para um determinado cultivo que, na verdade, será utilizado em outro. A problemática não é tão complexa, mas os interesses da indústria de agrotóxicos e da indústria de gêneros alimentícios nem sempre são totalmente compatíveis, do ponto de vista ambiental, o que tem criado uma importante questão para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama) na relação com os agricultores. Esse diálogo já se arrasta por mais de duas décadas no Brasil, apesar de algumas ações isoladas em estados brasileiros que, em busca de alternativas para o agricultor, têm encontrado alternativos para o controle de pragas e doenças e pleiteado o registro de produtos mais adequados.

NORMATIZAÇÃO NECESSÁRIA Ainda sobre os sistemas de produção, uma nova ordem está sendo buscada, através da construção de um conjunto de normas e de um sistema de garantia de qualidade do produto hortícola, por exemplo, na região paulista do Alto Tietê, por meio de um projeto de políticas públicas da Fapesp, que analisou a qualidade físico-química e microbiológica da água de irrigação daqueles cultivos. Novas instituições de avaliação da conformidade participativa dos produtos são necessárias, assim como uma estrutura de governança que dê suporte para a transformação gradual do padrão tecnológico dos agricultores familiares (5). A produção e comercialização de frutas e hortaliças orgânicas, por exemplo, nos assegura um produto saudável e sem agroquímicos, e essa saudabilidade é garantida, aqui no Brasil, por uma Associação

de Agricultura Orgânica, através de um selo de qualidade. Mas isso ainda acontece de forma diminuta em relação ao número de consumidores. Em geral, o cultivo de hortaliças no Brasil faz uso de agrotóxicos.

Percebe-se que é cada vez mais importante valorizar a agricultura familiar orgânica, também por meio do fortalecimento do cooperativismo e associações, embora ainda se encontre alguma dificuldade de adesão dos agricultores, em função de tradição familiar, condições econômicas etc.

É considerado agricultor familiar no Brasil aquele que atende os seguintes requisitos:

- não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;
- tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento;
- dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família;
- utilize predominantemente mão de obra familiar nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento (6).

Já a agricultura familiar mundial caracteriza-se por:

- apresentar interface entre trabalho e gestão;
- ênfase na diversificação da produção, na sustentabilidade do uso dos recursos naturais e na qualidade de vida;
- tomada de decisões ligada ao alto grau de imprevisibilidade do processo produtivo;
- predomínio do trabalho assalariado complementar, mesmo que apenas quando a família apresenta falta de condições de desempenhar todas as atividades produtivas (7).

Comparando-se o modelo patronal ao familiar, observa-se no primeiro completa separação entre gestão e trabalho, organização centralizada, ênfase na especialização e nas práticas agrícolas padronizáveis, predomínio de trabalho assalariado, tecnologia voltada às decisões de oportunidades de momento, tecnologias voltadas principalmente à redução da necessidade de mão de obra e pesada dependência de insumos adquiridos (8). E é isso que acontece nas grandes culturas como a da cana de açúcar, no estado de São Paulo, e a da soja, em nível nacional, sendo esse o modelo tecnológico predominante da agricultura brasileira em larga escala. As monoculturas (cultivo de uma única cultura agrícola) ou a

rotação de culturas (alternação de um cultivo de uma cultura agrícola com outra no ano), mas com plantios intensivos em grandes áreas, diferentemente da agricultura familiar, têm colaborado para a degradação ambiental através do manejo inadequado do solo e da água e do uso excessivo de agrotóxicos. A estimativa da safra nacional de 2013 de cereais, leguminosas e oleaginosas totalizou 185 milhões de toneladas, superior 14,2% à obtida em 2012 (161,9 milhões de toneladas), e com variação absoluta positiva de 3.637.423 toneladas na comparação com a estimativa de março (2,0%). A área a ser colhida em 2013, de 52,8 milhões de hectares, mostrou acréscimo de 8,2% em relação à 2012 (48,8 milhões de hectares). O arroz, o milho e a soja são os três principais produtos desse grupo, que somados representaram 92,4% da estimativa da produção e corresponderam a 86,1% da área a ser colhida no Brasil. Comparativamente a 2012, na produção, os acréscimos foram de 5,1% para o arroz, de 9,1% para o milho e de 23,3% para a soja (9).

Porém, observa-se que houve uma maior conscientização, em geral, em relação ao uso racional de agrotóxicos, até por força de novos posicionamentos do mercado consumidor de gêneros alimentícios no estado de São Paulo. Em relação à água em área de arroz irrigado por inundação no Vale do Paraíba, em amostragens realizadas em setembro de 1999 (antes da aplicação do inseticida no campo de arroz) e mensais de outubro de 1999 (5 dias após a aplicação) até maio de 2000 utilizando-se o inseticida carbofurano formulado a 5% deste ingrediente ativo (com pequena máquina que produzia efeitos semelhantes a aplicação a lanço), verificando-se o nível de dano econômico, portanto, apenas quando o inseto gorgulho aquático do arroz compromete a produção, constatou-se que nas amostras de água foram detectados resíduos, ainda que não em volume representativo. Na água bruta e de abastecimento do distrito industrial de Taubaté, tratada pela Sabesp, no mesmo período não foi detectado resíduo de carbofurano (10).

Mas, tanto no Brasil quanto em alguns países europeus, a qualidade da água subterrânea, por exemplo, ainda está ameaçada por pesticidas (11) e ainda ocorrem muitos problemas de contaminação ambiental por pesticidas em virtude de transporte, lixiviação e escoamento superficial, juntamente com as partículas de solo ou da água, comprometendo enormes áreas agricultáveis, o abastecimento público, animais e populações inteiras de consumidores e de habitantes de determinadas regiões.

Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, há ainda muita carência de profissionais que possam dar assistência técnica e orientações aos agricultores familiares sobre, principalmente, inovações científicas e tecnológicas da área e melhor manejo do solo, o que contribuiria para que as gerações futuras possam usufruir de uma nova realidade onde haja produção racional de alimentos, energia e bens produzidos dentro de padrões éticos e sustentáveis. Programas como o PNAE poderão, se bem implementados, ajudar os pequenos agricultores a serem, mais que produtores, agentes de mudanças.

Magda Regina Santiago Moreira é engenheira agrônoma, pesquisadora científica do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Proteção Ambiental, do Instituto Biológico, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brasil. Lei nº 11947, de 16 de junho de 2009.
2. Siliprandi, E.; Belik, W. "A agricultura familiar e o atendimento à demanda institucional das grandes cidades". In: Corá, M. A. J., Belik, W. (Orgs.). *Análise da inclusão da agricultura familiar na alimentação escolar no estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto Via Pública, 2012. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/alimenta-o-escolar/arquivos-2012/Publica%C3%A7%C3%A3oNutraS%C3%83OPAULO.pdf>. Acesso em: 18/01/2012.
3. Belik, W. e Souza, R. (2009). "Algumas reflexões sobre os programas de alimentação escolar na América Latina". *Planejamento e políticas públicas Ipea* nº 33 jul/dez.2009, p.103-122.
4. [www.agricultura.gov.br/arq.../Hortalicas/.../A_Politica_Nacional de Alimentação e Nutrição e as Iniciativas para aumentar o consumo de frutas e hortaliças no Brasil.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq.../Hortalicas/.../A_Politica_Nacional_de_Alimentacao_e_Nutricao_e_as_Iniciativas_para_aumentar_o_consumo_de_frutas_e_hortalicas_no_Brasil.pdf). Acesso em 16/12/2011.
5. Chalita, M.A.N. & Carvalho, Y.M.C. "Potencialidades do envolvimento social em torno da construção do selo de qualidade ambiental na região das cabeceiras do Tietê". *Textos para discussão*. São Paulo. TD-IEA n.20/2010.
6. Brasil. Lei da Agricultura Familiar (Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006).
7. www.ceplac.gov.br/radar/artigos. Acesso em 08/06/2011.
8. Veiga, J.E. "Debates- Agricultura familiar e sustentabilidade". *Cadernos 396 de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v.13, nº 3, p.383-404, 1996.
9. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201304comentarios.pdf. Acesso em 19/05/2013.
10. Santiago, M. R. "Impactos ao ambiente e riscos potenciais à saúde, Decorrentes do uso de carbofurano em área de produção de arroz, Taubaté, São Paulo". Dissertação de mestrado em saúde pública, 2001, 72 p. – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2001.
11. FAO – Irrigation and drainage paper 55, Rome, 1996. 101p.

FONTES CONSULTADAS

www.cati.sp.gov.br/projetolupa/index.php {acesso em 16/01/2012}. www.fao.org/fcit/fcit-home/en {acesso em 07/6/2013}

HUMOR

DOS TRAÇOS SOFISTICADOS AO VALE TUDO NAS REDES SOCIAIS

De 24 de agosto a 20 de outubro deste ano acontece a 40ª edição do Salão Internacional de Humor de Piracicaba, no interior paulista. Começou pequeno, como uma mostra de humor gráfico dentro do Salão de Arte Contemporânea de Piracicaba, em 1974, em plena ditadura militar. Alceu Marozzi Righeto, Adolpho Queiroz e Carlos Colonnese foram alguns dos idealizadores do evento que contataram os editores do jornal *Pasquim* pelo apoio de Jaguar, Millôr Fernandes, Paulo Francis e Zélio Alves Pinto para a primeira edição do evento. A partir de então, grandes nomes do humor brasileiro levariam suas obras para o salão: Ziraldo, Fortuna, Henfil, Luis Fernando Veríssimo, Paulo e Chico Caruso, Miguel Paiva, Angeli, Laerte, entre outros. A grande repercussão logo na estreia anteviu a carreira da mostra que se tornou internacional a partir de sua terceira edição, e hoje é tida como a maior no gênero, exibindo trabalhos em cartum, charge, caricatura e tiras, além de mostras paralelas em vários espaços culturais da cidade.

No Brasil, humor se mescla com a crítica política e social e virou uma das características nacionais mais marcantes. “Sem dúvida o povo



Charge de Ivan Cabral (acima) apresentada no Salão do Humor de Piracicaba 2012 e caricatura de Lézio Custódio Jr (ao lado) premiada em 2011

brasileiro é um constante piadista, faz humor de tudo e de todos. A possibilidade do riso abre a possibilidade de entender, ou pelo menos começar a entender, as questões, sejam trágicas ou cômicas”, afirma Edu Grosso, diretor do Centro Nacional de Humor Gráfico de Piracicaba (CEDHU). O jornalista e escritor Barão de Itararé, pioneiro do humorismo político brasileiro, não poupava o governo brasileiro de suas críticas bem-humoradas já em meados de 1930.

HUMOR E POLÍTICA “Até o período anterior ao governo militar muitas críticas eram feitas sob a égide do bom gosto e, como se vivia em tempos menos rígidos, elas eram melhor toleradas e, por isso, podiam ser mais explícitas e menos agressivas”, explica o psiquiatra Francisco Baptista Assumpção Jr, do Instituto de Psicologia da USP. Mas o cenário mudou com a ditadu-



ra militar, que censurou e até mesmo exilou muitos humoristas. Juca Chaves teve que se mudar para Portugal na década de 1970, mas não deixou de fazer suas sátiras lá – o que acabou incomodando o governo nacionalista e repressor do primeiro-ministro António de Oliveira Salazar, obrigando o humorista a se mudar novamente, desta vez para a Itália. Na ditadura, outros humoristas se destacaram por sua forte críti-

ca política e social. Foi a época do humor refinado de Henfil, Millôr Fernandes, Ziraldo e Jaguar marcos de inteligente e forte crítica política e social. E todos tiveram problemas com o regime militar. “O governo militar não tolerava que se risse dele. Por isso as críticas não podiam ser explícitas, tendendo a ser metafóricas, porque o humor só era tolerado se não fosse direto. E isso piorou a insatisfação e as válvulas de escape se tornaram cada vez menores”, explica Assumpção.

Segundo o pesquisador, enquanto o poder se manifesta através da força, os oprimidos acabam se valendo do humor para criticar o estado das coisas. “A única possibilidade que sobra é rir daqueles que oprimem e abusam”, conclui.

POLITICAMENTE INCORRETO A ditadura militar terminou, mas o assunto para a crítica e para o humor, não. O cenário voltou a mudar com a eleição de Luiz Inácio Lula da Silva para a presidência, em 2003. “Com a eleição do Lula, originalmente um operário pouco letrado, houve certa inibição, da parte de muitos humoristas engajados politicamente, de tomar o presidente como objeto da crítica humorística”, aponta o psicanalista Daniel Kupermann, professor do Instituto de Psicologia da USP. Ele conta que houve uma espécie de esvaziamento da resistência ao pensamento hegemônico que hoje vigora no país, assim como um descrédito generalizado das instituições reguladoras da vida social. “Nos falta, efetivamente, alguma reverência em relação aos valores inegociáveis para a vida cultural”, afirma.

Se por um lado as ferozes críticas sociais e políticas sofreram um esvaziamento, por outro o humor brasileiro tornou-se mais escrachado e até mesmo ofensivo. Os pesquisadores apontam que isso surge como uma revolta contra o politicamente correto, que condena tudo o que possa ser discriminatório e ofensivo. “Não somos perfeitos nem tendemos a isso. Rimos daquilo que consideramos constrangedor, ridículo ou feio, e esses conceitos, nos últimos anos, passaram a sofrer uma censura marcante por não serem considerados politicamente corretos”, diz Assumpção. No entanto, Kupermann lembra que o humor propriamente dito não poupa ninguém, mas incide sobre os ideais que sustentam a ordem social, promovendo a abertura para o *non-sense* e o impensado.

Por outro lado, essa teórica liberalização contra a ditadura do politicamente correto acaba considerando o desrespeito ao outro como uma manifestação democrática da própria opinião. Em nome desse individualismo e da liberdade de expressão, muitos humoristas acabam exagerando e fazendo comentários ofensivos e preconceituosos. “O privilégio da individualidade possibilitou o surgimento da ‘falta de educação’ e cortesia, como um atributo de uma ‘pós-modernidade’ onde tudo é fluido, as relações são descartáveis e o respeito idem”, analisa Assumpção.

O HUMOR CAIU NA REDE Hoje, grupos de humor têm se tornado virais na internet. Youtube, redes sociais, blogs e vlogs são locais de compartilhamento de vídeos e também de tirinhas, charges e cartuns que abran-

gem uma temática tão vasta quanto seu público. A característica mais marcante desse “novo humor” é a acessibilidade. E podem ser compartilhados pelas redes sociais e outros tantos mecanismos disponíveis pela internet. Esse compartilhamento faz com que ele atinja um número muito grande de pessoas, mesmo fora da grande mídia. Estar fora dos meios como a televisão, jornais e revistas, aliás, permite que esse humor seja mais explícito e, até certo ponto, com menor censura.

Além disso, esse humor que circula na rede tem como principal público os adolescentes e jovens adultos, “Isso porque, em termos psíquicos, o adolescente se encontra em meio a um difícil trabalho, no qual precisa, para atingir a maturidade e responsabilizar-se pelos seus atos, romper os laços com os objetos que o sustentavam até então – notadamente os pais e as figuras às quais conferia autoridade”, explica Kupermann, que lidera o grupo de pesquisa no Laboratório de Pesquisas e Intervenções Psicanalíticas do Instituto de Psicologia da USP. “Além disso, a urgência em encontrar novos territórios existenciais favorece uma intensa adesão a grupos e a identidades *prêt-à-porter*. Dessa maneira, não é surpreendente que se busque uma via de escape, na qual tudo o que é abominável é posto no outro do qual se ri. Trata-se, assim, de usufruir de uma espécie de ‘licença poética’ que a cultura tolera e, mesmo, oferece, para que nossa agressividade encontre uma via lúdica de expressão”, afirma.

Chris Bueno



Mutirão de mulheres quebradeiras de coco de babaçu do Médio-Mearim, região central do Maranhão. Comunidade presente em quatro estados

MEIO AMBIENTE

QUEBRANDO COCO, ROMPENDO PARADIGMAS

Elas acordam cedo, caminham vários quilômetros para entrar na mata. Lá, saem em busca das palmeiras de babaçu para colher seu fruto. Quando se reúnem em pequenos grupos para quebrar os pequenos cocos e retirar sua preciosa amêndoa, cantam pela preservação dos babaçuais: “*Não derrube esta palmeira. Não devore os palmeirais. Tu já sabes que não podes derrubar. Precisamos preservar as riquezas naturais*”. Elas são as mulheres quebradeiras de coco de babaçu do Médio-Mearim, região central do estado do Maranhão, um exemplo bem sucedido da convivência equilibrada entre humanos e o meio am-

biente, cuja história está intimamente ligada à luta contra a privatização do uso da terra e dos babaçuais.

As populações tradicionais, que vivem perto das florestas no Maranhão aproveitam tudo o que a palmeira de babaçu oferece (veja box). “Para alimentação usam as palmeiras menores, chamadas pindovas, retiram o palmito que serve tanto para alimento humano como para ração animal, fazem farinha e das amêndoas extraem o óleo, retiram o leite e o azeite, utilizados na cozinha e na fabricação de sabão e sabonetes”, descreve Rosana Schuwartz, historiadora da Universidade Presbiteriana Mackenzie, que coordenou entre 1989 e 2010, o projeto “Quebradeiras de coco de babaçu e o desenvolvimento sustentável: formas de educação ambiental e comunicação”. Das folhas das palmeiras são feitos cestos, leques, cercados e a cobertura das casas, sendo ainda utilizadas como adubo orgânico. Da casca do coco tiram o carvão, usado na cozinha. Do gongo, larva

que fica dentro da amêndoa, fazem frituras ou transformam em óleo para usar nos cabelos.

Enquanto para as populações das cidades, muitas vezes, a preservação do meio ambiente é algo distante, para essas comunidades é na relação com os recursos naturais que se dá a formação de sua identidade. A preservação da floresta é uma tradição transmitida oralmente de geração para geração. “Preservar esses recursos significa assegurar a reprodução social dos povos envolvidos”, afirma Rosana. Segundo ela, para as mulheres que vivem da quebra do coco, garantir o acesso e a preservação dos babaçuais vai muito além da renda. “Significa manter suas tradições e o equilíbrio com o meio ambiente, já é um modo natural de sustento e de impedir que as paisagens locais se transformem em capinzais para o gado”, afirma. “Foi por isso que as mulheres quebradeiras de coco de babaçu, juntamente com outras comunidades tradicionais, se orga-



brasileiros nos quais há ocorrência de palmeira de babaçu

nizaram em associações, entrelaçando, em suas reivindicações, questões de gênero e meio ambiente”.

MULHERES MULTIFUNCIONAIS “Somos quebradeiras de coco de babaçu, extrativistas, donas de casa, mulheres, mães, avós, esposas, trabalhadoras rurais organizadas pelo Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu (MIQCB), que integra quatro estados brasileiros onde há ocorrência de palmeiras de babaçu: Maranhão, Tocantins, Pará e Piauí”, informa o texto que abre a página do MIQCB na internet. O objetivo do Movimento, criado no final dos anos 1980, é conquistar melhores condições de vida e de trabalho para essas mulheres. A luta das quebradeiras se insere em um contexto de forte pressão tanto pelos altos índices de desmatamento como pela privatização das áreas ocupadas pelo babaçu. Segundo Rosana Schuwartz, diversas áreas são devastadas para dar lugar aos pastos, fato que provoca tensões,

inclusive em unidades de conservação oficialmente reconhecidas, como no caso das reservas do Ciriaço e Mata Grande, além do Parque Estadual do Mirador, todos no Maranhão.

Outra organização liderada por elas e por trabalhadores rurais é a Associação em Áreas de Assentamento no Estado do Maranhão (Assema). Fundada em 1989, ela apoia a agricultura familiar, prestando assessoria técnica e jurídica, e o extrativismo sustentável por meio da utilização e preservação dos babaçuais. O surgimento desses dois movimentos coincide com as primeiras incorporações de variáveis ambientais pelos movimentos sociais e suas lutas pelo reconhecimento do conhecimento tradicional que aconteceram no final dos anos 1980 e início dos anos 1990, diz a historiadora.

QUESTÕES DE GÊNERO Conhecimento tradicional que deve ser entendido como uma reapropriação e reinvenção de uma categoria vinculada ao passado, mas que se projeta para o presente e futuro. Isso significa que esse conhecimento acaba reinventando as questões de gênero presentes nas associações não governamentais, como a Assema e a MIQCB - “que entrecruzam a defesa ao meio ambiente, cultura tradicional e

igualdade de direitos entre homens e mulheres”, pontua Rosana.

Dentre as conquistas da Assema está a aprovação, em 1997, da Lei do Babaçu Livre. “Essa lei garante às quebradeiras e às suas famílias, direito de livre acesso e de uso comunitário dos babaçus (mesmo quando dentro das propriedades privadas) e ainda impõe restrições significativas à derrubada das palmeiras, os cortes dos cachos e o uso de herbicidas na região dos babaçuais”, explica a pesquisadora. Mesmo assim, muitos fazendeiros impedem a entrada das quebradeiras para coletarem o coco do babaçu em suas propriedades, instalando cercas elétricas e até disparando tiros para amedrontar as mulheres. Desde então outras leis foram aprovadas. No estado do Tocantins houve aprovação de lei estadual que, além de garantir o livre acesso, proíbe a queima e venda do coco inteiro, conta Ana Carolina Magalhães Mendes, da coordenação técnica do MIQCB.

“O combate ao desmatamento das florestas de babaçu e o estabelecimento de preços justos para os produtos que fabricamos (veja box) demandam trabalho constante”, afirma Silvanete Matos Carvalho, secretária executiva da Assema. “Em outra frente, buscamos novas tecnologias para o aproveitamento integral do babaçu, que facilitem a conversão das amêndoas em produtos de maior valor”, completa.

Um fator de disputa mais recente em torno do babaçu foi gerado pelo uso do coco para a produção de carvão vegetal. “Diversas fazendas foram arrendadas para essa atividade, cujo mercado consumidor é

formado por empresas de óleos vegetais, cerâmicas e, principalmente, pelas siderúrgicas ligadas ao Projeto Carajás”, conta Rosana. Ela ressalta que as organizações extrativistas não são contrárias ao uso do coco para produção de carvão, desde que seja somente a casca e não o coco inteiro, com a amêndoa, principal subproduto da economia familiar do babaçu.

COMUNIDADES DE FIBRA A especificidade dessa economia é que ela se baseia em unidades familiares, onde o trabalho é dividido entre todos os membros da família e passado de uma geração para outra, construindo relações de gênero próprias dessas comunidades tradicionais, que tem o meio ambiente como palco principal. Por isso ele passa a ser um instrumento de luta política. Nas organizações que essas mulheres criam para lutar pela preservação do meio ambiente e por seus direitos como trabalhadoras, elas encontram uma possibilidade de voz e ação política, recusando a vitimização do papel feminino que, muitas vezes, a sociedade impõe. “A prática social cotidiana das mulheres quebradeiras de coco de babaçu cria atividades diferentes, complementares e não raramente conflituosas em meio às questões entre o masculino e o feminino. Cada gênero foi construído historicamente com uma função e uma missão: às mulheres o mundo do lar, do íntimo e aos homens as responsabilidades do mundo público. Essas mulheres, quebrando cocos, alteram a cada dia essa relação”, finaliza a historiadora.

Patrícia Mariuzzo

PRODUTOS DO BABAÇU

O principal produto retirado do coco do babaçu são as amêndoas. Elas são transformadas em óleo bruto, vendido para a indústria de cosméticos e de sabão, tanto no mercado nacional como internacional. No entanto, para dominar todas as etapas do beneficiamento e também a comercialização dos subprodutos, as quebradeiras de coco buscaram capacitação e desenvolveram uma linha de produtos artesanais. A farinha ou pó de babaçu é rica em amido, vitaminas e sais minerais, pode ser utilizada em bolos, tortas, vitaminas e sucos de frutas. Tem propriedades anti-inflamatórias e analgésicas. Já o sabonete é produzido de forma artesanal, sem uso de aditivos e a partir do óleo de babaçu. A palha da palmeira também pode ser usada para confeccionar bolsas, esteiras, cestaria em geral, chapéus e peneiras que, por vezes, ainda ganham um refinado acabamento feito com a fibra do buriti. Existe ainda uma linha de bio-joias feitas do endocarpo do babaçu e de sementes variadas. Sabão, azeite e carvão completam o catálogo de produtos de babaçu, cuja comercialização permite diversificar e melhorar a renda das famílias envolvidas na coleta do coco.

PAULO VANZOLINI

PAIXÃO PELA CIÊNCIA E PELA MÚSICA DEIXOU MARCAS POR ONDE PASSOU

O seu olhar perspicaz ao identificar padrões históricos numa diversidade antes confusa contribuiu para que a zoologia brasileira deixasse de ser uma mera busca pela descrição de novas espécies e para que se começasse a pensar em hipóteses evolutivas. Ao mesmo tempo, foi o observador do cotidiano com uma sensibilidade humanística que compôs clássicos do samba como *Ronda*, *Volta por cima* e *Na boca da noite*, entre tantos outros. Este foi Paulo Emílio Vanzolini, cuja voz calou-se no último dia 28 de abril em São Paulo.

Zoólogo e compositor, Paulo Vanzolini conciliou suas paixões pela música e pela pesquisa científica, deixando marcas profundas nas duas áreas e tendo influenciado músicos e pesquisadores. Sua carreira começou cedo. Com apenas 14 anos iniciou um estágio no Instituto Biológico de São Paulo, onde descobriu a vocação para a zoologia. No entanto, ingressou na Faculdade de Medicina da USP, seguindo um conselho de um amigo de seu pai. O que pode parecer um desvio em sua carreira foi na verdade um aprofundamento em sua área: foi na USP que iniciou seus estudos sobre anatomia, histo-



Zoólogo e sambista que influenciou o país e o mundo

logia, embriologia e fisiologia que o ajudaram muito em suas pesquisas sobre vertebrados.

Apesar de ser aluno de medicina, Vanzolini passava grande parte de seu tempo no Laboratório de Zoologia da universidade. Tanto que, no quinto ano de medicina, foi nomeado para o Museu de Zoologia. Em 1949, foi para os Estados Unidos, onde obteve o doutorado em zoologia pela Universidade de Harvard e especializou-se em herpetologia (estudo de répteis e anfíbios). Ao voltar para o Brasil, retomou seu trabalho no Museu de Zoologia.

Os trabalhos de Vanzolini foram um divisor de águas nas pesquisas em zoologia no Brasil e tiveram ampla repercussão internacional. O principal fator inovador é que tinha como premissa o neodarwinismo que, ao fazer a síntese entre o conhecimento da genética mendeliana com a teoria evolutiva de Darwin, passou a considerar a população genética como a unidade do processo evolutivo.

“Partindo dessa premissa, suas pes-

quisas se concentraram no estudo da variabilidade intrapopulacional e interpopulacional das espécies, levando em consideração a distribuição geográfica, a variação ambiental, enfim, a ecologia dos organismos”, explica Fábio de Melo Sene, professor da USP de Ribeirão Preto.

VIDA DE CIENTISTA Outro destaque em suas pesquisas foi o estudo de caracteres de variação contínua, o que exigia grandes amostras de cada população e complexas análises estatísticas dos dados. Para obter as amostras foram necessárias extensas excursões de campo pela América do Sul, com grande esforço de coleta na Amazônia. Suas pesquisas de campo fizeram com que a coleção herpetológica do Museu de Zoologia passasse de 1.200 para 230 mil espécimes. “Vanzolini tinha fama de pesquisador exigente, cuidadoso, devotado à ciência. Formou uma das coleções mais organizadas do mundo e a maior da América Latina, além de uma biblioteca associada a ela que

possuía literalmente todas as obras referentes à herpetologia neotropical, desde as primeiras, publicadas nos séculos XVII e XVIII, até as mais modernas e recém-publicadas”, conta Ulisses Caramaschi, professor do Departamento de Vertebrados do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Vanzolini foi premiado pela Ordem Nacional do Mérito Científico com a classe Grã-Cruz por sua contribuição na área das ciências biológicas, e também recebeu um prêmio da Fundação Guggenheim, de Nova York. Sua trajetória científica está resumida no livro *Evolução ao nível de espécie - Répteis da América do Sul*, lançado em 2010 pela editora Beca. “Vanzolini sempre declarou que sua profissão e ganha-pão estavam na zoologia. Gostava de dizer que, com um vidro de formol e um microscópio ele ganhou a vida e criou os filhos”, conta Caramaschi.

A TEORIA DOS REFÚGIOS Uma das mais importantes contribuições científicas de Vanzolini surgiu como decorrência do estudo de suas numerosas coletas. Os chamados refúgios decorrem de flutuações climáticas ocorridas no período quaternário. Quando as geleiras avançavam sobre o Hemisfério Norte, num período glacial, o Hemisfério Sul ficava frio e seco. Quando elas recuavam, num período interglacial, o Sul ficava quente e úmido, propiciando a expansão das matas e da fauna desse ambiente. Já no período glacial, as matas se retraíam, criando verdadeiras ilhas de vegetação, onde também sobreviviam espécies animais – só que em populações menores e iso-

ladas das demais. Essas ilhas foram chamadas de refúgios. “Neste período de isolamento, a tendência é a ocorrência de diferenciação entre as populações e, no período de fusão, poderia ocorrer dessa diferenciação ser tão grande que os indivíduos das diferentes populações não se cruzavam mais (tornando-se espécies diferentes); ou então dessa diferenciação não ter sido suficiente para criar um isolamento reprodutivo e os indivíduos das diferentes populações, ao se inter cruzarem, davam origem a uma nova população com variabilidade muito maior”, explica Sene.

VIDA DUPLA Vanzolini dividia seu tempo entre a pesquisa científica e a música. Sua vida dupla começou já na faculdade quando passou a frequentar as rodas boêmias e a compor seus primeiros sambas. Em 1944, começou a trabalhar no programa de Cacilda Becker, intitulado *Consultório Sentimental*, na Rádio América. Teve suas canções interpretadas por grandes artistas brasileiros, como João Gilberto, Chico Buarque e Maria Bethânia. Sua vida de compositor e cientista foi tema do documentário *Um homem de moral*, de 2009, do cineasta Ricardo Dias. “Vanzolini foi um exemplo curioso de sambista, uma vez que não tocava qualquer instrumento e, como cantor, era sofrível, e mesmo desafinado, em certos momentos”, conta Francisco Inácio Bastos, pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz. “Mas ele tinha uma enorme capacidade de transformar observações cotidianas e mesmo temas abstrusos (como no seu famoso samba sobre temas eruditos) em músicas de alta qualidade.

Creio não haver qualquer outro músico no Brasil com as características dele e, até onde sei, nenhum outro zoólogo sambista, em todo o mundo”, diz Bastos.

Apesar de sua paixão pela música, Vanzolini sempre a considerou uma atividade a ser desenvolvida nas horas vagas. No ambiente de trabalho raramente falava em música. Porém, a música teve indiretamente grande influência na formação e crescimento do acervo das coleções e de sua biblioteca. “Era dinheiro extra que entrava de vez em quando. E tudo o que ele chamava de dinheiro de música era aplicado na compra de exemplares zoológicos para as coleções e, principalmente, para adquirir livros”, diz Caramaschi.

Unir música e ciência não foi uma tarefa difícil para o zoólogo. Afinal, ele usava todo seu talento e curiosidade como pesquisador para compor suas canções, do mesmo modo que utilizava sua criatividade e sensibilidade musicais em suas pesquisas científicas. “Minha impressão é de que ambas faziam parte de um contínuo, fruto da sensibilidade e percepção de um cientista com uma imensa capacidade de observação empírica, como todo bom zoólogo, talento que estendeu à vida social e cultural, ou seja, foi um observador atento e inteligente não apenas do mundo natural, como do cotidiano de São Paulo. Vanzolini foi um homem de ação na área de ciência, e isso me parece refletido igualmente na sua música, que é frequentemente narrativa e dinâmica”, conclui Bastos.

Chris Bueno

ARTES

FLÁVIO DE CARVALHO: A REBELDIA COMO LINGUAGEM

Nos dias de hoje, “saião” no colégio, com chamada pelas redes sociais, pode ser visto como uma forma inteligente e divertida de protestar contra medidas arbitrárias e ineficientes. Mas ousadia mesmo foi, na década de 1950, um homem de 57 anos sair pelo centro de São Paulo vestido com trajes provocativos bolados por ele: um blusão de mangas curtas e folgadas e saíote de pregas largas.

Flávio de Carvalho, em sua *Experiência nº 3*, fez isso em 1956, quando circulava pelas ruas paulistas um carro chamado DMK-Vemag e Beatles era apenas uma banda que começava a se formar em Liverpool. Flávio, morto há 40 anos, foi um dos grandes nomes da geração modernista brasileira. E exerceu sua criatividade como arquiteto, engenheiro, cenógrafo, teatrólogo, pintor, desenhista, escritor, filósofo, performer, músico, *flashmobist* (muito antes de isso virar termo da moda). Mas foi acima de tudo um artista à frente do seu tempo.

Ele nasceu em Barra Mansa, no estado do Rio de Janeiro, em 1899. Com um ano de idade mudou-se com a família para a cidade de São Paulo. De família abastada, anos mais tarde foi estudar na Europa.

Primeiro na França, de 1911 a 1914, depois na Inglaterra, onde frequentou a Universidade de Durham. Lá, formou-se em engenharia civil em 1922, e fez seus estudos de belas artes.

De volta a São Paulo, empregou-se como calculista no renomado Escritório Técnico Ramos de Azevedo, responsável por importantes obras como o Teatro Municipal de São Paulo, a Pinacoteca do Estado e o Mercado Municipal de São Paulo. Nessa época, Flávio costumava andar pelos corredores do escritório só de short, o que era inadmissível para os padrões da época. Ante um abaixo-assinado dos inquilinos, exigindo sua imediata saída do prédio, Flávio não apenas se recusou como ainda afirmou: “Não vou sair daqui de jeito nenhum. Vocês só

me tiram daqui a bala... mas vai ser difícil, porque vou instalar uma metralhadora em meu ateliê (...)” E mais, no dia seguinte, publicou um anúncio no *Diário Popular* “Compra-se uma metralhadora. Tratar com Flávio de Carvalho no Instituto de Engenharia”. Flávio de Carvalho foi um grande representante do Movimento Modernista. Seu profundo interesse pelo experimental refletia sua total fuga das regras e formas acadêmicas de tratar a arte, predominantes na primeira metade do século XX. Seu



Em 1956, artista realiza em São Paulo sua *Experiência Nº 3*: passeata no Viaduto do Chá com seu “Traje tropical”

estilo era na verdade uma fusão de estilos. Suas pinturas, cenários, esculturas e performances tinham traços surrealistas, cubistas e do expressionismo alemão. Mas revelavam principalmente um grande apego ao polêmico e à renovação. Tinha como ideal a antropofagia pura, numa releitura de movimentos artísticos europeus, adaptando-os para a sociedade brasileira. Um traço marcante em seus trabalhos, muitas vezes chamados de “experiências”, era a busca por um contato direto com o espectador, o qual ele

Reprodução

observava, buscando entender as reações psicológicas aos seus trabalhos. Ele faleceu em 4 de junho de 1973, em Valinhos, no interior de São Paulo, deixando uma vasta obra, que inclui livros, pinturas, desenhos, cenários, projetos arquitetônicos e ensaios. Suas obras estão espalhadas pela cidade de São Paulo – no Palácio dos Bandeirantes, na Pinacoteca do Estado de São Paulo, no Museu de Arte Contemporânea da Universidade de São Paulo, na Associação Paulista de Medicina, no Museu de Arte Moderna, no Museu de Arte de São Paulo Assis Chateaubriand, no Museu de Arte Brasileira da FAAP, na Pinacoteca Municipal do Centro Cultural São Paulo –, no Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro, na Pinacoteca da Universidade Federal

de Viçosa (MG), na Galleria Nazionale d’Arte Moderna di Roma (Itália), no Musée d’Art Moderne de la Ville de Paris (França) e no Museum of Modern Art – MoMA – de Nova York (Estados Unidos). Mas, além das obras e acima de tudo, deixou-nos o exemplo de que é possível ser genial e irreverente, trabalhador incansável e crítico mordaz, independentemente da roupa que se use e que pode ser um short, uma saia ou um traje a rigor.

Leonor Assad

AQUI EU TENHO UM RIO

É ali, o terceiro sobradinho, tá vendo? O portão comprido, com as grades curvadas na parte debaixo pra caber o carro. Isso e a cobertura de eternit, tudo novidade, no meu tempo não tinha. Olhando daqui não parece uma gaiola? Sempre penso nisso quando vejo um sobradinho com essa caixola na frente. Coisa de paulistano, meu! Não é assim que a gente fala? Não é mais? Ah, também tanto faz, né, mano? Mas é que ali é minha casa, tenho uma foto pra comprovar. Essa aí sou eu atrás do portão. Uns três anos, louca pra sair. A cara zangada é que eu queria sair. E alguém não deixava, lógico. Eu? Eu rio assim mesmo, enviesado. Metade da boca entorta pra um lado. Mas não me faça desviar do assunto. A casa é minha porque foi a primeira que eu chamei de casa. Não carece tocar a campainha e dizer, nem fica bem. Quero atravessar a rua e olhar de perto. E caso alguém aparecer, aí eu digo. Assim é mais educado. Depois que perdi o emprego, o amor e o sossego dei pra isso, de andar por aí reparando no passado. O presente? O presente é isso mesmo. Ofuturo? O futuro não existe, meu filho. O meu amor? Esse morava no Mandaqui. Mas daí é outra história. Vam'atravessar a rua. Tá vendo, tá vendo? É essa minha casa. Que coisa, não me lembro de nada, também eu era tão criança. E com esse sujeito buzinando aí do lado não dá jeito. Não tenho concentração. Buzina curta, buzina longa, buzina curta-e-longa, buzina dos-infernos, buzina de-que-até-deus-duvida. Espia só, apareceu um homem na janela. Aí vem ele. Será que eu digo, será que eu digo? “Boa tarde, moço, o senhor sabia...” Ei, qué isso, qué isso! Ufa, fazia tempo não corria desse jeito. Ufa, deixa eu tomar fôlego. O que deu em você, garoto, viu assombrado? Revólver? Jura? Não, não vi nada. Estava tão entretida em dizer a ele. Acertou o da buzina? Não quero olhar. Te aquieta, menino, vê só onde a gente veio parar. Aqui é a avenida Marginal, certo? Então... Aqui eu tenho um rio. Que alegria eu tinha de brincar na terra! Uma terra vermelha, úmida. Não sei se traziam de outro lugar pra drenar a várzea. Ou era terra nativa que eles tiravam do rio pra corrigir o curso. Ou você acha que o rio corre assim, reto, por um acaso? Você acha que Deus trabalha com régua? Não, não sou bíblia, ah, menino, não deixa eu me esquecer do que estava dizendo. Não me deixa esquecer, eu gostava tanto de brincar no barro. Quem visse podia pensar que a avenida que estavam abrindo era minha. Aí é que está, aí é que está. Não era a avenida, era o rio. Até alguém me descobrir e arrastar pra casa. Eu tinha ódio de viver trancada. Ai, que ódio! Eu não vejo o rio, ceguei pra ele. Olha, olha bem. Ponte, carros, pista, mato... Que é do rio? Fraco das ideias é você. Não quero saber seu nome. Por acaso eu disse o meu? Toma, pega a bolsa de uma vez, deixa eu ficar com a foto. Mas já vai indo? Eu não dei o dinheiro? Pra que tanta pressa? Vam'ali ver meu rio, eu tenho um rio. Daí quero ver você tomar de mim, isso eu quero ver!

OLHOS VAZADOS

(trecho inicial)

Eu sei que seus olhos são vazados. Não que os veja, eu sei. E se o pudor deixasse, os representaria com ajuda de uma velha fotografia e um photoshop. Muita coisa mudou desde o seu fim e o meu começo, inclusive essa propriedade de facilmente ver o que apraz. Sinto, apesar do carinho que lhe tenho, eu, que sempre a vi ausente, não quero seus olhos vazados. Não é questão estética, é pudor. Por favor entenda e saiba também: encomendei uma visão. Uma que possa ser vista por olhos vazados. E diz respeito a coisas maravilhosas que não vimos e que nos habitam. Coisas de fechar os olhos e saber em silêncio.

Então ouça: houve um tempo em que as árvores erguiam-se em caules pintados de fungos coloridos para dilatarem as copas nos limites entre a neblina e o sol. E um povo cambriano amendoava os olhos no rés da mata.

Haviam herdado trilhas de animais paleozóicos e nelas passavam boa parte da vida. Caminhavam muito até chegar. O que só acontecia quando um lugar era bom, com água e caça. Então, incendiavam a mata e na clareira que se abria botavam roça. E se o dia estava muito quente, dava gosto ver tribos inteiras folgando na água. Que havia muita água, rios, riachos, lagoas alimentados por ferozes tempestades. Era assim o trivial dos Tupis, posso vê-los caminhando pela avenida Paulista, caçando no Pacaembu, entoando cantos monódicos ao redor de fogueiras, nas noites escuras que nunca existiram em Piratininga. Nem hoje, nem há cinquenta anos, quando você cessou de existir e eu rasguei o ventre de minha mãe. Tupi. Rezo as flautas sagradas que nunca existiram, Luzia. Comunguemos.

Veja, homens apontando suas flechas no parque Siqueira Campos. E famílias inteiras refrescando-se no córrego Pacaembu. Há uma tapera na Consolação, à altura da Nestor Pestana, cuja tribo segue pela Serra do Mar para São Vicente, ainda ontem podiam ser vistos em Paranapiacaba. Nela restou um pajé proscrito, um mestiço. Quase morto de varíola, invocou um anhangá soprando a flauta sagrada. O som desceu pelo vale do Anhangabaú penetrando a mata. O anhangá acordou com fome e ouviu o sopro da flauta. Revelava o paradeiro da tribo adormecida no sopé da serra, para onde anhangá viajou no lombo da neblina fria. Lá chegando, sorveu as almas, que ficaram encantadas. Ali mesmo, passados uns séculos, anhangá construiu uma oca grande e dura, que cuspiu fogo e fumaça colorida. E matava a neblina e os peixes e as nuvens e fazia a alegria da pequena curumim que passava o fim de semana em Santos com a família. Anos depois, já crescida, ela ouviu o choro dos índios sem alma sob a terra e as sirenes das fábricas. Aquilo tinha um apelo tão grande que ela precisou ouvir música. Então, ligou o rádio do carro e se pôs a sonhar.

E assim começou minha história onde a sua parou, Luzia, preciso lhe contar da falta que você fez e de como carreguei sua ausência por todos estes anos.

Neuza Paranhos é jornalista e tradutora e vive em São Paulo, onde participa de uma horta urbana comunitária e cuida de seu marido, além de muitos cães e gatos. Vez por outra, publica contos na mídia – entre outros meios, o jornal literário Rascunho e a versão online de Le Monde Diplomatique. Em 1998 publicou seu primeiro livro de contos, Av. Marginal, pela editora experimental ComArte (ECA/USP).

MARCO AURÉLIO CREMASCO

CENA DE BOLERO ET PIROUETTE

Por que te amo? (*brás bas*), porque te amo (*demi plié*). Não há outra razão a não ser a de te amar (*en face*). Por amar-te e assim eu te amo. Te amo porque ninguém haveria de amar-te como eu (*attitude derrière*). Por que te amo? (*allongé*). Simplesmente por não haver motivo para não te amar (*en avant*). O tempo encarregou-se de traçar rugas em nossas faces (*battement glissé*), flacidez em nossas coxas (*battement frappé*) e friidez nos calores ocasionais do ocaso (*reverence*). Também se incumbiu de nos trazer tudo o que a vida nos reservou (*pas*): angústia, medo (*elancé*), receio, mesquinhez (*gran jeté*); e te amo na falta da lucidez (*balancé*), no ciúme dos crimes e na paixão ensandecida dos santos (*tours en l'air*). Ah! Então te amo (*battement*). Amo com a razão dos elefantes (*glissade dessous*) de jamais esquecer e com a memória dos ratos de pôr tudo a perder (*pas de chat*). Te amo na falta de ter de procurar-te nos cantos deste e daquele lugar (*flic-flac*), onde sempre estiveste mesmo não estando (*entrechat*), guardando segredos de tudo ser um pouquinho de ti em paraíso (*sissonne*). Então te amo. Por que te amo? (*ronds de jambe*), porque te amo (*cambré*). Não há outra razão a não ser a de te amar (*assemblée*) e te amo. Te amo porque ninguém haveria de amar-te como eu. Como em uma ladainha (*deboulés*): repetido, calmo, repetido, réptil antigo deslizando na árvore do pecado (*glissade en avant*) e em poder dizer-te (*temps de flèche*): se o preço pago para tê-la é padecer no inferno (*changements*), então me condene, ó Senhor Deus dos Martírios! (*saut d'ange en arabesque*) por amá-la mais do que Te amo (*en terre*).

(*pour Solange*)

Marco Aurélio Cremasco nasceu em Guaraci (PR), é professor titular na Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), tem publicado os livros técnicos Fundamentos de transferência de massa, Vale a pena estudar engenharia química e Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos. Publicou os livros Vampisales (poemas), Viola Caipira (poemas), A criação (poemas), from Indiana (poemas), Santo Reis da Luz Divina (romance) e Histórias prováveis (contos). Em 2010 foi contemplado com a Bolsa Funarte de Criação Literária para a escrita do romance Evangelho do Guayrá. Cena de bolero et piroquette é inédito.

Artigos Ensaaios

<http://cienciaecultura.bvs.br>

cienciaecultura@sbpcnet.org.br

A seção **Artigos & Ensaaios** da revista *Ciência e Cultura* possui quatro páginas destinadas a atender demandas espontâneas da comunidade científica que não se encaixem dentro do Núcleo Temático de cada número. A seção abriga textos com uma reflexão sobre temas da atualidade científica e de interesse da sociedade como um todo, nas grandes áreas do conhecimento.

A formatação dos artigos deverá seguir as **normas** publicadas abaixo. Os textos serão avaliados e sua publicação seguirá agenda de interesse editorial da revista. Não é recomendada a submissão de artigos e ensaios de interesse exclusivo de grupos de especialistas ou que tenham sido anteriormente publicados, em veículos da comunidade científica ou mídia em geral.

NORMAS

SEÇÃO ARTIGOS & ENSAIOS Possui 4 páginas, destinadas a um texto de 17,5 mil caracteres com espaçamento (sem imagens) ou 16 mil (com até 3 imagens).

FORMATO Cada artigo terá o máximo de 3 gráficos, tabelas ou imagens, considerados fundamentais para a ilustração e melhor entendimento do texto. Esse material deve ser enviado em arquivo separado e com antecedência, para sua confecção e checagem junto ao articulista. O envio de número superior a esse deverá oferecer a opção de escolha para a edição, se houver necessidade de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS As citações e referências serão indexadas numericamente no texto, em ordem crescente, e aparecerão no final do artigo, sob o título **Notas e Referências**, se ambas ocorrerem; ou **Notas, ou Referências**, se apenas uma das duas ocorrer. Existe, ainda, a opção **Bibliografia consultada**, sem citações referenciadas e numeradas ao longo do texto.

RODAPÉ Notas de rodapé não são utilizadas.

CRÉDITO A assinatura do articulista virá logo abaixo do título e suas qualificações – que devem ser encaminhadas **sempre** no corpo do texto e não exceder cinco linhas – serão editadas ao final. Modelo: *José da Silva é biólogo, professor titular do Instituto de Bioquímica da Universidade de São Paulo (USP) e presidente do Centro de Pesquisa em Biologia Molecular do Instituto XYZ.*

PRAZOS Os textos serão avaliados por membros do conselho editorial da revista. A qualidade de texto, informação e pertinência dos artigos e ensaios são essenciais para a sua aprovação. Uma vez aprovados, os textos serão publicados de acordo com a relevância e urgência dos temas

abordados. Depois de aprovados, os textos passarão por um processo de revisão editorial e reenviados para checagem dos autores, que deverão devolvê-los, com devidos ajustes e/ou aprovação em, no máximo, 48 horas.

DESTAQUES Os destaques dentro do texto – como palavras ou expressões que se queira salientar, devem vir em negrito – citações de frases e capítulos deverão receber aspas; palavras estrangeiras e títulos de obras aparecerão em itálico. Deve-se evitar o excesso de destaques por página.

REFERÊNCIAS O padrão de referências adotado segue exemplificado abaixo:

1. Berriman, M.; Haas, B.J.; LoVerde, P.T.; *et al.* "The genome of the blood fluke *Schistosoma mansoni*". *Nature*, Vol.460, no.7253, p.352-258. 2009.
2. Elias, N. *O processo civilizador- uma história de costumes*. Vol.I Rio de Janeiro: Jorge Zahar. 1990.
3. Tavares, J.V. "A violência como dispositivo de excesso de poder. In: *Revista Crítica de Ciências Sociais*. Vol.37, p.132. Junho de 1993.
4. Díaz, M., *op cit.* p.345-347. 1987.

ENVIO DE MATERIAL Os textos devem ser produzidos em arquivo Word. Ilustrações e gráficos devem ser enviados em arquivo separado, com os detalhes necessários para sua identificação, como: crédito, legenda, fonte etc.

SIGLAS As siglas constantes no texto devem **sempre** aparecer por extenso na primeira vez em que forem utilizadas.

CONTATO É necessário que cada articulista coloque seus dados para eventual contato (e-mail ou tel) quando alguma dúvida surgir no processo de edição.

Realização



Sociedade Brasileira para o
Progresso da Ciência

Produção Editorial



Apoio

